

Teilnehmerbroschüre Schnorcheltauchen



Deutsche Lebens-Rettungs-
Gesellschaft e.V.



Deutsche Lebens-Rettungs-
Gesellschaft e.V.

Impressum

Teilnehmerbroschüre Schnorcheltauchen

vollständig überarbeitete 1. Neuauflage 2011

Verantwortlich: Helmut Stöhr, Leiter Ausbildung des Präsidiums der DLRG

Herausgeber:

Deutsche Lebens-Rettungs-Gesellschaft e.V.
Präsidium
Im Niedernfeld 1-3 ● 31542 Bad Nenndorf
www.dlrg.de

Herstellung und Vertrieb:

DLRG Materialstelle
Im Niedernfeld 1-3 ● 31542 Bad Nenndorf

Zeichnungen:

Maryse Forget, diGraph – Illustrationen und didaktische Grafik
77933 Lahr
eMail: diGraph@diGraph.de

Redaktionelle Bearbeitung, textliche Ergänzungen und Layout

Helmut Stöhr, Henning Bock

Redaktionsteam:

Helmut Stöhr, Dr. Marc A. Tichy

Die in diesem Buch veröffentlichten Texte und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Kein Teil dieser Ausgabe darf ohne schriftliche Zustimmung des Präsidiums der DLRG, Bad Nenndorf, in irgendeiner Form - durch Fotokopie, Mikrofilm oder andere Verfahren - reproduziert werden oder in eine von Maschinen, insbesondere 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 Schadenersatz, der gerichtlich festzustellen ist. Nachdruck - auch auszugsweise - nur mit vorheriger schriftlicher Zustimmung des Präsidiums der DLRG, Bad Nenndorf, gestattet.

Bestell-Nr. 15708655

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	4
1.1	Voraussetzungen für die DSTA-Ausbildung	5
2	Physikalische Grundlagen	6
2.1	Einführung	6
2.2	Physikalisches Basiswissen	6
3	Medizinische und Physiologische Grundlagen	19
3.1	Der Blutkreislauf	19
3.2	Die Atmung	21
3.3	Hyperventilation	28
3.4	Druckbedingte Schädigungen (Barotraumata)	34
3.5	Wärmehaushalt des menschlichen Körpers	45
4	Die Grundausrüstung	47
4.1	Die Taucherbrille	47
4.2	Der Schnorchel	50
4.3	Die Schwimmflossen	51
4.4	Die Pflege der Grundausrüstung	53
5	Grundfertigkeiten Schnorcheltauchen	54
5.1	Flossenschwimmen	54
5.2	Schnorchelatmung	55
5.3	Umgang mit der Taucherbrille	55
5.4	Der Druckausgleich	56
5.5	Abtauchttechnik	58
5.6	Springen mit der Grundausrüstung	60
5.7	Verständigung unter Wasser	61
5.8	Suchen von Personen	63
5.9	Orientierungsübungen	64
5.10	Prüfung und Prüfungsordnung	67
6	Literaturverzeichnis	70

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, die sich mit kaum ausgereiften Geräten unter die Wasseroberfläche wagten, sind heute mit fortschreitender Technik die Geräte 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 mehr oder weniger geeigneter Grundausrüstung (Schwimmflossen, Taucherbrille und Schnorchel) oder Presslufttauchgeräten an Seen und Stränden.

Was von den Massenmedien bzw. Reiseveranstaltern 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 trainierte tauchspezifische Fertigkeiten
- Fehleinschätzung der eigenen Leistungsfähigkeit und des gesundheitlichen Zustands

Es gibt heutzutage genügend 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 Ausbildungsschulen wird die Beherrschung des Tauchens mit der Grundausrüstung bereits vorausgesetzt oder aber entsprechend kurz abgehandelt, um mit dem „lukrativeren“ und von vielen Teilnehmern auch als „interessanter“ eingestuften Gerätetauchen zu beginnen.

1.1 Voraussetzungen für die DSTA-Ausbildung

Besonders wichtig sind die gesundheitlichen Voraussetzungen für die DSTA-Ausbildung.

Vor der Tauchausbildung muss jeder Teilnehmer eine Bescheinigung über die Tauchtauglichkeit der Teilnehmer verlangen, die von einem Arzt (möglichst ein Arzt, der mit der Tauchmedizin vertraut ist, DLRG-Arzt oder Arzt des VDST) ausgestellt wird.

Alternativ zur Tauchtauglichkeitsbescheinigung kann der Teilnehmer auch eine unterschriebene **Selbsterklärung zum Gesundheitszustand** vorlegen. Bei Minderjährigen ist diese vom Erziehungsberechtigten zu unterzeichnen!

Nicht jeder praktizierende Arzt wird sich für kompetent halten, über die Tauchtauglichkeit zu entscheiden, da hierbei besondere physiologische Umstände zu berücksichtigen sind, die im Normalfall nicht auftreten. Gemeint ist hier auch die Tauchtauglichkeit, die das Gerätetauchen betrifft, bei dem in aller Regel größere Tiefen aufgesucht werden. Somit ist der Grad der physiologischen Belastung weitaus höher als beim Tauchen mit der Grundausrüstung.

Für den untersuchenden Arzt ist es also wichtig zu wissen, dass es sich hier um reines **Apnoetauchen** (Tauchen ohne Flaschen, nur mit Luftanhalten) handelt. Da bei Ärzten erfahrungsgemäß oftmals Unklarheit über den Umfang der erforderlichen Untersuchung besteht, dient der von der DLRG vorgeschriebene Untersuchungsbogen zum Schnorcheltauchabzeichen zur Orientierung. Dieser ist beim Tauchausbilder erhältlich.

2 Physikalische Grundlagen

2.1 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.

Im nächsten Unterkapitel wird in die folgenden physikalischen Begriffe und Gesetzmäßigkeiten eingeführt, die jeder Schnorcheltaucher kennen muss:

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

2.2 Physikalisches Basiswissen

2.2.1 Kraft und Druck

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:

$$P = \frac{F}{A}$$

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!

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

Kraft F :	1 N	(1 Newton)
Fläche A :	1 m ²	(1 Quadratmeter)
Druck p :	1 Pa	(1 Pascal)

2.2.2 Das Prinzip des Archimedes

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

Es lautet:

„Die Auftriebskraft F_{Auftrieb} eines Körpers ist genau so groß wie die Gewichtskraft F_{Gewicht} des vom Körper verdrängten Mediums.“

Es hat den Anschein, dass ein Gegenstand im Wasser „leichter“ ist. Die Masse des Körpers bleibt jedoch unverändert. Dieser Eindruck entsteht, da die resultierende Kraft F_{Wirkung} um die Auftriebskraft F_{Auftrieb} der Gewichtskraft F_{Gewicht} entgegengewirkt, verringert wird.

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



Das Archimedische Prinzip gilt in **allen** Fluiden, d.h. in 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. Nach Archimedes gilt Folgendes:

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

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 kommt zum Stillstand.

Die Gewichtskraft **F_{Gewicht, 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**:

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

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 ρ 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:

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

Ein Teil eines Körpers schaut nur dann aus einer Flüssigkeit heraus, wenn das eingetauchte Volumen **geringer** als das Gesamtvolumen ist und das gelingt auch 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.



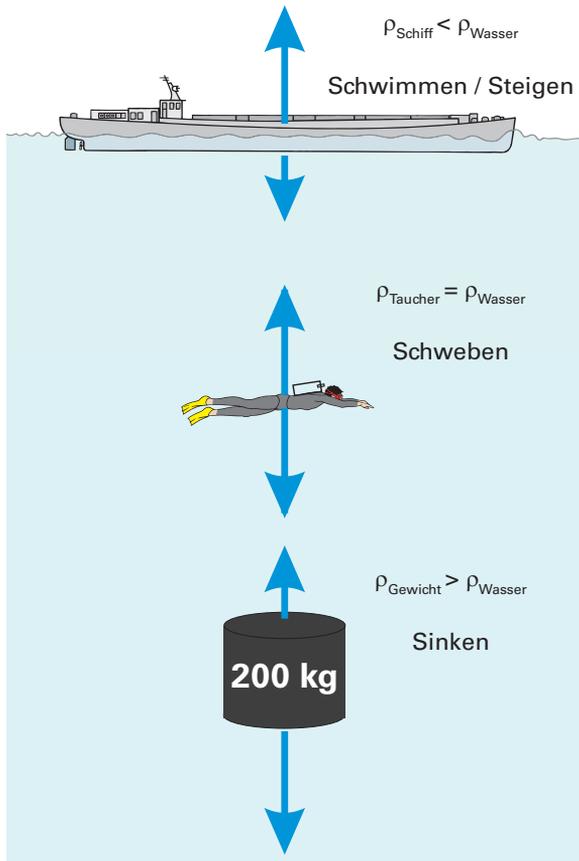


Abbildung 2-1

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.

Schlanke Personen sinken im Wasser in der Regel leichter ab, da die Muskulatur eine **größere** Dichte als Wasser hat – im Gegensatz zu Fettgewebe! 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 Betrugers 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. Gespannt warteten die Umstehenden darauf, was als Nächstes passieren würde.

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.

2.2.3 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, Lunge) in Abschnitt 3.4.

Am Beispiel eines Luftballons unter Wasser kann man dieses Gesetz sehr gut veranschaulichen, siehe hierzu die Abbildung 2.2.



Abbildung 2.2:

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

Beträgt das Volumen eines Luftballons an der Wasseroberfläche bei 1 bar Umgebungsdruck 2 l, so hat sich das Volumen bei 10 m Wassertiefe und 2 bar

Umgebungsdruck auf 1 l reduziert, also halbiert. Daraus folgt sofort:

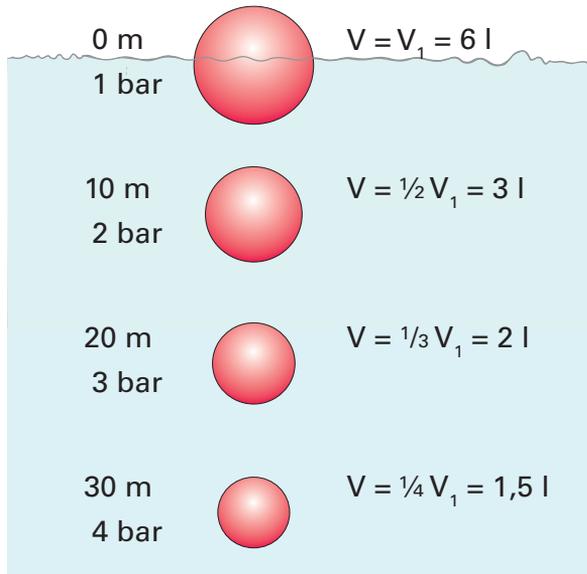
Eine Verdopplung des Umgebungsdrucks bewirkt eine Halbierung des Volumens!

