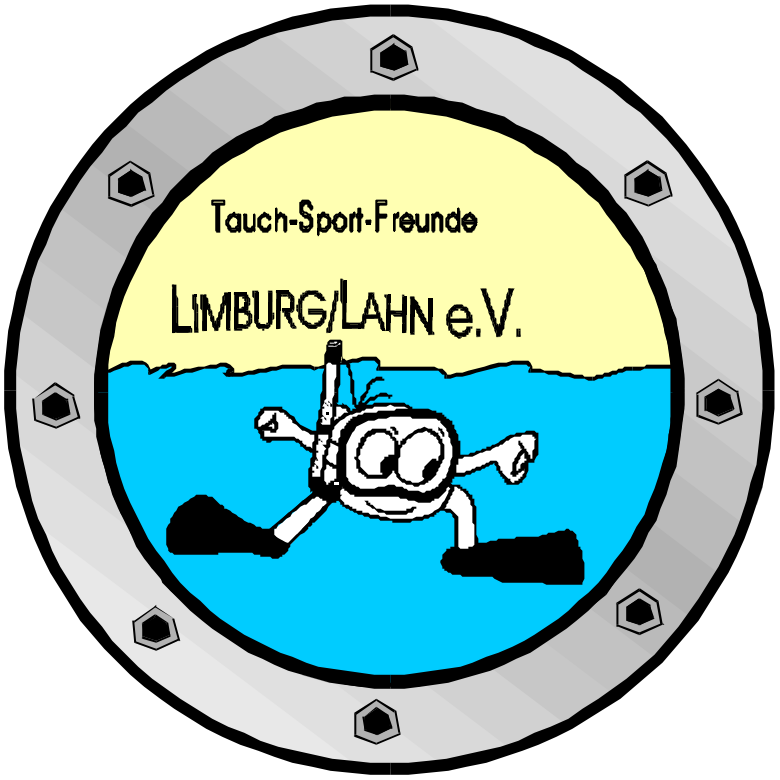
Grundlagen der Tauchtheorie

DTSA Bronze / CMAS *



Inhaltsverzeichnis

1 DIE ABC-AUSRÜSTUNG 3

1.1 DIE TAUCHERMASKE 3
1.2 DER SCHNORCHEL 4
1.3 DIE FLOSSEN 4
1.4 ERWEITERTE ABC-AUSRÜSTUNG 5
1.5 ANWENDUNG DER ABC-AUSRÜSTUNG 5
1.6 PFLEGETIPS 6
1.7 DIE ACHT UNTERWASSER - PFLICHTZEICHEN 7

2 PHYSIKALISCHE UND MEDIZINISCHE GRUNDLAGEN DES TAUCHENS OHNE GERÄT 8

2.1 LUFTBESTANDTEILE 8
2.2 LUFTDRUCK - WASSERDRUCK 8
2.3 LUFT UND WASSER UNTER DRUCK 10
2.4 LUFTDRUCKVERHÄLTNISSE IN DER LUNGE BEIM TIEFTAUCHEN OHNE GERÄT 11
2.5 LUFTDRUCKVERHÄLTNISSE BEIM ÜBERLANGEN SCHNORCHEL 12
2.6 LUFTDRUCKVERHÄLTNISSE IM MITTELOHR (DRUCKAUSGLEICH) 14
2.7 DIE HYPERVENTILATION 16
2.8 AUF- UND ABTRIEB UNTER WASSER 18
2.9 ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DRUCK UND TEMPERATUR 19
2.10 SEHEN UND HÖREN UNTER WASSER 20

3 VOM TAUCHEN OHNE GERÄT ZUM GERÄTETAUCHEN 22

3.1 DAS BOYLE-MARIOTTE'SCHE GESETZ BEIM GERÄTETAUCHEN 22

4 DIE AUSRÜSTUNG DES GERÄTETAUCHERS 23

4.1 DER ATEMREGLER (LUNGENAUTOMAT) 24
4.2 4.2. DAS DRUCKLUFTTAUCHGERÄT 27
4.3 RESERVESCHALTUNG UND FINIMETER 29
4.4 4.4. TAUCHERWESTE (- JACKET) 30
4.5 NOTWENDIGKEIT UND HANDHABUNG DES JACKETS 30

5 MATHEMATISCHE, PHYSIKALISCHE UND MEDIZINISCHE GRUNDLAGEN DES GERÄTETAUCHENS 32

5.1 TAUCHEN UND RECHNEN 32
5.2 DIE DEKOMPRESSIONSTABELLE 36
5.3 DIE DEKOMPRESSION 39
5.4 5.4.TAUCHUNFÄLLE 41
5.4.1 Der Dekompressionsunfall 41
5.4.2 Der Lungenüberdruckunfall 43
5.4.3 Der Tiefenrausch 44
5.5 VERHALTEN BEI TAUCHUNFÄLLEN 45

6 TAUCHPRAXIS 46

6.1 UMWELTSCHUTZ 46
6.2 GRUNDREGELN DES TAUCHENS 47
6.3 TAUCHGANGVORBEREITUNG 48
6.4 TAUCHGANGVORBESPRECHUNG / BRIEFING 49

1 Die ABC-Ausrüstung

Jeder Taucher, ob Freitaucher (Schnorchler) oder Gerätetaucher, benötigt die ABC-Ausrüstung, die aus Tauchermaske, dem Schnorchel und den Flossen besteht. Schon vor dem Kauf dieser Ausrüstungsgegenstände sollte sich der Tauchsportbeginner über den Zweck und die richtige Beschaffenheit der ABC-Ausrüstung informieren.

1.1 Die Tauchermaske

Jeder Schwimmer weiß, daß man unter Wasser alles verschwommen sieht. Der Grund dafür ist, daß das Wasser die Linsenwirkung des Auges weitgehend aufhebt. Erst mit der Tauchermaske kann man wieder so scharf und deutlich sehen, als blicke man in ein Aquarium. Durch den veränderten Brechungsindex des Wassers (1,33) gegenüber der Luft (1,0) erscheinen allerdings alle Dinge näher und größer. Die Entfernungs- und Größenverhältnisse im Wasser sind etwa 1/3 vergrößert und 1/4 verkürzt. 4 Meter Entfernung sehen wie 3 Meter aus. Um etwas Übersicht zu verschaffen, unterscheiden wir 3 Hauptgruppen:

a) Schwimmbrillen

Sie ermöglichen Sicht auch unter Wasser, sind jedoch in erster Linie als Augenschutz gedacht und zum Tieftauchen nicht geeignet, da die Nase nicht mit eingeschlossen ist und somit das zunehmende Anpressen der Schwimmbrille durch den Wasserdruck nicht durch Nachblasen von Atemluft aus der Nasenöffnung ausgeglichen werden kann.

b) Schnorchelmasken und Vollgesichtsmasken

Masken mit angesetztem Schnorchel sind ebenfalls abzulehnen, weil sie beim Abtauchen mit Wasser vollaufen. Auch die angebotenen Dichthilfen, wie Tischtennisbällchen, sind unzureichend, da sie nicht in jeder Lage funktionstüchtig sind. Vollgesichtsmasken ohne Schnorchel, jedoch mit direktem Anschluß an ein Atemgerät, werden im allgemeinen nur von Berufstauchern verwendet. Weiterhin können dort auch Wechselsprechanlagen eingebaut werden. Für den Sporttaucher ist diese Maske ungeeignet, da die Möglichkeit der Wechselatmung nicht gegeben ist.

c) Taucherhalbmasken

Die Halbmaske ist die einzige Maske, die für den Sporttaucher geeignet ist. Sie bedeckt Augen und Nase und ermöglicht durch den Nasenerker den Druckausgleich. Je nach Bedarf können die Sicherheitsgläser auch durch optische Gläser ersetzt werden.

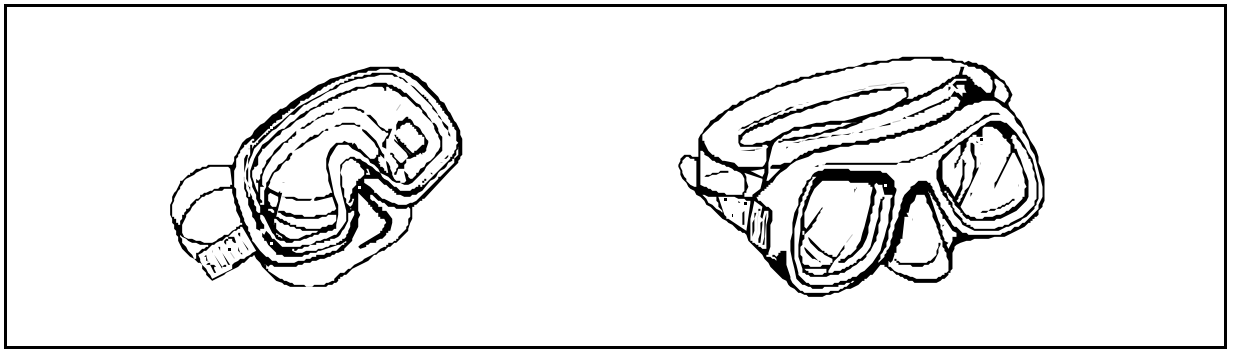


Abb. 1 Taucherhalbmasken

1.2 Der Schnorchel

Durch den Schnorchel wird unsere Atemöffnung an den Hinterkopf verlegt. Wir können also wie Wale und Delphine atmen, das heißt, wir können ohne für die Atmung den Kopf aus dem Wasser heben zu müssen, von der Oberfläche aus die Unterwasserwelt ständig im Auge behalten. Der Schnorchel sollte aus einem starren Rohr bestehen (maximal 35 cm lang) und einen Durchmesser von 1,8 - 2,5 cm haben. Bei längeren und dickeren Schnorcheln besteht die Gefahr der Pendelatmung. Das Mundstück muß flexibel und anatomisch geformt sein. Die Verbindung zum Atemrohr darf nicht aus einem Faltenschlauch bestehen, denn in den Falten sammelt sich Wasser an und dies kann dann beim Einatmen zu einem Hustenreiz führen. Außerdem gelangt beim schnellen Schwimmen nicht genügend Luft durch den gequetschten Faltenschlauch in unsere Lunge. Um von anderen Wassersportlern besser erkannt zu werden, sollte der Schnorchel am oberen Ende eine signalfarbene Markierung tragen.

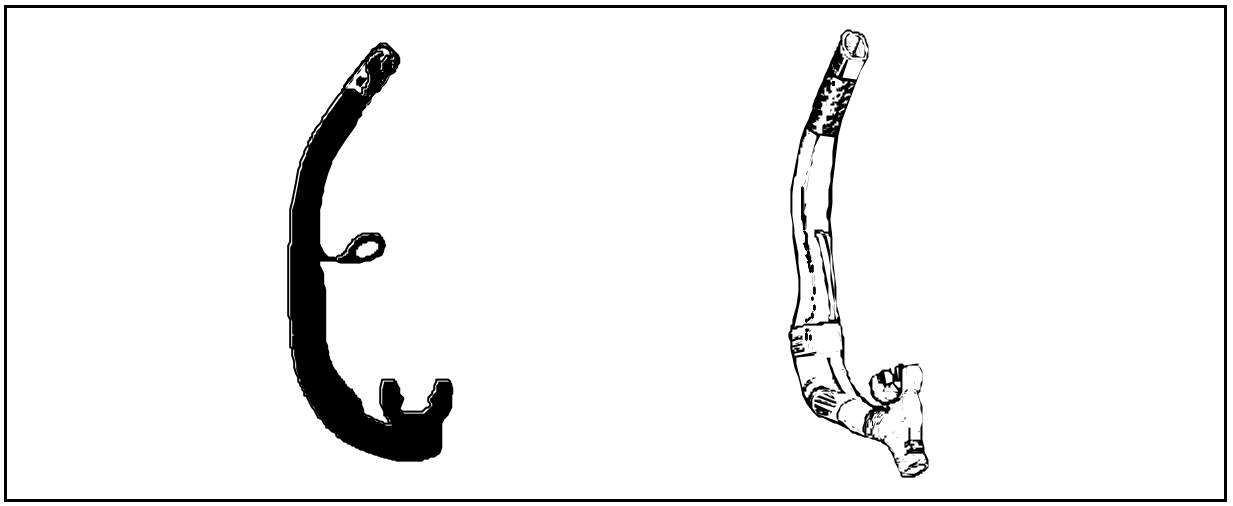


Abb. 2 einfacher Schnorchel moderner Schnorchel mit Ausblasventil

1.3 Die Flossen

Die Flossen bewirken eine Vergrößerung der Fußfläche und damit einen erhöhten Vortrieb. Eine gute Flosse sollte ein weiches, gut passendes Fußbett und ein härteres Flossenblatt haben. Ein abgewinkeltes Flossenblatt ermöglicht eine bessere Kraftübertragung auf den Fuß. Die Flossen sollten fest, aber bequem am Fuß sitzen. Im Schwimmbad und für das Schnorcheln sind Flossen mit Fußteil zu bevorzugen, während beim Gerätetauchen (in Verbindung mit Füßlingen des Kälteschutzanzuges) meist die offene Form mit Fersenband Verwendung findet.

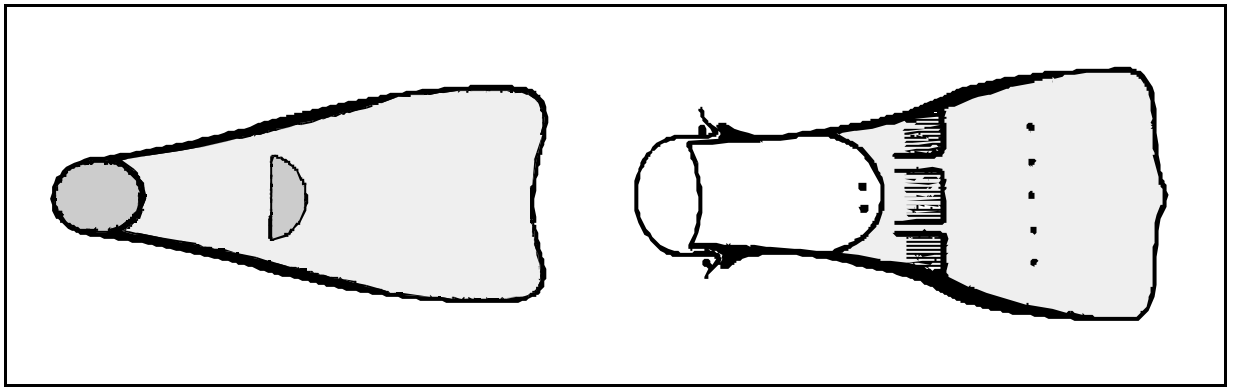


Abb. 3 Schwimmbad- und Schnorchelflosse Geräteflosse (nur beim Gerätetauchen verwendbar)

1.4 Erweiterte ABC-Ausrüstung

Zur erweiterten ABC-Ausrüstung zählen wir den Kälteschutzanzug, das Tauchermesser, die Taucheruhr und den Tiefenmesser. Völlig ungeeignet zum Schnorcheltauchen sind Schwimmhandschuhe, Nasenklemme und Schwimmbrille. Geradezu gefährlich ist die Benutzung von Ohrenstöpseln (s. Kapitel 2.6: Der Druckausgleich)

1.5 Anwendung der ABC-Ausrüstung

a) Maske ausblasen

Man taucht 2 - 3 Meter tief ab und richtet den Körper im Wasser senkrecht auf, so daß der Kopf in Richtung Wasseroberfläche zeigt. Den Kopf nach hinten legen, Blick zur Wasseroberfläche. Mit einer Hand wird die Maske am oberen Rand leicht an die Stirn gedrückt, mit kurzen Stößen wird die Luft durch die Nase in die Maske eingeblasen. Dies wird so lange wiederholt, bis die Luft das Wasser aus der Maske verdrängt hat.

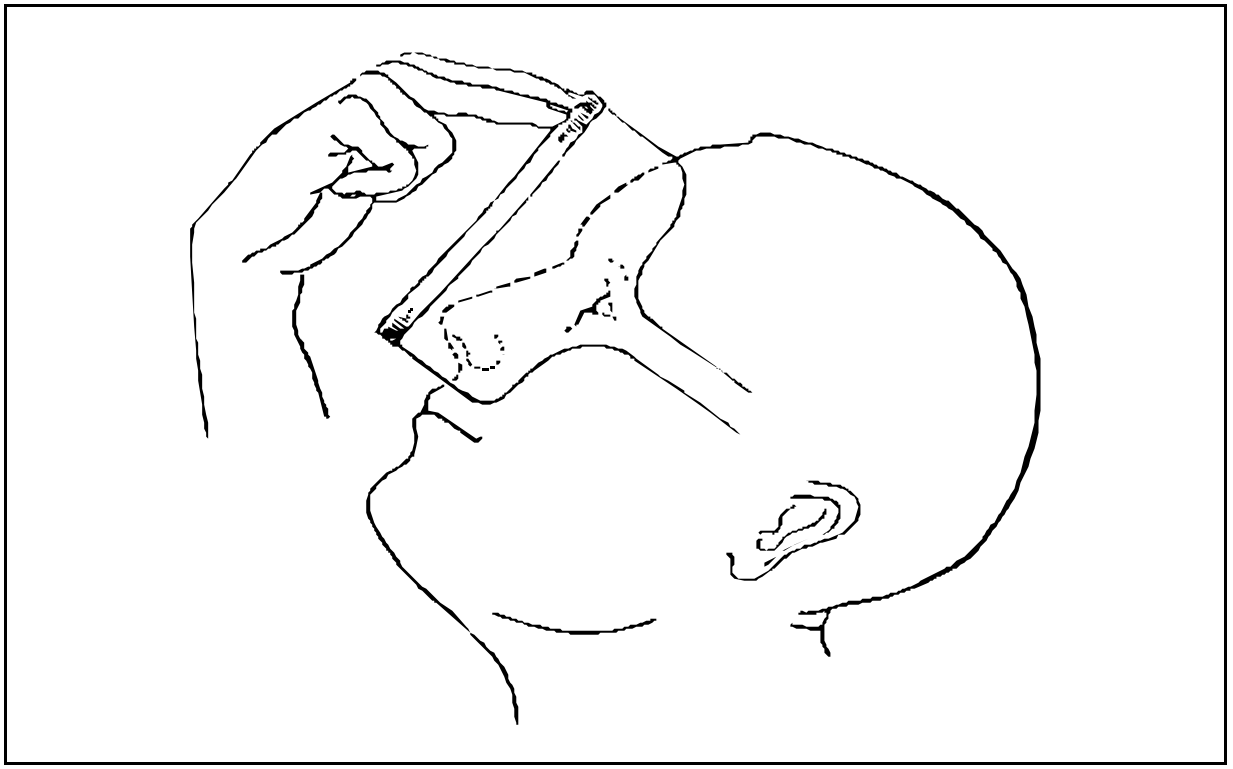


Abb. 4 Maske ausblasen

Diese Übung muß ruhig und sauber durchgeführt werden. Nur Übung macht den Meister! Soll beim Abtauchen ein Druckausgleich in der Maske herbeigeführt werden, so wird ähnlich wie beim Maskenausblasen Luft durch die Nase in die Maske eingeblasen, bis diese wieder locker auf dem Gesicht aufliegt. (siehe Kapitel 2.6: Der Druckausgleich).

b) Schnorchel

Der Schnorchel wird entweder mit dem Schnorchelhalter am Maskenband befestigt oder einfach links unter das Maskenband geschoben . Beim Tauchen eingedrungenes Wasser wird an der Oberfläche durch einen kurzen, kräftigen Ausatemstoß aus dem Schnorchel hinausgeblasen.

c) Flossen

Nie mit Flossen am Beckenrand laufen! Beim Schnorcheln in Bauchlage werden die Arme nach vorne gestreckt, die Beine führen den Kraul-Beinschlag aus (kein Fahrradfahren!).

d) Abtauchen Kopfwärts

Phase I

Der Taucher gleitet aus der Ruhestellung heraus mit leichtem Flossenschlag an der Oberfläche dahin. Die Arme werden vorgehalten, der Körper nimmt eine absolut horizontale Schwimmlage ein. Der anzutauchende Punkt in der Tiefe wird fixiert.

Phase II

Nach einem letzten Flossenschlag und tiefer Einatmung wird der Oberkörper vertikal abgewinkelt.

Phase III

Die Beine werden geschlossen über Wasser gestreckt in die Vertikale geschwungen. Durch den Auftriebsverlust der über Wasser ragenden Partien wird der Körper pfeilartig unter Wasser gedrückt.

Phase IV

Erst wenn der ganze Körper, inkl. Flossen, voll - ständig eingetaucht ist, setzt der Flossenschlag wieder ein. Gleichzeitig wird der Druckausgleich ausgeführt.

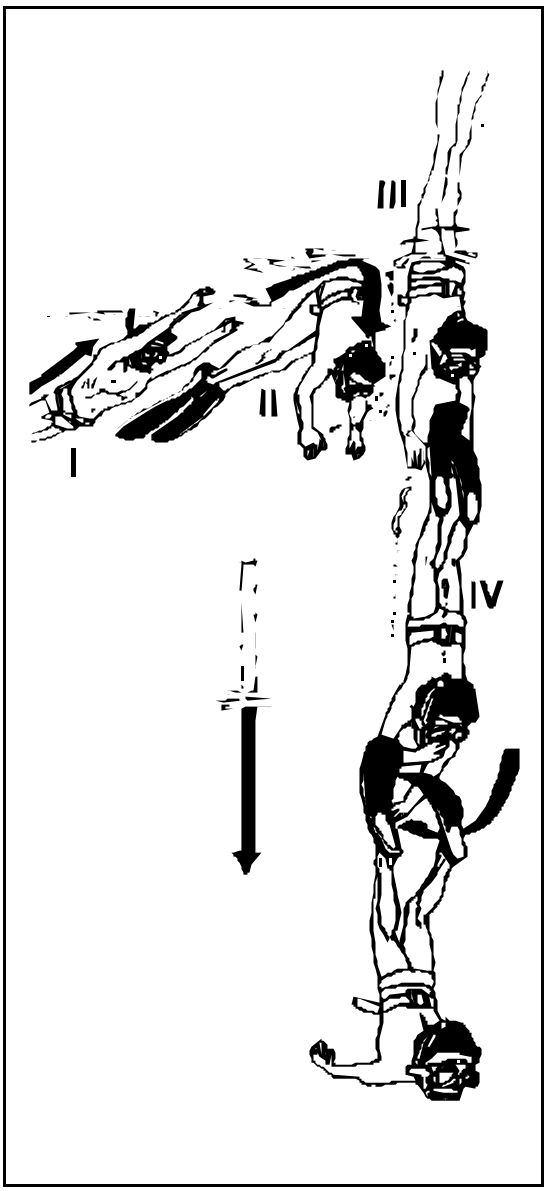


Abb. 5 Abtauchen

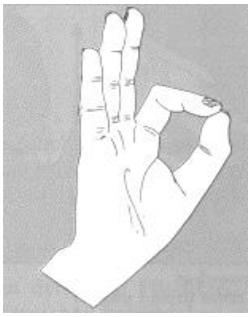
e) Auftauchen

Es wird immer langsam aufgetaucht mit max. 10 m/min. Während des Aufstiegs achtet man auf Hindernisse (Schwimmer, Boote, usw.), indem man eine Hand nach oben streckt. Am besten dreht man sich hierzu um die eigene Achse und schaut nach oben. An der Oberfläche wird der Schnorchel ausgeblasen.

