

**Sporttauch - Club
Leonberg e.V.**



Tauchttheorie

Vom WLT empfohlen

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

=====

<u>Tauchphysik</u>	Seite
Kraft	5
Druck	7
Boyle-Mariotte	10
Gay-Lussac	13
Archimedes	15
Dalton	20
Henry	24
UW-Sehen	26
UW-Hören	28
Wiederholungstauchgänge	29
Überströmtechnik	33
Tauchen in Bergseen	37
Übungsaufgaben	40
<u>Tauchmedizin</u>	46
Zellen und Gewebe	47
Atmung	51
Stoffwechsel	55
Blutkreislauf	57
Barotraumen	60
Tiefenrausch	75
Caisson	80
Hyperventilation	87
Panik	89
Temperatur	92
Ertrinken	99
Wiederbelebung	103
Verhalten bei Unfällen	110
<u>Gerätekunde</u>	115
Lungenautomat	119
Tauchgeräte	121
ABC-Grundausrüstung	123
Zusatzgeräte	125
<u>Tauchen unter erschwerten Bedingungen</u>	133
<u>Unterwasserzeichen</u>	143
<u>Stichworte</u>	145
<u>Seemannschaft</u>	154
<u>Literaturverzeichnis</u>	161

Kraft

Die neue Krafteinheit, wie sie in den SI-EINHEITEN festgelegt wurde, ist das Newton (N) anstelle des bisherigen Kilopond (kp).

Wie kam es dazu? Lange Zeit bestanden das physikalische und das technische Einheitssystem nebeneinander. Das kg als Gewicht einer Masse oder Menge war gleichzeitig das kg als Einheit der Kraft. Hieraus ergaben sich Missverständnisse. Deshalb wurde die Kraft-Einheit vor einigen Jahren von kg auf kp umgestellt. Dies ist zwar bis heute - auch bei vielen Tauchern - noch nicht ganz Allgemeingut geworden. Und nun gibt es schon wieder eine Änderung:
Die Einführung des Newton (N) als Krafteinheit.

Vor fast 300 Jahren definierte der Engländer Sir Isaac Newton (1643 - 1727) als Gesetz:

$$\text{Kraft} = \text{Masse} \times \text{Beschleunigung}$$

$$F = m \times a$$

1 Newton (N) ist die Kraft, die erforderlich ist, einem Körper von der Masse 1 kg die Beschleunigung von 1 m/s^2 zu erteilen. Diese Kraft ist nicht auf die Erde bezogen.

$$\text{Geschwindigkeit} = \text{Weg} : \text{Zeit} = \text{m/s}$$

$$\text{Beschleunigung} = \frac{\text{m/s}}{\text{s}} = \text{m/s}^2$$

Der alten technischen Krafteinheit kp liegt als Wert für die Beschleunigung die sogenannte Erdbeschleunigung = 9.81 m/s^2 zugrunde, das ist die Fallbeschleunigung auf der Erde in mittlerer Höhe. Damit ergibt sich also:

$$1 \text{ kp} = 9.81 \text{ N} \text{ oder } 1 \text{ N} = \frac{1}{9.81} \text{ kp}$$

Zum besseren Verständnis ist man übereingekommen, bei der Umstellung von kp auf N gerundete Zahlenwerte zu wählen:

$$1 \text{ kp} = 10 \text{ N} \text{ (also das Zehnfache).}$$

Darüberhinaus haben die Leute bei der "Generalkonferenz für Mass und Gewicht" in Paris noch beschlossen, Vorsätze zur Bildung dezimaler Vielfacher und dezimaler Teile von Einheiten zuzulassen. Wir kennen das alles schon von der Einheit Bar. Und zwar verwendet man bei der Angabe des Luftdruckes den tausendstel Teil und sagt Milli Bar (mbar).

So, nun ist es doch das Einfachste was möglich ist und man nimmt die Zehnerpotenz (das ist nichts Unanständiges) 10^1 mit dem Vorsatz Deka (da) und bekommt das Deka Newton (daN). Wir haben dann:

$$10 \text{ N (Newton)} = 1 \text{ daN (Deka Newton)} \approx 1 \text{ kp (Kilopond)}.$$

Wer das bisher Geschriebene noch nicht intus hat und auch keine Lust dies nochmals zu lesen, der geht einfach her und rechnet wie bisher - wenn er es konnte, anstatt mit kp (Kilopond) nun mit einem anderen Zeichen, dem daN (Deka Newton). Es ist genau das Gleiche.

Merken Sie also: Massen und Mengen nach Kilogramm
Kraft nach Deka Newton (Kilopond).

Druck

Eine der weittragendsten Auswirkungen hat für uns Taucher der Druck, obwohl, wenn er auch vom Körperinneren her wirkt, wir ihn gar nicht spüren. Dies gilt, ob wir uns an der Wasseroberfläche, in 10 m oder 50 m Tiefe befinden.

Der Druck ist die Kraft (Gewichtskraft), die auf eine Fläche wirkt

$$\text{Druck} = \frac{\text{Kraft}}{\text{Fläche}} \quad p = \frac{F}{A}$$

Die SI-EINHEITEN bescherten uns als neue Druckeinheiten das Pascal (Pa) und das Bar (bar). Es kann aber im Rahmen der Vorschriften auch in Newton/cm^2 ausgedrückt werden. Für uns Sporttaucher kommt das Pascal überhaupt nicht in Frage, da es eine viel zu kleine Druckeinheit darstellt. Das Newton/cm^2 wollen wir uns als Druckeinheit schenken, da uns das Newton als Krafteinheit schon genügend "drückt", und es nur zu Verwechslungen führt.

Bleibt uns noch das Bar (bar), was ja auch nun schon zwischenzeitlich in Taucherkreisen, zumindest innerhalb des VDST, bekannt wurde.

$$\begin{aligned} 1 \text{ bar} &= 100\,000 \text{ Pa} &= & 10 \text{ N / cm}^2 \\ &1 \text{ daN / cm}^2 &= & 1.0197 \text{ kp / cm}^2 \\ &= 10.197 \text{ m WS} \\ &= 750.06 \text{ Torr} &= & 750.06 \text{ mm Hg} \end{aligned}$$



So, nun haben wir die neue Druckeinheit, trotzdem müssen wir uns auch noch die bisherigen betrachten, da beim Studium von Tauchsportliteratur, bei Tauchgeräten und bei genaueren Berechnungen, die Kenntnis einfach erforderlich ist.

Der in Meereshöhe auf uns lastende Druck von 10^5 N/m^2
(bzw. 760 mm HG = 760 Torr oder 1013 mb) nennen wir 1 bar.

Eine Wassersäule von 10 m mit einem Querschnitt von 1 cm^2 , wiegt 1 kp, erzeugt also einen Druck von 1 kp/cm^2 oder 1 bar.

Da auf dem Wasser in jedem Fall noch der Luftdruck lastet, müssen wir für die Berechnung des Druckes in einer bestimmten Wassertiefe den Luftdruck und den Wasserdruck addieren.

Wir sprechen dann bei dem Ergebnis von Druck absolut oder bar absolut.

Beispiel:	in 0 m Wassertiefe	1 bar Meereshöhe
	in 10 m "	2 bar
	in 30 m "	4 bar
	in 50 m "	6 bar

Der Druck erhöht sich also pro 10 m Wassertiefe um 1 kp/cm^2 oder 1 bar.