Vergleichbar zu einem Luftballon reduziert sich auch das Volumen der Lunge beim Apnoetieftauchen durch den steigenden Umgebungsdruck. Diesem Vorgang sind aber physiologische Grenzen gesetzt, auf die in Abschnitt 3 genauer eingegangen wird.

2.2.4 Akustische und optische Verhältnisse unter Wasser

2.2.4.1 Grundlagen Ohr / Hören

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 Schnecke enthält – einen einmal aufgerollten Schlauch, der mit Sinneszellen, den sog. **Hörhärchen**, bewachsen ist. Am anderen Ende, am runden Fenster, ist die Schnecke ebenfalls mit einer Membran verschlossen.

Die Schwingungen der Membran des ovalen Fensters verursachen **Druckwellen** in der Flüssigkeit, die zu einer Biegung der Hörhärchen 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.

Im Vergleich zum Sehsinn kann das Gehör zwei kurz aufeinander folgende Signale relativ gut voneinander unterscheiden, da es im Gegensatz zum Auge keine chemischen Substanzen zerlegen und wieder zusammensetzen muss.

2.2.4.2 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.



2.2.4.3 Hören unter Wasser

Die Schallgeschwindigkeit beträgt an Luft etwa 330 m/s. Obwohl dies eine hohe Geschwindigkeit darstellt, treffen Schallwellen, die von der Seite kommen, an dem schallnahen Ohr einen Moment früher auf das Trommelfell als an dem schallfernen Ohr, weil zwischen den Ohren eine Strecke von im Mittel 21,5 cm liegt (Laufzeitdifferenz von 0,63 s).

Diese Differenz reicht aus, um dem Gehirn die Möglichkeit zu geben, die Richtung einer Schallquelle zu orten. Unter Wasser wird aber wegen der höheren Dichte des Wassers Schall deutlich **schneller** fortgeleitet.

Die Schallgeschwindigkeit im Wasser beträgt etwa 1500 m/s.

Durch die höhere Geschwindigkeit wird der zeitliche Abstand des Auftreffens auf die Trommelfelle um ungefähr den Faktor 5 verringert, so dass die Zeitdifferenz **nicht** mehr für eine Richtungsbestimmung ausreicht (Laufzeitdifferenz kleiner als 0,13 s).

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!

2.2.4.4 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.

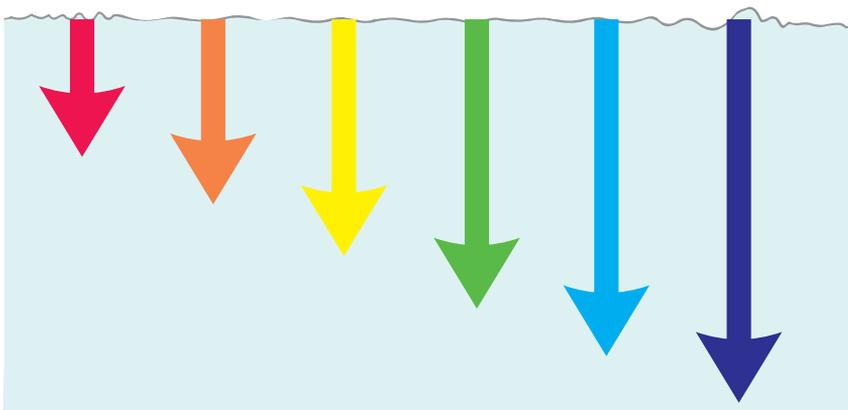


Abbildung 2.3:

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 blaugrüne Farbe an.

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. Blut hier nicht mehr rot, sondern blaugrün 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.

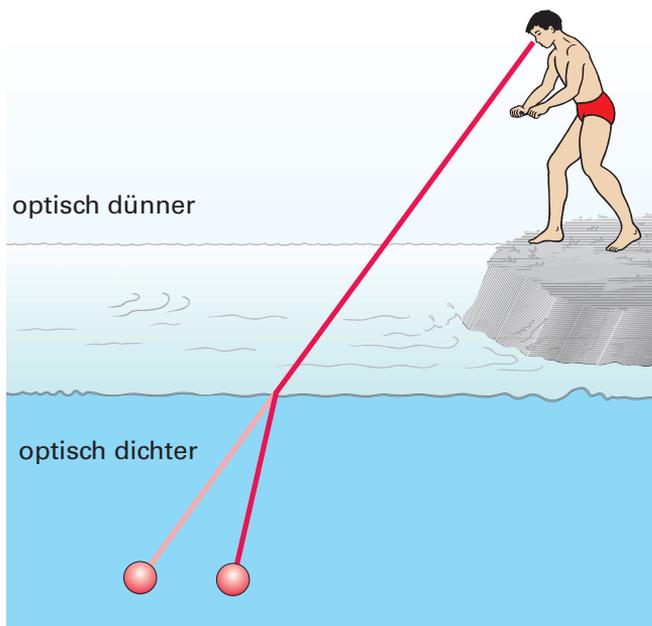


Abbildung 2.4:

Brechung von Licht am Übergang zwischen Luft und Wasser. Durch die Brechung an der Wasseroberfläche wird der Strahl von seiner Ursprungsrichtung (hell-roter 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 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. 1,376 und ist damit dem von Wasser (1,333) sehr ähnlich, sodass ohne Brille unter Wasser beim Übergang der Strahlen vom Wasser auf die Hornhaut keine wesentliche Brechung stattfindet. Unter Wasser ist daher **ohne** Hilfsmittel (Taucherbrille) scharfes Sehen **nicht** möglich, im Gegenteil: Es besteht eine **extreme Kurzsichtigkeit** von ca. 50 Dioptrien.

Die Taucherbrille schafft jedoch wieder die gewohnte Grenzschicht Luft / Hornhaut mit einem Brechungsindex von 1,00 vor der Hornhaut des Auges, allerdings mit dem Nebeneffekt, dass am Übergang Wasser / Glas der Taucherbrille ebenfalls eine Brechung stattfindet.

Durch diesen Effekt erscheinen unter Wasser beim Blick durch die Taucherbrille alle Dinge um **1/3 größer** und um **1/4 näher**, als sie wirklich sind. Zusätzlich ändert sich durch die Taucherbrille der Gesichtswinkel:

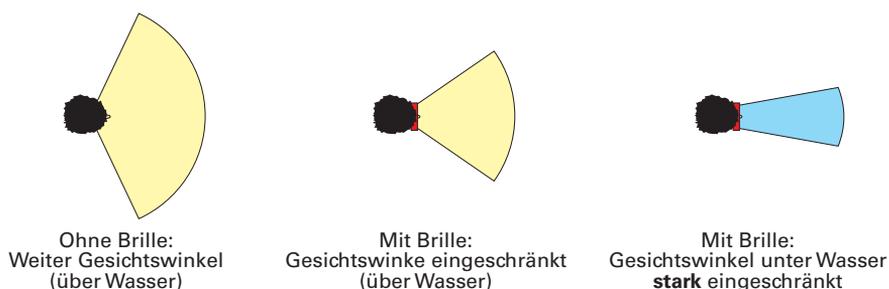


Abbildung 2.5:

Veränderter Gesichtswinkel durch Verwendung einer Taucherbrille. Unter Wasser ist der Gesichtswinkel je nach Brillenbauart und durch die Lichtbrechung stark eingeschränkt. In Abschnitt 4.1 wird auf Eigenschaften geeigneter Taucherbrillen 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 es daher unumgänglich, dass der Kopf gedreht, gehoben und gesenkt wird, um alles zu erfassen.

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

2.2.5 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.

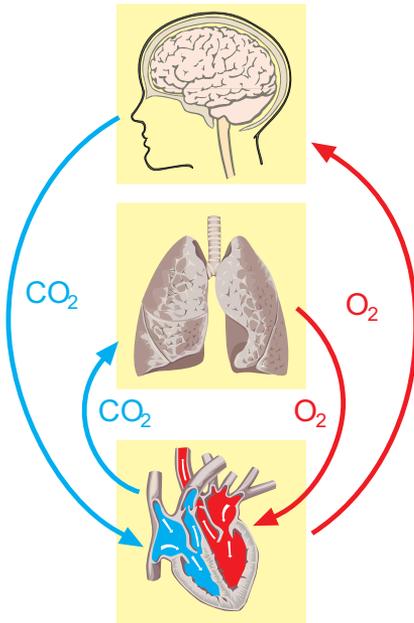
Da Wasser außerdem eine größere Dichte als Luft besitzt, ist die Wärmemenge, die pro Zeiteinheit von der Körperoberfläche abtransportiert werden kann, viel größer als an Luft. Dieser Effekt beschleunigt zusätzlich zur besseren Wärmeleitfähigkeit den Wärmeverlust.



3 Medizinische und Physiologische Grundlagen

3.1 Der Blutkreislauf

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.

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_2) 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_2) an die Körperzellen ab und nimmt die Abfall- und Endprodukte des Zellstoffwechsels wie das Kohlendioxid (CO_2) mit.
- Das sauerstoffarme und CO_2 -reiche Blut kommt dann über das zum Herzen führende Adernggeflecht (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_2 an die Lunge abgegeben und Sauerstoff (O_2) 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. Der Unterschied zwischen Venen und Arterien ist die Fließrichtung des Blutes nicht der Sauerstoffgehalt! 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.

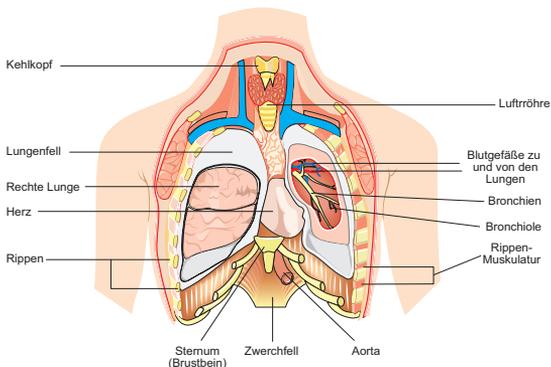


Abbildung 3.2:
Anordnung der Organe
im Brustbereich

3.2 Die Atmung

Die Hauptaufgabe der Lungen ist die Atmung. Atmung im engeren Sinne, und damit ist die „äußere“ **Atmung** gemeint, bedeutet **Gasaus-tausch** 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 (CO₂) die Energiegewinnung statt. Man spricht von der „inneren“ Atmung. Das CO₂ diffundiert ins Blut, wird mit dem Blutstrom zurück zur Lunge transportiert und hier abgegeben.