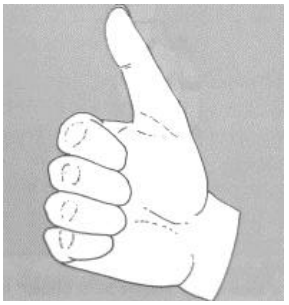
1.6 Pflegetips

Um die Lebensdauer der in diesem Abschnitt beschriebenen ABC-Ausrüstung zu verlängern, ist diese vor direkter Sonnenbestrahlung und vor Berührung mit Sonnenschutzmitteln, Hautcremes und anderen Fetten zu bewahren. Nach Gebrauch im Salzwasser ist ein Spülen im Süßwasser erforderlich. Bei längerer Nichtbenutzung ist ein Einpudern der Gummiteile mit Talkum zu empfehlen, sowie das Messer mit Silikonfett.

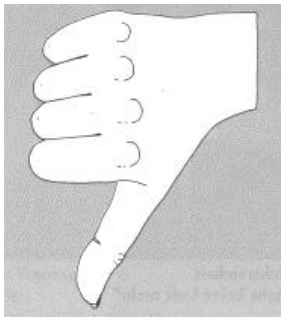
1.7 Die acht Unterwasser - Pflichtzeichen



„Alles in Ordnung“ oder „Ist alles in Ordnung?“ oder „Verstanden“

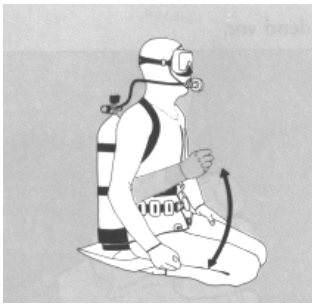


„Ich tauche auf“ oder „Tauche auf“

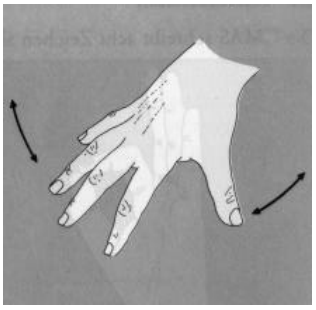


„Ich tauche ab“ oder „Tauche ab“

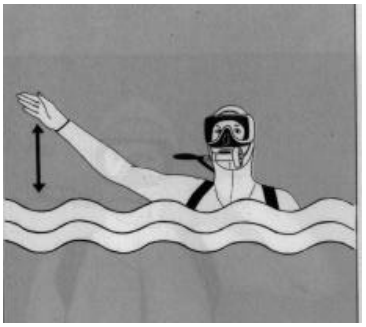
„Ich habe meine Reserve geöffnet“



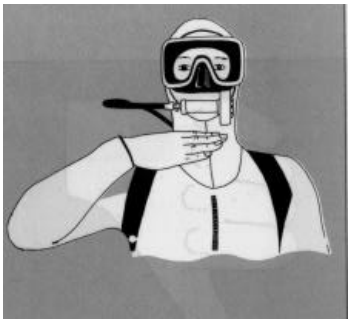
„Ich kann meine Reserve nicht öffnen“ oder „Öffnet meine Resreve“



„Irgend etwas stimmt nicht“



„Notzustand“ (Heftige Handbewegung unter Wasser oder an der Oberfläche“



„Ich habe keine Luft mehr“

2 Physikalische und medizinische Grundlagen des Tauchens ohne Gerät

2.1 Luftbestandteile

Wir wissen, daß die uns umgebende Luft nicht aus einem einzelnen Gas, sondern aus Gasgemischen besteht. Trockene Luft setzt sich wie folgt zusammen:

		Einatemluft	Ausatemluft
O_2	= Sauerstoff	21 %	17 %
N_2	= Stickstoff	78 %	78 %
CO_2	= Kohlendioxyd	0,03 %	4 %
Rest	= Edelgase	1 %	1 %

Da bei der Atmung Sauerstoff (O_2) zu Kohlendioxid (CO_2) umgewandelt wird, unterscheidet sich die Zusammensetzung der Ein- und Ausatemluft.

2.2 Luftdruck - Wasserdruck

Obwohl wir Menschen von der Geburt an bis zum Moment des Todes im "Luftmeer" leben und ohne Luft innerhalb von Minuten sterben müssen, befassen wir uns im Alltag sehr selten mit diesem Lebensspender. Kaum einer hat sich schon einmal nach dem Gewicht der Luft gefragt, nur vom Druck der Luft hört man so am Rande etwas im Wetterbericht.

Für uns Taucher ist es notwendig mehr über diese Dinge zu wissen, denn nur so können wir auch die physikalischen Gegebenheiten unter Wasser verstehen.

Alle Gegenstände haben ein Gewicht. Auch Luft wiegt etwas. Bei einer Höhe unserer atmosphärischen Luftsäule von 80-100 km kommt da ein sehr großes Luftgewicht zustande.

Entscheidend ist jedoch das Gewicht (besser die Gewichtskraft) auf eine bestimmte Fläche.

Gewichtskraft pro Flächeneinheit nennt man Druck.

Druck = Kraft / Fläche

Über jedem cm^2 Erdoberfläche steht eine Luftsäule, die ein Gewicht von 1 kg hat. Diese Masse entspricht einer Gewichtskraft von 10 Newton. Newton (N) ist die physikalische Einheit für Kraft (F). Die Abkürzung für die Fläche ist A.

10 Newton pro cm^2 bezeichnet man als 1 bar. 1 bar = 10 N / cm^2

Es lastet also auf jedem Quadratzentimeter des menschlichen Körpers eine Gewichtskraft von 10 N. Die Oberfläche des Menschen beträgt 15000 - 18000 Quadratzentimeter. Ein Gewicht von 15 - 18 Tonnen, das auf einer derartigen Fläche aufliegt, erzeugt ebenfalls einen Druck von einem bar. Eine Belastung des menschlichen Körpers ergibt sich hieraus nicht.

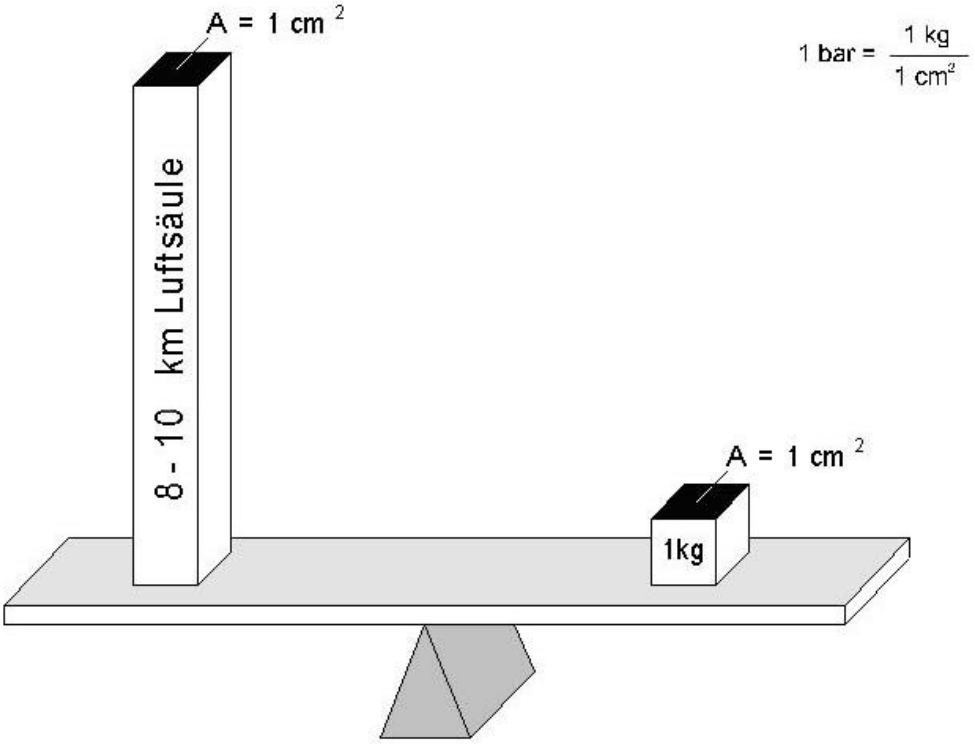


Abb. 6 Gewicht der Luftsäule

Die festen und flüssigen Bestandteile unseres Körpers (z.B. Knochen und Blut) zeigen keine Wirkung bei diesem Druck bzw. sind nicht zusammendrückbar (inkompressibel). Für die luftgefüllten Teile des Körpers gilt: Dem Druck von Außen wirkt ein gleicher Druck von Innen entgegen. Beispielsweise steht die Luft in der Lunge auch unter diesem Druck. Darum wird unser Körper nicht zusammengequetscht, und wir empfinden diesen Druck nicht.

Da Wasser bekanntlich viel schwerer ist als Luft, verdoppelt sich bereits in 10 Meter Wassertiefe der Druck. Es gilt:

Umgebungsdruck in bar = (Tauchtiefe in m / 10) + 1

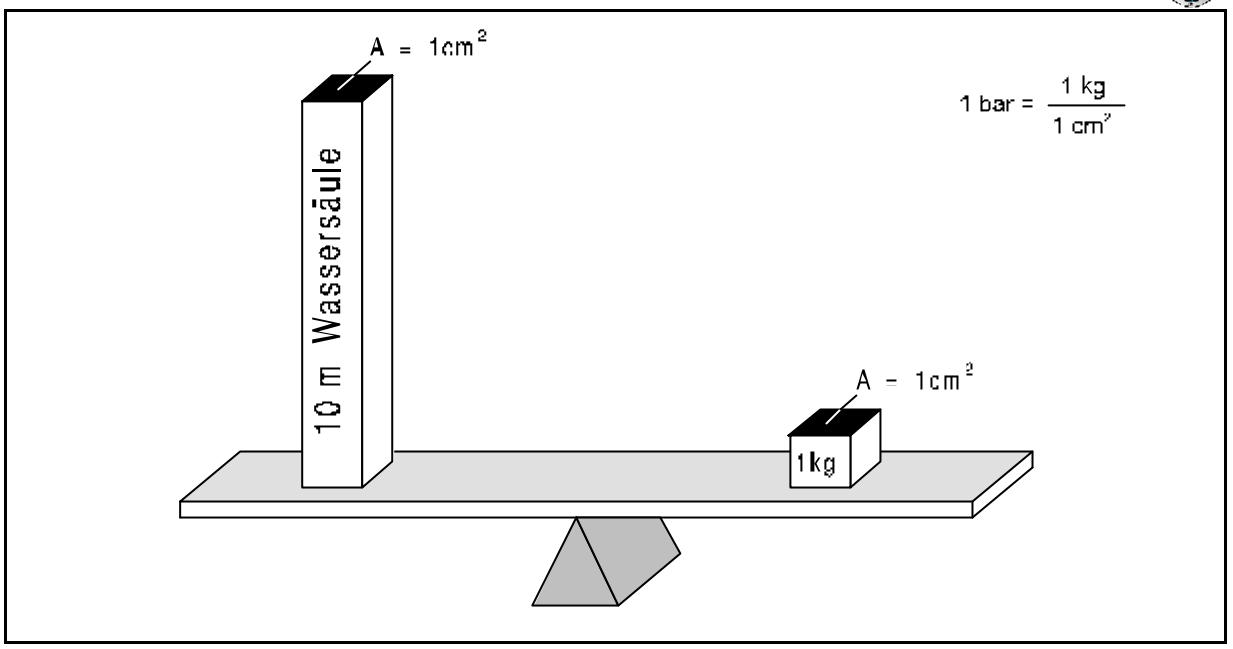


Abb. 7 Gewicht der Wassersäule

2.3 Luft und Wasser unter Druck

Während Wasser als Flüssigkeit nicht kompressibel ist, kann Luft auf Grund der Verschiebbarkeit der Moleküle in alle Richtungen verdichtet werden. Den Zusammenhang zwischen dem Druck und dem zur Verfügung stehenden starren Raum beschreibt das **BOYLE-MARRIOTTESCHE-GESETZ**:

> **"Bei gleichbleibender Temperatur steht für eine gegebene Gasmenge der Druck im umgekehrten Verhältnis zu seinem Volumen."**

In einem Raum befindet sich ein großer Luftballon mit 10 l Volumen bei einem normalen Umgebungsdruck von 1 bar. Erhöht man diesen Druck auf 2 bar, so verringert sich das Volumen auf 5 l. Das Produkt aus dem Druck und aus dem Volumen bleibt aber stets gleich (10 l * 1 bar = 5 l * 2 bar = 10 barl). Bei einer Erhöhung des Druckes auf 4 bar verringert sich das Volumen auf 2,5 l, die Multiplikation des Druckes mit dem Volumen ergibt auch jetzt wieder denselben Wert (2,5 l * 4 bar = 10 barl).

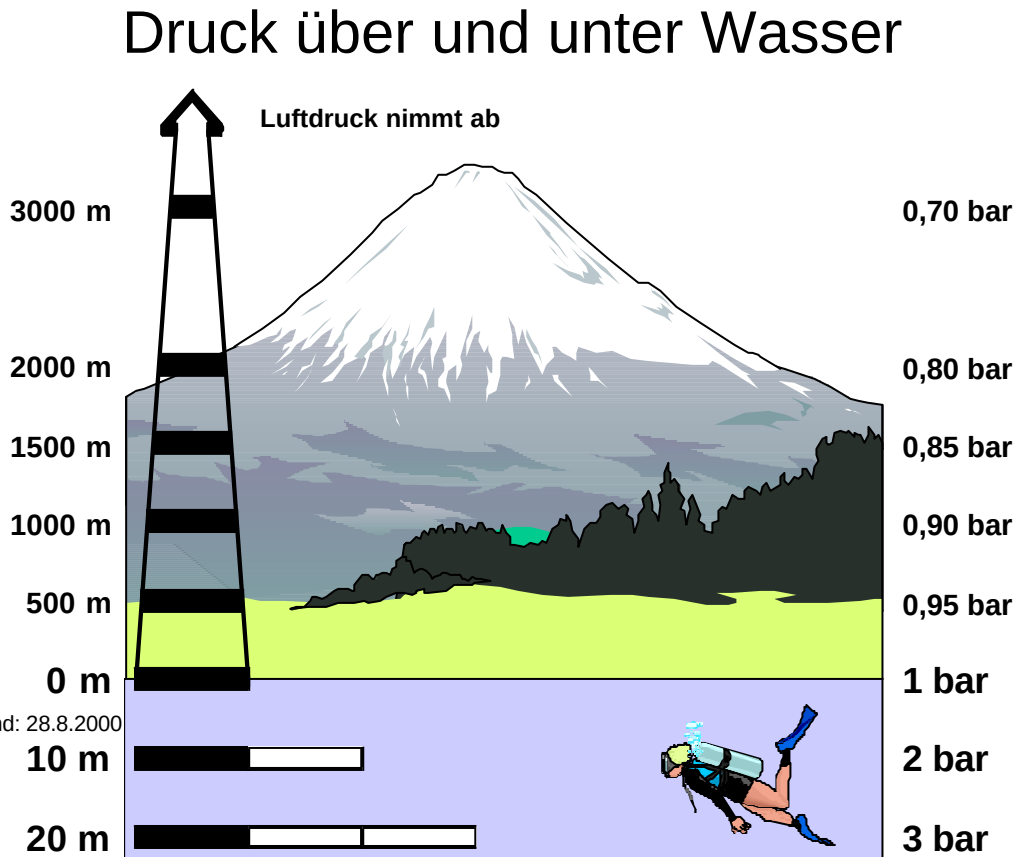


Abb. 8 Druckveränderung

So wie wir eben einen Luftballon von 10 Liter Inhalt im Gedankenversuch auf 30 Meter Tiefe gezogen haben, wobei das Volumen kleiner, der Druck entsprechend größer wurde, so verhält sich auch die luftgefüllte Lunge des Freitauchers (Taucher ohne Gerät). Ihm steht nur ein Luftvolumen von ca. 6 Litern zur Verfügung, das sich ebenfalls als abgeschlossene Gasmenge nach dem BOYLE-MARIOTTESCHEN-GESETZ verhält.

2.4 Luftdruckverhältnisse in der Lunge beim Tieftauchen ohne Gerät

Bedingt durch sein relativ kleines Lungenvolumen kann der Mensch nur kurze Zeit die Luft anhalten. Die Grenze beim Tieftauchen ohne Gerät kann man im allgemeinen mit 2 Minuten ansetzen. Die Geschwindigkeit beim Abtauchen bedeutet keine Gefahr, wenn wir den Druckausgleich vornehmen.

Es soll hier geklärt werden, warum es für den Menschen eine bestimmte Tauchtiefe gibt, die er nicht ohne Gefahr einer gesundheitlichen Schädigung überschreiten kann und auch sie ist nur zu erreichen bei vollgefüllten Lungen und nach langem Training.

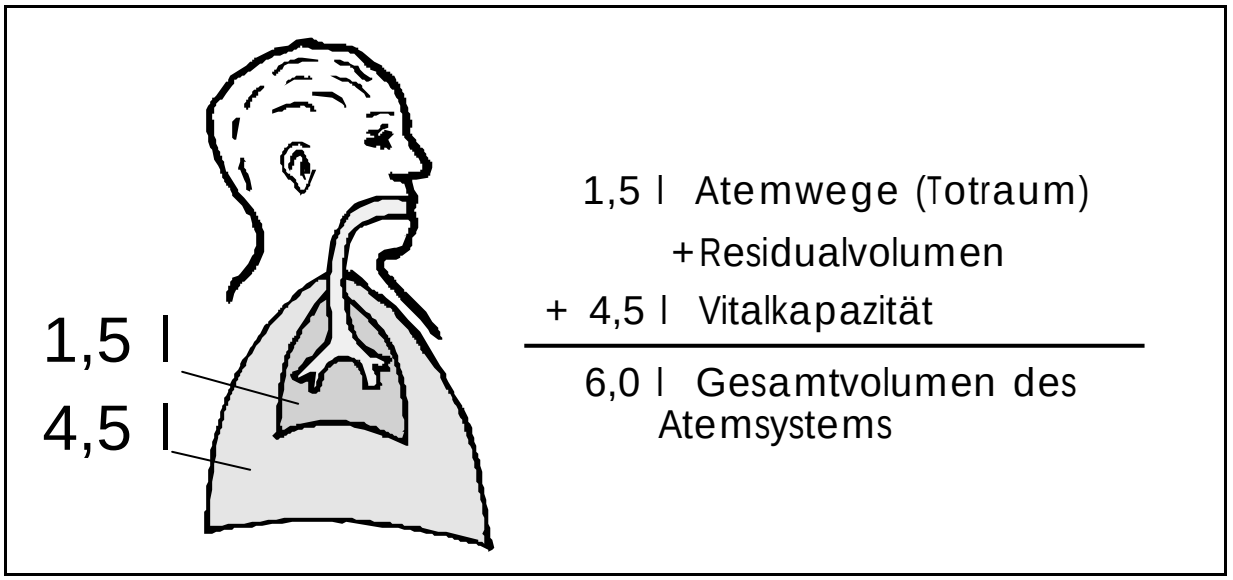


Abb. 9 Volumenverhältnisse der Lunge (Durchschnittswerte)

Totraum :	Luftmenge in den Atemwegen
Residualvolumen :	"Größe" der Lunge nach vollständigem Ausatmen
Restkapazität :	Summe aus Totraum und Residualvolumen
Vitalkapazität :	Luftmenge, die bei maximaler Ein- und Ausatmung bewegt werden kann

Was passiert beim Tieftauchen ohne Gerät ?

Die Lungen werden maximal gefüllt (etwa 6 l). Beim Abtauchen nimmt der Umgebungsdruck mit steigender Tiefe zu, dadurch wird der Brustkorb zusammen und der Bauch eingedrückt, was zu einem Höhertreten des Zwerchfelles führt. Dadurch steigt auch im Brustinnern der Druck an (Druckerhöhung = Volumenverkleinerung nach dem Boyle-Mariotteschen Gesetz). In einer Wassertiefe von 30 Metern, also bei einer Drucksteigerung auf das 4-fache, ist das Luftvolumen in der Brust auf ein Viertel verkleinert. Die 6 Liter Gesamtkapazität sind auf einen Raum von 1,5 Litern zusammengedrückt, dieser entspricht aber dem Volumen der Restkapazität, d.h. dem Teil des Lungeninhaltes, der nach tiefer Ausatmung noch luftgefüllt bleibt. Durch den ebenfalls 4-fachen Druck in dem Lungenvolumen herrscht aber noch Druckgleichheit zwischen dem Innern der Lunge und dem umgebenden Wasser. Nun ist jedoch die Tiefengrenze erreicht. Wird noch tiefer getaucht, steigt der Außendruck weiter an. Der Druck im Brustinnenraum kann jedoch nicht mehr gesteigert werden, da der Brustkorb nicht mehr ohne Verletzung verkleinert werden kann. Im Brustkorb entsteht ein relativer Unterdruck. Dies ist für den Taucher das gefährliche Stadium. Es wird das im großen Blutkreislauf unter dem Außendruck stehende Blut in den kleinen Lungenkreislauf und die Alveolen der Lunge hineingesogen.

Das Herz kann das Blut nicht gegen die Sogwirkung aus dem Lungenraum in entgegengesetzter Richtung, nämlich in Richtung großen Kreislauf, auswerfen und transportieren. Durch den Sog wird die rechte Herzkammer überdehnt, die linke Herzkammer erhält kein Blut. Blut und Gewebeflüssigkeit wird in die Lunge gesaugt. Es kommt dabei zu einem sogenannten Lungenödem, einem Zustand, der dem Ertrinken ähnlich ist, da auch hierbei die Lunge mit Flüssigkeit gefüllt ist.

Bei einer Überschreitung der Grenztiefe für Freitaucher kommt es schnell zu einem Kollaps des Herzens, dadurch zu Bewußtlosigkeit und anschließendem Ertrinken.

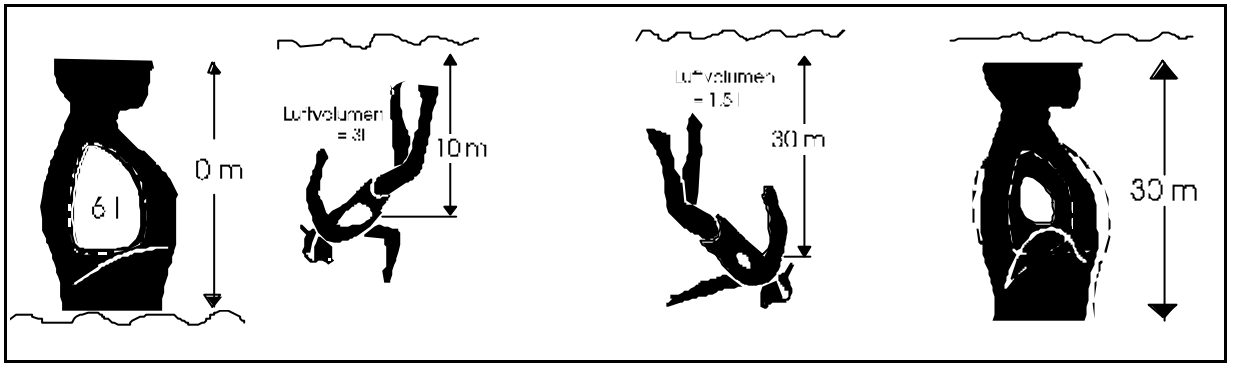


Abb. 10 Die Grenzen des Tieftauchens schematisch gesehen.

---------- *Exkurs für besonders Interessierte* ----------

Alle Physiologen nahmen bis vor einigen Jahren an, daß die Grenze des Tieftauchens alleine von der Kompressibilität des Brustkorbes abhinge und daß diese sich nach dem Verhältnis der Totalkapazität zum Restvolumen errechnen ließe. Nun haben in der Tat die Rekordtieftaucher E. Majorca, J. Mayol und R. Croft, eine ungewöhnlich große Vitalkapazität. Angela Bandini stellte im Oktober.'89 als erste Frau einen Rekord von 107m auf. Im Herbst 1992 erreichte Umberto Pelizzari die neue Rekordtiefe von 120m.