$1 \text{ atm} = \text{physikalische Atmosphäre} =$
$= 760 \text{ Torr} = 760 \text{ mm Hg}$
$= 1.03322 \text{ kp/cm}^2 = 10,33 \text{ m WS}$
$= 1.01325 \text{ bar} = 1.01325 \text{ daN/cm}^2$

Den Technikern war aber die "physikalische Atmosphäre" (atm) zu ungerade und sie schufen die "technische Atmosphäre" (at).



1 at = technische Atmosphäre =	
= 1 kp / cm ²	= 0.9678 atm
= 735.5 Torr	= 735.5 mm HG
= 10.00 m WS	= 0.9807 bar
= 0.9807 daN	

ata = absoluter Druck, atü = Überdruck, atu = Unterdruck.

Boyle-Mariotte

DAS VERHALTEN DER GASE UNTER DRUCK

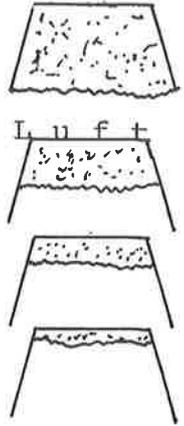
Robert Boyle und Edmé Mariotte definierten vor rund 300 Jahren:

Bei gleichbleibender Temperatur verhält sich das Volumen eines Gases umgekehrt proportional zu seinem Druck.

$$p \times V = \text{konstant}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

Die erste Formel bedeutet, dass der Druck mal dem Volumen konstant ist.

	<u>Tauchtiefe</u>	<u>Volumen</u>	<u>Druck</u>
Luft	0 m	10 l	760 mm Hg = 1 bar
	10 m	5 l (1/2)	1520 mm Hg = 2 bar
	20 m	3,3 l (1/3)	2280 mm Hg = 3 bar
	30 m	2,5 l (1/4)	3030 mm Hg = 4 bar

Als weiteres Beispiel eine 10 l Rettungsweste

DRUCK	[bar]	x	VOLUMEN	[l]	=	KONSTANT
Oberfläche	1	x	10	(1/1)	=	10
10 m Wassertiefe	2	x	5	(1/2)	=	10
20 m Wassertiefe	3	x	3.33	(1/3)	=	10
30 m Wassertiefe	4	x	2.5	(1/4)	=	10
40 m Wassertiefe	5	x	2	(1/5)	=	10
50 m Wassertiefe	6	x	1.66	(1/6)	=	10
60 m Wassertiefe	7	x	1.43	(1/7)	=	10
70 m Wassertiefe	8	x	1.25	(1/8)	=	10

Bei der zweiten Formel setzen wir den Druck (P_1/P_2) zum Volumen (V_2/V_1) ins Verhältnis.

Zum Beispiel hat ein Frei-Taucher eine Lungen-Totalkapazität von 6 l. Wie gross ist sein Volumen in 30 m Tiefe (4 bar)?

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1} \quad \frac{P_1 \times V_1}{P_2} = V_2 \quad \frac{1 \text{ bar} \times 6 \text{ l}}{4 \text{ bar}} = 1,5 \text{ l}$$

Das Gesetz von Boyle-Mariotte dürfte uns Tauchern wohl am meisten zu schaffen machen und kann in seiner Bedeutung nicht ernst genug genommen werden.

Warnung!

Dieses Gesetz gilt aber nur für 200 bar Geräte, bei 300 bar Geräten muss dieses Gesetz korrigiert werden (siehe Kapitel "die reale Gasgleichung").

R E · C H E N A U F G A B E

MIT DEM GESETZ VON BOYLE + MARIOTTE

AUFGABE:

Eine 18 Liter Taucherweste fängt in 5 m Tiefe an abzublasen.

FRAGE:

In welcher Tiefe war sie zu einem Drittel gefüllt?

Lösung:

$$\text{Volumen}_1 = 18 \text{ l}$$

$$\text{Druck}_1 \text{ in } 5 \text{ m Tiefe} = 1,5 \text{ bar}$$

$$\text{Volumen}_2 = 18 \text{ l} \times 1/3 = 6 \text{ l}$$

$$\text{Druck}_2 = ? \text{ (gefragt als Tiefe)}$$

$$p_1 \times V_1 = 18 \text{ l} \times 1,5 \text{ bar} = 27 \text{ bar l}$$

$$p_1 \times V_1 = p_2 \times V_2$$

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

$$p_2 = \frac{18 \text{ l} \times 1,5 \text{ bar}}{6 \text{ l}}$$

$$p_2 = 4,5 \text{ bar}$$

Die Weste war bei 4,5 bar = 35 m Tiefe zu einem Drittel gefüllt.

Gay-Lussac

DAS GAS-VERHÄLTNIS VON DRUCK + TEMPERATUR

Der französische Physiker L. J. Gay-Lussac formulierte Anfang des 19. Jahrhunderts als Gesetz:

Der Druck einer abgeschlossenen Gasmenge nimmt bei konstantem Volumen je ° C Erwärmung um 1/273 des Druckes bei 0 ° C (273 K) zu.
Bei Abkühlung vermindert sich der Druck entsprechend.

Ab 01.01.1978 sind nach den SI-EINHEITEN Temperaturberechnungen nur noch nach Kelvin (K) und nicht mehr nach Grad Celsius (°C) zulässig; als Differenz auch als Grd.

$$0 \text{ } ^\circ \text{C} = 273 \text{ K}$$

Der absolute Nullpunkt der Temperatur ist 0 K (-273 °C).

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Die Formel nach Gay-Lussac lässt sich nur nach Kelvin ausrechnen. Sind nur die Grad Celsius bekannt, vorher umrechnen. 273 K +
Kelvin = 273 K +°C oder
= 273 K + Grd



Rechenbeispiel:

Eine Pressluftflasche hat nach dem Füllen eine Temperatur von 30°C ($273 + 30 = 303\text{K}$) und einen Druck von 200 bar. Die Flasche liegt in der Sonne und erwärmt sich auf 90°C ($273 + 90 = 363\text{K}$). Wie gross ist jetzt der Flaschendruck?

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{umgestellt} \quad \frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} \quad P_2 = \frac{P_1 \times T_2}{T_1}$$

$$P_2 = \frac{200 \text{ bar} \times 363 \text{ K}}{303 \text{ K}} = 239 \text{ bar}$$

Das Gesetz von Gay-Lussac lässt sich nur bis zu Drücken in 200 bar Flaschen anwenden. Bei 300 bar - Flaschen muss nach anderen Gesetzen gerechnet werden (siehe "die reale Gasgleichung").

R E C H E N A U F G A B E

MIT DEM GESETZ VON GAY-LUSSAC

AUFGABE + FRAGE:

Eine Pressluft-Tauch-Flasche hat nach dem Füllen einen Druck von 220 bar und eine Temperatur von 20°C . Sie bleibt in der Sonne liegen und erhitzt sich auf 90°C . Wie gross ist jetzt der Druck?

Lösung:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad P_2 = \frac{T_2 \times P_1}{T_1}$$

$$P_2 = \frac{(273 + 90) \text{ K} \times 220 \text{ bar}}{(273 + 20) \text{ K}} = 273 \text{ bar}$$

Archimedes

PRINZIP DES ARCHIMEDES ODER DIE AUFTRIEBSKRAFT

Spez. Gewicht (Wichte) = :

Um wieviel mal schwerer oder leichter ein Stoff ist als die gleiche Menge Wasser.