3.2.1 Die 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 **Gasaus-tausch** 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.

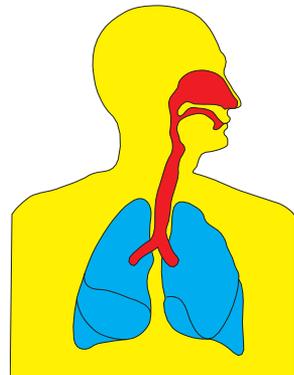


Abbildung 3.3:
Schematische Darstellung
der Atemwege

3.2.2 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 m².

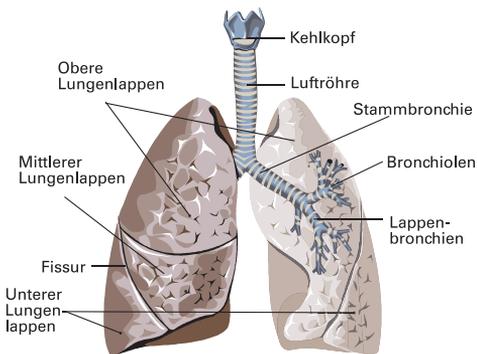


Abbildung 3.4:

Sicht auf die Lunge von vorne. Der linke Teil wurde transparent dargestellt und erlaubt somit einen Blick auf die Bronchien.

3.2.3 Die Atemmechanik

Beide Lungen sind mit einer glatten Haut, dem **Lungenfell** überzogen. Die von den Rippen und der Zwischenrippenmuskulatur gebildeten Höhlen sind ebenfalls innen mit einer glatten Haut überzogen, dem sog. **Rippenfell**.

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 kup-
pelartig 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 Einatmung
zuständig sind, und den inneren, die für die ver-
stärkte Ausatmung zuständig sind, unter-
schieden werden. Wie der Name jeweils schon sagt,
verlaufen diese Muskeln zwischen den Rippen
und können entweder die Rippen auseinander-
ziehen, also ebenfalls den Brustkorb vergrößern,
oder die Rippen zusammenziehen und so den
Brustkorb verkleinern.

Wird der Brustraum vergrößert, muss die Lun-
ge dieser Ausdehnung folgen. Dadurch ent-
steht in der Lunge ein relativer Unterdruck, so-
dass Luft in die Lunge strömt. Die Ausatmung in
Ruhe erfolgt passiv durch die elastischen Rück-
stellkräfte von Lunge und Brustkorb, ähnlich wie bei einem aufgebla-
senen Gummiballon. Bei körperlicher Anstrengung oder unter Bela-
stung 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 nut-
zen diese Fähigkeit z.B. beim Ausblasen des Schnorchels.

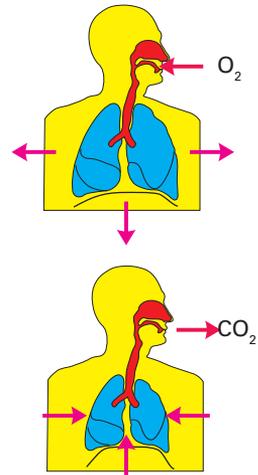


Abbildung 3.5:
Darstellung der
Atemmechanik

3.2.4 Die Lungenvolumina

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

- **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 vergrößert!

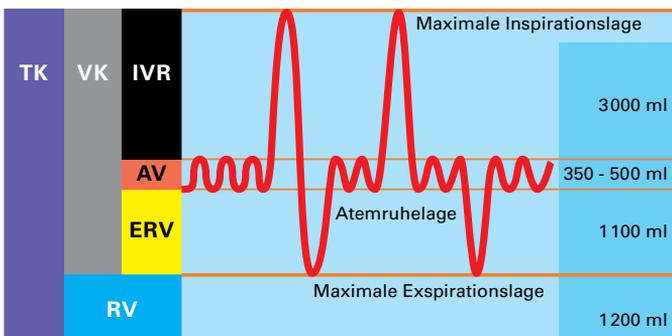


Abbildung 3.6: Wichtige Atemgrößen am Beispiel der Lungenvolumina

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 CO₂ 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).



3.2.5 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**. 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 beeinflussten Atmung, richtet sich in erster Linie nach den Partialdruckwerten vom CO_2 und O_2 im Blut sowie nach dem pH-Wert des Blutes.

Spezielle Messfühler, sog. **Chemorezeptoren**, die sich in der Hauptschlagader und den Halsarterien befinden, messen diese Werte im arteriellen Blut. Ein Anstieg des CO_2 oder ein Abfall von O_2 oder pH-Wert führen zum Atemreiz. Zusätzlich wird der CO_2 -Wert in der Hirnflüssigkeit gemessen. Auch hier führt ein Anstieg zu einem verstärkten Atemreiz. Ein Sauerstoffmangel ist beim Gesunden ein vergleichsweise schwächerer Atemreiz.

3.2.6 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_2 angereichertes Blut. Aufgrund der jeweiligen Konzentrationsunterschiede diffundiert O_2 aus den Alveolen durch die Wand der Lungenbläschen ins Blut, umgekehrt diffundiert das CO_2 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. Hämoglobin ist der eisenhaltige rote Blutfarbstoff in den roten Blutkörperchen an dem die Sauerstoffmoleküle für den Transport zu den Zellen gebunden werden. 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 CO₂. Bei den Zellen der Gewebe verhält es sich hingegen umgekehrt, es kommt dort auch zu einem Austausch per Diffusion.

3.2.7 Die Zusammensetzung der Atemluft

Die Atemluft setzt sich in der Regel wie folgt zusammen:

	Einatemluft	Ausatemluft
Stickstoff und Edelgase	79,04%	79,72%
Sauerstoff	20,93%	16,23%
Kohlendioxid	0,03%	4,05%

Im Blut gelöstes CO₂ 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).

CO₂-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 der Tod nach 30 bis 60 Minuten ein [4].

Der noch ausreichend hohe Gehalt an Sauerstoff ermöglicht die Mund-zu-Mund- oder Mund-zu-Nase-Beatmung einer verunfallten Person. Allerdings stellt dabei die hohe CO₂-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 CO₂-Gehalt aufzunehmen. Dadurch lässt sich die beim Einatmen der Ausatemluft der verunfallten Person steigende CO₂-Konzentration und eine mögliche Bewusstlosigkeit des Helfers vermeiden.

3.3 Hyperventilation

Wie in Abschnitt 3.2.6 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_2 und sauren Stoffwechselprodukten (z.B. Milchsäure) gekommen, so ist die Atmung unwillkürlich vertieft und beschleunigt. Der Grund ist ein zuviel an CO_2 , was im Blut als Hydrogencarbonat- (HCO_3^-) und Wasserstoffion (H^+) gelöst ist, und damit den pH-Wert erniedrigt, d.h. das Blut saurer macht. Dadurch wird der Atemreiz erhöht. Das Ziel der verstärkten Atmung ist eine **Normalisierung** der Werte im Blut.

Viele Taucher 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** erhöht sich die Sauerstoffsättigung des Blutes daher **kaum!**

Durch eine bewusste Vertiefung der Atmung kommt es jedoch zu einer **vermehrten Abgabe** von CO_2 , 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_2 -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 die Atemfrequenz sinkt, d.h. es dauert länger, bis der nächste Atemreiz kommt.

3.3.1 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:

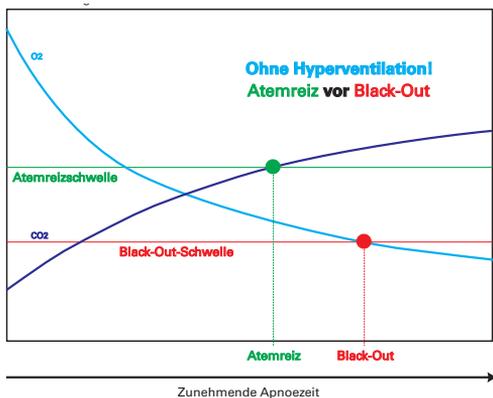


Abbildung 3.7: Entwicklung der Gaspartialdrücke bei zunehmender Apnoezeit während eines Tauchvorgangs ohne Hyperventilation. Der Sauerstoffgehalt sinkt, während der Kohlendioxidgehalt steigt. Bevor der Sauerstoffgehalt die Blackout-Schwelle erreicht, wird durch den steigenden Kohlendioxidgehalt ein Atemreiz 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!

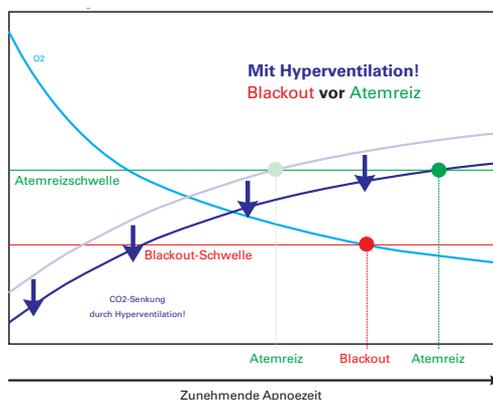


Abbildung 3.8: Entwicklung der Gaspartialdrücke bei zunehmender Apnoezeit während eines Tauchvorgangs mit Hyperventilation. Durch die Hyperventilation wurde der Kohlendioxidgehalt gesenkt, der Sauerstoffgehalt aber nicht gesteigert! Bevor es zum Atemreiz kommt, erreicht der Sauerstoffgehalt die Blackout-Schwelle. Der Taucher wird plötzlich bewusstlos. Erreicht der Kohlendioxidgehalt die Atemreizschwelle, kommt es zur Atmung und der Taucher aspiriert 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 CO₂-Gehaltes des Blutes (Hypokapnie) und der dadurch verlängerten Zeit, bis genügend CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂-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 CO₂-Produktion des Körpers geht jedoch aufgrund von Stoffwechselfvorgängen weiter, sodass zu einem gegebenen Zeitpunkt wieder genug CO₂ 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 Aspiration 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 und bei Atemstillstand mit der Wiederbelebung zu beginnen.

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 Flachwasser-Bewusstlosigkeit

3.3.2 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) auf. 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, 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.