Besonders eingehend wurde R. Croft untersucht. Zur Zeit seines Rekordes am 12.8.1968 war er 33 Jahre alt, hatte eine Vitalkapazität von 7,8 Litern und ein Residualvolumen von 1,3 Litern. Mit diesem Volumenverhältnis hätte er knapp 60 Meter tauchen können. Er tauchte in einer Zeit von 2 Minuten und 28 Sekunden 72 Meter tief. Um keine Luft für den Druckausgleich in einer Maske zu verbrauchen, trug er Spezialunterwasserkontaktlinsen und eine salzwassergefüllte Taucherbrille, die nur die Augen bedeckte. Die Tauchtiefe wurde also nicht durch Atemnot und nicht durch einen zu hohen Kohlendioxydanstieg im Blut begrenzt, sondern durch den Unterdruck im Brustkorb. Durch komplizierte Messungen konnte bei Croft festgestellt werden, daß in 39,5 Meter Tiefe bereits zusätzlich 850 ml Blut im Brustkorb angesammelt wurden, die den Unterdruck teilweise ausglichen. Die Fotoaufnahmen in 72 Meter Tiefe zeigten den Brustkorb stark zusammengedrückt, den Bauch erheblich eingezogen. Der Bauchinhalt hatte sich also offenbar unter Hochdrängen des Zwerchfelles in den Brustkorb verlagert. Als Ausdruck der Verkleinerung des Brustkorbes zeigten sich um die Brust herum kleine Hautfalten.

Es ist ganz sicher, daß die großen Tauchtiefen der Rekordtaucher das Ergebnis eines jahrelangen Trainings und einer entsprechenden Konstitution sind, wobei durch eine allmähliche Anpassung die Fähigkeit erworben wurde, den Unterdruck im Brustkorb durch weitere Volumenverkleinerung und durch Blutverschiebungen auszugleichen. Für Otto-Normaltaucher sind 30 Meter in jedem Fall genug.

---------- *Exkurs Ende* ----------

2.5 Luftdruckverhältnisse beim überlangen Schnorchel

Wie bereits im Kapitel ABC-Ausrüstung erwähnt, dienen alle Schnorchel nur dem Zweck, von der Wasseroberfläche aus pausenlos atmend die Unterwasserwelt zu beobachten, ohne jedes Mal den Kopf aus dem Wasser heben zu müssen. Manch einer mag sich gewundert haben, daß alle Schnorchel eine Länge von 35 cm und einen Durchmesser von 1,8 - 2,5 cm haben. Man könnte nun die Idee haben, sich einen eigenen längeren Schnorchel (Gartenschlauch) zu bauen. Die Gründe, die es schon in einem halben Meter Wassertiefe unmöglich machen zu atmen, wollen wir hier erklären.

Wir wissen, daß an der Wasseroberfläche ein Druck von 1 bar herrscht. Wäre der Schnorchel 50 cm lang, also in einem halben Meter Wassertiefe, so beträgt der Druckunterschied 0,5 N/cm^2 gegenüber der Wasseroberfläche. Die Oberfläche des Brustkorbes beträgt aber rund 3000 cm^2 . Will man nun von der Oberfläche Luft atmen, so muß man gegen 0,5 x 3000 = 1500 N Kraft ankämpfen, d.h. man muß eine Wassersäule von 1500 N Gewicht bei jedem Atemzug anheben. Denn um den Brustkorb zur Einatmung zu vergrößern, muß man ja das Wasser über einem, also 50 cm Wassersäule anheben oder verdrängen, was dasselbe bedeutet. 1500 N auf Dauer anzuheben (bei 15 Atemzügen/Min.) schafft aber unsere Atemmuskulatur nicht.

Alleine diese Berechnung genügt nicht, um die Gefahr des Tauchens mit einem überlangen Schnorchel zu erklären. Durch den Druckunterschied kommt es zu einem biologischen Effekt:

Der relative Unterdruck im Brustraum geht mit einer Sogwirkung auf den kleinen Blutkreislauf ein, so daß es zu einem Hineinströmen des Blutes in die Alveolen der Lunge mit der Überfüllung kommt. Durch die Verbindung Lunge/Herz über den kleinen Blutkreislauf kommt es infolge der Sogwirkung zu einer Überdehnung der Herzmuskulatur innerhalb weniger Sekunden, es treten die gleichen Symptome und Gefahren wie beim Tieftauchen ohne Gerät über 30 Meter Tiefe auf.

Weitere Probleme beim überlangen Schnorchel sind der Atemwiderstand (er wächst mit zunehmender Länge des Schnorchels stark an) und der Totraum (je länger und dicker der Schnorchel, desto größer der Totraum = Gefahr von Pendelatmung). Ein Schnorchel sollte also maximal 35 cm lang sein und einen Durchmesser von 1,8 - 2,5 cm haben.

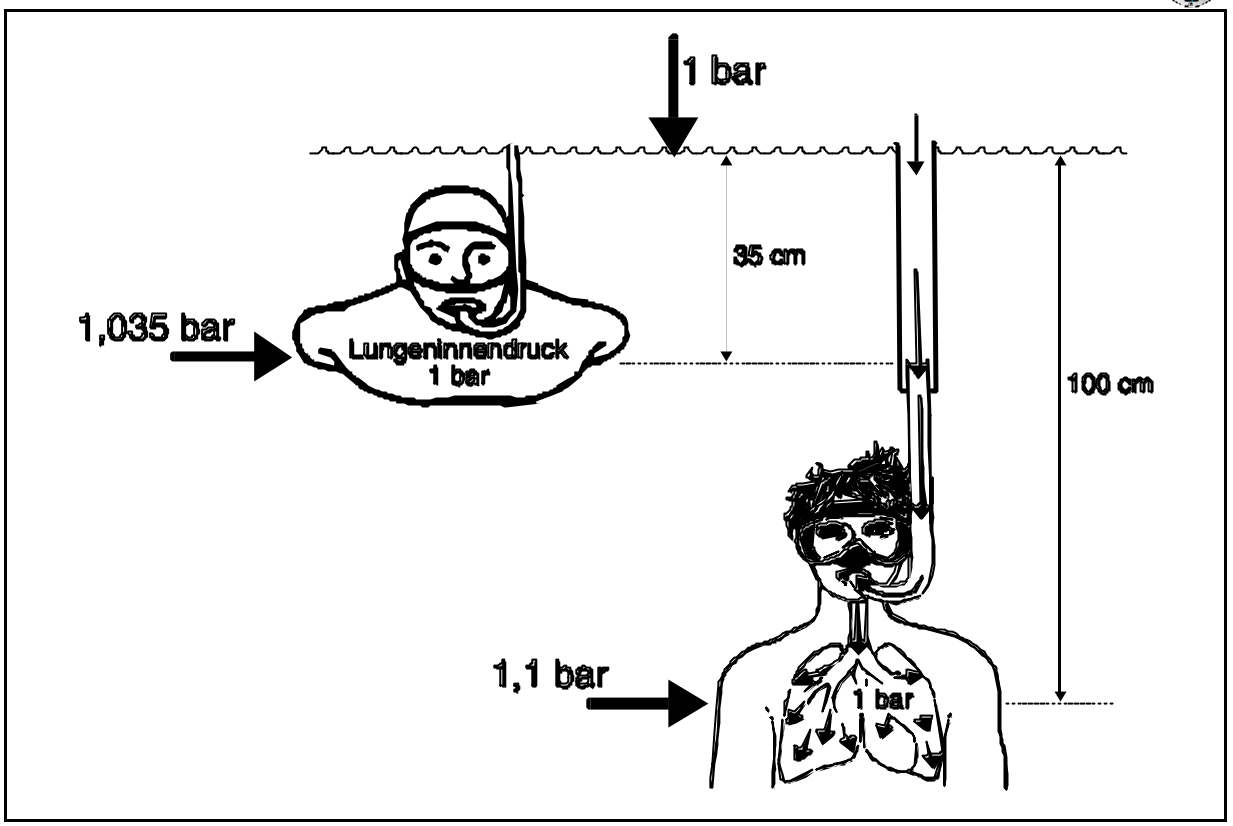


Abb. 11 Druckverhältnisse bei überlangem Schnorchel und bei Normallänge

2.6 Luftdruckverhältnisse im Mittelohr (Druckausgleich)

Wie bereits erwähnt, ist Wasser nicht kompressibel, damit auch nicht die Flüssigkeiten in unserem Körper. Wie verhalten sich aber die luftgefüllten Hohlräume?

Zu Schädigungen kann es überall dort kommen, wo Luft Zutritt hat, also in den Lungen, im Hals-Nasen-Rachenraum sowie in den dazugehörigen Hohlräumen. Außer beim Ohr, bei dem ein künstlicher Druckausgleich herbeigeführt werden muß, vollzieht sich der Druckausgleich in den Hohlräumen automatisch. Durch zunehmende Tiefe und zunehmenden Druck wölbt sich das Trommelfell nach innen in Richtung Mittelohr und erzeugt einen empfindlichen Schmerz. Es besteht ein relativer Unterdruck im Mittelohr. Diesen müssen wir ausgleichen, sonst reißt das Trommelfell und es kann zu Gleichgewichtsstörungen durch Schockwirkung des eindringenden, kalten Wassers kommen. Um die Druckdifferenz zwischen Mittelohr und äußerem Gehörgang auszugleichen, pressen wir durch die Eustachische Röhre (Verbindung zum Nasenrachenraum) Luft ins Mittelohr. Dies geschieht durch Zuhalten der Nasenflügel und Ausführung einer kräftigen Schneuzbewegung. Durch dieses pressen öffnet sich die Eustachische Röhre und es entsteht Druckausgleich im Mittelohr, der Schmerz hört auf, da das Trommelfell wieder die Normalstellung einnimmt. Der Druck im Mittelohr und im äußeren Gehörgang sind in diesem Moment gleich groß.

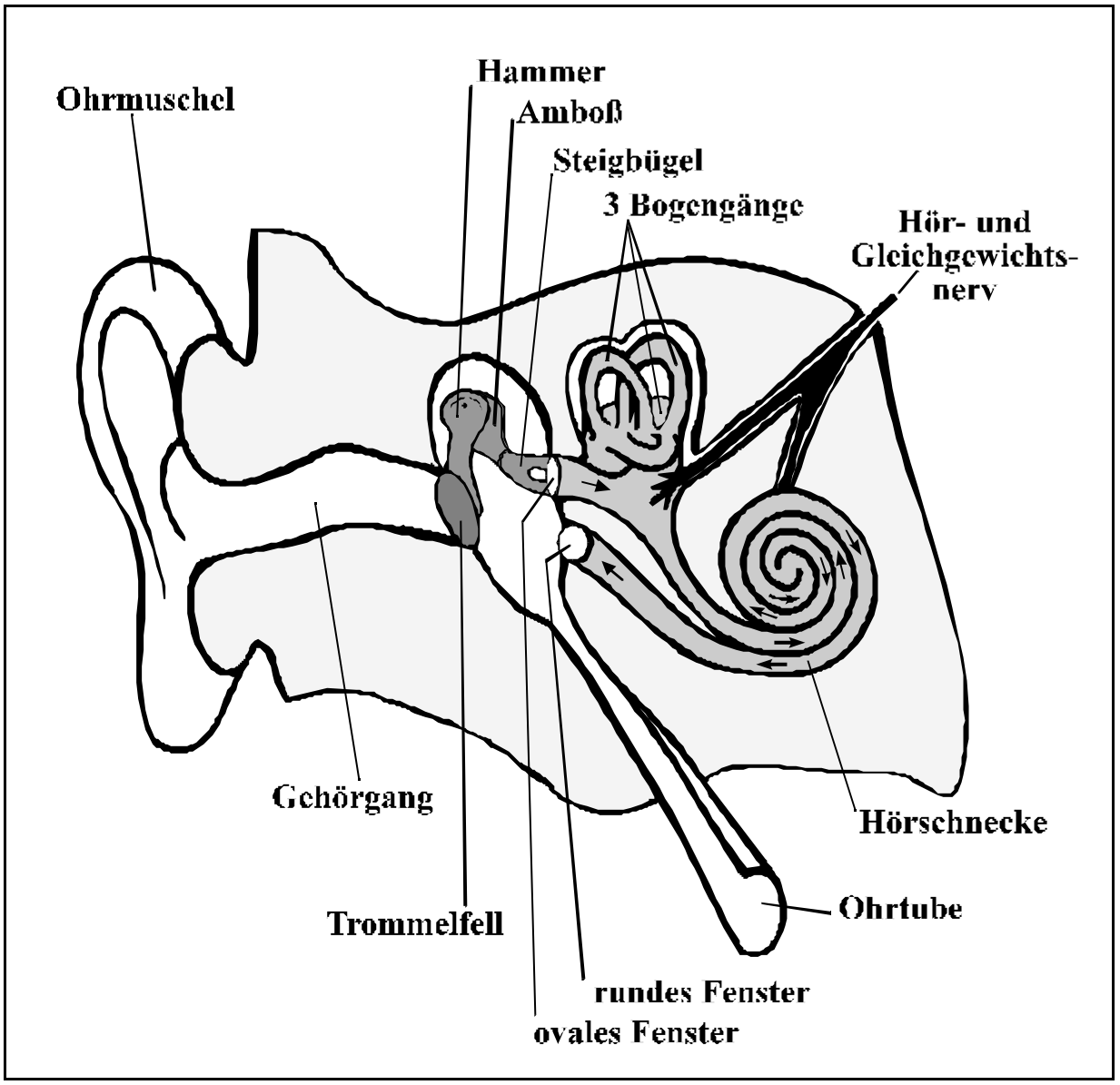


Abb. 12 Das Ohr in der Querschnittsdarstellung

Weiteres Abtauchen erfordert weiteren Druckausgleich. Beim Auftauchen entweicht der Überdruck aus dem Mittelohr von selbst durch die Eustachische Röhre. Durch Erkältung oder Schnupfen schwellen die Schleimhäute in der Eustachischen Röhre an, so daß kein Druckausgleich mehr möglich ist. Im Mittelohr herrscht ein relativer Unterdruck, der das Trommelfell nach innen saugt. Die Gefahr eines Riß des Trommelfells ist sehr groß. **Es darf auf gar keinen Fall getaucht werden** (s. Abb. 13).

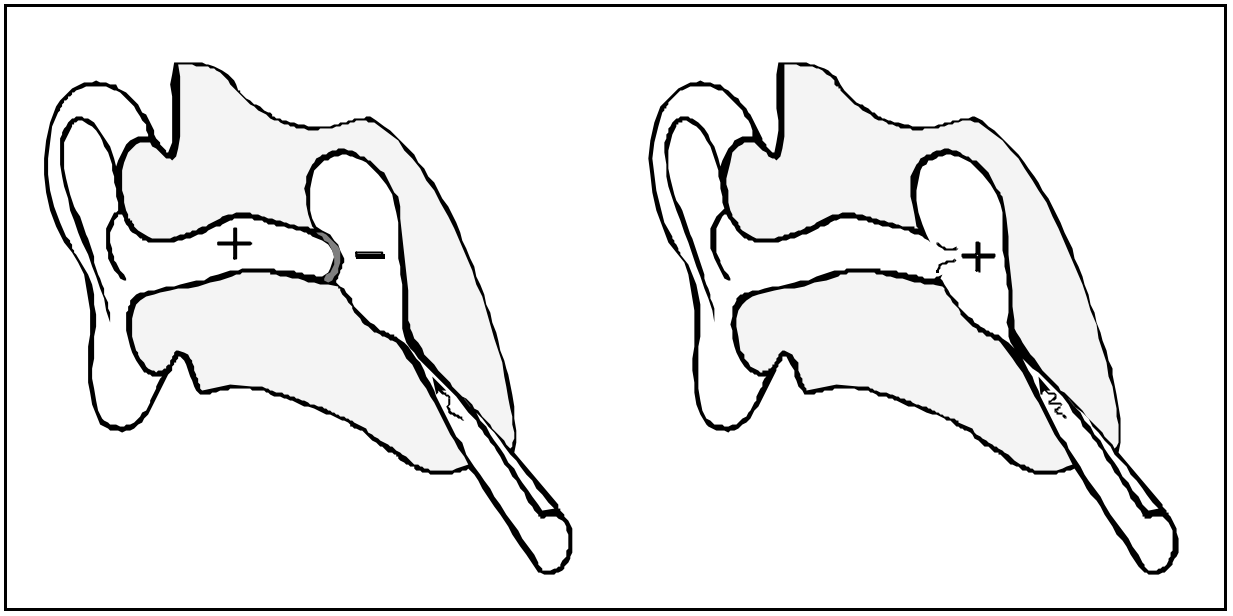


Abb. 13 Verhinderter Druckausgleich bei Erkältung

Ohrenstopfen dürfen beim Tauchen nicht verwendet werden! Ohrenstopfen hindern uns beim Druckausgleich und führen ebenfalls zu Trommelfellrissen.

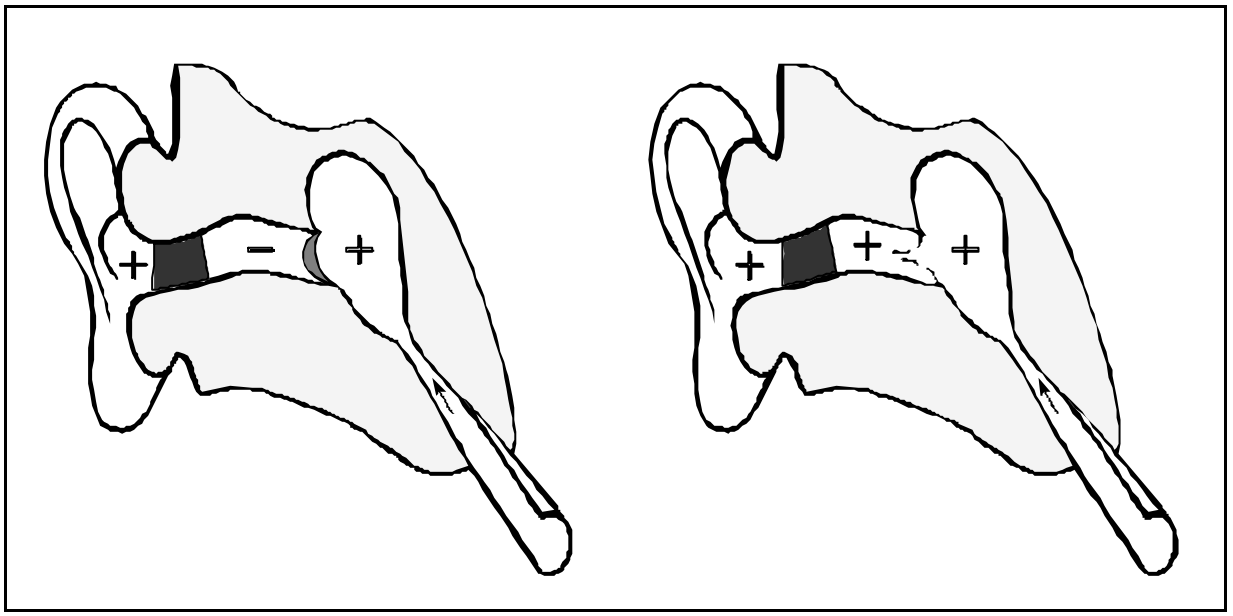


Abb. 14 Verhinderter Druckausgleich durch Ohrenpfropfen

Zwischen Ohrenstopfen und Trommelfell entsteht ein relativer Unterdruck, das Trommelfell wölbt sich nach außen. Es kommt zu schmerzen, da kein Druckausgleich im Gehörgang stattfinden kann. Der Ohrenstopfen wird durch den hohen Außendruck in das Ohr hineingepreßt. Das Trommelfell zerreißt nach außen, dadurch kommt Druckausgleich zustande.

2.7 Die Hyperventilation

Vor dem Streckentauchen kann durch ein längeres, bewußt ausgeführtes schnelles und tiefes Ein- und Ausatmen eine Leistungssteigerung in Bezug auf die Tauchstrecke bzw. Tauchzeit erzielt werden. Diesen sehr gefährlichen Vorgang nennt man Hyperventilation (wörtl. übersetzt: Überatmen).

Streckentauchen nach Normalatmung:

Während des Apnoetauchens wird der im Körper gespeicherte Sauerstoff (O_2)verbraucht und in Kohlendioxid (CO_2) umgewandelt. Die O_2- Bindung des Sauerstoffes erfolgt am roten Blutfarbstoff (Hämoglobin), welcher auch den Transport im Körperkreislauf zum Gewebe besorgt. Erreicht der steigende CO_2- Spiegel einen bestimmten Grenzwert, so wird ein Reizsignal an das Atemzentrum gestellt. Der Taucher hat somit das dringende Bedürfnis, den Apnoetauchgang zu beenden und wieder einzuatmen. Für den Tauchenden besteht in der Regel keine Gefahr, denn zum Zeitpunkt des Atemreizes ist das Gehirn noch ausreichend mit Sauerstoff versorgt. Nach dem Auftauchen wird der Taucher mit ein paar tiefen Atemzügen das überflüssige CO_2 abatmen und es wird sich nach ganz kurzer Zeit wieder ein normaler CO_2- Gehalt einstellen.

Streckentauchen nach Hyperventilation:

Das Hämoglobin ist bei normaler Atmung schon zu 97 % mit Sauerstoff gesättigt. Eine weitere Sauerstoffanreicherung im Blut ist durch Hyperventilation unter Normaldruckatmung faktisch nicht mehr möglich.

Wird nun unmittelbar vor dem Abtauchen hyperventiliert, so wird durch die vermehrte Ausatmung mehr CO_2 (Kohlendioxid) abgeatmet und der CO_2- Druck im Blut sinkt weit unter normal. Der Apnoetaucher kann somit für einen längeren Zeitraum unter Wasser verweilen, bis ein erneuter Atemreiz erfolgt. Ist der im Blut gespeicherte Sauerstoff aufgebraucht bevor der CO_2- Gehalt die Atemreizschwelle erreicht, so entsteht ein Sauerstoffmangel im Gehirn, was zur plötzlichen Bewußtlosigkeit führen kann (Schwimmbad-Black-out).

Der Begriff "Black-out" stammt aus dem englischen (black = schwarz, out = aus) und bedeutet eine plötzliche, ohne Vorwarnung und Anzeichen eintretende Bewußtlosigkeit.

Die nächsten beiden Grafiken (Abb. 15 + 16) zeigen, daß nach Hyperventilation O2-Mangel eintreten kann, bevor die Atemreizschwelle erreicht wird. Ohne Hyperventilation setzt die Atemreizschwelle (imperativer Zwang zur Einatmung) ein, bevor es zu einem O2-Mangel kommen kann.