Luft	ca.	0,001293 daN/dm ³	Rechne	1,3g/l
Stahl	ca.	8,0	" "	
Gummi	ca.	1,0	" "	
Wasser	ca.	1,0	" "	
Blei	ca.	11,3	" "	
Hg=Quecksilber	ca.	13,6	" "	
Aluminium	ca.	2,7	" "	

Ein Körper verliert beim Eintauchen in einer Flüssigkeit so viel an Gewicht, wie die von ihm verdrängte Flüssigkeitsmenge wiegt.

oder anders formuliert:

Auftrieb = Gewicht der verdrängten Flüssigkeitsmenge.

Erläuternd sei hier dazu gesagt, dass der gute alte Archimedes - er wurde immerhin über 70 Jahre alt - damals noch nicht wusste, dass, wenn er Gewicht sagte, wir heute damit Kraft (Gewichts-Kraft) meinen müssen, laut Gesetz, und ehe-

mals mit Kilogramm, dann Kilopond und nun - Halleluja -
ab 01.01.1978 nur noch mit Newton bezeichnen.

$$FA \text{ (Auftrieb)} = V \text{ (Volumen)} \times \gamma \text{ (Wichte des Wassers)}$$

$$FA \text{ (Auftrieb)} = G_L \text{ (Gewichtskraft in Luft)} - G_F \text{ (Gewichtskraft in Flüssigkeit)}$$

FA = G_L der Körper schwebt (hydrostatisches Gleichgewicht)

FA \gg G_L der Körper steigt (und schwimmt)

FA \ll G_L der Körper sinkt

Der Auftrieb entsteht dadurch, dass der hydrostatische Druck mit der Tiefe zunimmt. Das heisst: Bei einem eingetauchten Körper ist der Druck an der Oberseite am geringsten und an der Unterseite - weil die tiefer ist - am grössten.

Ein schwimmender Körper sinkt so tief ein, dass das Gewicht der verdrängten Flüssigkeit gleich seinem eigenen ist.

Das Prinzip des Archimedes tut uns Sporttauchern nicht mehr weh, nachdem wir - Dank unserer Taucherwesten, die ja nun "in" sind - den Auftrieb bzw. Abtrieb spielend - wenn man's beherrscht - regulieren können.

Beispiel:

Wie schwer sind 8 kg Blei unter Wasser?

$$v = \frac{G}{\gamma} = \frac{8}{11} = 0,72 \text{ l oder dm}^3$$

Abtrieb = 8 daN
 Auftrieb = 0,72 daN
 Gewicht unter Wasser = 8 daN - 0,72 daN = 7,28 daN

Hebeboje

Bergung eines 70 kg schweren Gegenstandes.

Dichte (γ) 7 daN/dm³, aus 40 m Tiefe.

Wieviel Liter Luft sind nötig, um ihn mittels Hebeboje aufsteigen zu lassen?

$$V = \frac{70 \text{ daN}}{7 \text{ daN/dm}^3} = 10 \text{ dm}^3$$

Verdrängte Wassermenge 10 Liter.

Statt 70 daN sind nur noch 60 daN Gewichtsanteil nach oben zu befördern.

Um 60 daN an der Oberfläche in den Schwebезustand zu bringen, benötigen wir 60 dm³ Luft.

In 40 m Tiefe 5 bar x 60 Ltr. = 300 Ltr. Luft bei 1 bar
 Boje, Leine usw. ca. 10 daN ca. = 50 Ltr. Luft bei 1 bar
 350 Ltr. Luft bei 1 bar

Um den Gegenstand zu heben, benötige ich ca. 350 Liter Luft bei 1 bar.



R E C H E N A U F G A B E

MIT DEM GESETZ VON ARCHIMEDES, BOYLE + MARIOTTE

AUFGABE:

Mit einer Hebeboje soll ein Stahlanker aus 40 m Tiefe gehoben werden. Es wurden 100 l Luft (Normal-Luft bei 1 bar) eingeblasen, als die Boje mit Anker beginnt zu schweben und aufzusteigen.

FRAGE:

Wie schwer war der Anker unter Wasser und an Land?
Wie weit ragt die Boje, nachdem sie oben angekommen ist, über die Wasseroberfläche?

ANNAHMEN:

Die Dichte von Wasser beträgt 1

Die Dichte von Stahl beträgt 8

Die Dichte von Blei beträgt 11

40 m Tiefe sind 5 bar.

Gewicht Hebeboje, Leinen und Luft werden vernachlässigt.

LÖSUNG:

Auftrieb = Gewicht

100 l/bar : 5 bar = 20 l Volumen

Der Anker hat unter Wasser 20 daN Gewicht

Auftrieb = Gewicht (in Luft) - Gewicht
in Flüssigkeit)

Auftrieb = Volumen x Dichte

Die Dichte von Stahl beträgt 8. Unter Wasser (Dichte 1) verliert Stahl deshalb 1/8 an Auftrieb bzw. Gewicht.

Der Stahlanker wiegt an Land:

20 daN : 7 x 8 = 22.86 daN.



Die Boje wurde in 40 m Tiefe mit 100 l/bar (NL) gefüllt,
das ergab dann ein Volumen von

$$100 \text{ l/b} : 5 \text{ bar} = 20 \text{ l.}$$

Oben angekommen hat die Boje ein Volumen von

$$20 \text{ l} : 1 \text{ bar} \times 5 \text{ bar} = 100 \text{ l.}$$

Gebraucht werden, um den Anker in Schwebelage zu halten, für
 $20 \text{ daN} = 20 \text{ l}$. Von der Boje sind 20 l unter Wasser und 80 l
über Wasser, das heißt, sie ragt zu $\frac{4}{5}$ über das Wasser.



Dalton

DIE TEILDRÜCKE (PARTIAL-DRÜCKE) DES ATEMGASES

Der englische Physiker Dalton (1766 - 1844) definierte als Gesetz:

Der Gesamtdruck eines Gasgemisches setzt sich aus der Summe der Teildrücke der einzelnen, im Gemisch eingehaltenen Gase, zusammen.

oder kürzer formuliert:

Summe aller Teildrücke ergibt Gesamtdruck.

Unsere Atemluft ist ein Gasgemisch und besteht im wesentlichen aus rund 21 % Sauerstoff (O_2) und 79 % Stickstoff (N_2). Diese Zahlen nehmen wir als Berechnungsgrundlage. Wir vernachlässigen die Tatsache, dass beim Stickstoff rund 1 % verschiedene Edelgase (Argon, Neon, Helium, Krypton, Wasserstoff, Xenon) und auch 0.03 % Kohlendioxid (CO_2) mit einberechnet sind. Bei der Ausatemluft hat atmosphärische Luft je nach Temperatur und relativer Luftfeuchte auch noch etwa 2 % Wasserdampf, dafür dann die anderen Gase ($O_2 + N_2$) entsprechend weniger Volumen-Prozente.

In Meereshöhe haben wir bei atmosphärischer Luft:

Teildruck des Sauerstoffes	(21 Vol. %) = 0.21 bar
Teildruck des Stickstoffes	(79 Vol. %) = 0.79 bar
Gesamtdruck der Luft	(100 Vol.%) = 1.00 bar

Formel zur Berechnung des Teildrucks (Partialdruck):

$$\text{Partialdruck } p_i = \frac{\%}{100} p_{\text{gesamt}}$$

Doch nun spielen die prozentualen Volumen-Anteile der Luft atemphysiologisch überhaupt keine Rolle, denn die bleiben in jeder Tiefe gleich.