Irgendwann zwingt der durch 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 $p\text{CO}_2$ kann sogar der bereits vorhandene Atemreiz wieder verschwinden. Gleichzeitig verringert sich der $p\text{O}_2$. 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 $p\text{O}_2$ von 0,16 bar können die ersten Zeichen einer Unterversorgung des Gehirns mit Sauerstoff auftreten. Ab einem $p\text{O}_2$ von 0,1 bar kann der Taucher ohne Vorwarnung bewusstlos werden.

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 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 $p\text{O}_2$ 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 $p\text{O}_2$ im arteriellen Blut auf 0,42 bar.

Der Taucher bewegt sich in dieser Tiefe einige Zeit. Inzwischen ist der 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 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!

3.4 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 entstehen Druckdifferenzen, die zu relativem Unter- oder Überdruck in diesem Bereich führen können, falls die Druckunterschiede aufgrund verschlossener Verbindungswege (Eustachische Röhre, Atemwege) nicht ausgeglichen werden.

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 Körperhohlräumen und den Taucher direkt umgebenden kompressiblen Medien auftreten. Dies sind vor allem:

- Lunge
- Magen-Darm-Trakt
- Schädelhöhlen --> z.B. Ohr, Nasennebenhöhlen
- Zähne (schlechte Füllungen, usw.)
- Maskeninnenraum --> Auge
- Trockentauchanzug

In diesem Unterkapitel werden die Barotraumata betrachtet, die während der Abtauch- und der Auftauchphase eintreten. Der Druck im Körperinneren ist beim Abtauchen im Vergleich zur Umgebung niedriger, deshalb spricht man von Unterdruckbarotraumata.

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 kommt es beim Auftauchen zu den sog. **Überdruckbarotraumata**. Dies wird insbesondere relevant, falls der Schnorcheltaucher in der Tiefe von einem Tauchgerät Luft aufgenommen hat.

3.4.1 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 der Nasenwurzel. Bei einigen kann man noch Stunden nach dem Tauchen den rotgeränderten Abdruck der Dichtlippe ihrer Taucherbrille im Gesicht sehen, scheinbar unangenehme Begleiterscheinungen des Tauchens, die einige Tauchanfänger veranlassen, sich einem anderen Hobby zuzuwenden.

Schädelhöhlen sind starr umschlossene Körperhöhlen, die mit einer Schleimhaut ausgekleidet sind. Dazu zählen u.a.:

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

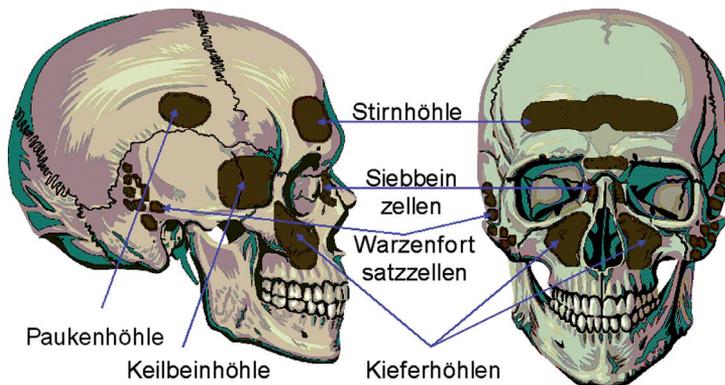


Abbildung 3,9:

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 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 z.T. nur durch operative Eingriffe zu behandeln sind.

Typische Symptome für ein Barotrauma der Schädelhöhlen sind:

- Stechende oder dumpfe Schmerzen in den betroffenen Körperhöhlen
- 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 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 Taucherbrille. Um den negativen Auswirkungen des zunehmenden Druckes zu entgehen, muss ein Druckausgleich vorgenommen werden.

Durch die Reizung von chloriertem Schwimmbadwasser kann es auch 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!

3.4.2 Druckeinwirkung auf die Zähne

Bei luftgefüllten Hohlräumen unter Plomben/Kronen beziehungsweise Taschenbildung im Zahnfleisch kann der Druckausgleich in diesen Hohlräumen nicht oder nur sehr langsam stattfinden.

Es kommt beim Abtauchen zu einem Unterdruck im Hohlraum. Wie auch bei den starren luftgefüllten Schädelhöhlen füllt sich dadurch der Hohlraum mit Gewebsflüssigkeit oder Blut an. Findet dieser Druckausgleich im Bereich des Nervs statt, führt dies zu erheblichen Zahnschmerzen. Beim Auftauchen entsteht aufgrund des durch Gewebsflüssigkeit oder Blut verringerten Volumens des Hohlraumes im Zahn ein Überdruck. Dieser kann im schlimmsten Fall zum Bersten des Zahnes bzw. zum Verlust der Zahnkrone führen.

Bei diesem Notfall kann es notwendig sein, dass durch einen Zahnarzt eine Entlastungsbohrung vorzunehmen ist, um die starken Schmerzen zu lindern.

3.4.3 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 Rachen und dem Mittelohr.



Üblicherweise wird dieser Verbindungsgang als offenes, mit Schleimhaut überzogenes Rohr dargestellt, doch diese Darstellungen sind nicht ganz korrekt.

Die Wände der Ohrtrompete sind tatsächlich mit Schleimhaut überzogen, ähnlich den Schleimhäuten der Nasen und der Nebenhöhlen. Die Ohrtrompete 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.

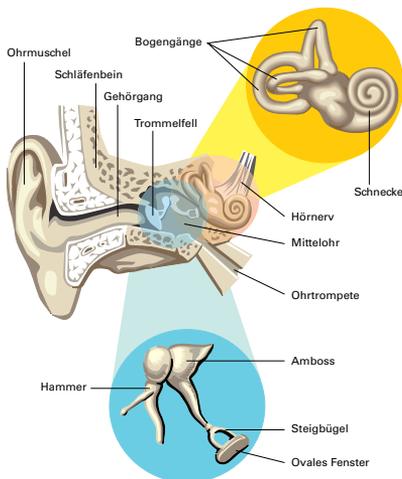


Abbildung 3.10:

Das Ohr mit vergrößerter Darstellung der Ohrknöchelchen und des Innenohres.

3.4.3.1 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 der 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, 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 – z.B. infolge Schleimhautschwellung bei Schnupfen – kann kein Druckausgleich mehr zwischen dem Mund-Nasen-Rachen-Raum und dem Mittelohr 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).

Wenn die **Druckdifferenz** zwischen Gehörgang und Mittelohr zu groß wird, reißt das Trommelfell nach innen. Das in das Mittelohr eindringende Wasser reizt durch die Temperaturdifferenz zur Körpertemperatur das Gleichgewichtsorgan und führt somit zu Drehschwindel. Dies kann Orientierungslosigkeit, Übelkeit und Gleichgewichtsstörungen zur Folge haben. Außerdem stellt das eingedrungene Wasser eine große Infektionsgefahr dar.

Typische Symptome in einem solchen Fall 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! Das Ohr sollte steril abgedeckt werden. Auf stabile Kreislaufverhältnisse ist besonders zu achten.

3.4.3.2 Riss des Trommelfells

Bei einem Schnupfen kann es sein, dass ein Druckausgleich nicht möglich ist. Dadurch herrscht im Mittelohr beim Abtauchen ein niedrigerer Druck als außen. Durch diesen Druckunterschied kann das Trommelfell nach innen reißen (siehe Abbildung 3.11).

Wird mit Ohrstöpseln abgetaucht, so kann es sein, dass der Ohrstöpsel durch den steigenden Außendruck tiefer in den äußeren Gehörgang gepresst wird. Dadurch steigt der Druck zwischen Ohrstöpsel und Trommelfell. Es kann direkt zu einem Trommelfellriss nach innen kommen.

Wird ein Druckausgleich durchgeführt und damit im Mittelohr ein entsprechender Druck hergestellt, um die Dehnung des Trommelfells auszugleichen, so kann auch beim Auftauchen ein Riss des Trommelfells nach innen auftreten, sobald der Druck im Mittelohr abnimmt! Durch den tiefer in den Gehörgang gerutschten Ohrstöpsel herrscht ein höherer Druck zwischen Ohrstöpsel und Trommelfell vor, als zu dem Zeitpunkt, an dem der Taucher den Ohrstöpsel an der Wasseroberfläche in das Ohr eingeführt hat (siehe Abbildung 3.11)

Liegt ein Verschluss des äußeren Gehörgangs z.B. durch Ohrstöpsel oder durch zusammengepresste Watte vor, kann sich der Ohrstöpsel so verkeilen, dass er beim Abtauchen seine Lage beibehält und den äußeren Gehörgang vollständig abdichtet.

Wenn der Druckausgleich zwischen Mittelohr und Umgebung herstellbar ist, wird im Mittelohr entsprechend dem erhöhten Umgebungsdruck eine Druckerhöhung stattfinden. Es entsteht ein Unterdruck zwischen Ohrstöpsel und Trommelfell. Es kann zu einer Ausblutung von Gewebsflüssigkeit in den Gehörgang oder sogar zu einem Trommelfellriss nach außen kommen (siehe Abbildung 3.11).

Abbildung 3.11:

Druckwirkungen am Ohr

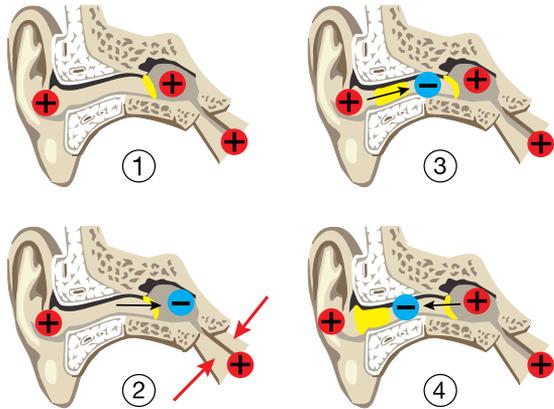
(1) Normalzustand: Druckausgleich zwischen der Umgebung, dem Mittelohr und dem Nasen-Rachen-Raum

(2) Verschluss der Ohrtrompete (Schnupfen) und dadurch kein Druckausgleich. Im Bereich des Innenohres herrscht Unterdruck, das Trommelfell reißt nach innen

(3) Beweglicher Stopfen:

Durch den steigenden Umgebungsdruck wird der Stopfen in das Mittelohr gedrückt.

(4) Fester Stopfen: Zwischen Stopfen und Trommelfell herrscht Unterdruck: Das Trommelfell reißt nach außen.