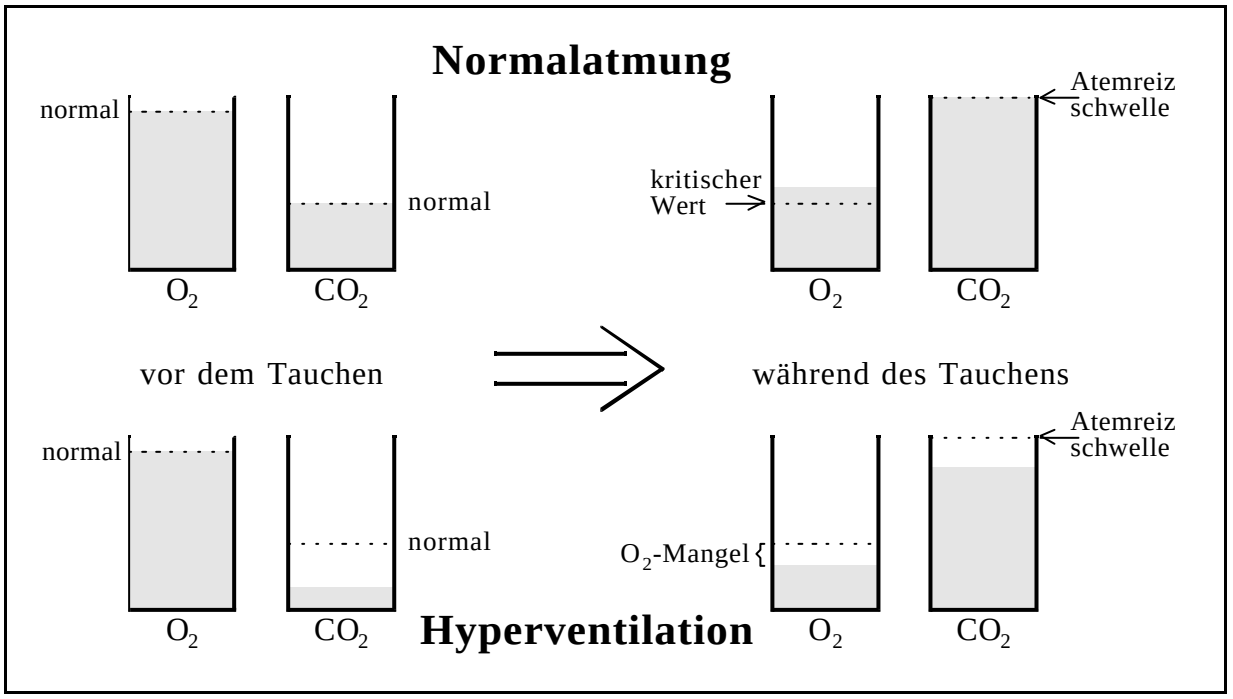
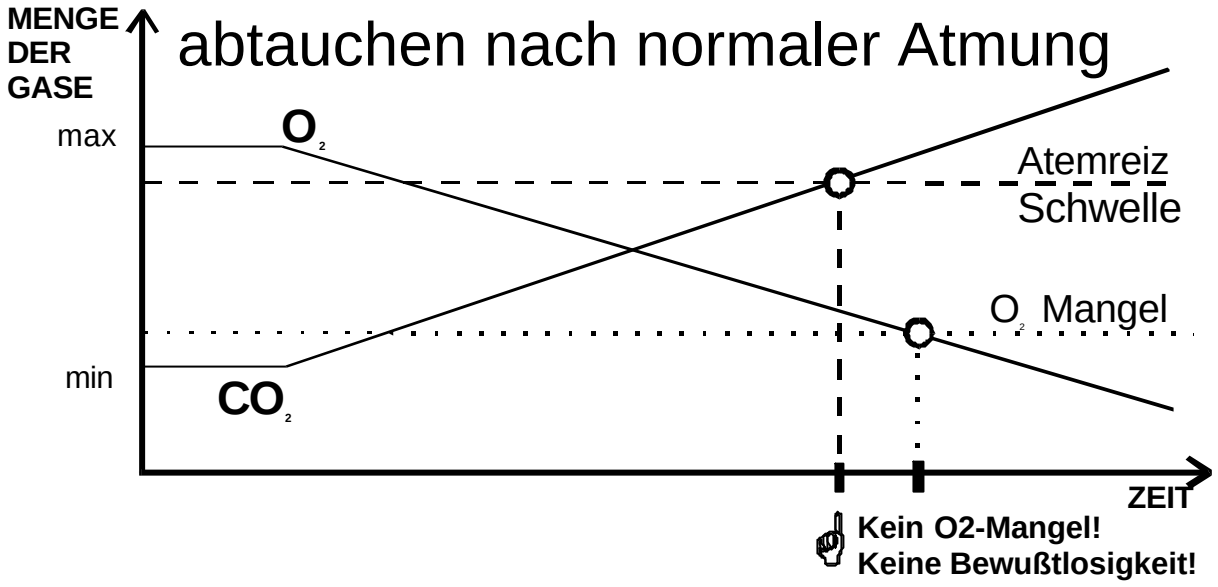


Abb. 15 Auswirkung der Hyperventilation

Die meisten Unfälle beim Streckentauchen werden durch vorhergehende Hyperventilation verursacht. Eine Hyperventilation vor Strecken- und Zeittauchen ist deshalb auf jeden Fall zu unterlassen. Drei bis fünf tiefe Atemzüge vor dem Start werden nicht als Hyperventilation bezeichnet. Strecken- und Zeittauchen sollte aus den oben genannten Gründen nie unbeobachtet ausgeführt werden. Im Sporttaucherbereich gilt grundsätzlich die Regel : **"Tauche nie alleine"**.



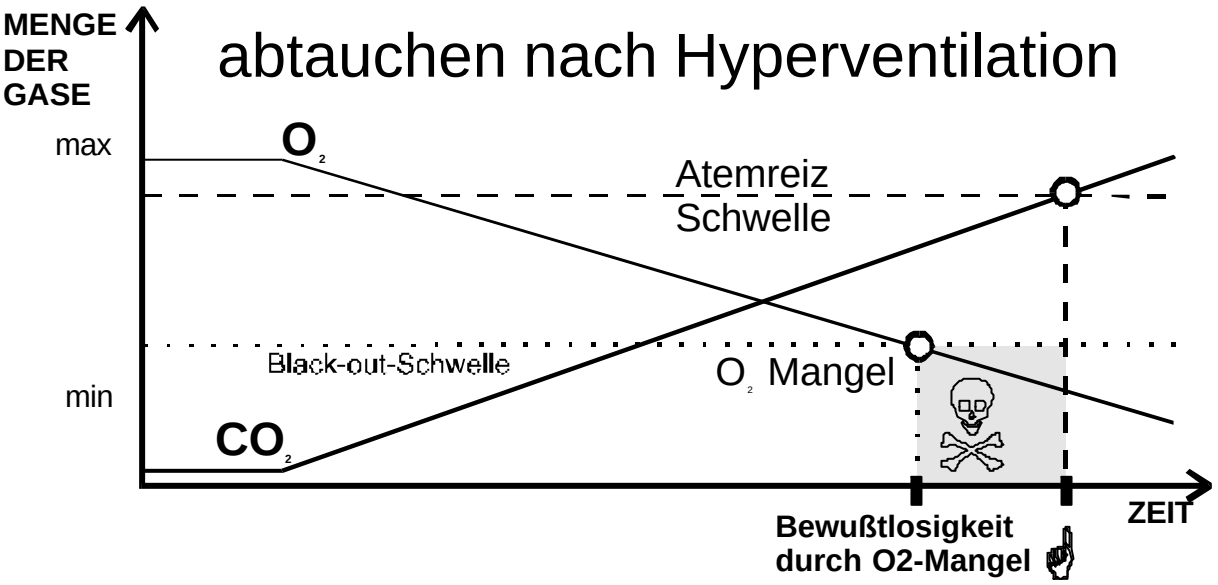


Abb. 16 Grafische Darstellung des Schwimmbad-Black-out

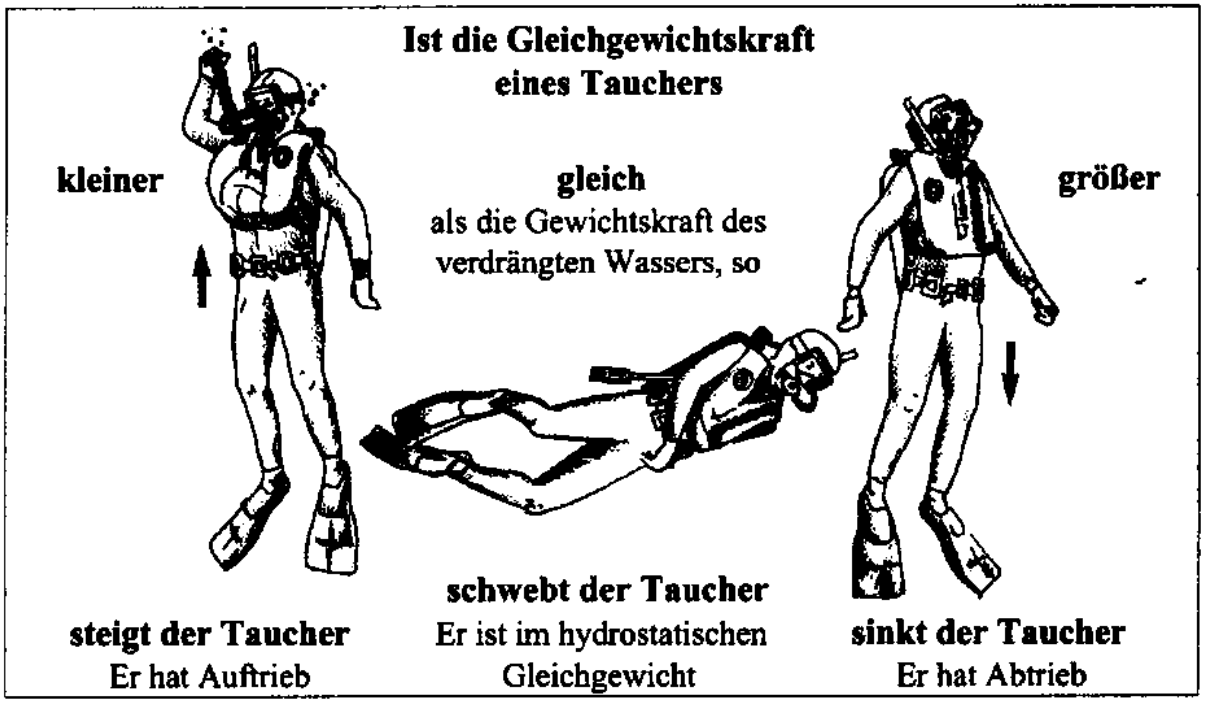
2.8 Auf- und Abtrieb unter Wasser

Warum schwimmt ein Stück Holz, während ein Stein absinkt ? Dies sind einfache Folgerungen aus dem Prinzip des Archimedes, das auch für den Taucher wichtig ist. Entscheidend dafür, ob ein Körper Auf- oder Abrtrieb hat, ist ob er schwerer oder leichter ist als das Wasser das er verdrängt.

Prinzip des Archimedes:

Ein Körper verliert beim Eintauchen in eine Flüssigkeit scheinbar soviel an Gewichttskraft, wie die von ihm verdrängte Flüssigkeit wiegt.

Dies ergibt unter Wasser 3 mögliche Zustände:



Das hydrostatische Gleichgewicht ist der Zustand, den jeder Taucher unter Wasser einnehmen sollte. In beiden anderen Fällen entstehen Risiken für den Taucher, die vermeidbar sind. Außerdem ist der Schwebezustand auch im Hinblick auf den **Umweltschutz** sehr wichtig, da dann kein Sediment aufgewirbelt wird.

Für den Anfänger stellt sich oft die Frage wieviel Blei er mitnehmen soll, um gut tariert zu sein. Nimmt er zuwenig Blei, hängt er an der Oberfläche und kann nicht abtauchen. Hat er zuviel Blei mit, so muß er entsprechend viel Luft in die Taucherweste oder das Jacket blasen, um den großen Abtrieb auszugleichen. Mit dem Blei wird auch der Unterkörper ständig nach unten gezogen, während die Weste/Jacket den Oberkörper nach oben zieht. Der Taucher kann nur durch starken Flossenschlag die Schräglage ausgleichen. Außerdem neigt der Taucher dazu im eingeatmeten Zustand zu tauchen. Dies führt zu erhöhter Anstrengung unter Wasser und birgt Unfallrisiken.

Um selbst zu erkennen ob du die richtige Menge Blei hast,kannst du folg. Versuch an der Wasseroberfläche mit kompletter Ausrüstung durchführen: Im normal eingeatmeten Zustand sollte der halbe Kopf noch aus dem Wasser ragen. Im ausgeatmeten Zustand solltest Du jedoch absinken. Beim Tauchen im Meer, mußt Du etwas mehr Blei mitnehmen da Salzwasser etwas schwerer (2%) wie Süßwasser ist.

2.9 Zusammenhang zwischen Druck und Temperatur

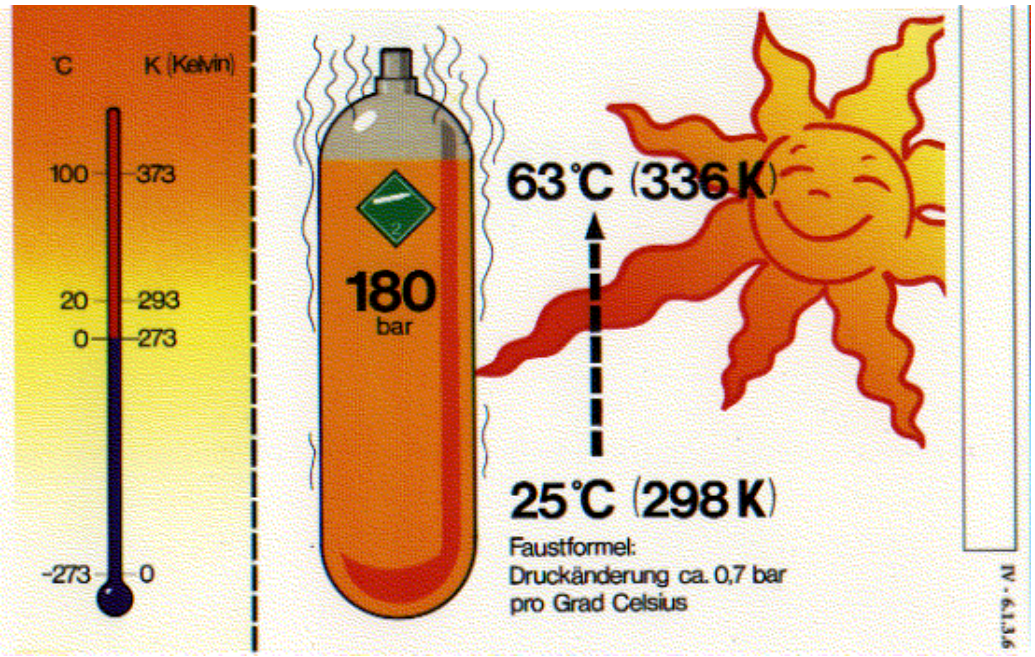
Holst Du dein Tauchgerät vom Füllen ab, so ist es vielleicht warm und zeigt einen Druck von 210bar an. Am See steigst Du in das kalte Wasser, liest das Finimeter ab und stellst fest das nur noch 190bar in der Flasche sind.

Keine Sorge, die Flasche ist nicht undicht. Es gibt hierfür ein physikalisches Gesetz, daß bei abnehmender Temperatur auch der Druck einer gegebenen Gasmenge sinkt. Umgekehrt steigt der Druck bei Erhitzung an.

Es ergibt sich vielmehr aus einem physik. Gesetz, daß bei abnehmender Temperatur der Druck einer gegebenen Gasmenge sinkt. Umgekeht steigt der Druck bei Erhitzung dieser Gasmenge an. Dieses Gesetz von **Gay-Lussac** wird in der Ausbildung zum Taucher ** noch genauer behandelt.

P / T = konst. (T = abs.Temperatur in Kelvin)

Dies bedeutet aber nicht , daß bei starker Sonneneinstrahlung der Druck in deinem Tauchgerät so ansteigen kann, daß es vielleicht platzt. Dazu müßte weitaus mehr als der 1,5 fache Druck erreicht werden und daß ist durch Sonneneinstrahlung nicht möglich.



2.10 Sehen und Hören unter Wasser

Wohl jeder ist schon einmal beim Schwimmen mit offenen Augen untergetaucht und hat dabei festgestellt, daß man unter Wasser nur unscharf und verschwommen sehen kann. Das menschliche Auge ist eben nur für das Sehen in der Luft geschaffen.

Erst mit der Tauchermaske können wir unter Wasser wieder alles klar erkennen. Zwischen unseren Augen und der Maskenscheibe befindet sich wieder Luft so daß wir wie in einen Aquarium die Unterwasserwelt betrachten könnnen.

Es gibt jedoch noch andere Einflüsse die auf das Sehen unter Wasser beinflussen.

So erscheinen uns Gegenstände, Fische und andere Lebewesen unter Wasser größer und näher als sie in Wirklichkeit sind. Auch die Farben unter Wasser verschwinden mit zunehmender Tiefe.

Folgende phsik. Vorgänge sind beim Sehen unter Wasser relevant:

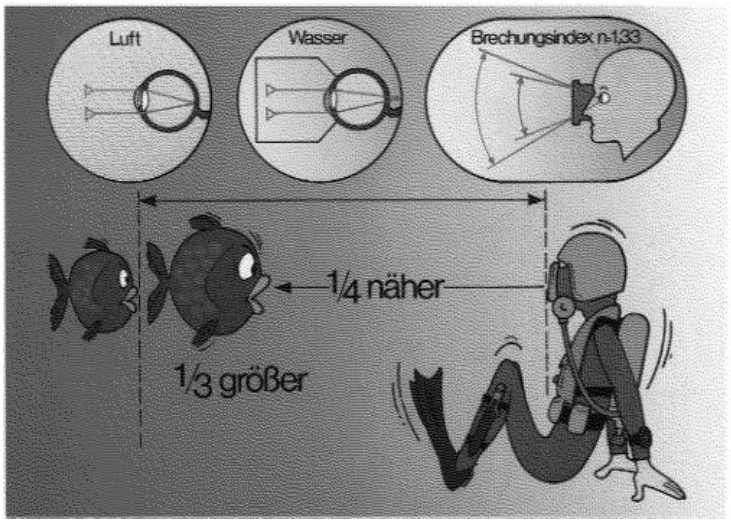
?? **stärkere Lichbrechung => (Brechungsindex n=1,33)**

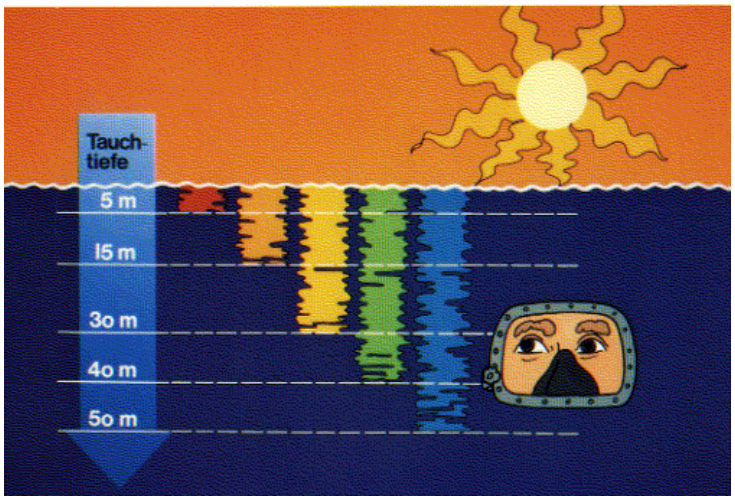
Gegenstände um 1 / 3 größer

Entfernung um 1 / 4 näher

?? **höhere Lichtabsorption**

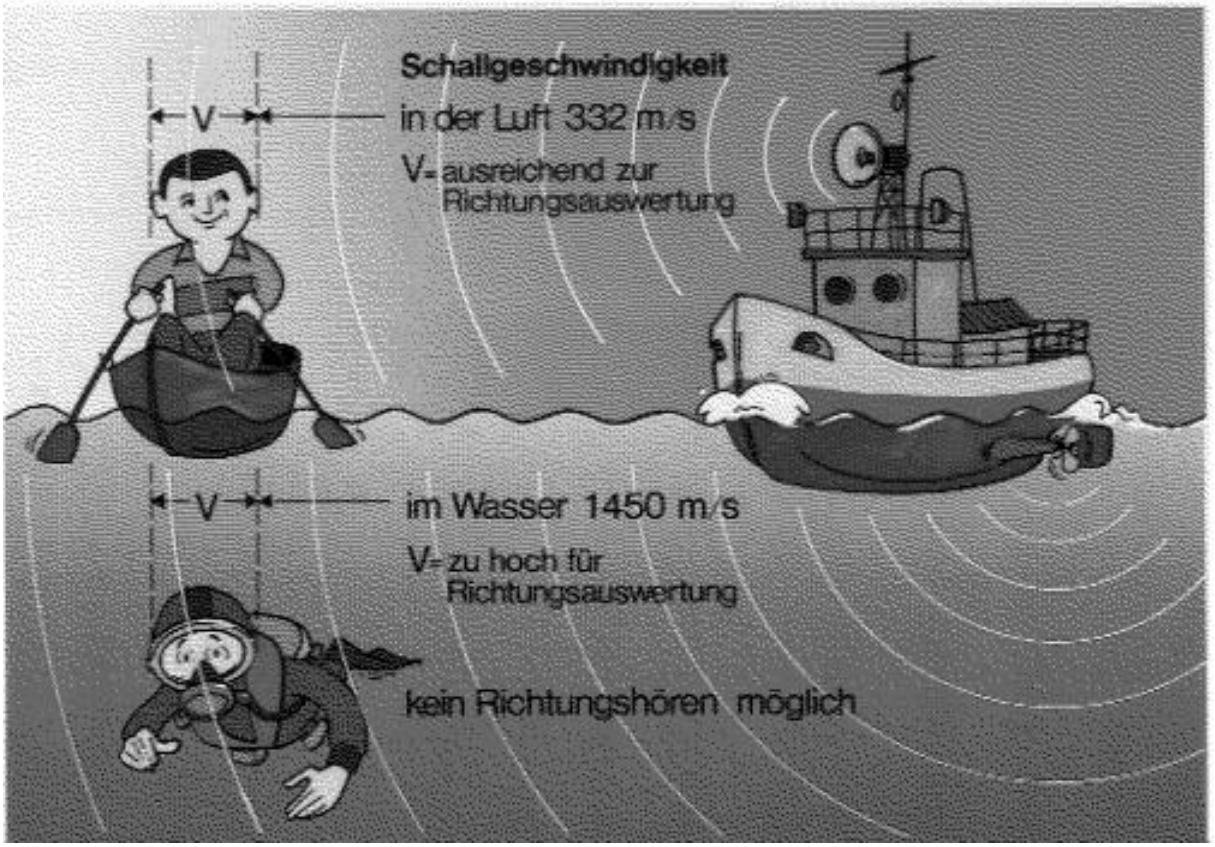
mit zunehmender Tiefer Farbverlust (rot ->orange->gelb-> grün->blau)





Im Wasser können wir auch nicht so hören wie wir es an Land gewohnt sind. Der Mensch kann über Wasser ohne Probleme die Richtung einer Schallquelle feststellen. Dies liegt daran, daß der Schall an beiden Ohren mit einen best. zeitl. Unterschied auftrifft und die Lautstärke in dem der Schallquelle zugewandten Ohr ein bißchen größer ist

Aufgrund der höheren Dichte im Wasser, wodurch der Schall mehr als viermal so schnell übertragen wird wie in Luft, kann die Richtung einer Schallquelle nicht mehr aufgrund der minimalen Zeitdifferenz ermittelt werden. Dies ist insbesonderer dann gefährlich wenn in gebieten mit Motorbootverkehr getaucht wird. Beim Auftauchen kann die Richtung aus der das Boot kommt nicht festgestellt werden.



3 Vom Tauchen ohne Gerät zum Gerätetauchen

3.1 Das Boyle-Mariotte'sche Gesetz beim Gerätetauchen

Grundsätzlich treffen die bisherigen physikalischen und medizinischen Aussagen sowohl für den Freitaucher als auch für den Gerätetaucher zu.