Nicht so ist es bei den Teildrücken, denn die ändern sich jeweils entsprechend der Tiefe.

DER SAUERSTOFF-TEILDROCK

Zum Beispiel haben wir in 40 m Tiefe einen Sauerstoff-Teildruck von 0.21 bar x 5 bar (1 + 4 = 5 bar) = 1.05 bar.

Das ist dann genauso, wie wenn wir an der Oberfläche reinen Sauerstoff (1.0 bar) atmen. Dies ist jedoch ohne Schädigungen nicht unbegrenzt möglich. Die Grenze liegt hier etwa bei 12 Stunden.

Der VDST nennt in seinen Richtlinien - die zur Zeit neu bearbeitet werden - als kritischen Höchst-Sauerstoff-Teildruck 1.7 bar (1.292 Torr). Dies entspricht bei Pressluft einer Tauchtiefe von 71 m (1.7 bar : 0.21 bar = 8.1 bar). Eine Schädigung tritt aber erst nach etwa 4 - 5 Stunden Pressluftatmung unter diesem Druck ein. Die Gefahr einer Sauerstoff-Vergiftung (Hyperoxie) ist beim Presslufttauchen nahezu unmöglich. Die Korallentaucher im Mittelmeer hatten jedenfalls keine Probleme, als sie kurzfristig für 5 - 10 Minuten unter dem hohen Sauerstoff-Teildruck atmeten, wie er in 100 bis 110 m Tiefe herrscht. Wohl gemerkt: Mit dem Sauerstoff-Teildruck.



Sauerstoff O ₂	Partial- druck bar	bar	Tauchtiefe Meter
21 % von 760 = 160 mm Hg	0,21	1	0
320 mm Hg	0,42	2	10
480 mm Hg	0,63	3	20
640 mm Hg	0,84	4	30
800 mm Hg	1,05	5	40

DER STICKSTOFF-TEILDRUCK

Der Stickstoff (N₂) in unserer Atemluft ist ein sogenanntes Trägergas (Inertgas), das bei der Atmung und Stoffwechselverbrennung selbst direkt nicht gebraucht wird. Beim Mischgastauchen wird der Stickstoff ja auch teilweise oder ganz durch z. B. Helium (He) ersetzt. Doch den Stickstoff-Teildruck macht man (es gibt auch noch andere Thesen) für das Auftreten des Tiefenrausches verantwortlich.

Ab 3,1 bar (ca. 30 m Tiefe) kann er, ab 8,2 bar (ca. 70 m Tiefe) wird er auf jeden Fall unverträglich und kann zum Tiefenrausch führen. An anderer Stelle wird über den Tiefenrausch ausführlicher berichtet werden. Als Höchstwert bei Mischgasen kann man einen Teildruck des N₂ von ca. 4 bar annehmen.

DER KOHLENDIOXID-TEILDRUCK,

stellt uns beim Presslufttauchen vor keine allzu grossen Probleme. Vorausgesetzt, dass unsere Luft beim Füllen nicht durch die Motorabgase eines Kompressors verunreinigt wurde. Der CO₂-Gehalt beträgt in der Luft 0.03 %, kann aber durch ungenügende Ventilation in den Lungenbläschen mehr als 5 % erreichen. In der Ausatemluft haben wir rund 4 % CO₂, das sind 0.04 bar. Der Höchst-Teildruck des Kohlendioxids liegt bei 0.02 bar, dann kommt es zur Kohlendioxidvergiftung. Dieser Wert kann aber nur erreicht werden:

z. B. in geschlossenen Tauchsyste men, in einer Druckkammer und bei Pendelatmung aus der Weste.

R E C H E N A U F G A B E

MIT DEM GESETZ VON DALTON

AUFGABE:

Sie haben ein Luftgemisch mit 60 % O₂ und 40 % N₂.

FRAGE:

Wie tief kann damit getaucht werden, um einen Sauerstoff-Partialdruck von 1.7 bar nicht zu überschreiten?

LÖSUNG:

$$\begin{array}{ll} \text{Partialdruck von O}_2 \text{ (60 \%)} \text{ bei 1 bar} & = 0.60 \text{ bar} \\ 1.7 \text{ bar} : 0.60 \text{ bar} = 2.83 \text{ bar} & = 18.3 \text{ m Tiefe.} \end{array}$$

AUFGABE + FRAGE:

Wieviel % Luft und wieviel % reinen Sauerstoff sind zu mischen, wenn ein Atemgasgemisch hergestellt werden soll mit 30 % O₂ und 70 % N₂?

LÖSUNG:

$$79 \% \text{ N}_2 = 100 \text{ l Luft}$$

$$70 \% \text{ N}_2 = ?$$

$$\frac{70 \times 100}{79} = 88.61 \% \text{ Luft}$$

$$\frac{11.39 \% \text{ O}_2}{100 \% \text{ Gemisch}}$$

$$100 \% \text{ Gemisch}$$



Henry

LÖSLICHKEIT DER GASE IN FLÜSSIGKEIT

Der englische Arzt Sir William Henry stellte schon Anfang des 19. Jahrhunderts fest, dass sich unter Druck Gase in Flüssigkeit auflösen.

Dies hängt im wesentlichen ab von:

- Partialdruck (Druckdifferenz)
- Zeit (Dauer der Druckeinwirkung)
- Temperatur
- Löslichkeit des Gases
- Art der Flüssigkeit
- Oberflächengrösse der Flüssigkeit