Typische Symptome in einem solchen Fall sind:

- Dumpfe bis starke Ohrenscherzen.
- Eventuell Berührungsempfindlichkeit am Ohr.
- Hörverschlechterung.
- Eventuell Blutaustritt am Ohr.

Tritt ein solcher Fall ein, ist unverzüglich ein HNO-Arzt aufzusuchen. Ein eigenständiges Entfernen eines Ohrstöpsels ist zu unterlassen. Ist der Ohrstöpsel bereits entfernt worden, so ist das Ohr steril abzudecken.

3.4.4 Druckeinwirkungen auf das Auge

Beim Abtauchen entsteht im Bereich der Taucherbrille ein Unterdruck im Vergleich zum zunehmenden Außendruck. Weil die Luft in der Taucherbrille komprimiert wird, presst sich die Brille 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 Taucherbrille aus. Der Unterdruck kommt somit einer „Schröpfkopfwirkung“ gleich. Die feinen Kapillaren des Augapfels können durch den Druckunterschied platzen und es kommt zu Blutergüssen. 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 Brillenraum abzugeben, um die Druckdifferenz auszugleichen. Deshalb dürfen auch keine Nasenklemmen verwendet werden, da diese den Druckausgleich im Brillenraum erschweren oder gar unmöglich machen. Aus dem gleichen Grund sind Schwimmbrillen, die die Nase nicht mit einschließen, zum Tauchen ungeeignet. Eine geeignete Taucherbrille muss die Nase in den Brillinnenraum mit einschließen und über eine einfache Möglichkeit des Druckausgleichs verfügen. Schwimmbrillen sind nicht für das Tauchen geeignet sondern können schwerwiegende Barotraumata des Auges hervorrufen. Typische Symptome für ein Barotrauma durch Druckwirkung auf das Auge sind:

- Sauggefühl im Gesicht
- Sich deutlich abzeichnende, teilweise brennende Druckmarken an den Brillenrändern
- Blaufärbung der betroffenen Haut
- Augen rot und blutunterlaufen
- Eventuell Nasenbluten
- Anschwellen des Gesichtes
- Schmerzen im gesamten Brillenbereich
- Eventuell Netzhautablösung
- Sehschäden

Bei diesem Notfall ist auf jeden Fall ein Facharzt (Augenarzt) aufzusuchen! Beide Augen sind ruhig zu stellen. Linderung kann evtl. durch Kühlung der betroffenen Gesichtspartien erreicht werden.

3.4.5 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).

3.4.5.1 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 2.2.3).

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 Totraumluft 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 $\frac{1}{4} = 1,5 \text{ L} = \text{angenommenes Minimalvolumen}$).

3.4.5.2 Verwendung eines zu langen Schnorchels

Die maximale Schnorchellänge darf 35 cm nicht überschreiten. 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 geringfügigen Steigerung der Atmung, nicht aber zu einer Gefährdung. Die Gefahr liegt viel mehr in einem Unterdruckbarotrauma der Lunge.

Bei der Atmung mittels Schnorchel wirkt auf die Lunge des untergetauchten Tauchers zusätzlich zum Umgebungsdruck an der Wasseroberfläche der Wasserdruck. Die Luft in der Lunge wird aber 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. 70100 mbar aus. Schon bei Differenzen von 70 mbar (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“.

3.4.6 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 Abschnitt **N.N**). 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



3.5 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 (siehe auch Abschnitt 2.2.5).

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 Körpfernähe 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 der Verunfallte in 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.

In jedem Fall sollten Verunfallte, die bei klarem Bewusstsein sind, heiße Getränke verabreicht bekommen. Am besten sind gezuckerte Früchte-tees oder erwärmte Sportgetränke, keinesfalls jedoch Alkohol!

Eine **Unterkühlung** beim Schnorcheltauchen ist unbedingt zu vermeiden. Deshalb sollten bei niedrigen Wassertemperaturen oder bei längerem Aufenthalt im Wasser Kälteschutzanzüge (Nassanzüge für Surfer und Taucher) 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 (oft auch ABC-Ausrüstung) eines Schnorcheltauchers gehören:

- Taucherbrille
- 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.

4.1 Die Taucherbrille



Abbildung 4.1: Taucherbrillen für die Schnorcheltauchausbildung. Ein gutes Sichtfeld und die Möglichkeit, schnell und einfach einen Druckausgleich durchzuführen, sind wichtige Kriterien bei der Auswahl einer geeigneten Brille.

Die Aufgaben einer Taucherbrille nach DIN 7877 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 Sichtkorrektur durch optische Gläser bei Brillenträgern

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

- Sichtscheibe aus Sicherheitsglas
- Nahezu gleich bleibende Flexibilität des Brillenmaterials bei Temperaturen zwischen 0°C und +30°C
- Dichter und druckfreier Sitz der Dichtmanschette(n)
- Gut greifbare Möglichkeit zum Druckausgleich (Nasenerker)
- Alterungsbeständiges Brillenmaterial
- Großes Blickfeld
- Kleiner Brilleninnenraum
- Möglichkeit der leichten Entwässerung unter Wasser
- Möglichst geruchfreies und pflegeleichtes Brillenmaterial
- Halteband, das nicht verrutschen oder sich unbeabsichtigt lösen kann

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

Folgende Tipps sollten beim Kauf einer Taucherbrille 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. Einfaches Fensterglas kann bei Bruch zu schweren Gesichts- und Augenverletzungen führen.
- Die Entscheidung für eine Einglasbrille oder eine Zweiglasbrille ist nur für Brillenträger wichtig. Diese müssen auf Zweiglasbrillen zurückgreifen, wenn sie Korrekturgläser einsetzen wollen. Ansonsten handelt es sich um eine rein persönliche Entscheidung.

- Das Brillenmaterial sollte aus Silikon bestehen. Durchsichtige Silikonmischungen garantieren das beste Blickfeld.
- Von allen Dichtsystemen ist dem Doppeldichttrand der Vorzug zu geben. Nur bei sehr „faltigen“ Gesichtern empfiehlt sich der Kerbdichttrand.
- Sitzprobe: Die Brille muss ohne Druck so auf dem Gesicht sitzen, dass keine sichtbaren „Öffnungen“ zwischen Brillenrand und Gesicht zu sehen sind.
- Die Dichtigkeitsprobe einer Taucherbrille ist vor dem Kauf leicht auszuführen. Man drückt die Brille gegen das Gesicht, atmet durch die Nase ein und hält den Atem an. Bleibt die Brille durch den entstehenden Unterdruck am Gesicht „haften“, so ist sie dicht. Fällt sie wieder ab, so ist ein anderes Modell zu wählen.
- Bartträger werden grundsätzlich etwas mehr Probleme haben, eine passende Maske zu finden. Eventuell muss der Bart vor dem Tauchen mit Vaseline eingerieben werden.
- Taucherbrillenbänder, die sich auf der Rückseite des Kopfes in zwei Bänder teilen, sind druckfreier und verrutschen nicht so leicht.
- Taucherbrillen mit einem Ausblasventil an der Brillenunterseite bringen keine Vorteile. Das Ausblasventil stellt mit zunehmender Alterung in Bezug auf die Dichtigkeit nur eine Schwachstelle dar.
- Empfehlenswert ist es, die Taucherbrillen 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 o.ä. mehrfach einreiben und putzen. Vor dem Tauchgang sollte man dann das trockene Brillenglas innen benetzen und kurz vor dem Abtauchen ausspülen.
- Das Maskenband sollte regelmäßig auf kleine Risse kontrolliert und rechtzeitig ausgetauscht werden. Zur Sicherheit empfiehlt es sich, immer ein Ersatzband mitzuführen.



4.2 Der Schnorchel

Abbildung 4.2:

Ein geeigneter Schnorchel für die Tauchausbildung darf eine maximale Länge 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 unterschiedlich für Kinder (Form C = children) und Personen über 10 Jahren (Form A = adults). Grundlage ist die DIN EN 1772 „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 cm²). Der Durchmesser sollte aber 2,5 cm nicht überschreiten.
- Das Schnorchelinnenvolumen muss sich leicht ausblasen lassen (Form A max. 180 cm³; Form C max. 120 cm³).
- 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 Brille.
- 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 Brille).
- 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 darf keinerlei Ventile enthalten! Effektive Schnorchellängen ab 60 cm führen bereits nach einer Atmungszeit von fünf Minuten 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 CO₂ Partialdruckes eine Vergrößerung des Atemzugvolumens und der Atemfrequenz zur Folge hat und somit zu ausreichender O₂-Versorgung führt. Lebensgefährlich bleibt ein überlanger Schnorchel also nur durch die Probleme der auftretenden Druckdifferenzen, wie oben erläutert.

4.3 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 gegen 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
- Fußteilverführung, die bis auf die Zehenseite den ganzen Fuß umschließt (geschlossene Ferse)
- Seitliche Kontur des Fußteils sollte unterhalb der Knöchel verlaufen, sonst besteht die 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 Füßlingen getragen, so ist sie auch mit diesen anzuprobieren.
- Gute Fachhändler erlauben auch ein Ausprobieren im Schwimmbad, natürlich ohne Verkratzen.
- Die Blatthärte ist abhängig vom Trainingszustand. Vorher bei Bekannten ausprobieren!
- Von einfachen Flossen sollte Abstand genommen werden. Sie sind aufgrund ihrer Bauform sehr ineffektiv.

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

4.3.1 Schwimmbad-Flossen

Abbildung 4,3:

Geeignete Schwimmbad-Flossen für Schnorcheltaucher 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 Schnorchelsport durchsetzen. Sie ermöglichen eine ungeahnte Geschwindigkeit in Verbindung mit minimalem Kraftaufwand. Gegen die Strömung sind sie allerdings nicht so effektiv.

4.3.2 Geräteflossen

Diese Flossen haben einen offenen Fußteil. Sie werden in Kombination mit Füßlingen hauptsächlich beim Gerätetauchen eingesetzt. Ihr Blatt ist ziemlich 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 Füßlingen noch einen Schutz an den Füßen trägt. Gerade beim Tauchen an felsigen Ufern ist das ein unschätzbare Vorteil.

4.4 Die Pflege der Grundausrüstung

Nach dem Tauchgang sind alle verwendeten Gerätschaften gründlich mit Süßwasser zu spülen. Das gilt nach Tauchabstiegen im Meer, aber auch nach Trainingsstunden im Chlorwasser des Schwimmbades.