Lediglich durch die Druckluftzufuhr unter Umgebungsdruck durch den Lungenautomaten des Tauchgerätes ergibt sich ein anderer Aspekt des Boyle-Mariotteschen Gesetzes. Beim Gerätetaucher erfolgt der Druckausgleich zwischen Lunge und Umgebungsdruck automatisch durch den Lungenautomat. Nimmt beim Aufstieg des Gerätetauchers der Umgebungsdruck ab, so muß die sich nach Boyle-Mariotte ausdehnende Luft durch Ausatmen entweichen können. Geschieht das nicht, zerreißt die Lunge (Lungenüberdruckunfall siehe Kap. 5).

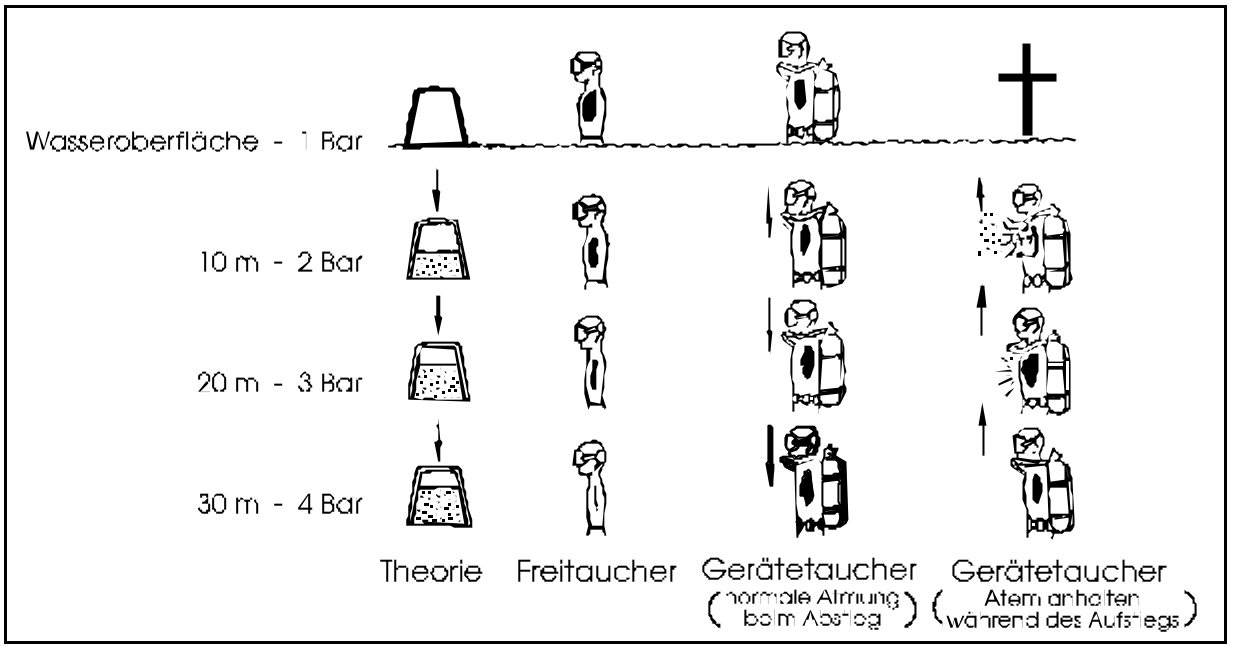


Abb. 17 Aspekte des Boyle-Mariotteschen Gesetzes

4 Die Ausrüstung des Gerätetauchers

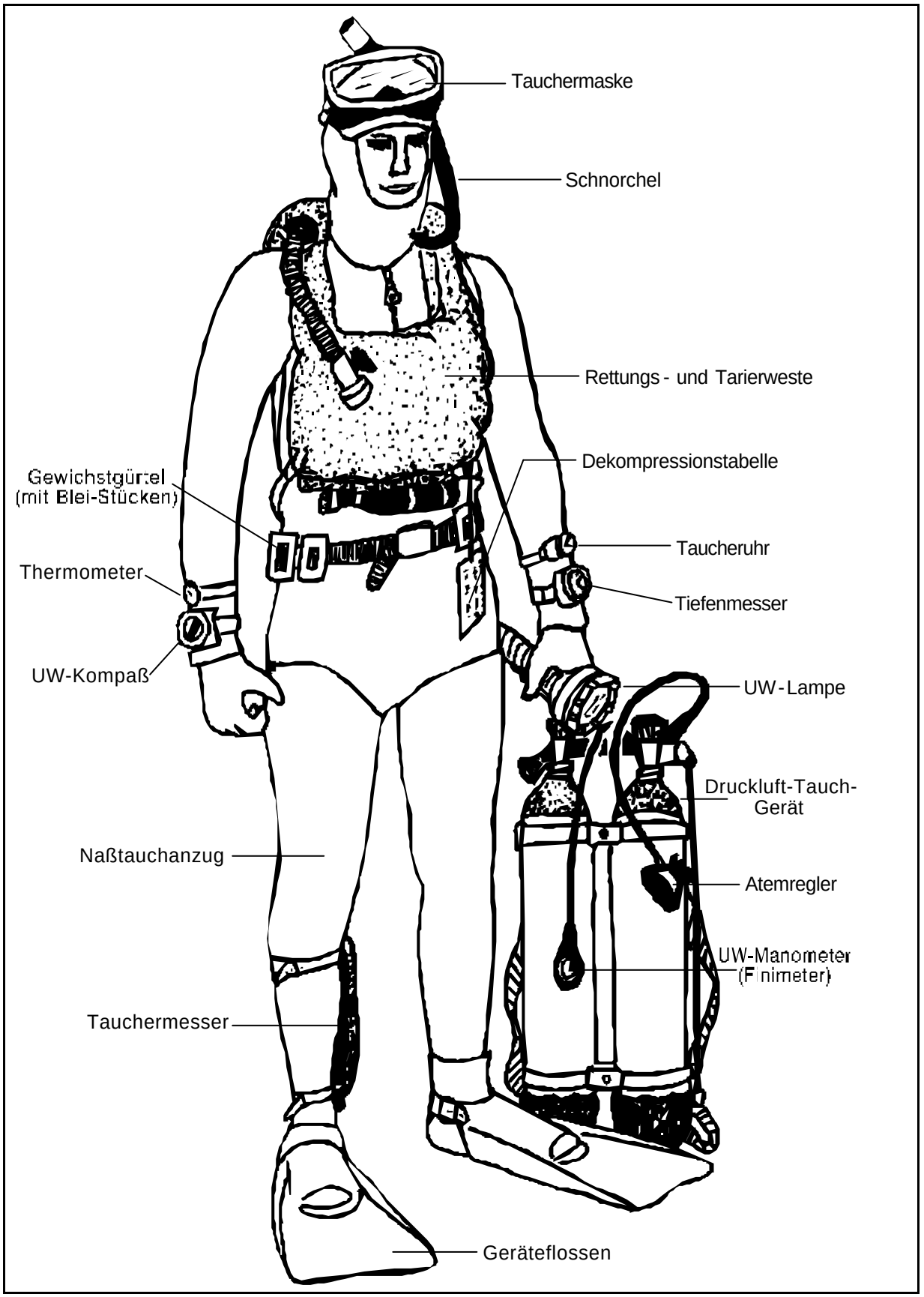


Abb. 18 Vollständig ausgerüsteter Gerätetaucher mit der „altmodischen“ Tauchweste und Doppelflaschengerät, aber ohne Tauchcomputer.

Der heutige Stand der Technik gestattet es, das Druckluftgerätetauchen mit dem geringsten Risiko auszuüben.

Voraussetzungen hierfür sind:

- ?? Man muß ein guter und ausdauernden Schnorcheltaucher sein.
- ?? Das Tauchen erfolgt unter Begleitung eines entsprechend erfahrenen Tauchpartners.
- ?? Man muß im Besitz der richtigen und vollständigen Ausrüstung sein.

Neben Druckluftflasche, Lungenautomat und Tragegestell kommen zum sicheren Tauchen noch folgende Gegenstände als unerläßlich hinzu:

- ?? Luftvorratsanzeige durch Manometer/Finimeter am Gerät
- ?? Taucherjacket oder Rettungs- und Tarierweste (veraltet)
- ?? Tauchermesser
- ?? Kälteschutzbekleidung, die zumindest aus Neoprenjacke und Kopfhaube bestehen sollte.
- ?? Tiefenmesser - ein Abschätzen der Wassertiefe ist nicht möglich.
- ?? Bleigürtel mit einer Einhandschnellabwurfvorrichtung.
- ?? Taucheruhr für Tauchgänge unterhalb der 10-Meter-Grenze.

Mit dieser Ausrüstung kann getaucht werden.

Zuvor sind aber noch folgende Punkte zu beachten:

Das Gerät muß richtig und passend angelegt werden, nicht zu locker und nicht zu stramm sitzen. Eine Funktionsprobe des Gerätes und der Reserveschaltung muß bereits an Land oder im Boot, nicht erst im Wasser durchgeführt werden. Der Bleigürtel wird grundsätzlich über allen Gerätegurten angelegt. Für den Fall eines Notabwurfes eine lebensnotwendige Vorkehrung.

4.1 Der Atemregler (Lungenautomat)

Der Lungenautomat, das Kernstück des Drucklufttauchgerätes, verlangt eine genauere Betrachtung. Es handelt sich um ein Reduzierventil, das die komprimierte Druckluft auf den jeweiligen Einatemduck (Umgebungsdruck) reduziert und die Luftmenge liefert, die der Taucher benötigt. Dieses wird je nach Konstruktionsprinzip entweder in einer einzigen Stufe oder in zwei getrennten Stufen erreicht.

Der Luftdruck im Körper (Lunge, Körperhöhlen etc.) wird so automatisch der jeweiligen Wassertiefe angepaßt, so daß keine Druckdifferenzen (Gefahr von Barotaumen) entstehen. Die Ausatemluft entweicht über ein im Automat untergebrachtes Ausatemventil.

Funktionsweise

Eine im Atemreglergehäuse eingespannte Membrane wird von der einen Seite mit dem herrschenden Wasserdruck belastet. Erzeugt man auf der anderen Seite in der Einatemkammer durch den Einatemvorgang einen relativen Unterdruck, dann wird die Membrane in diese Richtung gedrückt. Über ein Hebelsystem öffnet diese Bewegung ein Ventil, so daß Luft nachströmen kann, bis die Einatmung beendet wird. Dann stellt der sich aufbauende Luftdruck die Membrane in die Ausgangslage und schließt das Ventil.

a) Einstufiger Atemregler

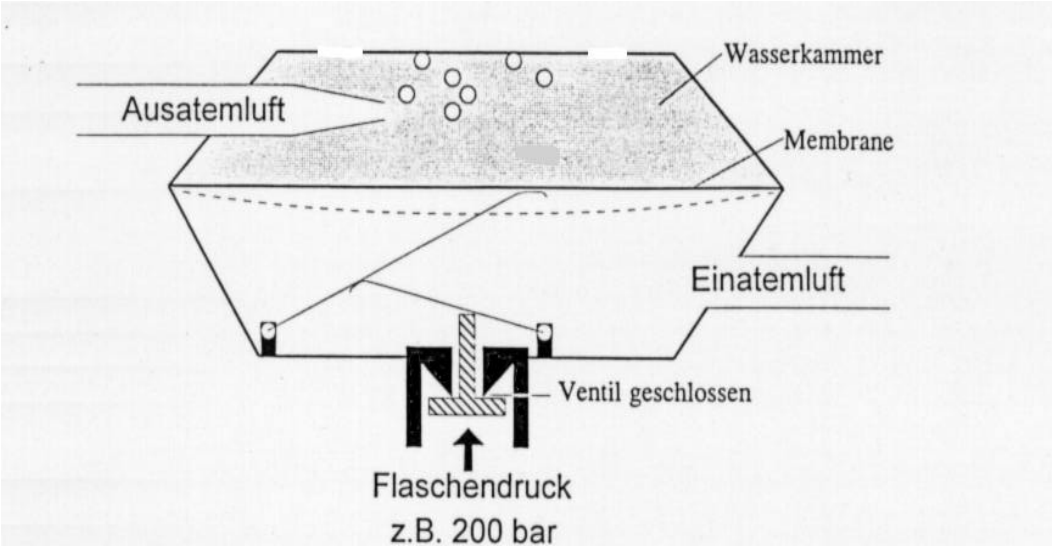


Abb. 19 Einstufiger Atemregler

Zweistufiger Atemregler

Bei geschlossener Flasche (im drucklosem Zustand) drückt die Feder die Membran empor und hält so das Ventil der ersten Stufe offen. Nach dem Öffnen der Flasche strömt die Luft in die Hochdruckkammer, dann durch die Ventilbohrung in den Mitteldurckbereich, durch den Mitteldruckschlauch bis zum Ventil der zweiten Stufe. Das Membranventil der ersten Stufe bleibt solange geöffnet, bis sich in der Mitteldruckkammer ein Mitteldruck aufgebaut hat, der im Kräftegleichgewicht zum Federdruck steht und dadurch die Membran nach unten drückt und der Schließbolzen das Ventil schließt.

Atmet nun der Taucher und öffnet dadurch das Ventil der zweiten Stufe, sinkt der Mitteldruck, die Membran wird wieder nach oben gedrückt und das Ventil öffnet sich. Luft aus der Druckluftflasche strömt nach, bis der Mitteldruck wieder erreicht wird.

Da Wasser in die Federkammer einströmen kann, wird der Federdruck um den Wasserdruck (Umgebungsdruck) erhöht. Somit ist der Mitteldruck immer über dem Umgebungsdruck.

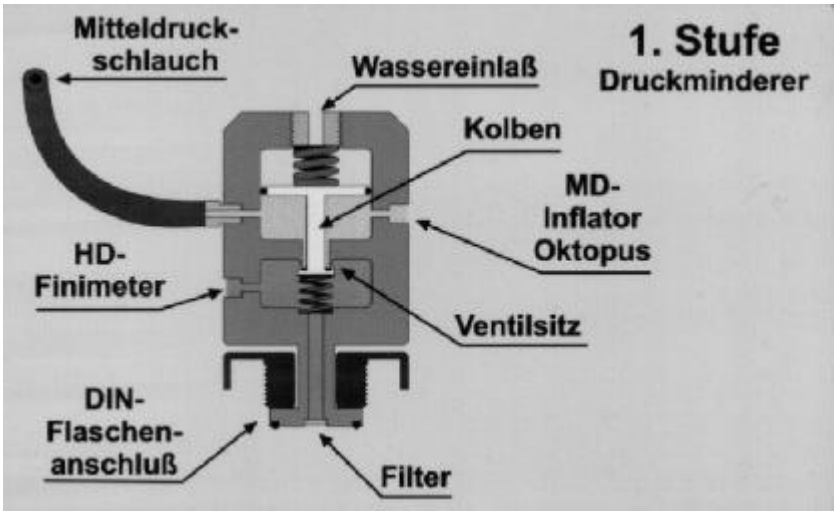


Abb. 20 Die erste Stufe eines kolbengesteuerten Ein-Schlauch-Atemreglers

In der zweiten Stufe wird beim Einatmen im Gehäuse ein Unterdruck erzeugt, durch dessen Wirkung sich die Membrane nach unten bewegt. Die Bewegung der Membrane wird über einen Kipphebel und den Schließbo1zen (Ventilkolben) übertragen und öffnet das Ventil. Das Ventil schließt automatisch, sobald der relative Unterdruck durch die nachströmende Luft ausgeglichen ist. Die Ausatemluft entweicht bei geringf'ügigem Überdruck durch das Ausatemventil während der Ausatemphase. Mit einem Druck auf den Luftduschenknopf kann das Ventil der zweiten Stufe auch von Hand geöffnet werden.

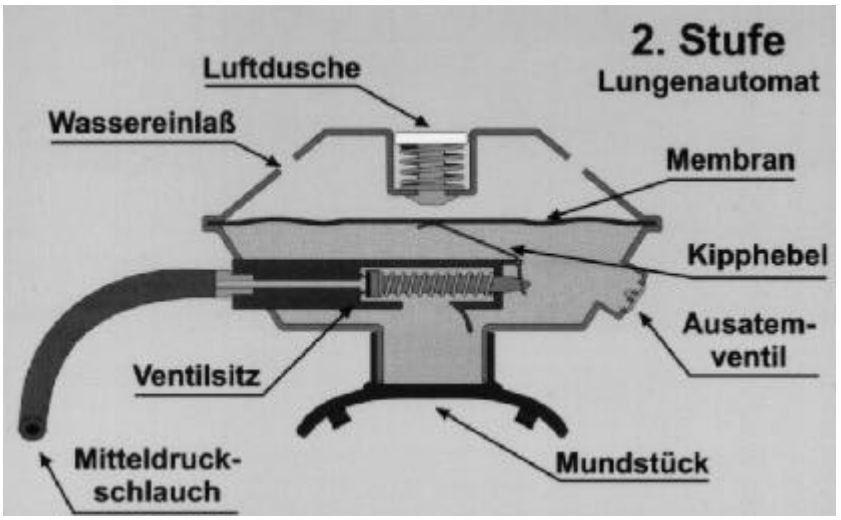


Abb. 21 Die 2. Stufe eines Ein-Schlauch-Atemreglers

4.2 4.2. Das Drucklufttauchgerät

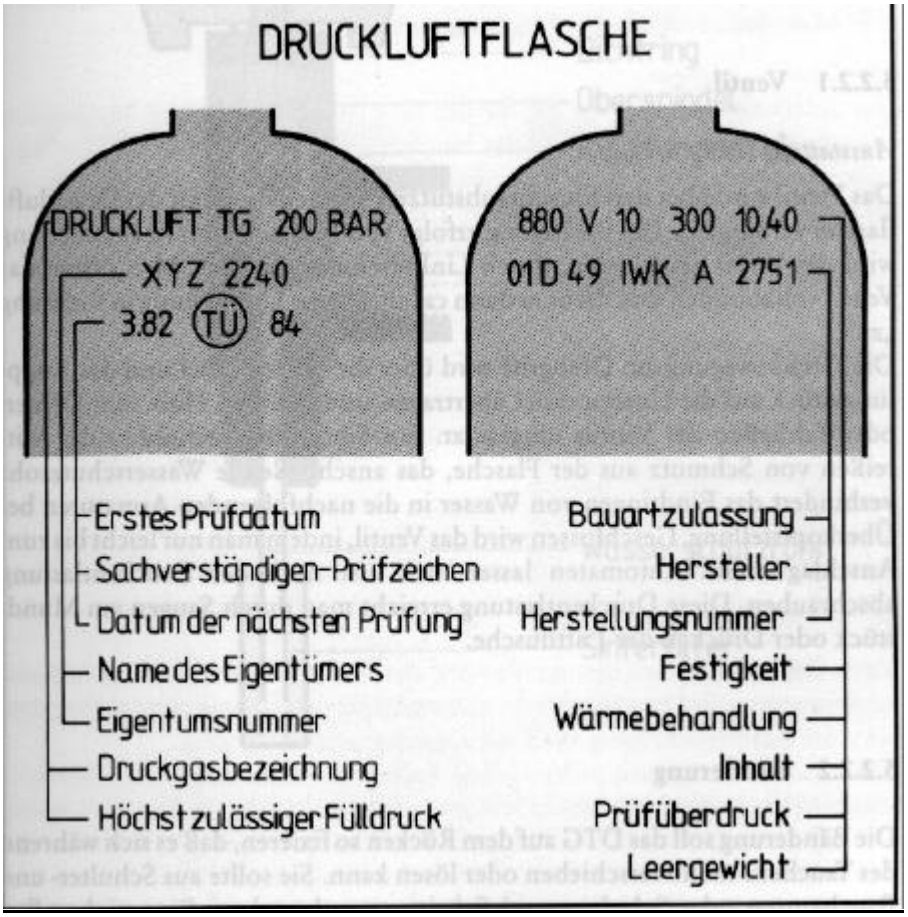
Dieses besteht aus einem oder zwei Stahl- oder Aluminiumbehältern, die normale atmosphärische Luft in hochkomprimierter Form enthalten. Die gebräuchlichsten Geräte haben ein Flaschenvolumen von 5, 7, 8, 10, 12 und 15 Litern Rauminhalt und einem Flaschendruck von 200 bar.

Unterschied zwischen Stahl- und Aluflaschen besteht:

a) im Preis (Aluminium ist erheblich teurer)

b) in der TÜV-Zeit (Stahlflaschen müssen alle 2 Jahre zum TÜV, Aluminiumflaschen müssen nur alle 6 Jahre zum TÜV, da sie nicht rosten). Dem steht jedoch der Nachteil des höheren Gewichtes entgegen.

Kennzeichnung:



Lagerung:

aufrecht, gesichert gegen Umfallen, unter Druck ! (50bar)

Transport:

liegend, gesichert gegen Umherrollen, wenn möglich drucklos, (Transportkiste mit Ventilschutz), Gefahrgut!, mit komplett angeschlossenem Automat und Jacket ...

Flaschenanschlüsse:

Es existieren 2 verschiedene Systeme. Der internationale Anschluß (INT) ist ein Bügelanschluß. Bei diesem System ist im Seitenanschluß des Ventils oder der Verbindungsarmatur eine Nut eingefräst, in der eine Dichtung liegt. Auf der Rückseite ist eine Einsenkung. Die Spannschraube des Bügels, die am Automaten drehbar angeordnet ist, wird auf die Mitte dieser Einsenkung eingestellt. Durch Festdrehen läßt sich der Bügel gegen die Dichtung pressen. Der Vorteil dieses Systems liegt darin, daß es in den meisten nicht deutschen Ländern verwendet wird. Dadurch können die Flaschen dort gefüllt werden, ohne daß dazu ein gesondertes Zwischenstück notwendig wird. Flaschen mit deutschem Anschluß (DIN) können nur über einen Würfel-Adapter bzw. durch Einschrauben eines Innensechskant-Adapters in ein spezielles Kombinationsventil auf den internationalen Anschluß umgerüstet werden. (zum Teil findet sich auf Basen im Ausland häufiger ein INT Anschschluß, so daß zu empfehlen ist einen Adapter mitzunehmen oder sich vorher zu erkundigen)

Beim deutschen DIN Anschluß (Abb. 22) wird die Kraft der Druckluft ausgenutzt, um die Dichtigkeit zu erzielen. Aus dem Automaten ragt ein Bund mit Gewindehandrad R 5/8 Zoll heraus. An der Stirnseite des Stutzens befindet sich ein Einstich, der zur Mitte hin etwas tiefer liegt, darin befindet sich ein O-Ring (Gummidichtung). Bei geöffnetem Flaschenventil wird der O-Ring durch den Flaschendruck nach außen gepreßt. Er quetscht sich in den kleiner werdenden Einstich und dichtet somit die Verbindung ab. Auch ein Lungenautomat mit DIN-Anschluß kann über einen Bügel-Adapter (s. Abb. 24) an einen internationales Flaschenventil angeschlossen werden.