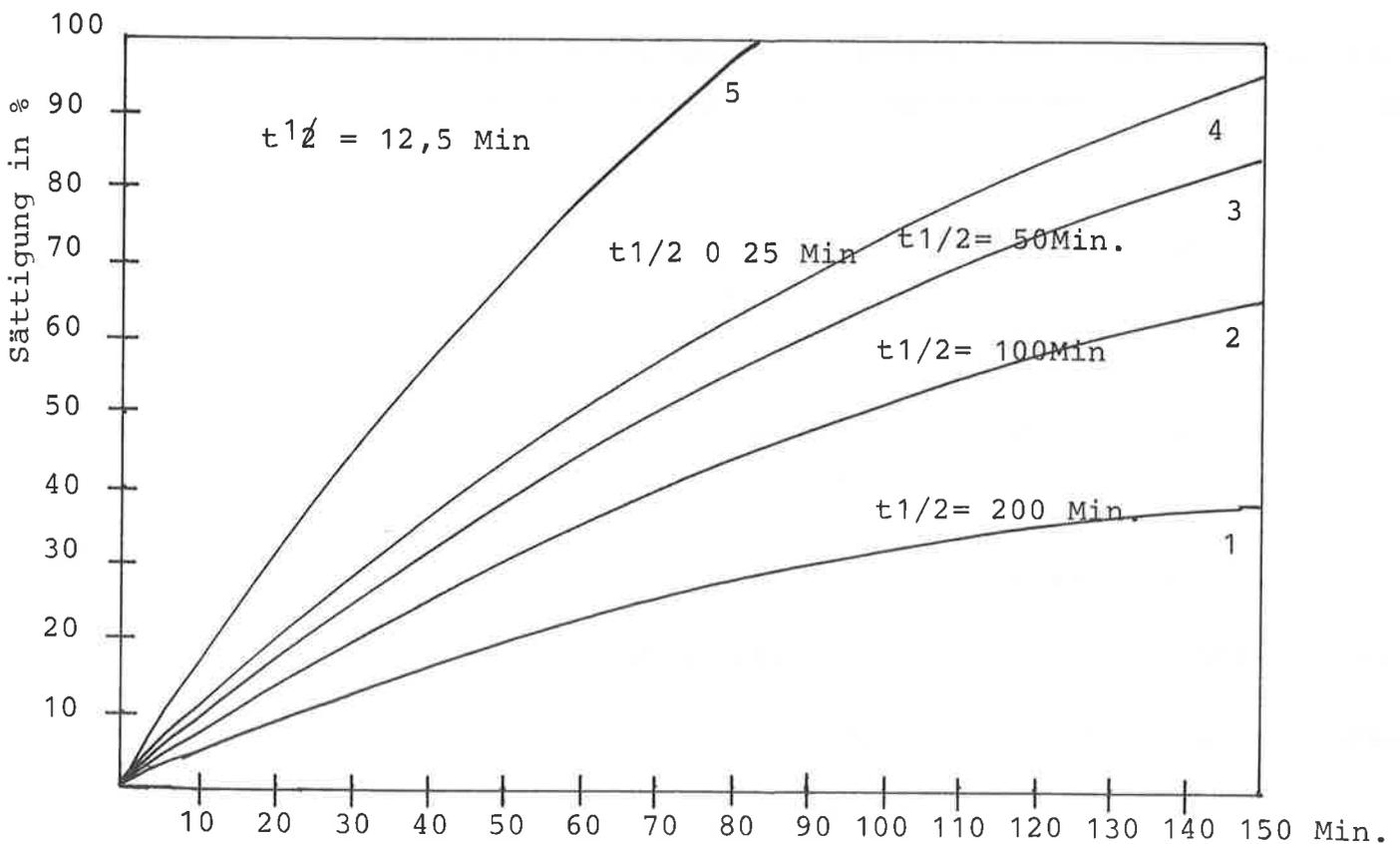
Das Gesetz von Henry ist für die Entstehung der Caisson-Krankheit verantwortlich.

Entsprechend den genannten 6 Faktoren löst sich der Stickstoff aus der Atemluft beim Geräte-Tauchen im Blut bzw. im Gewebe des Körpers. Kann sich nun nach langem Tauchgang in grosser Tiefe der gelöste Stickstoff nicht in den entsprechenden Deko-Stufen über die Lunge wieder in gasförmigem Zustand zurückbilden und abgeatmet werden, dann kommt es zum Ausperlen des Stickstoffes im Blut und in den Geweben. Es entsteht der gleiche Effekt wie beim Öffnen einer Sekt-Flasche.

Wenn Gase mit Flüssigkeiten in Kontakt kommen, in denen sie sich lösen können, so stellt sich nach einiger Zeit ein Gleichgewicht zwischen den gelösten Gasmengen und den Teil- drücken der Gase ein. (Sättigung - Blut, Gewebeflüssigkeit).

Sättigungsvorgang:

Die Halbwertzeit ($t_{1/2}$) ist die Zeit, in der ein bestimmtes Gewebe zur Hälfte mit Gas (in unserem Falle Stickstoff) gesättigt ist.





UW-sehen

Unter Wasser sehen wir mit blossen Auge fast nichts. Das kommt ganz einfach daher, weil unser Auge nicht für das Medium Wasser, sondern für das Medium Luft konstruiert ist. Die Wölbung des Augapfels und die veränderte Lichtberechnung ergeben ein Bild von hochgradiger Weitsichtigkeit und Unschärfe.

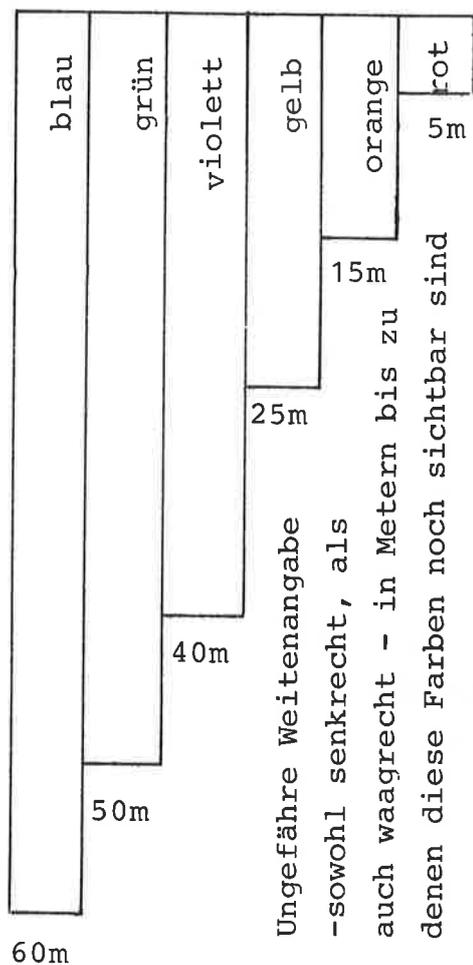
Setzen wir nun eine Tauchermaske auf und vor unserem Auge ist Luft, so verschwinden die Symptome wieder nahezu ganz.

Aber etwas Entscheidendes bleibt. Durch die unterschiedlichen Lichtgeschwindigkeiten, in der Luft rund 300.000 km/s und im Wasser rund 225.000 km/s, wird das Sonnenlicht beim Auftreffen auf die Wasseroberfläche teilweise reflektiert (zurückgeworfen) und der Rest zur Senkrechten des Einfallswinkels hin gebrochen. Deshalb sieht auch ein gerader Stab, den wir in's Wasser stellen, nach oben abgeknickt aus. Durch das Berechnungsverhältnis Luft zu Wasser

$$= 300.000 \text{ km/s} \quad : \quad 225.000 \text{ km/s} \quad = \quad 1.33$$

erscheinen uns alle Gegenstände

ein Drittel grösser und ein Viertel näher



Unter Wasser wird das Licht absorbiert (verschluckt) und zerstreut. Wie stark, hängt von verschiedenen Faktoren ab. So Dichte, Salzgehalt, Temperatur, Anteile von tierischen und pflanzlichen Schwebeteilchen, Verschmutzung und vor allem durch die unterschiedlichen Wellenlängen des Lichts. Deshalb verschwindet das langweilige, rote Licht als erstes und das kurzweilige, blaue Licht als letztes. Wenn wir unsere UW-Lampe anknipsen, sind alle Farben wieder da.

Licht haben wir je nach Wasserbeschaffenheit nur bis 5 m oder bis 500 m Tiefe. Auch bei den Sichtweiten verhält es sich ähnlich. So kann diese nur 1 m oder 50 m, ja sogar noch mehr betragen.



UW-hören

Es könnte nun jemand auf die Idee kommen, da man unter Wasser nicht reden kann, dass man vielleicht auch nichts hört. Man spricht ja auch von der Welt unter Wasser als von der schweigenden Welt. Das kommt aber in erster Linie daher, dass die Tiere da unten kaum Laute von sich geben und die paar Taucher auch keinen grossen Krach machen.