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. Tauchutensilien sollen nicht von mehreren Teilnehmern benutzt werden. Dies gilt insbesondere für die gemeinsame Verwendung von Schnorcheln

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 Taucherbrillen und Flossen, dürfen niemals für längere Zeit der Sonne ausgesetzt werden. Das gilt auch für das Trocknen nach dem Spülen.



5 Grundfertigkeiten Schnorcheltauchen

Im folgenden Kapitel werden die notwendigen Grundfertigkeiten vermittelt, die jeder Schnorcheltaucher beherrschen muss. Im Rahmen der Schnorcheltauchausbildung bilden diese Grundfertigkeiten die wesentlichen Inhalte.

5.1 Flossenschwimmen

Flossen dienen der besseren Fortbewegung im und unter Wasser. Durch richtigen Einsatz der Flossen steigt die Wirksamkeit der Kraftübertragung um bis zu 40%. 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
- Vergleichbar mit „Fußballkick“ aus der Hüfte

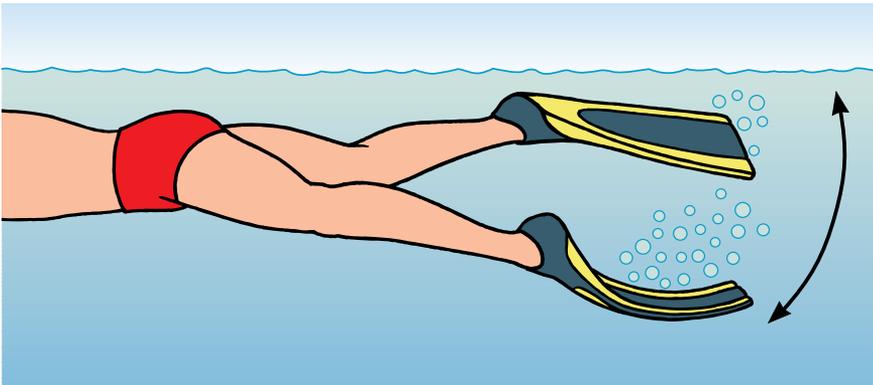


Abbildung 5.1:

Korrekte Beinbewegung beim Flossenschwimmen. Die Bewegung erfolgt aus der Hüfte, ähnlich einem Fußballkick. 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.

5.2 Schnorchelatmung

Eine weitere Grundfertigkeit ist die Atmung unter Wasser durch einen Schnorchel.

Folgende Fertigkeiten sind bei der Schnorchelatmung zu erlangen:

- Ein- und Ausatmen durch den Schnorchel unter Wasser in Ruhe
- Ein- und Ausatmen während der Schwimmbewegung
- Ein- und Ausatmen unter steigender Belastung
- Ausblasen des Schnorchels mit darauf folgender normaler Schnorchelatmung

5.3 Umgang mit der Taucherbrille

Ein weiteres wichtiges Element der Schnorcheltauchausbildung stellt der korrekte Umgang mit der Taucherbrille dar.

Trotz korrekten Sitzes der Taucherbrille kann Wasser eindringen, im Extremfall kann sie sogar volllaufen, was zu Orientierungsschwierigkeiten des Tauchers führen kann. Eine der wichtigsten taucherischen Fertigkeiten ist daher das Entwässern der Taucherbrille und sogar das Anlegen der gesamten Taucher-Grundausrüstung unter Wasser.

Folgende Techniken müssen beim Umgang mit der Taucherbrille sicher beherrscht werden:

- Vorbereitung der Taucherbrille
- Korrektes Aufsetzen der Taucherbrille
- Entwässern der Taucherbrille unter Wasser
- Anlegen der Grundausrüstung unter Wasser

Zusätzliche Hinweise:

- Die Brille 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 Taucherbrille vor dem ersten Gebrauch gereinigt werden, da dies die Silikonreste entfernt und das Beschlagen der Brille reduziert.



- Fettige Glasscheiben können mit Seife oder entsprechenden Reinigern gereinigt werden.
- Beim Anlegen der Taucherbrille ist darauf zu achten, dass keine Haare zwischen Brille und dem Gesicht zu liegen kommen, da sonst die Brille nicht richtig dicht ist.

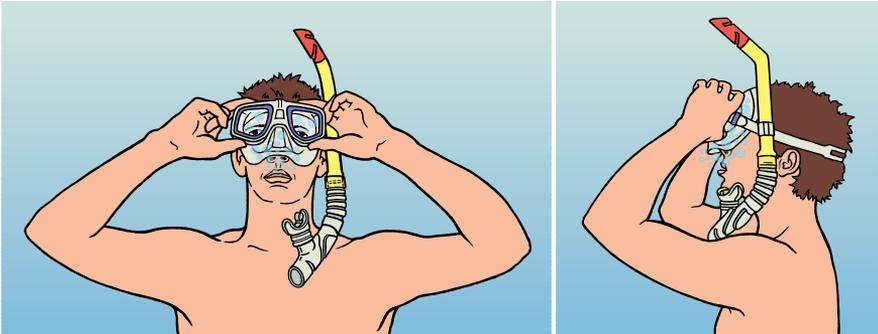


Abbildung 5.2: Entwässern der Tauchbrille. Die Brille wird leicht vom unteren Gesichtsbereich abgehoben, und durch sanftes Ausatmen durch die Nase wird das Wasser in der Brille nach unten aus der Brille gedrängt.

5.4 Der Druckausgleich

Der Druckausgleich ist elementares Element der Schnorcheltauchausbildung. Der Zusammenhang zwischen zunehmendem Umgebungsdruck bei zunehmender Wassertiefe wurde bereits in Abschnitt 3.4 vorgestellt. Relevant für das Tauchen mit der Grundausrüstung wird der Druckausgleich:

- im Brilleninnenraum (sehr leicht durch Einblasen von Luft durch die Nase auszugleichen)
- im Mittelohr.

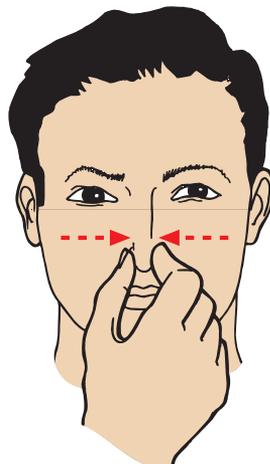
Beim Druckausgleich im Mittelohr unterscheidet man zwischen zwei Methoden:

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.

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!



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 gelingt der Druckausgleich durch schnelle Bewegung bzw. „Wackeln“ mit dem Unterkiefer.

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 3.4).

Zusätzliche Hinweise:

- Unter Umständen gelingt der Druckausgleich erst nach einigen Versuchen. Er gelingt am leichtesten, bevor eine größere Druckdifferenz von 1-2 m Wassersäule entstanden ist.
- Mit dem Druckausgleich immer rechtzeitig (wenn möglich schon an der Wasseroberfläche) beginnen und innerhalb der ersten zwei Meter wiederholen, ehe sich eine Druckdifferenz am

Trommelfell aufgebaut hat. Und niemals das Schmerzsignal vom Ohr ignorieren und etwa tiefer tauchen.

- Durch 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!
- Schnorcheltaucher mit Erkältungen und Schnupfen dürfen nicht Tieftauchen! Angeschwollene Schleimhäute könnten den normalerweise automatisch ablaufenden Druckausgleich in die Nasennebenhöhlen verhindern.
- Schleimhaut abschwellende Nasentropfen und -sprays müssen beim Tauchen abgelehnt werden, da die Gefahr besteht, dass die Wirkung der dieser Medikamente vor Beendigung des Tauchgangs zurückgeht, und es zu einem Überdruck im Mittelohr kommen kann. Zudem ist zu beachten, dass das Anschwellen der Schleimhäute als ein physiologischer Schutzmechanismus anzusehen ist, der ein Ausbreiten von Infektionen im Nasen-Rachen-Raum einschränken soll.
- 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.

5.5 Abtauchtechnik

Die richtige Abtauchtechnik ist ein weiteres wesentliches Element der Grundfertigkeiten. Ein gezieltes Abtauchen ist insbesondere bei Rettungseinsätzen zum schnellen Ertauchen eines Verunfallten zu beherrschen. Abgetaucht wird im Prinzip durch eine Rumpfbeuge, wobei die Arme, die sich zunächst in gestreckter Körperlage vor dem Kopf befinden, das Abknicken des Oberkörpers in der Hüfte einleiten.

Der Oberkörper wird ausgehend von den Armen um 90° in der Hüfte nach unten gebeugt, und nach Abknicken des Oberkörpers werden die Beine senkrecht nach oben gestreckt.

Dadurch verringert sich der Auftrieb und durch das zusätzliche Gewicht der Beine, die sich über dem Wasser befinden, wird der Abtauchvorgang beschleunigt. Die Arme bleiben während der Lageänderung vor dem Körper ausgestreckt, um so die Möglichkeit zu haben, mit Armzügen das Abtauchen nach dem Abknicken zu beschleunigen und einen Druckausgleich durchzuführen.

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, indem die Arme gestreckt nach unten in die angestrebte Abtauchrichtung bewegt werden.
- Sofort folgt der Oberkörper den Armen durch eine Abknickbewegung in der Hüfte. Der Kopf bleibt dabei immer zwischen den gestreckten Armen.
- Wenn der Körper 90° in der Hüfte abgeknickt ist, werden die Beine senkrecht nach oben gestreckt, um das Abtauchen zu beschleunigen.
- Während die Beine in das Wasser eintauchen, ist ein Druckausgleich durchzuführen!
- Weitere Armzüge können das Abtauchen unterstützen.

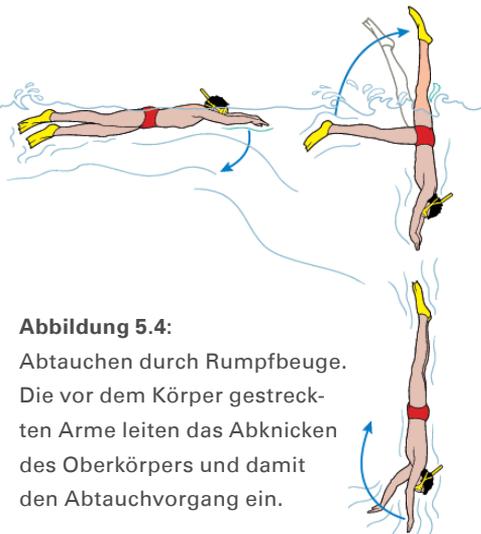


Abbildung 5.4:
Abtauchen durch Rumpfbeuge. Die vor dem Körper gestreckten Arme leiten das Abknicken des Oberkörpers und damit den Abtauchvorgang ein.