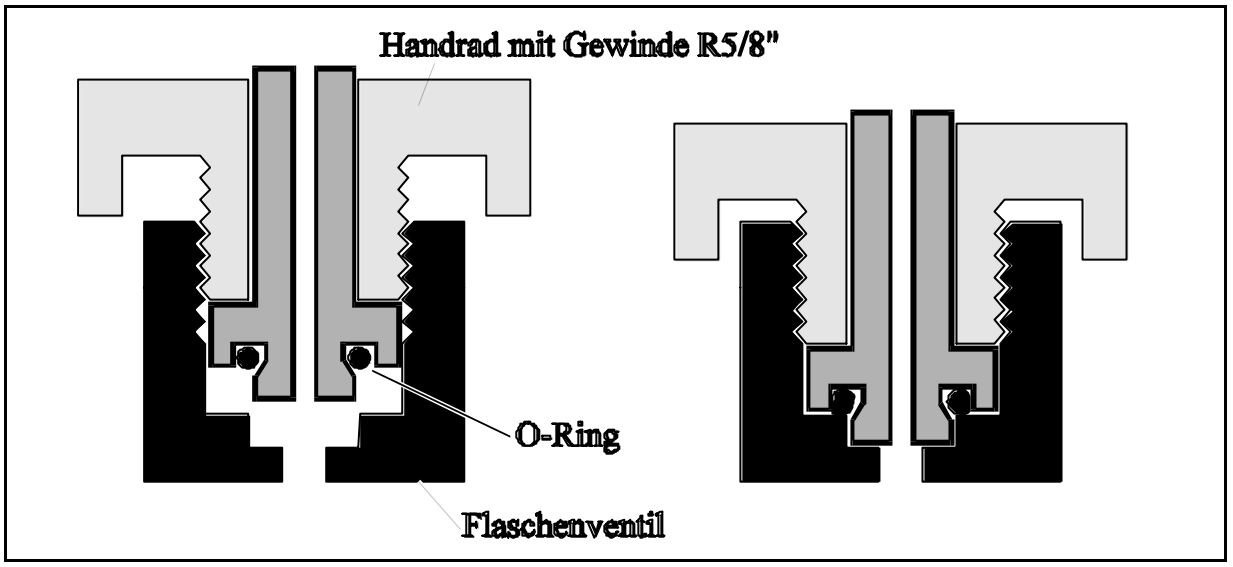


Abb. 22 Schnittbild der deutschen DIN-Anschluß Verschraubung (rechts: unter Druck selbstdichtend)

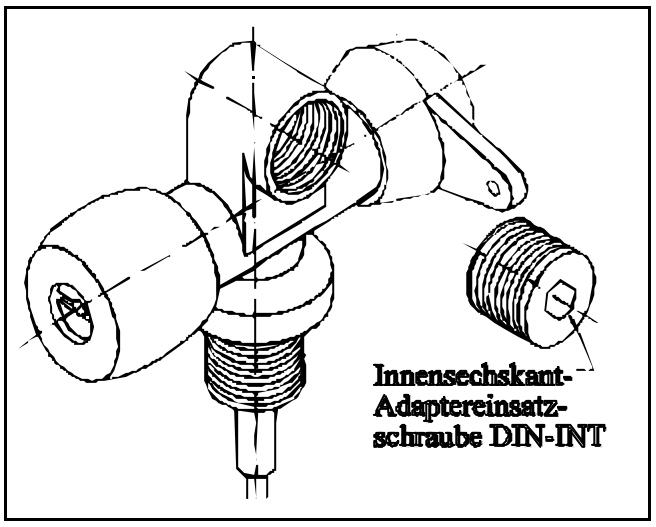


Abb. 23 Adaptereinsatzschraube aus DIN => INT

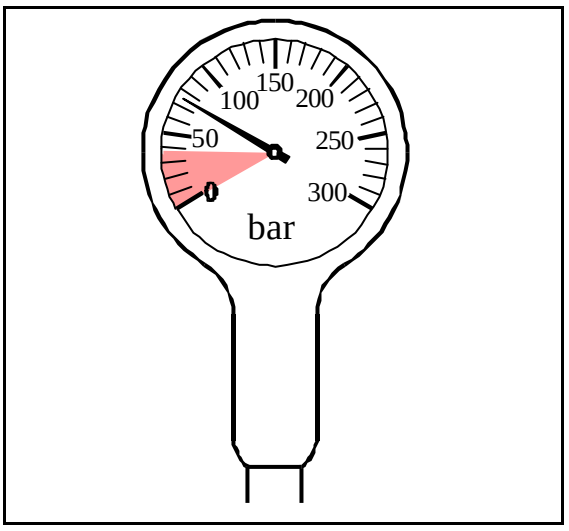


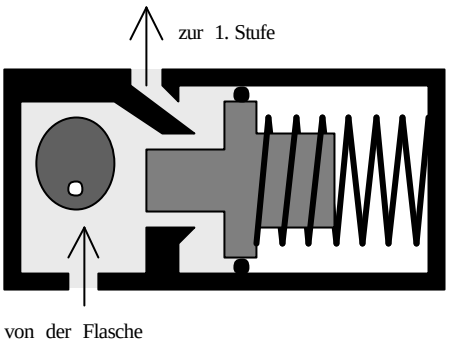
Abb. 24 Unterwassermanometer

4.3 Reserveschaltung und Finimeter

Eine Kontrolle des Luftvorrates in den Flaschen ist beim Tauchen unerläßlich. Dies geschieht durch eine Reserveschaltung und/oder Unterwassermanometer (auch Finimeter genannt). Reserveschaltungen werden heutzutage nur noch selten benutzt. Deswegen kontrollieren wir heute unseren Luftvorrat mit dem Finimeter. Dieses UW-Manometer, welches mit einem Hochdruckschlauch an der 1. Stufe des Lungenautomaten angeschlossen ist, gestattet zu jeder Zeit die genaue Kontrolle des noch verbleibenden Luftvorrates unter sowie auch über Wasser. Ein Tauchgang sollte jedoch so durchgeführt werden, daß man die Oberfläche mit 40 bar Restdruck erreicht.

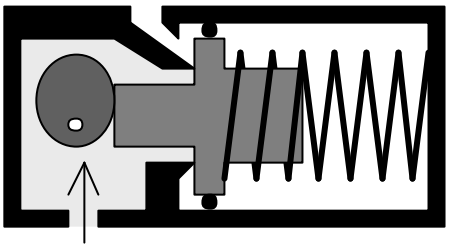
1. Flaschendruck größer als Federkraft :

   Reserveventil geöffnet



2. Flaschendruck kleiner als Federkraft :

   Reserveventil geschlossen



3. Flaschendruck kleiner als Federkraft :

   Reserveventil durch Exzenter geöffnet

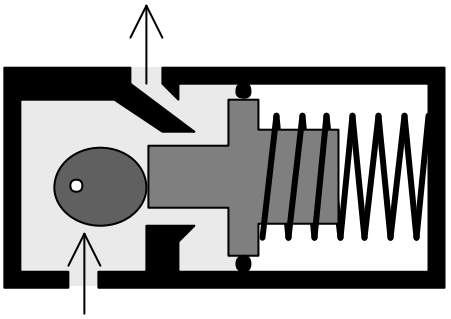


Abb. 25 Reserveschaltung

Die manuell zu betätigende Reserveschaltung muß dem Taucher unmißverständlich das Zuendegehen des Atemluftvorrates signalisieren. Eine exakt eingestellte Reserveschaltung schließt bei 40 bar Restdruck langsam die Luftzufuhr. Durch Betätigung des Reservemachanismus (über ein Seil oder Gestänge) werden die restlichen 40 bar dem Taucher zugänglich gemacht.

4.4 4.4. Taucherweste (- jacket)

Die Taucherweste (Jacket) dient dem Taucher:

- als Tarierhilfe zum Erreichen eines Schwebezustandes in jeder Tiefe
- im Notfall zum raschen Erreichen der Oberfläche
- zur Rettung von anderen Tauchern
- als Bergungshilfe beim Transport von schweren Gegenständen
- als Schwimmhilfe in ohnmachtssicherer Lage an der Wasseroberfläche

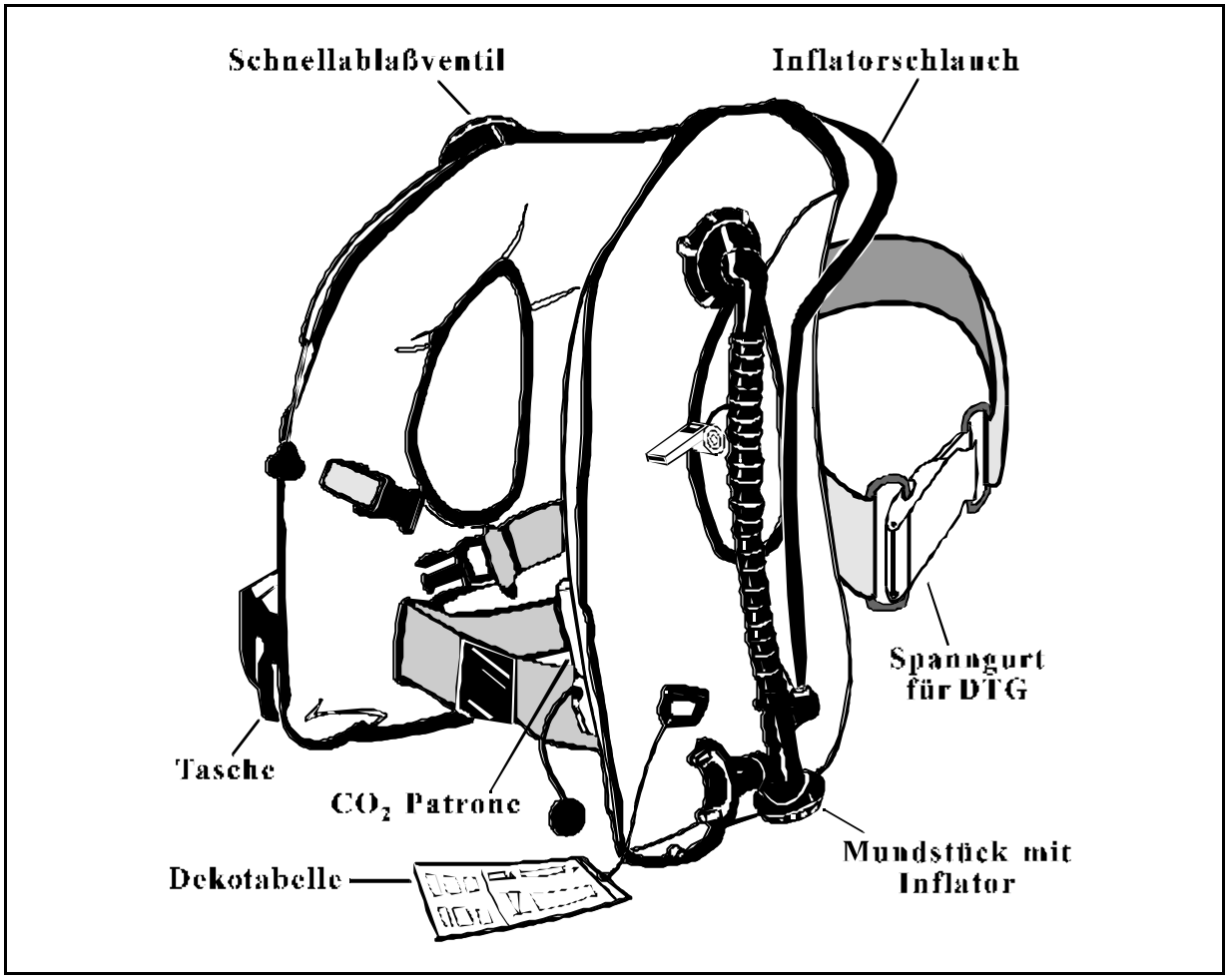


Abb. 26 Modernes Jacket (alte Taucherweste siehe Abbildung vom vollständig ausgerüsteten Taucher)

4.5 Notwendigkeit und Handhabung des Jackets.

Neopren, das Material des Kälteschutzanzuges, ist ein Schaumstoff, der Luftblasen einschließt, durch die die Isolierung erreicht wird. Durch diese Beschaffenheit verfügt er über Auftrieb. Bei zunehmender Tauchtiefe (höherer Umgebungsdruck !) werden die Luftbläschen entsprechend dem Boyle-Mariott'schen Gesetz zusammengedrückt. Demzufolge verliert der Anzug an Volumen und damit auch an Auftrieb (Archimedes !). Um dem größer werdenden Abtrieb des Kälteschutzanzuges mit seinem entsprechenden Tariergewicht (Blei) in zunehmender Tiefe entgegenwirken zu können, wird beim Gerätetauchen eine Taucherweste (Jacket) getragen. Dies ist vor allem für das Einhalten der Dekompressionsstufen in 6 und 3 Meter, d.h. für die Sicherheit des Austauchens wesentlich. Ohne Weste (Jacket) muß sowohl in der Tiefe wie auch bei den Dekompressionsstufen ständig ein Schub mit den Flossen aufgebracht werden, um ein weiteres Absinken zu verhindern.. Gegenüber der Weste ist das Jacket mit der Tragschale fest verbunden. Die Tragschale wird mit

einem Schnellverschluß an der Flasche befestigt. Das Jacket ist vorne offen und wird wie eine Jacke angezogen. Fixierung durch Brust- und Bauchgurt. Westen haben einen signalfarbenen Mantel mit einem Westenkörper von mindestens **15 Liter Volumen**.

Zum Füllen der Weste (des Jackets) mit Ausatemluft beim Abstieg und zum dosierten Ablassen der Luft beim Aufstieg ist ein leicht erreichbarer Faltenschlauch mit Mundstück vorhanden, welches auch mit Handschuhen leicht zu bedienen sein muß.

Zum schnellen Aufblasen der Weste (des Jackets) beim Notaufstieg dient entweder eine Druckluftflasche mit 0,5 Liter Inhalt oder eine CO_2 -(Kohlensäure -) Patrone.

Kleine Auftriebsfehlbeträge lassen sich nicht mit der Weste (dem Jacket), sondern nur mit der Atemluft in der Lunge ausgleichen, da eine stabile Tarierung alleine mit einem flexiblen Luftbeutel kaum möglich ist. Ist man zum Beispiel zu leicht, dann atmet man einfach etwas flacher oder verkürzt die Einatemphase gegenüber der Ausatemphase. Die Beobachtung kleinster Schwebeteilchen im Wasser gibt dabei viel rechtzeitiger Auskunft über Steigen oder Sinken als der Tiefenmesser.

Der Inflator erlaubt das Füllen der Weste (Jackets) aus dem Luftvorrat des DTG. Der Inflator besteht aus einem Mitteldruckschlauch und dem Druckventil. Hiermit ist es möglich, von der 1. Druckminderstufe des Lungenautomaten Luft aus dem DTG per Knopfdruck in den Westenkörper zu pressen.

Weiter haben Westen (Jackets) ein Überdruckventil, welches den Westenkörper vor dem Zerplatzen schützt. Um die maximale Austauchgeschwindigkeit von 10 m / Min. nicht zu überschreiten, ist die Weste (Jacket) mit einem dosierbaren Schnellablaß ausgerüstet. Im Notfall kann die Weste (das Jacket) über den Schnellablaß schlagartig entleert werden.

Die Form und der Sitz des Westenkörpers müssen so konstruiert sein, daß sie den Kopf eines Tauchers, auch bei Bewußtlosigkeit über Wasser halten können **(ohnmachtssicher)**.

5 Mathematische, physikalische und medizinische Grundlagen des Gerätetauchens

5.1 Tauchen und Rechnen

Um Tauchgänge planen zu können, muß man wissen, wieviel Luft man mit sich führt und wieviel man voraussichtlich verbrauchen wird. Ein Tauchgang läßt sich in diesem Punkt mit einer Autofahrt vergleichen, wo die Reichweite anhand des Kraftstoffverbrauchs und des Tankinhalts ermittelt werden kann.

Weil es unter Wasser keine Tankstellen gibt, wo wir Luft „tanken“ können, ist es im übertragenen Sinn unerläßlich, Tauchgänge zu planen.

a) Berechnung der Luftmenge in einer Druckluftflasche (Luftvorrat)

Hierbei ist es zunächst wichtig zu wissen, daß es verschiedene Flaschengrößen, also Flaschen mit verschiedenen Volumen (gemessen in Litern) gibt. Die gebräuchlichsten Geräte haben ein Flaschenvolumen von 5, 7, 8, 10, 12 und 15 Litern Rauminhalt. Es gibt aber auch Doppelflaschengeräte mit z. B. 2 mal 7 Litern oder 2 mal 8 Litern. Am häufigsten werden bei Freigewässertauchgängen Flaschen mit einem Volumen von 10 oder 12 Litern benutzt.

Neben dem Volumen der Flasche spielt auch der Druck eine Rolle, mit dem diese Flasche gefüllt ist. Es gibt Hochdruckkompressoren, das sind Luftverdichter, die die Druckluftflaschen mit 200 bar bzw. 300 bar füllen können. Hochdruckkompressoren, die die Drucklufttauchgeräte (DTG) mit 200 bar füllen sind hier in Deutschland am häufigsten anzutreffen.

Wieviel barl Luft zum Veratmen bei einem Tauchgang zur Verfügung stehen hängt also ab vom Volumen der Tauchflasche und dem Fülldruck des DTGs. So läßt sich als allgemeine Formel ableiten (siehe Boyle-Mariotte, Kapitel 2.3):

Volumen (l) * Fülldruck (bar) = zur Verfügung stehende Luftmenge (barl)

Komprimiert man die Luft 200-fach, d.h. erzeugt man einen Druck von 200 bar, so paßt die 200-fache Menge Luft in die Flasche. Ist eine 10 Liter Flasche mit 200 bar gefüllt, so steht eine Luftmenge von:

10 l * 200 bar = 2000 bar l

zur Verfügung. Ist diese 10 Liter Flasche mit 180 bar gefüllt stehen 1800 bar l zur Verfügung. Korrekterweise werden neben den Zahlen auch die physikalischen Maßeinheiten multipliziert, also das Volumen in Litern mal dem Fülldruck in bar. Es resultiert also eine Luftmenge mit der Maßeinheit barl die in Eurem DTG zur Verfügung steht.

Bei einem Doppelgerät, zum Beispiel einem Gerät welches aus 2 mal 8 Liter Flaschen besteht, haben wir bei 200 bar Fülldruck eine Luftmenge von 3200 barl (16 Liter mal 200 bar) zur Verfügung.

Im letzten Kapitel wurde gesagt, daß von den 200 bar Fülldruck immer 40 bar eine Reserve für nicht planbare besondere Umstände sind. Bei Tauchgangsberechnungen bezieht man diese Reserveluft grundsätzlich nicht mit ein, sie dient nur der Sicherheit! Es kann sein, daß ein Notfall eintritt (Wechselatmung!). Hier ist es wichtig eine Reserveluft zur Verfügung zu haben. Diese Luftreserve muß von unserem Luftvorrat in dem DTG abgezogen werden. Die verbleibende Luftmenge steht uns dann tatsächlich für den Tauchgang zur Verfügung.

Wie bereits in der vorherigen Stunde dargestellt, wird die Reserve immer über das sog. Manometer angezeigt, das mit der Anzeige des Tankinhaltes eines Autos vergleichbar ist. Ältere DTG verfügen außerdem über eine mechanische Reserveschaltung.

Einige Rechenbeispiele:

Wir haben ein 10 Liter DTG, gefüllt mit 200 bar. Wieviel Luft haben wir für einen Tauchgang tatsächlich zur Verfügung ?

Luftvorrat:	10 l	*	200 bar	=	2000 barl
- Reserveluft:	10 l	*	40 bar	=	400 barl
Luftvorrat für den Tauchgang					1600 barl

Wir haben ein 2 mal 7 Liter DTG, gefüllt mit 200 bar. Wie groß ist unser Luftvorrat für einen Tauchgang?

Luftvorrat:	14 l	*	200 bar	=	2800 barl
- Reserveluft:	14 l	*	40 bar	=	560 barl
Luftvorrat für den Tauchgang					2240 barl

b) Berechnung des Luftverbrauches:

Für die Berechnung des Luftverbrauch benötigt man das **Atemminutenvolumen (AMV)**. Das AMV ist das von einem Menschen in einer Minute benötigte Luftvolumen in Litern (Maßeinheit: Liter pro Minute). Es ist ein Maß für die Anzahl und Tiefe der Atemzüge pro Minute.

Unser AMV ist nicht immer gleich. Das AMV ist abhängig:

- vom Trainingszustand
- der Art der körperlichen Anstrengung
- der psychischen Belastung (Streß, Angst).

Die Tauchtiefe hat keinen Einfluß auf das AMV.

Ein normaler Mensch verbraucht in Ruhe ca. 20 l Luft pro Minute. Bei Belastung und Streß kann das AMV bis auf 30 l/Min. und mehr ansteigen.

Frage: Wie lange kann man mit einem DTG, enthaltene Luftmenge 2000 barl, auskommen wenn das AMV 20 l/Min. beträgt ?

Hierbei ist zunächst zu beachten, daß wir nur 1600 barl Luft zur Verfügung haben, da 400 barl auf die Reserve entfallen! An der Wasseroberfläche, d.h. bei einem Luftdruck von 1 bar, veratmen wir pro Minute 20 barl Luft aus diesem DTG. Wir können also 80 Minuten (1600 barl : 20 barl/Min.) aus diesem DTG atmen.

Bei dieser Berechnung haben wir die Luft unter dem Normaldruck von 1 bar eingeatmet, waren also an der Wasseroberfläche.

Beim Tauchen erhöht sich der Umgebungsdruck pro 10 m um 1 bar (s. Kap. 2). Der Lungenautomat gibt uns immer die Luft unter Umgebungsdruck.

Unter Wasser, bei erhöhtem Umgebungsdruck, wird die Einatemluft zusammengepreßt, sie nimmt ein geringeres Volumen ein. Das Lungenvolumen muß aber voll mit Luft gefüllt werden, damit die Lunge nicht zusammengedrückt wird. Um dieses Lungenvolumen nun zu füllen brauchen wir, wegen des höheren Umgebungsdruckes, unter Wasser eine größere Luftmenge pro Atemzug als an der Wasseroberfläche bei 1 bar Druck. Das bedeutet, daß auch der Luftverbrauch pro Minute höher ist.

Beispiel:

I) AMV=20l/Min.
Tauchtiefe: 10 m entspricht 2 bar
20 l/Min * 2 bar = 40 barl/Min Luftverbrauch in 10 m Tiefe

II) Tauchtiefe: 40 m entspricht 5 bar
20 l/Min. * 5 bar = 100 barl/Min. Luftverbrauch in 40 m Tiefe

Wie wir sehen erhöht sich die benötigte Luftmenge pro Minute mit zunehmender Tiefe erheblich. Es hängt also hauptsächlich von der Tauchtiefe ab, wie lange der mitgeführte Luftvorrat reicht.

Der Luftverbrauch pro Minute beim Tauchen errechnet sich wie folgt:

AMV (l/Min) * Umgebungsdruck (bar) = Luftverbrauch (barl/Min)

Wichtig: Ein AMV von 20 l/Min gilt für geübte und ruhige Taucher. In Streßsituationen unter Wasser steigt der Luftverbrauch immens. Ebenfalls sollten Anfänger einen wesentlich höheren Luftverbrauch einkalkulieren (AMV mindestens 30 l/Min).

C) Berechnung der möglichen Tauchzeit

Aus den beiden Größen Luftvorrat und Luftverbrauch läßt sich die Tauchzeit ermitteln:

$$\textbf{Tauchzeit} = \frac{\textbf{Luftmenge im DTG - Reserveluft}}{\textbf{Luftverbrauch pro Minute}}$$

Beispiel 1

Jemand plant mit einem 10 l DTG, gefüllt mit 200 bar, einen Tauchgang auf 10 m Tiefe. Er hat ein AMV von 25 l/Min.

Frage: Wie lange kann der Taucher in einer Tiefe von 10 m tauchen ?

Berechnung:

a) Luftvorrat im DTG:

Luftmenge im DTG	10 l * 200 bar =	2000 barl
- Reserveluft:	10 l * 40 bar =	400 barl

Luftvorrat für den Tauchgang		1600 barl

b) Luftverbrauch in 10 m Tiefe:

10 m entspricht 2 bar Umgebungsdruck.