Die Schallgeschwindigkeit ist abhängig von der Dichte eines Mediums und die Dichte von Meerwasser ist wiederum abhängig vom Salzgehalt, der Temperatur und dem Druck.

Die Schallgeschwindigkeit in reinem Wasser beträgt 1440 m/s.
Die Schallgeschwindigkeit in der Luft beträgt 333 m/s.

So, und nun nehmen wir genau das 4.5 fache - weil das so schön zu rechnen ist - und haben nun eine Schallgeschwindigkeit von 1.500 m/s. Dies entspricht Meerwasser mit einem Salzgehalt von 3.5 % (Dichte etwas 1.025 kg/dm^3) und einer Temperatur von etwa 287 K (14 ° C).

Durch die 4.5 fache Schallgeschwindigkeit hören wir unter Wasser gegenüber der Luft

4,5 mal schneller, weiter, aber ohne Richtungsartung

Eine Richtungsartung ist durch die nun verkürzte Zeitdifferenz von Ohr zu Ohr nicht mehr möglich. Wir hören zwar ein Motorboot schon aus grosser Entfernung genau näher kommen, nur aus welcher Richtung, das hören wir nicht.

R E C H E N A U F G A B E

LUFTBERECHNUNG + DEKOZEIT

AUFGABE:

Sie machen an einem Tage den 1. Tauchgang auf 42 m Tiefe, mit 20 min. Den 2. Tauchgang auf 33 m Tiefe auf 15 min. Presslufttauchgerät 2 x 12 Liter, Fülldruck 200 bar. AMV = 25 l/min/bar.

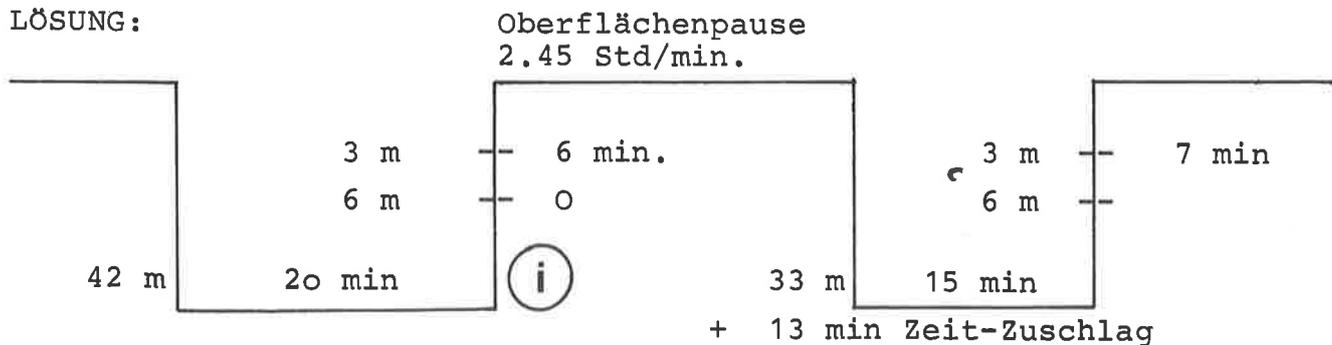
FRAGE:

Welche Zeitspanne muss zwischen den beiden Tauchgängen liegen, damit der Luftvorrat reicht?

ANNAHME:

Als Deko-Tabelle wird nur die US-Navy-Tabelle verwendet. Auf- und Abstieg nicht gesondert. Keine Sicherheitsreserve an Luft.

LÖSUNG:



Gesamtluft	=	2 x 12 l x 200 bar	= 4.800 l
1. Tauchgang		20 min x 25 l/min/bar	
		x 5.2 bar	= 2.600 l
Deko in 3 m		6 min. x 25 l/min/bar	
		x 1.3 bar	<u>= 195 l</u>
1. Tauchgang		Luftverbrauch	= 2.795 l
		Wiederholungsgruppe i	
		Luft für 2. Tauchgang einschl.	
		Deko-Zeit steht zur Verfügung	= 2.005 l

Überströmtechnik

Überströmenlassen zur Füllung von Flaschen:

- I.) Füllen von Fenzy Flaschen
- II.) Füllen aus grossen Vorratsflaschen

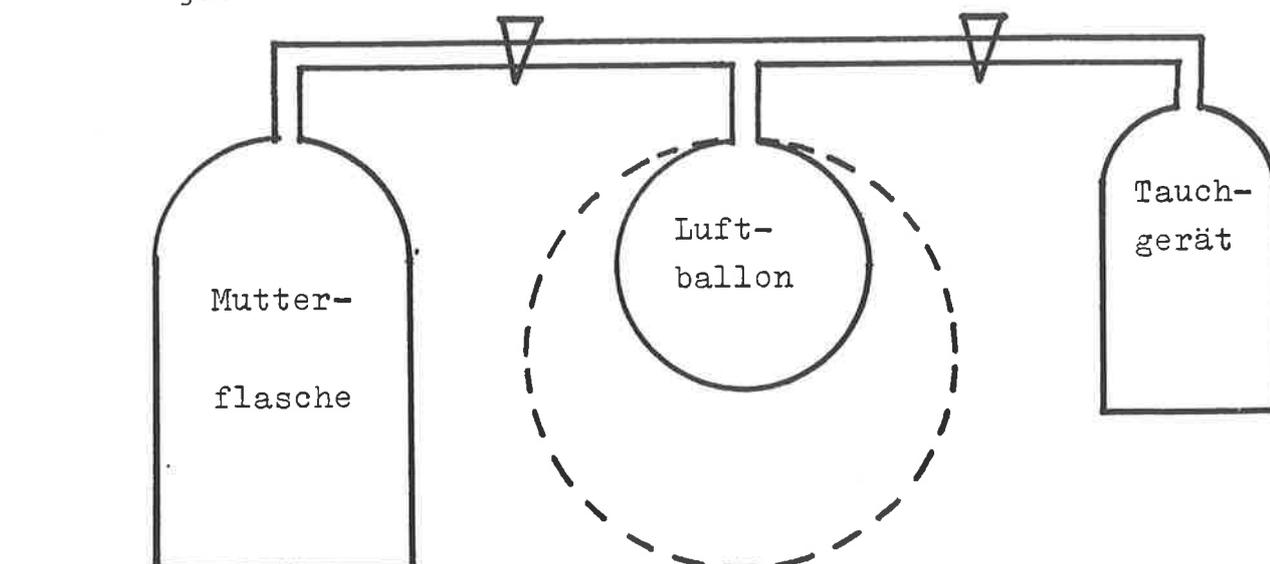
Geht nach der Formel: $P_1 V_1 = P_2 V_2$

Eine Mutterflasche mit 200 bar soll mit ihren 10 l Volumen eine Fenzy Flasche füllen (0,4 l Inhalt).

Berechnung: In der Mutterflasche haben wir $200 \times 10 = 2000$ NL Luft.
Nach Anschluss der Fenzy Flasche haben wir ein neues Flaschenvolumen von $10 + 0,4 \text{ l} = 10,4 \text{ l}$ geteilt durch unsere Menge Atemluft, ergibt den Druck in den beiden Flaschen $2000 \text{ NL} : 10,4 \text{ l} = 192,3 \text{ bar}$.

Oder in der Formel: $P_{\text{ges}} = \frac{P_T V_T}{V_{\text{ges}}}$

wobei: P_T = Druck der Mutterflasche, V_T = Volumen der Mutterflasche
 V_{ges} = neues Gesamtvolumen der beiden Flaschen.