Zusätzliche Hinweise:

- Es ist darauf zu achten, nach dem eigentlichen Abtauchen von der Wasseroberfläche sofort mit dem Druckausgleich zu beginnen und

mit dem Kraulbeinschlag erst dann einsetzen, wenn auch die Flossen vollständig unter Wasser sind.

- Beim Auftauchen unbedingt um die Körperlängsachse rotieren und den Blick zur Wasseroberfläche richten, um Kollisionen mit anderen Teilnehmern zu vermeiden.
- In Freigewässern ist zusätzlich auf Bootsgeräusche zu achten. Verletzungen durch Antriebsschrauben oder durch Kiele von Segelbooten sind oft sehr schwerwiegend. Bootsfahrer bemerken den Zusammenstoß oft gar nicht.
- Mit dem Druckausgleich rechtzeitig beginnen und innerhalb der ersten zwei Meter wiederholen! Niemals das Schmerzsignal vom Ohr ignorieren und weiter tauchen.
- Schnorcheltaucher mit Erkältungen und Schnupfen dürfen nicht am Tieftauchen teilnehmen!

5.6 Springen mit der Grundausrüstung

Sprünge dienen dazu, vom Boot oder vom Steilufer aus schnell ins Wasser zu gelangen. Bei jedem Sprung muss mit einer Hand die Taucherbrille 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)
- Sprung rückwärts (Abfaller – nur aus geringer Höhe)

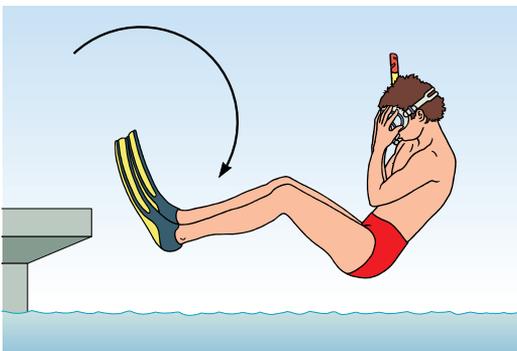
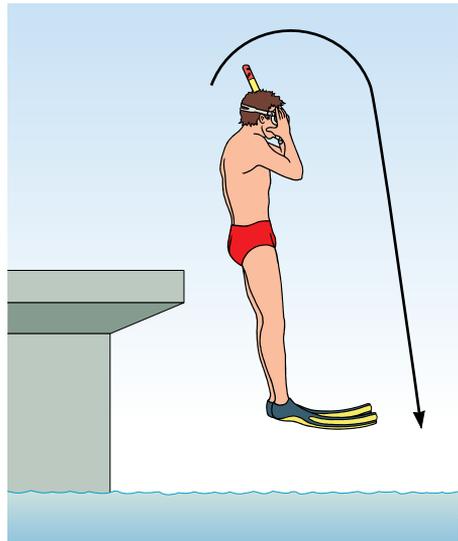


Abbildung 5.5:

Abfaller aus nur geringer Höhe. Das Gesäß berührt als erstes das Wasser. Die Taucherbrille ist mit den Händen auf dem Gesicht zu fixieren, damit sie beim Eintauchen ins Wasser nicht verloren geht.

Abbildung 5.6.:

Fußsprung vorwärts. Dieser ist auch aus größerer Höhe durchführbar. Der Taucher taucht mit den Füßen voran in das Wasser ein. Ebenso wie beim Abfaller rückwärts ist die Brille auf dem Gesicht zu fixieren.



Zusätzliche Hinweise:

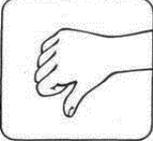
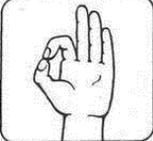
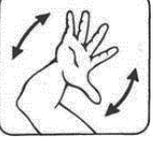
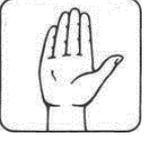
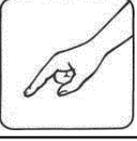
- Bei Sprüngen muss die Taucherbrille immer an das Gesicht gedrückt werden.
- Rückwärtige Sprünge dürfen nur aus Höhen unter 1 m eingeübt werden. Der Schrittsprung kann aus verschiedenen Höhen geübt werden.
- Das Anziehen der Fußspitzen erleichtert das Eintauchen in Rückenlage.
- Beim Springen – insbesondere bei den Rückwärtssprüngen – muss stets sichergestellt sein, dass die Wasserfläche frei ist!

5.7 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 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:

<p>● „Abtauchen!“ Der Daumen zeigt nach unten.</p> 	<p>● „Auftauchen!“ Der Daumen zeigt nach oben.</p> 
<p>● Frage: „Ist alles in Ordnung?“ oder Antwort: „Es ist alles in Ordnung“ oder Bestätigung: „Ich habe verstanden!“</p> 	<p>● Unklare Situation! Hand mit gespreizten Fingern und angewinkeltem Unterarm zum Partner auf- und abdrehen.</p> 
<p>● Notzustand Heftige Handbewegung unter Wasser oder an der Oberfläche.</p> 	<p>● „Halt (Verbleibe dort)!“ Fläche, gestreckte Hand frontal dem Partner zeigen.</p> 
<p>● Hinweis! Mit dem Zeigefinger aus der geballten Faust auf etwas zeigen oder deuten. z.B. auf sich selbst „ich“; den Partner „Du“; auf ein oder mehrere Objekte „da“</p> 	

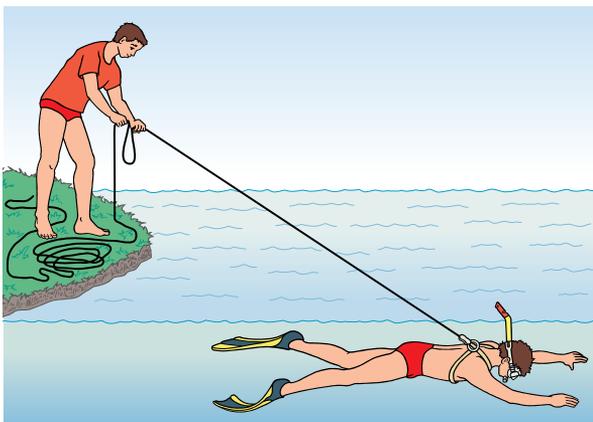


Abbildung 5.7: Taucher mit Leinensicherung

5.8 Suchen von Personen

Bei der Suche von vermissten Personen in undurchsichtigen 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 kreisförmige Suchfächer, die alleine oder in Gruppen durchgeführt werden können. Um in der Tiefe nach Vermissten zu suchen, wird das Kettentauchen durchgeführt. Folgende Abbildungen veranschaulichen einzelne Suchtechniken:

Abbildung 5.8:
Halbkreisförmiges
Suchen mit Leine –
Scheibenwischer

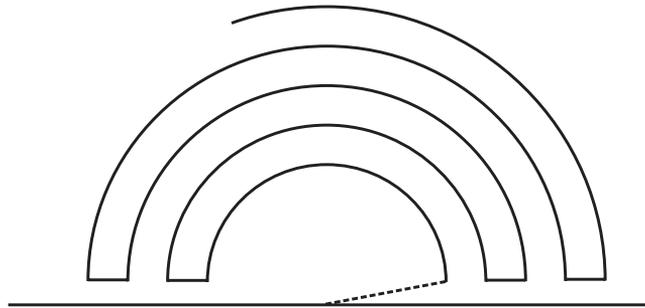


Abbildung 5.9:
Kreisförmiges Suchen
(vor allem vom Boot aus)

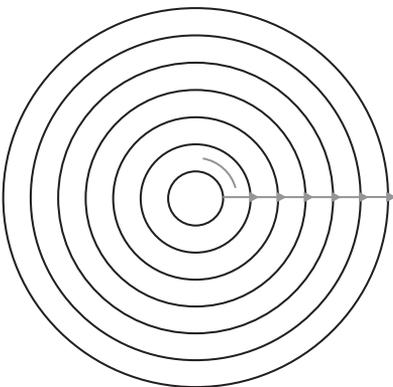
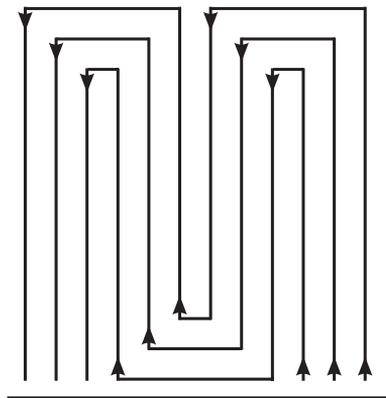


Abbildung 5.10:
Suchfächer mehrerer Taucher



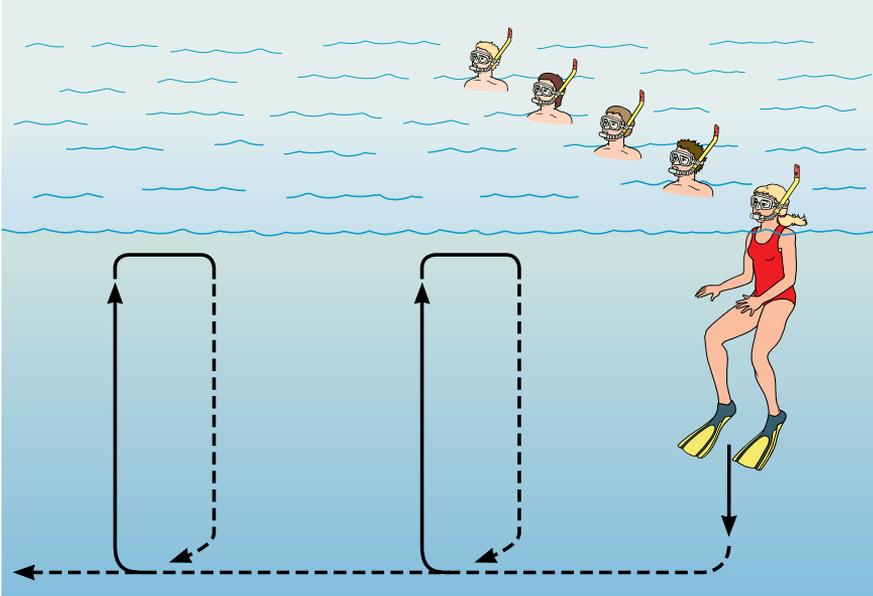


Abbildung 5.11: Kettentauchen als wichtigstes Verfahren für den Schnorcheltaucher

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

5.9. Orientierungsübungen

Die Orientierung unter Wasser muss durch gezielte Übungen verbessert werden. Im Gegensatz zu unserer Fortbewegung auf zwei Beinen an Land können wir uns unter Wasser in allen drei Raumrichtungen bewegen. Diese Bewegungsvielfalt muss vom Schnorcheltaucher sicher beherrscht werden. Die hier beschriebenen Orientierungsübungen können diese Fertigkeiten trainieren und verbessern.