25 l/Min. * 2 bar = 50 barl/Min.

c) Berechnung der Tauchzeit:

1600 barl : 50 barl/Min. = 32 Min.

Der Taucher kann 32 Minuten in 10 m Tiefe tauchen.

Beispiel 2

Jemand plant mit einem 2 mal 8 l DTG, gefüllt mit 110 bar, einen Tauchgang auf 30 m Tiefe. Er hat ein AMV von 25 l/min.

Frage: Wie lange kann der Taucher mit diesem Gerät in einer Tiefe von 30 m tauchen ?

Berechnung:

a) Luftvorrat im DTG:

Luftmenge im DTG	16 l * 110 bar =	1760 barl
- Reserveluft:	16 l * 40 bar =	640 barl

Luftvorrat für den Tauchgang		1120 barl

b) Luftverbrauch in 30 m Tiefe:

30 m entspricht 4 bar Umgebungsdruck.

25 l/Min. * 4 bar = 100 barl/Min.

c) Berechnung der Tauchzeit:

1120 barl : 100 barl/Min. = 11,2 Min.

Bei angebrochenen Minuten wird auf die volle Minutenzahl abgerundet. Der Taucher kann also 11 Minuten in 30 m Tiefe tauchen.

5.2 Die Dekompressionstabelle

Wir beginnen das Thema Dekompression unter dem mathematischen Aspekt der Dekompressionstabelle. Die physikalisch-medizinischen Hintergründe behandeln wir in dem nachfolgenden Kapitel 5.3.

Der Taucher unterscheidet Tauchgänge, an deren Ende der Taucher direkt an die Wasseroberfläche zurückkehren darf, man nennt sie Nullzeittauchgänge. Dann gibt es Tauchgänge, bei denen der Taucher dies nicht darf, sondern Pausen einhalten muß. Diese heißen Dekompressionstauchgänge oder kurz Dekotauchgänge.

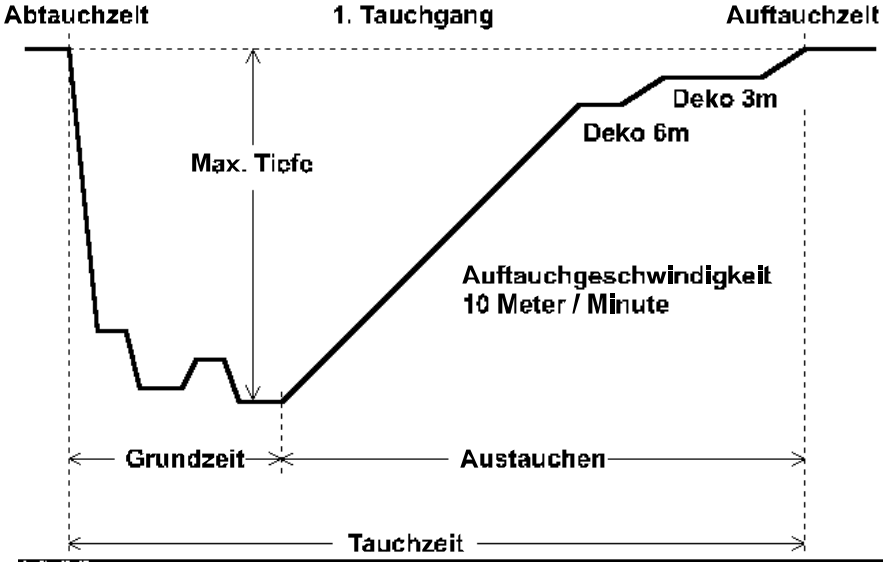


Abb. 27 Darstellung der Grundbegriffe anhand eines Tauchganges

Abtauchen: Keine Zeitvorgabe; allgemein gilt: so schnell, wie der Langsamste mit dem Druckausgleich mithalten kann.

Tauchtiefe: Die maximal bei einem Tauchgang erreichte Tiefe.

Grundzeit: Zeitraum vom Verlassen der Wasseroberfläche beim Abtauchen bis zum Beginn des Austauchens mit einer Auftauchgeschwindigkeit von 10m/sec.

Auftauchgeschwindigkeit: 10 m/Min. (Orientierung am Aufsteigen der kleinsten Luftbläschen). Die Auftauchgeschwindigkeit von 10 m/Min. sollte nicht unter - oder überschritten werden.

Tauchzeit: Die gesamte bei einem Tauchgang unter Wasser verbrachte Zeit.

Nullzeittauchgang: Tauchgänge, die nicht lange oder tief genug sind, um eine Austauchpause erforderlich zu machen, sind Nullzeit-Tauchgänge. Tauchgänge bis auf 10 m Tiefe oder weniger erfordern keine Austauchpausen. Mit zunehmender Tiefe nimmt die erlaubte Grundzeit für Nullzeit-Tauchgänge ab.

Dekompressionstauchgang: Bei diesen Tauchgängen ist die Grundzeit solange, daß in Stufen den sog. Dekompressionsstufen, ausgetaucht werden muß. D. h. beim Austauchen muß in einer oder mehreren Tiefen eine Pause gemacht werden.

Austauchzeit: Die Summe eventueller Austauchpausen und den Zeiten für die Aufstiege mit 10 m/Min. Zu beachten ist, daß in der Austauchphase kontinuierlich bis zum Erreichen der ersten erforderlichen Dekostufe und von Dekostufe zu Dekostufe mit einer Aufstiegsgeschwindigkeit von 10 m/Min aufgetaucht wird.

Flugverbot: Unabhängig von einer detaillierten Bewertung eines einzelnen Tauchgangs sollte vor dem Flug eine Wartezeit von 36 Stunden eingehalten werden.

Die folgende Austauch- oder auch Dekompressionstabelle gibt Auskunft darüber, ob Austauchpausen eingehalten werden müssen oder nicht. Weiterhin, wann diese Pausen eingehalten werden müssen, also in welcher Tiefe sie einzuhalten sind und wie lange.

Die abgebildete Tabelle von Dr. Max Hahn ist die für den Sporttaucher gültige. Es gibt sie in einer wasserfesten kleinen Ausführung, so kann sie problemlos bei jedem Tauchgang mitgenommen werden.

Abb. 28 Dekompressionstabelle

Tauchtiefe (m) Nutzzeit (min)	Grundzeit (min)	Dekopausen 6	Dekopausen 3	Wiederholungsgr.
9 / 415'	25			B
	50			D
	75			E
	100			F
12 / 142'	18			B
	36			D
	54			E
	72			F
	90			G
15 / 72'	16			C
	32			E
	48			F
	64			F
	80		3	G
18 / 44'	10			B
	20			D
	30			E
	40			F
	50		2	F
	60		6	G
	70		11	G
	80		16	G
21 / 31'	6			B
	12			C
	18			D
	24			E
	30			E
	36		3	F
	42		5	F
	48		9	G
	54		12	G
	60		16	G
24 / 23'	5			B
	10			C
	15			D
	20			E
	25		1	E
	30		4	F
	35		7	F
	40		10	F
	45	2	13	G
	50	3	16	G
	55	5	19	G

Tauchtiefe (m) Nutzzeit (min)	Grundzeit (min)	Dekopausen 9	Dekopausen 6	Dekopausen 3	Wiederholungsgr.
27 / 18'	5				B
	10				C
	15				D
	20			1	E
	25			4	F
	30			8	F
	35		2	11	G
	40		4	14	G
	45		6	18	G
	50		9	20	G
30 / 14'	6				B
	10				D
	14				D
	18			2	E
	22			5	F
	26		1	8	F
	30		3	10	F
	33		5	12	G
	36		6	14	G
	39	1	7	17	G
	42	1	9	19	G
33 / 12'	6				C
	10				D
	14			1	E
	18			4	E
	21		1	7	F
	24		3	8	F
	27		4	11	F
	30	1	6	13	G
	33	2	6	16	G
	36	3	8	18	G
36 / 10'	6				C
	10				D
	14			3	E
	18		1	6	F
	21		3	8	F
	24	1	4	11	F
	27	2	6	13	G
	30	3	7	16	G
	33	4	9	19	G

Tauchtiefe (m) Nutzzeit (min)	Grundzeit (min)	Dekopausen 12	Dekopausen 9	Dekopausen 6	Dekopausen 3	Wiederholungsgr.
39 / 8'	6					C
	10				1	D
	14			1	4	E
	18			3	7	F
	21		1	4	10	F
	24		3	6	12	G
	26		4	6	15	G
	28		4	8	17	G
42 / 7'	6					C
	9				1	D
	12			1	4	E
	15			3	6	F
	18		1	4	9	F
	20		2	5	11	F
	22		3	6	13	G
	24	1	4	7	15	G
45 / 6'	6					D
	8				1	D
	10				3	E
	12			2	4	E
	14			3	7	F
	16		1	4	9	F
	18		2	5	11	F
	20	1	3	6	13	G
	22	1	4	7	15	G
48 / 5'	6				1	D
	8				2	E
	10			1	4	E
	12			3	6	F
	14		1	4	7	F
	16		3	4	10	F
	18	1	3	6	12	G
	20	2	4	7	15	G
51 / 4'	6				1	D
	8				3	E
	10			2	5	E
	12		1	3	7	F
	14		3	4	9	F
	16	1	3	6	11	G
	18	2	4	7	14	G

Austauchtabelle
DECO '92
Autor: Dr. Max Hahn

0-700 m ü. N.N.
Aufstiegsgeschwindigkeit 10m/min

Aufbau und Handhabung der Tabelle:

Auf den ersten Blick ist die Tabelle in 3 große Blöcke aufgebaut. Schaut man genauer hin sieht man, daß jeder dieser großen Blöcke weiter in Spalten untergliedert ist. Diese Spalten werden nun ausführlicher beschrieben.

1. Spalte: beinhaltet die für den Tauchgang geplante bzw. beim Tauchgang aufgesuchte maximale Tiefe. Die Tauchtiefe ist in Schritten von 3 m angegeben. Wenn die maximale zwischen zwei Meterangaben liegt, so wird der nächstgrößere Wert genommen (beträgt die Tauchtiefe 11 m so wird bei 12 m abgelesen)

Tauchtiefe Bsp.:

Unter der Tauchtiefe ist die Nullzeit in Minuten angegeben. Das heißt: ist die Grundzeit kleiner oder gleich der angegebenen Nullzeit, dann kann direkt zur Wasseroberfläche ausgetaucht werden, mit einer Aufstiegsgeschwindigkeit von 10 m/Min.

2. Spalte: beinhaltet die Grundzeit in Minuten. Liegt die reale Grundzeit zwischen zwei Werten, so wird die nächst größere Grundzeit genommen (Bsp.: Haben wir einen Tauchgang in 15 m Tiefe mit einer Grundzeit von 20 Minuten gemacht, so wird bei 15 m und der Grundzeit von 32 Minuten abgelesen).

3. Spalte: diese Spalte ist mit Dekopausen überschrieben. Hier finden wir Angaben dazu in welchen Tiefen die Austauchpausen gemacht werden müssen (12 m, 9 m, 6 m, 3 m) und wie lange (Angaben in Minuten).

4. Spalte: diese Spalte ist mit Wiederholungsgrupe überschrieben. Die Buchstabenkennzeichen werden wichtig wenn wir mehr als einen Tauchgang am Tag machen.

Gebrauchsanweisung der Tabelle

1) Suche in der Tabelle die genaue oder nächstgrößere Tiefe auf die während des Tauchganges erreicht wurde.

2) Suche dann die eingetragene Grundzeit auf, die entweder genau gleich oder nächst größer ist, als die Grundzeit des Tauchganges.

3) Bleibe während der angegebenen Zeit auf der angegebenen Austauchstufe und steige weiter auf, wenn die Zeit verstrichen ist. Die Aufstiegsgeschwindigkeit zwischen den einzelnen Austauchstufen soll auch hier 10m/Min. betragen.

Beispiele:

1) Tauchgang von 30 Minuten (Grundzeit !) auf 14 m Tiefe.

Die Tiefe von 14 m ist nicht in der Tabelle eingetragen, deshalb müssen die Werte bei einer Tiefe von 15 m abgelesen werden.

Zuerst wird die Grundzeit mit der Nullzeit verglichen. (Siehe Beispiel)

Tauchtiefe (m) / Nullzeit (min)	Grundzeit (min)	Dekopause		Wiederholungsgr.
		6	3	
15	16			C
	32			E
72'	48			F
	64			F
	80		3	G

Abb. 29 Dekompressionstabelle Auszug 15m

==> Der Tauchgang liegt innerhalb der Nullzeit, folglich müssen wir beim Austauchen keine Dekopausen einlegen.

2) Tauchgang von 20 Minuten (Grundzeit !) auf 33 m Tiefe.

Die Tiefe von 33 m ist in der Tabelle eingetragen.

Die genaue Grundzeit von 20 Minuten ist in dem Kästchen 33 m nicht eingetragen. Deshalb muß bei der nächst größeren Zeit, nämlich 21 Min. abgelesen werden. Siehe Beispiel:

Tauchtiefe (m) Nullzeit (min)	Grundzeit (min)	Dekopausen 9	Dekopausen 6	Dekopausen 3	Wiederholungsgruppe
33	6				C
	10				D
	14			1	E
	18			4	E
	21		1	7	F
	24		3	8	F
12'	27		4	11	F
	30	1	6	13	G
	33	2	6	16	G
	36	3	8	18	G

Abb. 30 Dekompressionstabelle Auszug 33m

==> Austauchen gemäß Tabelle bei 33/21 (Tiefe/Zeit), d.h. Dekopausen von 1 Minute in 6 m Tiefe, weiter auftauchen auf 3 m Tiefe und dort 7 Minuten verbleiben, danach auftauchen.

Sporttaucher machen nur Nullzeittauchgänge!

5.3 Die Dekompression

Normalerweise enden unsere Tauchgänge mit einem direkten Aufstieg ohne Einhalten von Pausen. Diese Tauchgänge nennt man Nullzeittauchgänge. Es sind die beim Sporttauchen üblichen Tauchgänge. Aber es gibt auch Tauchgänge, bei denen am Ende die Einhaltung von Pausen auf bestimmten Tiefen zwingend notwendig ist. Diese Austauchpausen nennt man auch Dekompressionspausen. Der medizinische Hintergrund für Nullzeittauchgänge ohne Dekompressionspausen und Dekompressionstauchgänge wird im folgenden dargestellt. Zur Anwendung kommt hier das Gesetz des Englischen Physikers Henry.

Das Gasgesetz eines englischen Physikers namens Henry sagt aus : *In allen Flüssigkeiten sind unsichtbar Gase gelöst.*Als Beispiel dient hier eine verschlossene Selterswasserflasche, in der sich Kohlensäure befindet.Trotzdem ist dieses Gas für uns nicht sichtbar.

Henry sagt auch, ***je größer der Druck ist, der auf einer Flüssigkeit lastet, um so mehr Gase können darin unsichtbar in Lösung genommen werden.***

Dies gilt natürlich auch für unsere Körperflüssigkeiten.Und anhand einer bestimmten Körperflüssigkeit, dem Blut, werden in diesem Abschnitt die Auswirkungen des **Henry`schen Gesetzes** beschrieben.

Für uns Taucher ist entscheidend das Gasgemisch Luft. Es besteht aus Atemgas und Intertgas. Die Atemgase sind aktiv an der Atmung beteiligt, die Inertgase werden nur physikalisch gelöst. Folgende Prozentanteile sind in der Atemluft enthalten:

Atemgasen: 21 % Sauerstoff (O_2), 0,03 % Kohlendioxyd (CO_2)

und

Inertgase: 78 % Stickstoff (N_2), 0,97 % Edelgase

Nun zum Tauchen:

An der Wasseroberfläche unter einem Umgebungsdruck von einem bar ist in unserem Körper eine gewisse Menge an Stickstoff unsichtbar gelöst. Da der Umgebungsdruck sich normalerweise nicht verändert, ändert sich auch der Stickstoffgehalt nicht.Es wird kein Stickstoff mehr aufgenommen oder abgegeben. Druck und Stickstoffgehalt sind in einem Gleichgewicht. Als Taucher setzen wir uns aber auch anderen Druckverhältnissen aus. Bei einer Tauchtiefe von 10 m haben wir nach dem Gesetz von Henry - **Doppelter Druck = Doppelte Menge Stickstoff** - N_2 nach einem gewissen Zeitraum in Lösung genommen.

Dem zugrunde liegt das **Gesetz von Dalton,** das besagt :

Der Gesamtdruck eines Gases ist die Summe der Teildrücke seiner Bestandteile.

Für unsere Tauchpraxis ergeben sich nun folgende Werte:

Tiefe	Umgebungsdruch	O_2 Teildruck	N_2 Teildruck	Restliche Gase
0 m	1 bar	0,21 bar	0,78 bar	0,01 bar
10 m	2 bar	0.42 bar	1,56 bar	0,02 bar
20 m	3 bar	0.63 bar	2,34 bar	0,03 bar
30 m	4 bar	0,84 bar	3,12 bar	0,04 bar

Die glöste Menge an Stickstoff in unserem Blut beträgt in Abhängigkeit des Druckes :

Tauchtiefe	Umgebungsdruck	Blutmenge	gelöstes N 2	Dauer bis gelöst
0 m	1 bar	5 l	1 l	immer gesättigt
10 m	2 bar	5 l	2 l	24 Std.
20 m	3 bar	5 l	3 l	24 Std.
30 m	4 bar	5 l	4 l	24 Std.

Mit diesem Mehr an Stickstoff dürfen wir nicht einfach zur Oberfläche auftauchen. Wir müssen gemäß dem Henry'schen Gesetzes dem Körper die Möglichkeit geben, den gelösten Stickstoff abzuatmen. Gelingt dies nicht, kommt es zum Ausperlen des Stickstoffs im Blut.

Kehren wir nun zu den für Sporttaucher üblichen Nullzeittauchgängen zurück. Bei Nullzeittauchgängen gelingt es dem Körper, die während das Tauchgangs in Lösung gegangenen Intertgase beim Einhalten der maximalen Aufstiegsgeschwindigkeit von 10 Metern/Minute wieder abzugeben.

Als Sporttaucher sollten wir immer innerhalb der Nullzeit tauchen, denn nur dann können wir zur Wasseroberfläche auftauchen ohne Auftauchpausen, sogenannte **Dekompressionspausen**, einhalten zu müssen.

Tauchen wir jedoch länger als es uns die Nullzeit erlaubt, kommen wir in den Bereich der **Dekompressionstauchgänge**. Auch hier hilft uns die Dekotabelle.Sie gibt uns verschiedene Dekompressionsstufen (3 m, 6 m und 9 m) und die jeweilige Zeit, die wir dort verweilen müssen, vor.

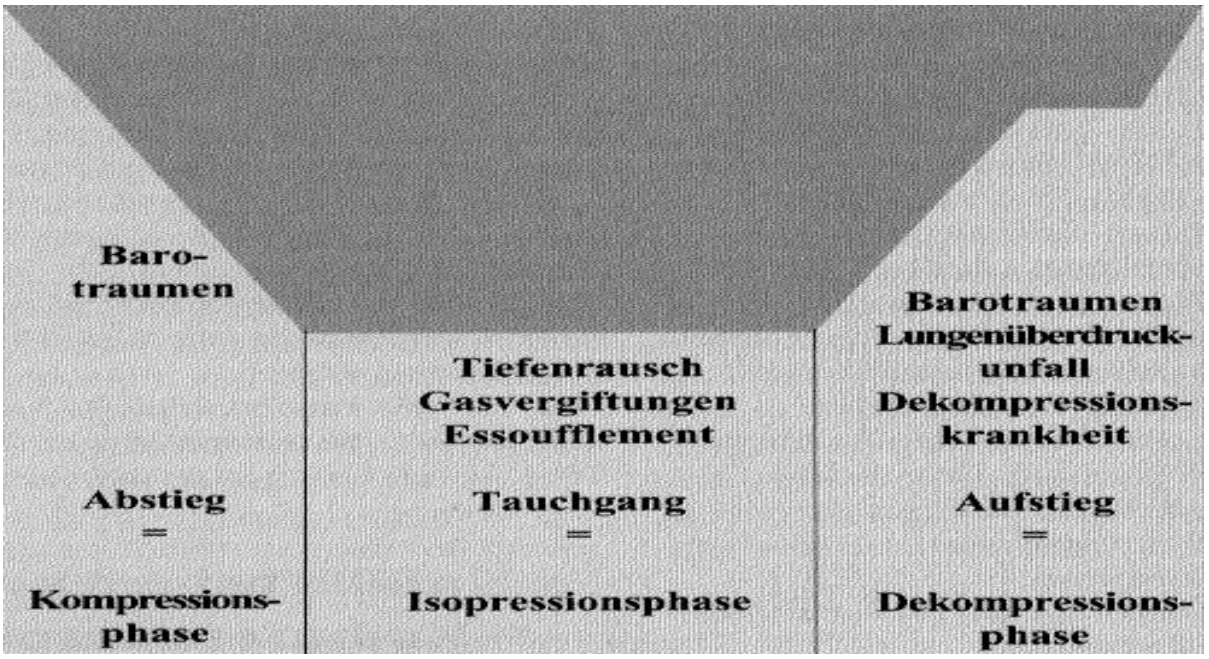
Was passiert auf den einzelnen Dekostufen ?

Wenn wir nur geringfügig länger als die angegebene Nullzeit tauchen und uns die Dekotabelle einen Stop in 3 m Tiefe vorschreibt, kommen wir dort mit 2,6 l N2 in unserem Blut an.Bei dem dortigen Umgebungsdruck von 1,3 bar können wir diese Menge N2 gerade noch in Lösung halten.Auf diesen 3 m atmen wir solange Stickstoff ab, bis wir nur noch mit 2 l N2 gesättigt sind und können dann gefahrlos zur Wasseroberfläche auftauchen.

Schreibt uns die Dekotabelle**,** bei längeren und tieferen Tauchgängen einen Stop auf 3 und auf 6 m vor passiert folgendes : Wir kommen mit 3,2 l N2 auf 6 m (Umgebungsdruck = 1,6 bar) an, atmen dort N2 ab, bis wir noch mit 2,6 l N2 gesättigt sind und gehen dann auf 3 m, atmen dort solange N2 ab, bis wir nur noch 2 l N2 in uns haben und tauchen dann erst zur Wasseroberfläche auf.Bei drei vorgeschriebenen Stops kommen wir mit einer N2-Sättigung von 3,8 l auf 9 m (Umgebungsdruck = 1,9 bar) an, atmen dort solange N2 ab, bis wir noch mit 3,2 l N2 gesättigt sind, gehen dann auf 6 m, usw. Dieser Vorgang nennt sich **stufenweises Dekomprimieren**

5.4 5.4.Tauchunfälle

Überblick über die möglichen Tauchunfälle während eines Tauchganges:



5.4.1 Der Dekompressionsunfall

Werden für einen bestimmten Tauchgang vorgeschriebene Austauchstufen, -zeiten, sowie die vorgeschriebene Auftauchgeschwindigkeit nicht eingehalten, so kann es zur Dekompressionskrankheit kommen.

Alle Erscheinungsbilder werden durch Stickstoffblasenbildung in verschiedenen Geweben oder in den Blutgefäßen hervorgerufen.

Die häufigsten Symptome der Dekompressionserkrankung sind fleckförmige Rötung und Juckreiz der Haut. Man spricht auch von " Taucherflöhen ".

Eine andere häufige Form entsteht durch Ausperlen von Stickstoffblasen in den Gelenken - meist der oberen Extremitäten. Der Verunglückte verspürt starke Schmerzen und hält die Gelenke in einer gebeugten Schonhaltung (Fachbezeichnung: " Bends ", von to bend = beugen).