AUFGABE:

Aus einer Pressluftflasche von 7 Liter Inhalt und 200 bar Fülldruck wird nacheinander dreimal eine 1-Liter-Pressluftflasche abgefüllt.

FRAGE:

Wie gross ist dann noch der Druck in der 7-Liter-Pressluftflasche?

LÖSUNG:

$200 \text{ bar} : 8 \text{ l} \times 7 \text{ l} : 8 \text{ l} \times 7 \text{ l} : 8 \text{ l} \times 7 \text{ l} = 134 \text{ bar}$

In der Flasche sind noch 134 bar.

Mathematische Grundlage zum Flaschenfüllen:

(Nur für Formel-Fetischisten)

In der Regel wollen wir nur unsere Flasche füllen und zwar so, dass wir möglichst viel Luft in der Flasche nach dem Überströmen haben;

$$\text{allgemein P Flasche} = \frac{\text{Atemluft Mutter} + \text{Atemluft TG}}{\text{Volumen Mutter} + \text{Volumen Gerät}}$$

$$\text{Atemluft Mutter} = P \text{ Mutter} + V \text{ Mutter}$$

$$\text{Atemluft Gerät} = P \text{ Gerät} + V \text{ Gerät}$$

2. Beispiel

Wir haben 2 Mutterflaschen mit je 70 l Volumen gefüllt mit 70 und 80 bar. In welcher Reihenfolge fülle ich mein Gerät optimal? (10 l Gerät)

I.) Zuerst die 70 dann die 80 bar Flasche:

$$70 \text{ l} \times 70 \text{ bar} = 4900 \text{ NL} : (70 + 10 \text{ l}) = 61,2 \text{ bar}$$

$$70 \text{ l} \times 80 \text{ bar} = 5600 \text{ NL} + 612 \text{ NL} = 6212 \text{ NL} : 80 = 77,6 \text{ bar}$$

II.) Umgekehrte Füllreihenfolge:

$$5600 \text{ NL} : 80 \text{ l} = 70 \text{ bar}$$

Es nützt nichts mehr die zweite Flasche anzuschliessen, da keine Druckdifferenz besteht, mit der gefüllt werden könnten.

Regel: Bei mehreren zur Verfügung stehenden Mutterflaschen wird immer mit der begonnen, die den geringsten Fülldruck aufweist. (Kleinste Druckdifferenz, $P + V = \text{Minimum}$)

Tauchen in Bergseen

Beim Tauchen in Bergseen ist zu beachten, dass mit zunehmender Höhe der Luftdruck (atmosphärischer Druck) abnimmt. Die üblichen Austauschtabellen sind für die Höhe 0 = Meereshöhe berechnet, ebenso die Austauschstufen. Austauschtabellen und Austauschstufen müssen je nach Höhenlage des Bergsees umgerechnet werden.

In Bergseen und auch in anderen Seen ist besonders darauf zu achten, dass die Nullzeit möglichst nicht überschritten wird, da wegen der meist niedrigen Wassertemperatur keine langen Austauschzeiten eingehalten werden können. Um gültige Nullzeiten und Austauschstufen für Bergseen zu erhalten, muss die wirkliche Bergseetiefe in eine f i k t i v e Tiefe umgerechnet werden, d. h. eine Tiefe, die der Höhe 0 entsprechenden würde.

Dafür folgende Formel:

$$\text{I. Tiefe (fikt.)} = \text{Tiefe (wirkl.)} \times \frac{\text{Barometerst. Meereshöhe}}{\text{Barometerst. Bergsee}}$$

Nach der gefundenen neuen Tiefe kann nach den gebräuchlichen Austausch- tabellen ausgetaucht werden. Die einzelnen Austauschstufen müssen jedoch vom fiktiven Wert auf die wirkliche Tiefe nach folgender Formel berechnet werden:

$$\text{II. Tiefe (wirkl.)} = \text{Tiefe (fikt.)} \times \frac{\text{Barometerst. Bergsee}}{\text{Barometerst. Meeresh.}}$$



Folgende Tabelle kann für das Tauchen in Bergseen verwendet werden:

Höhe m	Luftdruck Bar ca.	Tiefe m fiktiv	Austauchstufe		
			3 m	6 m	9 m
0	1,0	1	3	6	9
1000	0,9	1,13	2,7	5,4	8,1
2000	0,8	1,26	2,4	4,8	7,2
3000	0,7	1,44	2,1	4,2	6,3

Rechenbeispiel:

In einem Bergsee in 2000 m Höhe liegt ein Flugzeug in 35 m Tiefe auf Grund. Ich brauche ungefähr 25 min., um den Kompass auszubauen. Welche Austauchzeiten sind einzuhalten und in welchen Tiefen muss ausgetaucht werden?

$$\text{Tiefe fiktiv} = \frac{1,0}{0,8} \times 35 \text{ m} = 43,75 \text{ m} \quad 44 \text{ m}$$

Diese fiktive Tiefe von 44 m wird in der Tabelle nachgeschlagen und ergibt folgende Dekostops:

in 6 m 4 min.
in 3 m 17 min.

Diese fiktiven Dekotiefen müssen nun in wahre Tiefen umgerechnet werden:

$$\begin{aligned} \text{für 6 m : Tiefe} & \quad \frac{0,8}{1,0} \times 6 \text{ m} = 4,8 \text{ m} \\ \text{für 3 m : Tiefe} & \quad \frac{0,8}{1,0} \times 3 \text{ m} = 2,4 \text{ m} \end{aligned}$$



Wird unmittelbar nach einem Tauchgang in einem Bergsee über einen höheren Pass gefahren, so ist beim Tauchgang die Passhöhe als Bergseehöhe anzunehmen.

Fliegen nach Tauchgängen

Beim Fliegen kommt es zur Herabsetzung des Kabinendrucks (0,7 - 0,8 bar), dies entspricht einer Höhe um die 3000 m, daher müssen wir unseren letzten Tauchgang wie einen Bergseetauchgang berechnen.

Mindestpause bis zum Flug nach dem Tauchgang

Man nimmt die Wiederholungsgruppe des letzten Tauchganges, geht damit in die Tabelle der Oberflächenpause. Der Schnittpunkt der Spalte unter dem Flugzeug und der Wiederholungsgruppe ergibt die Mindestoberflächenpause bis zum Flug.



Übungsaufgaben

Berechnen des Luftvorrats

Wieviel l Luft enthält eine 7 l Flasche mit 185 bar Druck?

Flascheninhalt x Druck = Luftmenge

$$7 \times 185 = 1295 \text{ Nl}$$

In einem 14 l - Gerät hat eine Flasche 90 bar und die andere 160 Atm. Druck. Wieviel l Luft enthält das Gerät? Welcher Druck ist auf beiden Flaschen nach dem Überströmen?

$$7 \times 90 = 630 \text{ Nl}$$

$$7 \times 160 = 1120 \text{ Nl}$$

$$\underline{\quad\quad\quad} \\ 1750 \text{ Nl}$$

In 14 l Flascheninhalt befinden sich 1750 l Luft. In einem l Flascheninhalt 1/14.

$$1750 : 14 = 125 \text{ bar}$$

Ein Doppelflaschengerät besteht aus einer 10 l - Flasche, die mit 175 bar gefüllt ist und einer 7 l - Flasche, die mit 190 bar gefüllt ist. Wie gross ist der Luftvorrat? Wie gross ist der mittlere Druck (überströmen)?

$$10 \times 175 = 1750 \text{ Nl}$$

$$7 \times 190 = 1330 \text{ Nl}$$

$$\underline{\quad\quad\quad} \\ 3080 \text{ Nl}$$

$$3080 : 17 = 181 \text{ bar}$$

Berechnen des Luftverbrauches

Ein Taucher verbraucht an der Wasseroberfläche 20 l pro Minute.