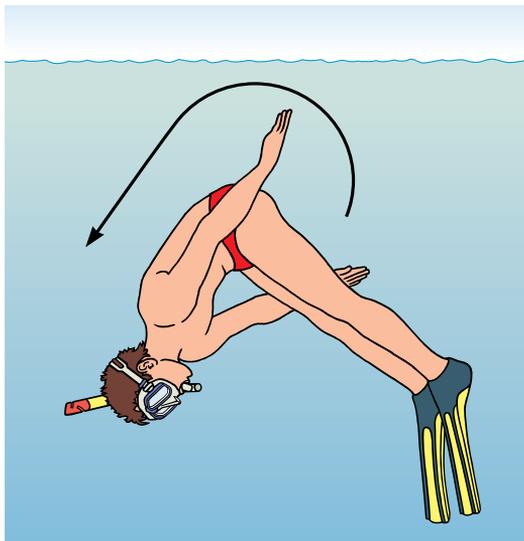
5.9.1 Unterwasserrolle

Die Unterwasserrolle ist Grundlage für schnelle Richtungsänderungen unter Wasser und wird mit kompletter ABC-Ausrüstung durchgeführt.

Der Kopf wird dabei nach vorne gebeugt und das Kinn berührt die Brust. Dies erleichtert den Rollvorgang.

Abbildung 5.12:

Die Unterwasserrolle dient der schnellen Richtungsänderung unter Wasser und wird durch einen Armzug mit gleichzeitiger Körperbeugung in der Hüfte eingeleitet.

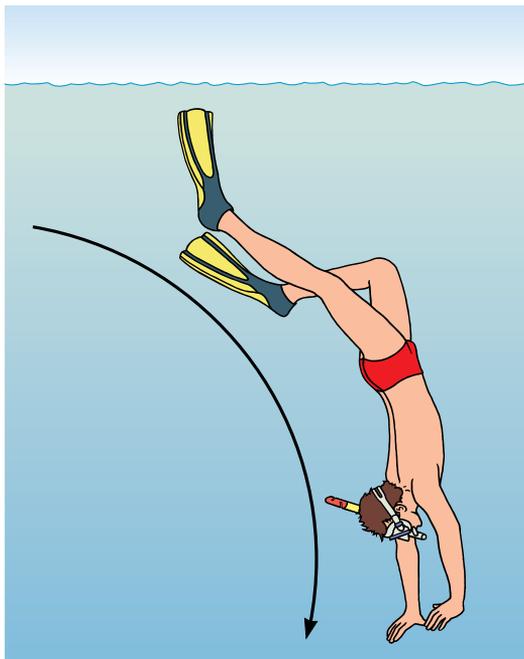


5.9.2 Abtauchen aus der Rückenlage

Das Abtauchen aus der Rückenlage stellt besondere Anforderungen an Orientierungsfähigkeit unter Wasser und Beherrschung der Schnorchelatmung dar. Der Abtauchvorgang rückwärts wird durch das Zurücklegen des Kopfes in den Nacken begonnen.

Abbildung 5.13:

Abtauchen aus der Rückenlage zur Verbesserung der allgemeinen Koordinations- und Orientierungsfähigkeit.



5.9.3 Schwimmen der Figur „Acht“

Das Schwimmen der „Acht“ stellt sehr hohe Anforderungen an die Orientierungsfähigkeit des Tauchers unter Wasser. Sie ist eine wichtige Übung für den fortgeschrittenen Schnorcheltaucher.

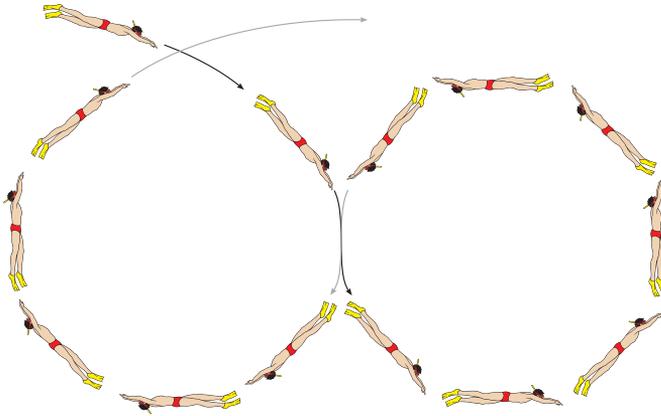


Abbildung 5.14: Liegende Acht – Abtauchen in Bauchlage

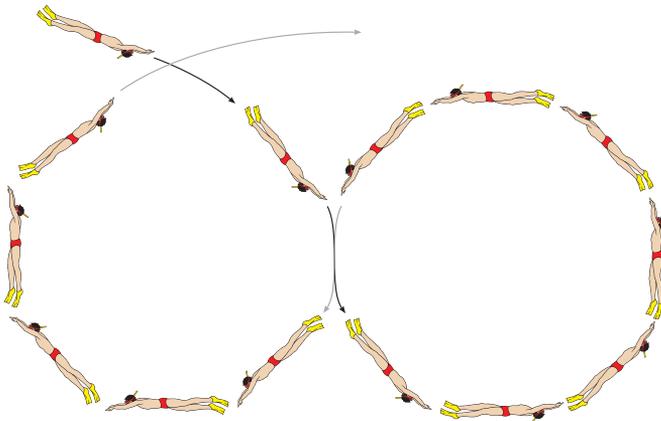


Abbildung 5.15 Liegende Acht – Abtauchen in Rückenlage

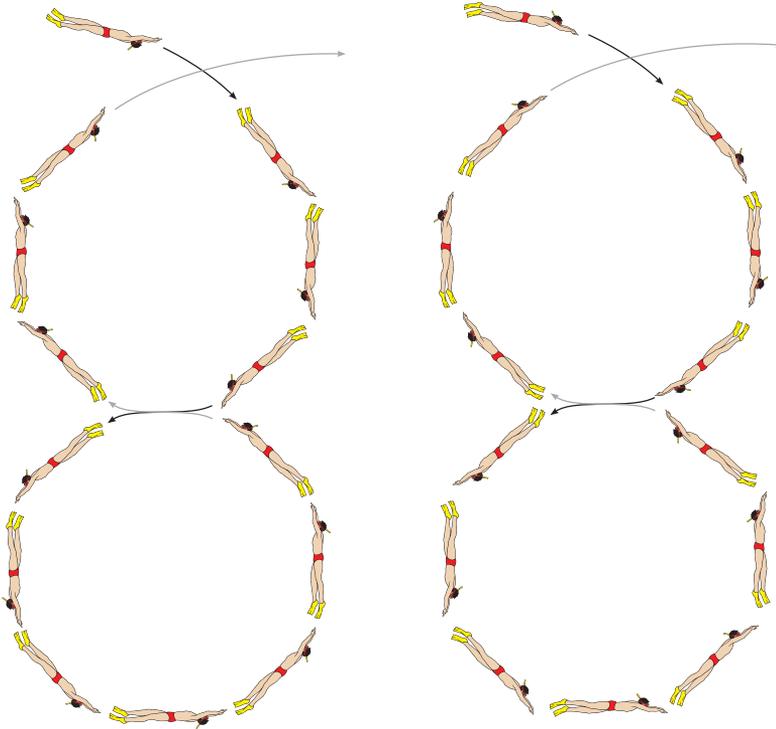


Abbildung 5.15: Stehende Acht (zwei Varianten möglich!) – nur bei ausreichender Wassertiefe (über 4 m) möglich!

5.10 Prüfung und Prüfungsordnung

Auszug aus der DLRG Prüfungsordnung
Schwimmen / Rettungsschwimmen:



160 Weitere Prüfungen der DLRG

161 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 Leistungen der Prüfung

Die Prüfung besteht aus einem praktischen und theoretischen Teil.

Praktische Prüfung

- 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.

Theoretische Prüfung

- Schriftliche Prüfung (Der Nachweis theoretischer Kenntnisse richtet sich nach dem DLRG Lehrmaterial über Schnorcheltauchen und er bezieht sich insbesondere auf physikalische und physiologische Grundlagen des Schnorcheltauchens, Teile und Pflege der Grundausrüstung und Verhalten von Schnorcheltauchern)
- Demonstration und Erläuterung der wichtigsten Unterwasserzeichen (Pflichtzeichen).

Ausführungsbestimmungen:

Der vom Prüfer vorgelegte bundeseinheitliche Fragebogen der DLRG muss innerhalb der auf dem Fragebogen angegebenen Zeit und entsprechend dem Bewertungsschema ausreichend beantwortet werden

6 Literaturverzeichnis

1. DLRG: „Rahmen-Richtlinien der DLRG für Qualifizierungen von Sportassistenten, Ausbildungsassistenten, Übungsleitern, Trainern und Vereinsmanagern“, 7. Neuauflage, Bad Nenndorf, 2008
2. DLRG: „Deutsche Prüfungsordnung Schwimmen / Rettungsschwimmen“, 8. Auflage 1.1.2010, Bad Nenndorf, 2010
3. Bucher, Walter (Hrsg.), 1001 Spiel- und Übungsformen im Schwimmen. Verlag Hoffmann, Schorndorf, 9. Auflage, 2002
4. Schmitt, Robert und Thews, Gerhard: „Physiologie des Menschen“, 27. Auflage, Springer Verlag, Berlin 1997
5. DLRG: „Merkblatt M3-001-06: Schwimmen und Tauchen mit Schwimmbrillen“ http://dlrg.de/fileadmin/user_upload/DLRG.de/Inside/Einsatz/Merkblaetter/Merkblatt_M3-001-06, Bad Nenndorf, 2006
6. DLRG: Merkblatt M3-002-06: Selbsterklärung zum Gesundheitszustand“ http://dlrg.de/fileadmin/user_upload/DLRG.de/Fuer_Mitglieder/Einsatz/Merkblaetter/Merkblatt_M3-002-06, Bad Nenndorf, 2006
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