Alle bisher genannten Erscheinungen können isoliert, aber auch in Kombination mit den folgenden auftreten:

Bei schweren Verläufen können das zentrale Nervensystem (Gehirn, Rückenmark), sowie Atmung und Herz-Kreislaufsystem betroffen sein. Gelangen die Gasblasen mit dem Blutstrom ins Gehirn, so kann es zu Halbseitenlähmungen und Beeinträchtigungen von Sinnesorganen kommen.

Häufiger unterbrechen die Gasblasen die Nervenleitung im Rückenmark, was eine Querschnittslähmung zur Folge hat. Werden die Stickstoffbläschen auf venösem Weg in den Lungenkreislauf transportiert, so kann eine Lungenembolie auftreten. Dies macht sich durch Störungen der Atmung und durch einen brennenden Schmerz hinter dem Brustbein bemerkbar (Fachbezeichnung: " chokes ", von to choke = ersticken). Atmen verstärkt hierbei die Schmerzen, weswegen die Atmung dann nur flach und reflektorisch erfolgt. Dies führt zum Sauerstoffmangel und kann in einen Schockzustand münden.

Symptome des Dekompressionsunfalls:

- ?? Schmerzen in den Gelenken
- ?? Schmerzen in der Haut (Ödeme)
- ?? Juckreiz (Taucherflöhe)
- ?? Marmorisierung/Rötung der Haut
- ?? Schwindel, Seh- Hör- u. Sprachstörungen
- ?? Atemstörung mit Luftnot und Schmerzen hinter dem Brustbein
- ?? Halbseitenlähmung
- ?? Querschnittslähmung
- ?? Herz- und Kreislaufstörungen
- ?? Schock

Diese Symptome treten in den allermeisten Fällen innerhalb der ersten Stunde nach Erreichen der Wasseroberfläche auf. Es können aber auch erst nach mehreren Stunden erste Zeichen einer Dekompressionskrankheit auftreten. Individuelle Faktoren spielen bei der Dekompressionskrankheit eine Rolle. So begünstigen Fettleibigkeit oder übermäßiger Alkoholgenuß am Vorabend des Tauchgangs, sowie Tauchen in kalten Gewässern, das Auftreten der Dekompressionskrankheit. So kann es in seltenen Ausnahmefällen auch bei Tauchgängen innerhalb der Nullzeit zu einem Dekounfall kommen.

Weiterhin sei erwähnt, daß das Nichteinhalten von Austauchzeiten, wenn nicht zu akuten Schädigungen, so doch zu chronischen Dekompressionsschäden führen kann. Dies sind chronische Skelettveränderungen, überwiegend bleibende Schädigungen der Gelenke.

Behandlung des Dekompressionsunfalls:

In jedem Fall ist eine Behandlung in einer Druckkammer notwendig. Hierdurch erreicht man Zweierlei: einmal werden durch die Druckerhöhung die Stickstoffblasen wieder verkleinert und in Lösung gebracht, zum anderen wird durch die Erhöhung des Sauerstoffpartialdrucks eine bessere Versorgung der durch Gasembolien geschädigten Gewebe gewährleistet.

Der Transport des Verunglückten zu einer Druckkammer sollte möglichst erschütterungsfrei geschehen, um einem weiteren Entstehen und einer weiteren Verteilung von Gasblasen vorzubeugen.

Die Druckkammerbehandlung setzt jedoch medizinische und technische Kenntnisse voraus.

Wichtig sind lebensrettende Maßnahmen während des Transportes zur Druckkammer oder bis zum Eintreffen von Hilfe:

- ?? stabile Seitenlage (bei Bewußtlosigkeit jedoch nur nach wiederholter Kontrolle der Atmung und des Kreislaufs) ansonsten bei Bewußtsein oder HLW gerade auf dem Rücken liegend
- ?? ruhige erschütterungsfreie Lage
- ?? auf Flüssigkeitzufuhr achten
- ?? bei Schock: nicht Trinken lassen (Gefahr des Erbrechens) , Schutz vor Temperaturverlust, psychische Betreuung
- ?? **Sauerstoffbeatmung**
- ?? bei Atem- bzw. Herzstillstand: (**HLW-Kurs !)**.

Wichtig: Auf keinen Fall sollte man eine nasse Rekompression unternehmen (d.h. den Verunglückten mit DTG wieder ins Wasser bringen)! Da ein Druck von 6 bar und mehr zur Behandlung nötig ist und die Behandlung sehr langwierig ist, steht meist nicht genügend Druckluft zur Verfügung. Ausschlaggebender ist aber, daß der Verunglückte an Unterkühlung stirbt und die Helfer bei Komplikationen kaum eine Möglichkeit zum Eingreifen haben.

5.4.2 Der Lungenüberdruckunfall

Beim Tauchen mit Druckluftgeräten enthält die Lunge, je nach Wassertiefe, eine mehrfache Menge an Luft gegenüber der Oberfläche. In 10 Meter Tiefe ist es etwa die doppelte Menge, also 5 Liter * 2 bar = 10 Liter, in 20 Meter sind es 5 Liter * 3 bar = 15 Liter usw. Dies ist wegen des notwendigen Druckausgleiches durch den Atemregler gegeben (siehe Kap. 3)

Beim Auftauchen dehnt sich das Luftvolumen mit der Abnahme des Druckes entsprechend dem **Boyle-Mariotteschen Gesetz** um ein Vielfaches aus. Kann dieses zunehmende Luftvolumen nicht aus der Lunge entweichen, wird die Lunge überdehnt, es kommt zum Lungenüberdruckunfall.

---------- *Exkurs für besonders Interessierte* ----------

Dabei wird einmal wie beim starken Preßdruck der Rückstrom des Blutes aus den Körpervenen zum Herzen behindert. Ist der kritische Punkt der Überdehnung erreicht, zerreißen die Lungenalveolen und Luft dringt in das umgebende Kapillarnetz ein. Es besteht jetzt eine Gasembolie. Der Unterschied zum Dekompressionsunfall besteht darin, daß die Gasblasen nicht Stickstoff sondern Luft enthalten. Diese Luftblasen gelangen schnell über die Lungenvenen in das Herz und von dort in den großen Kreislauf. Da die Lungenüberdruckunfälle meistens in vertikaler Stellung des Tauchers auftreten, treten die Luftblasen nach oben und landen in den Gehirngefäßen, wo sie die kleinen Arterien verstopfen. Es führt sofort zu einer Schädigung der Hirnzellen mit entsprechenden Ausfällen ihrer Funktion und bei längerem Bestehen zum Absterben der Nervenzellen. Auch können nach Verlassen der linken Herzkammer Luftblasen in die Herzkranzgefäße eindringen und hier die Arterien verstopfen, die den Herzmuskel versorgen. Bei etwa der Hälfte aller Lungenüberdruckunfälle kommt es zum Eindringen der Luft in die Blutbahn. Reißen Alveolen an der Lungenoberfläche ein, so gelangt Luft in den Brustkorb bis zwischen die Pleurablätter = Lungenfell/Rippenfell. Wird das Volumen im Pleuralspalt größer, so wird die entsprechende Lunge zusammengedrückt, es entsteht ein Pneumothorax. Dringt Luft in den Raum zwischen beiden Lungenflügeln ein (Mediastinum), so werden das Herz und die großen Gefäße abgedrängt. Gelangt die Luft unter die Haut, so können sie am Hals und in den Schlüsselbeingruben auftreten, was sich leicht beim Betasten als Luftkissen erkennen läßt. Man nennt dies ein Hautemphysem. Auch in das Gewebe, das die Alveolen umgibt, kann Luft eindringen. Eine Überdehnung und ein zerreißen der Lunge tritt dann auf, wenn die beim Aufstieg sich ausdehnende Luft nicht abströmen kann. Die meisten Unfälle entstehen durch eine totale Lungenüberdehnung. Diese kann nur bei Blockierung der oberen Atemwege entstehen und wird fast immer durch den Verschluß der Stimmritze hervorgerufen. Das einzige auslösende Moment, das beim Tauchen zu einem Stimmritzenkrampf führt, ist die Angst. Diese Angst, nicht mehr genügend Luft bis zum Erreichen der Oberfläche zu haben, führt zu einem reflektorischen Krampf und damit zum Verschluß der Stimmritze.

Möglicherweise wird der Krampf noch durch den von der Lunge her einsetzenden Überdruck verstärkt. Nicht nur theoretisch, auch auf Grund praktisch durchgeführter Experimente ist es erwiesenermaßen möglich, aus einer Wassertiefe von 100 Metern ohne Atmung aufzusteigen. Solche Notaufstiege können bei U-Boot-Unfällen notwendig sein. Ein Sauerstoffmangel entsteht dabei nicht, da zu Beginn des Aufstieges durch den erhöhten O_2 - Druck genügend Sauerstoff für den Aufstieg aufgenommen wurde. Zu einer Kohlendioxydanreicherung, die zum Einatmen zwingen würde, kommt es ebenfalls nicht, da ja während des Aufstieges die Atemluft entweicht. Der Füllungszustand der Lunge ist gegeben und eine Atemnot kann nicht entstehen. Die Gefahr solcher Notaufstiege liegt in der Möglichkeit eines Lungenüberdruckunfalles.

---------- *Exkurs Ende* ----------

Die meisten Lungenüberdruckunfälle ereignen sich nicht bei trainierten Tauchern, die zu einem Notaufstieg selbst aus Tiefen von über 30 Metern gezwungen sind, sondern beim ungeübten Neuling und hier meist bei Aufstiegen aus geringer Tiefe. Durch entsprechende Unterweisungen und Übungen läßt er sich vermeiden.

Um die Ursachen der Lungenüberdruckunfälle - also die Angst - zu vermeiden, gibt es nur das Mittel, den Notaufstieg unter ungefährlichen Bedingungen zu üben. Wie bereits ausgeführt muß der Neuling mit der möglichen Gefahr schrittweise so konfrontiert werden, daß sie für ihn den Schrecken verliert und er im Ernstfall sinnvoll reagiert. Das geschieht am besten durch Aufstiegsübungen im Schwimmbad.

5.4.3 Der Tiefenrausch

Bei empfindlichen Tauchern kann ein Tiefenrausch schon ab 30 m Wassertiefe auftreten, von 70m an machen sich rauschartige Symptome bei allen Tauchern bemerkbar. Es kommt dabei zu Störungen der Gedankenfolge, sowie zum Verlust der Konzentrations- und Kritikfähigkeit.

Der Taucher ist in der Lage, sich in einer allen Gegebenheiten und Regeln widersprechenden Weise zu verhalten und ganz unangemessen auf äußere Einflüsse zu reagieren. Es kann zu einer Panikstimmung oder einer lähmenden Entschlußlosigkeit kommen, bei der nur mit Mühe ein folgerichtiger Schluß aus einer Wahrnehmung gezogen werden kann (besonders der Entschluß aufzutauchen, nach der verschleierten Feststellung der abgelaufenen Tauchzeit oder des zu Ende gehenden Luftvorrates). Bei entsprechenden Experimenten in der Druckkammer irrte sich die Versuchsperson in ihrem Geburtsdatum, war unfähig eine einfache Multiplikationsaufgabe zu lösen und sowohl Schrift- und Schreibstil waren verändert. Als weitere Erscheinungen können ein metallischer Geschmack im Mund, Ohrensausen, Röhrensehen, Benommenheit und schließlich Bewußtlosigkeit auftreten. Doch schon die eingeschränkte Kritikfähigkeit kann unter Wasser leicht zu lebensgefährlichen Fehlhandlungen führen. Heute gilt es als erwiesen, daß die Ursache des Tiefenrausches die sog. Inertgase (Helium, Neon etc.) sowie Stickstoff sind.

Alle diese sogenannten Inertgase zeigen unter Druck mehr oder weniger narkoseartige Wirkung. Man spricht deshalb von einer Inertgasnarkose. Der mit Druckluft ausgerüstete Taucher ist unter Wasser sich selbst überlassen. Deshalb gilt für Sporttaucher die eiserne Regel, daß niemals ohne Begleiter getaucht werden darf.

Die Tiefenrauschsymptome lassen sich durch Erfahrung richtiger einschätzen. Bis zu bestimmten Grenzen ist auch eine Gewöhnung möglich, doch müssen hierbei die Schranken der Verträglichkeit des Einzelnen an verschiedenen Tagen berücksichtigt werden. Die individuelle Empfindlichkeit für den Tiefenrausch kann verhältnismäßig groß sein. Angst und Unsicherheit begünstigen sein Auftreten. Alkoholeinwirkung potenziert die Symptome. Die objektiven Symptome, wie die allgemein verlangsamte Reaktionsweise und Störungen feinerer Bewegungsabläufe, wie unbeholfenes Herumfingern bei relativ einfachen Handlungen, sollten, wenigstens für den Begleiter, eine nachdrückliche Warnung sein, die einen unverzüglichen Aufstieg in einen Bereich niederen Druckes fordert. Für einen sog. Notaufstieg ohne Berücksichtigung der Austauchtiefen und -zeiten besteht jedoch kein Grund, da die Erscheinungen des Tiefenrausches in geringerer Tiefe sofort verschwinden. In der Regel sollte mit Anfängern nicht über 20 bis 30 Meter getaucht werden. Auch erfahrene Taucher sollten nicht über 40 Meter tief tauchen.

5.5 Verhalten bei Tauchunfällen

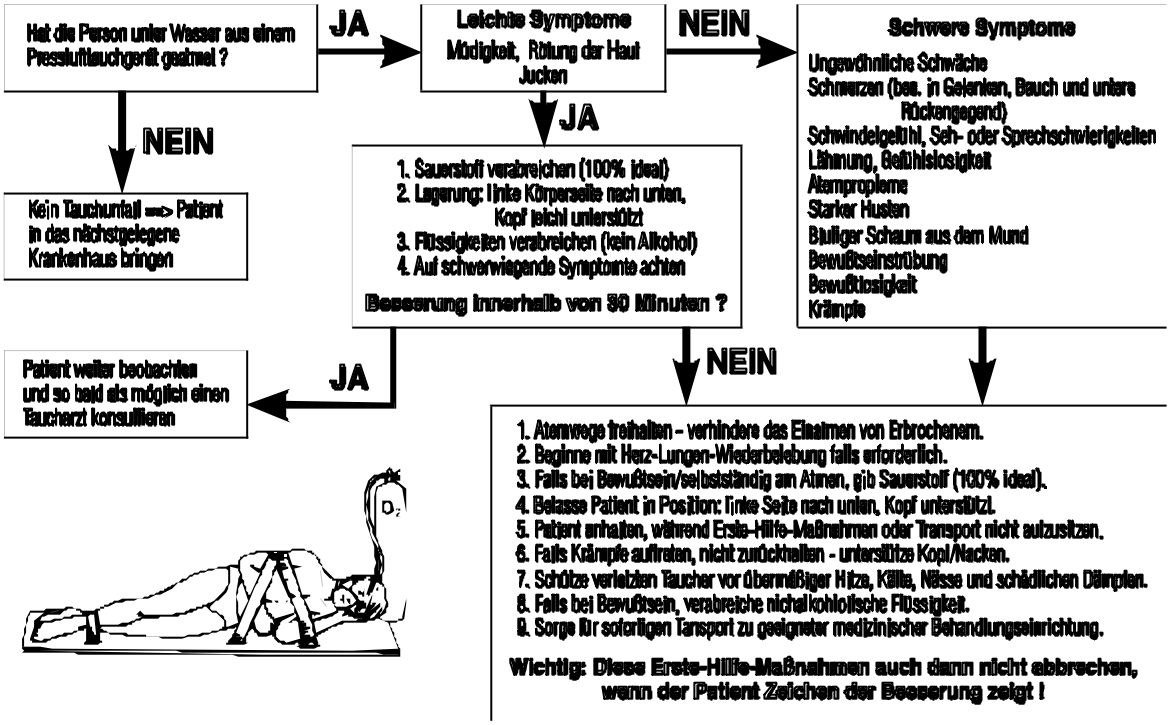
Wenn sich ein Unfall ereignet hat:

Personalien des Patienten ermitteln und Informationen über die letzten Tauchgänge sammeln und schriftlich festhalten. Diese Informationen später dem Rettungspersonal zusammen mit dem Patienten überreichen.

Ausrüstung des Patienten sicherstellen aber **nicht zerlegen**.

Achte auf fachliche Kompetenz in Bezug auf Tauchunfälle bei Helfern, Rettungspersonal und Ärzten, bevor Du die Verantwortung abgibst! Arbeite mit diesen zusammen, gib nur Fakten weiter, **keine Meinungen oder Beurteilungen**!

Unfallbericht so bald als möglich schreiben, solange die Ereignisse noch frisch im Gedächnis sind.



Bei Tauchunfall

Schiffahrtmedizinisches Institut der Marine

04 31 / 5 40 90

24 Std. Taucherarzt-Telefonberatung für alle tauchmed. Fragen! Wenn erforderlich, sofort Druckkammer-Behandlung in Kiel

Transportabsprache mit Taucharzt und SAR-Leitstelle Goch, 0 28 23 / 33 33

Verband Deutscher Sporttaucher e.V.

6 VDST Taucherhotline 0049 (0) 180 33 22 105
7 Lokale Rettungsleitstelle: (akt. Vorwahl) 19 222

8 Tauchpraxis

8.1 Umweltschutz

Mit dem weltweiten Wachstum des Tauchsports wird es immer bedeutender für uns, die Tauchgebiete nicht zu schädigen, sondern unverändert zu erhalten. Deshalb mache Dir unser Prinzip zu eigen:

TAUCHE WIE DEIN SCHATTEN, HINTERLASSE KEINE SPUREN.

Die 10 goldenen Regeln für Taucher die Du immer beachten solltest:

?? Sporttaucher benutzen Parkplätze und vorhandenen Einstiege ins Gewässer!

?? Sporttaucher dringen nicht in Schilf- und Wasserpflanzenbestände ein!

?? Sporttaucher bleiben den Nist-, Laich- und Ruheplätzen fern!

?? Sporttaucher achten auf einen ausreichenden Abstand zum Gewässergrund und wirbeln kein Sediment auf!

?? Sporttaucher berühren und füttern keine wildlebenden Tiere!

?? Sporttaucher harpunieren nicht; sie kaufen und sammeln keine Tiersouvenirs

?? Sporttaucher beobachten kritisch ihren See und halten die Tauchgewässer und Uferzonen sauber!

?? Sporttaucher befolgen die Arten- und Naturschutzbestimmungen!

?? Sporttaucher lassen Ihren Kompressor nur dort laufen, wo er niemanden stört

?? Sporttaucher halten ihre Kameraden an, sich ebenfalls umweltbewußt zu verhalten!

8.2 Grundregeln des Tauchens

?? Tauche nie allein!

?? Beim Verlust eines Tauchpartners sofort austauchen!

?? Tauche nie bei Unwohlsein!

?? Tauche nie tiefer als 40m!

?? Halte beim Aufstieg nie den Atem an!

?? Halte die zulässige Aufstiegsgeschwindigkeit ein!

?? Tauche beim Erreichen der Reserve aus!

?? Die Tauchgruppe geht gemeinsam ins Wasser, taucht gemeinsam ab, taucht gemeinsam auf und verläßt gemeinsam das Wasser!

?? Der Gruppenschwächste begrenzt den Tauchgang!

?? Die zugeteilte Position in der Gruppe wird immer eingehalten!

?? Kein Tauchgang ohne Vorbesprechung!

?? Beim Frieren wird der Tauchgang beendet!

?? Jeder zweite Blick gilt dem Tauchpartner!

?? Tauche nie mit einer Erkältung!

?? Fliege erst je nach letztem Tauchgang und Sättigung 24 bis 48 Stunden nach dem letzten Tauchgang!

?? Ein Tag pro Woche ist tauchfrei!

?? Kein Tauchgang nach Alkohol!

?? Tauche bei Strömung und ohne Grundsicht immer am Ankerseil ab!

?? Höchstens ein Anfänger pro Ausbilder!

8.3 Tauchgangvorbereitung

Auswahl des Tauchgewässers:

Erkundigung bei anderen Tauchern, Schwierigkeitsgrad, Tiefe, Gefahrenpunkte, Temperatur, Sichtweite, Steilwände, Grotten, Höhlen, Strömung, Ebbe/Flut, Schiffsverkehr, ...

Taucherlaubnis:

Erkundigung nach Taucherlaubnis, Behörden, Gemeinden, Vereine, ...

Mittaucher:

Ausbildungsstand, Gesundheit, Erfahrung, der schwächste Taucher bestimmt...

Anzahl der Mittaucher:

Ideal sind Zweiergruppen, im Binnengewässer max. 3 Taucher, im Meer max. 5 Taucher,

Umwelt:

Laichgebiete, Wasserpflanzen, Tarieren ! !, .. *tauche wie dein Schatten !*

Ein-/Ausstieg:

befestigt, keine Uferbereiche schädigen, Zugänglichkeit bei Rettungsaktion,

zusätzliche Ausrüstung je nach Tauchgang und Tauchplatz:

Boje am Seil mit Taucherflagge, Lampen, Kälteschutz, ...

Ausfahrt:

Tauchziel sowie vorraussichtliche Rückkehrzeit hinterlassen, Vorräte, Notsignalmittel, Handy,

Werkzeug, ...

8.4 Tauchgangvorbesprechung / Briefing

Zum Menschen:

- ?? Wohlbefinden
- ?? aktueller Gesundheitszustand
- ?? Medikamente, Alkohol, Drogen
- ?? Restsättigung, wenn es sich um einen Wiederholungstauchgang handelt

Zum Tauchgewässer:

- ?? Ein-/Ausstieg
- ?? Unterwasserlandschaft
- ?? Ort und Tiefe des Ankers
- ?? Strömungsverhältnisse (Oberfläche, am Grund, Strömungsschatten)
- ?? Strömungsrichtung evtl. Gezeitenwechsel
- ?? Sichtverhältnisse
- ?? Kälte
- ?? besondere Sehenswürdigkeiten (Wracks, Fische,..)
- ?? besondere Gefahrenpunkte (Steilabfälle, Höhlen,...)
- ?? Orientierungsmerkmale
- ?? Seegang und Wetter

Zur Tauchgangsdurchführung:

- ?? Einstiegszeit festhalten
- ?? Tauchprofil und max. Tauchtiefe festlegen
- ?? Dauer des Tauchganges
- ?? Zweck und Ziel des Tauchganges
- ?? Gruppeneinteilung
- ?? Was hat zu geschehen wenn ...?
    - ?? sollte unbedingt vorher festgelegt werden
    - ?? wer bekommt bei Luftmangel von wem und wie den Automaten/Zweitautomaten
    - ?? Zweiergruppen festlegen die besonders aufeinander aufpassen
    - ?? der Druckausgleich nicht möglich ist
    - ?? Verlust der Tauchpartner durch schlechte Sicht (ggf. an der Hand halten)
    - ?? Dekopausen nur am Ankerseil einplanen
    - ?? Ausfall einer Lampe
    - ?? konditionelle Probleme
    - ?? Frieren
    - ?? Unterwasserzeichen absprechen soweit von spez. Bedeutung

Ausrüstungscheck:

- ?? Reihenfolge des Anlegens (Bleigurt zuerst abwerfen)
- ?? Ventile vollständig geöffnet
- ?? Fülldruck der Flaschen
- ?? Kälteschutz vollständig
- ?? Inflator angeschlossen
- ?? Funktionsweise des Jackets, Demonstration Ein- und Ablassen von Luft
- ?? Position von Erst- und Zweitatemregler sowie die dazu relevanten Anschlüsse an den Ventilen
- ?? Vollständigkeit der Instrumente (Uhr, Tiefenmesser, Tabelle)
- ?? Umgang mit dem Tauchcomputer, wie kann man Ihn ablesen
- ?? Lampe, Ersatzlampe
- ?? Sicherheitsausrüstung, Notboje, Signalmittel,...