Er verbraucht dann:

in 10 m Tiefe $20 \times 2 = 40 \text{ Nl / min}$
 in 20 m Tiefe $20 \times 3 = 60 \text{ Nl / min}$
 in 30 m Tiefe $20 \times 4 = 80 \text{ Nl / min}$
 in 70 m Tiefe $20 \times 8 = 160 \text{ Nl / min}$

Man rechnet immer (Tiefe : 10) + 1 x Luftverbrauch.

z. B. 15 m : 10 = 1,5 + 1 = 2,5 x 20 = 50 l
 6 m : 10 = 0,6 + 1 = 1,6 x 20 = 32 l

Zur Berechnung eines Tauchganges müssen Auf- und Abstieg berücksichtigt werden. Man rechnet für beide zusammen 10 m pro Minute.

Wieviel Luft verbraucht ein Taucher bei einem Aufenthalt von 30 Minuten in 25 M?

(20 l/m an Land)

Berechnung eines Tauchganges

10 ltr.-Gerät, Finimeteranzeige 100 bar.

Wieviel Luft ist noch in der Flasche und wie lange ist die Tauchzeit in 10 m Tiefe? (25 ltr/min an Land)

Inhalt = Druck in der Flasche x Leereinhalte des Gerätes
 = 100 x 10 = 1.000 NL Luft
 =====

Luftverbrauch in der Tauchtiefe = Druck in der Tauchtiefe in bar x
 Luftverbrauch über Wasser = 2 x 25 = 50 NL / min.
 =====

Ein 2 x 7 l - Gerät gefüllt mit 210 bar. Wie lange kann ich mit dem Gerät auf 18 m tauchen, wenn ein zweiter Tauchgang mit 26 Minuten auf 26 m geplant ist? (Verbrauch 20 l/m)

Wieviel Luft braucht ein Taucher in der Minute, wenn sein 10 l Tauchgerät bei 5 Minuten Aufenthalt in 35 m Tiefe von 155 bar auf 100 bar Druck abfällt?

Westenfüllung

Eine 12 l - Weste ist in 40 m Tiefe zur Hälfte gefüllt; in welcher Tiefe nimmt die Luft das ganze Westenvolumen ein?

Durch Sonneneinwirkung hat sich ein Tauchgerät auf 77° C erhitzt. Das Finimeter zeigt 190 bar. Beim folgenden Tauchgang beträgt die Wassertemperatur 7° C. Welchen Druck wird das Finimeter im Wasser anzeigen?

Ein Taucher mit Neoprenanzug und 2 x 10 l - Gerät tariert sich an der Oberfläche mit 9 kg Blei aus. Sein Gerät ist mit 200 bar gefüllt und hat die Masse von 30 kg (Spez. Gewicht Stahl = 7, Blei = 11). Wie ist der Taucher in 40 m Tiefe mit 100 bar in 3 m mit 65 Atm. und in 3 m ohne Luft im Gerät austariert?

Berechnen des Gewichtes der Luft in einem Gerät

Ein 14 l - Gerät ist mit 200 bar gefüllt. Wie schwer ist die Luft im Gerät? (1 l Luft hat die Masse von 1,29 g) $14 \times 200 = 2800 \text{ l} \times 1,29 \text{ gr.} = 3,62 \text{ kg Luft.}$

Berechnen des Auftriebes eines Neoprenanzuges

Wieviel Auftrieb hat ein Neoprenanzug an der Oberfläche, wenn der Taucher mit 6 kg Blei austariert ist. (Spez. Gew. Gummi = 1)? Wieviel Abtrieb hat der Taucher in 30 m Tiefe zu erwarten? Blei hat ein spez. Gewicht von 11.



6 kg Blei haben ein Volumen von 6/11 cdm, d. h. sie sind im Wasser um 6/11 kg leichter. Demnach hat der Anzug einen Auftrieb von

$$6 \text{ daN} - 6/11 \text{ daN} = 5,45 \text{ daN}$$

D. h. im Neoprenanzug sind in Form von kleinsten Bläschen 5,45 l Luft eingeschlossen.

Diese Luft wird beim Abstieg nach dem Gesetz $p \times v = c$ zusammengedrückt.

$$5,45 : 4 = 1,36 \text{ l}$$

$$5,45 - 1,36 = 4,09 \text{ daN Abtrieb.}$$

Der Taucher hat in 30 m Tiefe einen Abtrieb von 4,09 daN.

Berechnen des Gewichtes eines Tauchgerätes im Wasser

Ein 14 l - Gerät wiegt leer an Land 18 kg. Wie schwer ist es im Wasser? (Spez. Gewicht Stahl = 7)

Volumen des Gerätes = 14 l + Volumen Stahl

$$V \frac{G}{S} = 18 : 7 = 2,57 \text{ dm}^3$$

$$\text{Auftrieb} = 14 \text{ l} + 2,57 \text{ l} = 16,57 \text{ daN}$$

$$18 \text{ daN} - 16,57 \text{ daN} = 1,43 \text{ kg}$$

=====

Berechnen der Luft für das Heben mit Hebeboje

Ein 45 kg schwerer Bootsmotor soll mit Hilfe einer Hebeboje aus 45 m Tiefe geborgen werden. Wieviel l Luft werden benötigt? (Spez. Gew. Stahl = 7)

$$V = 45 : 7 = 6,43 \text{ dm}^3$$

Motor

Auftrieb = 6,43 daN

Gewicht des Motors im Wasser = 38,57 kg

Dazu braucht man an der Oberfläche 38,57 l Luft.

In 45 m Tiefe $38,57 \times 5,5 = 210 \text{ l}$

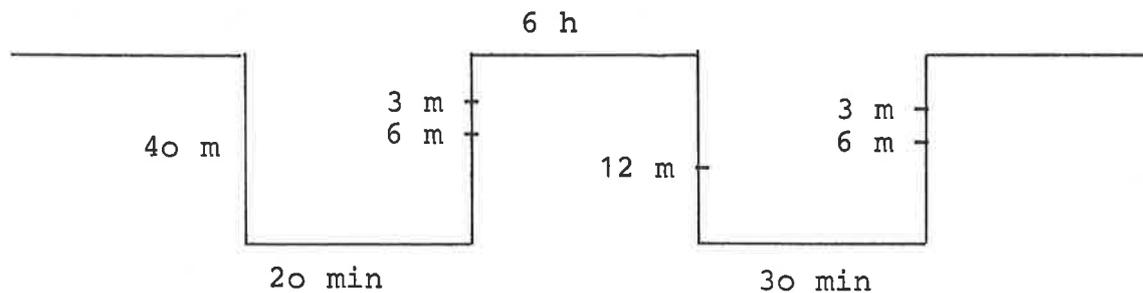
+ 10 % für Gewicht der Boje und der Hebeluft

$$210 \text{ l} + 20 \text{ l} = 230 \text{ l Luft.}$$

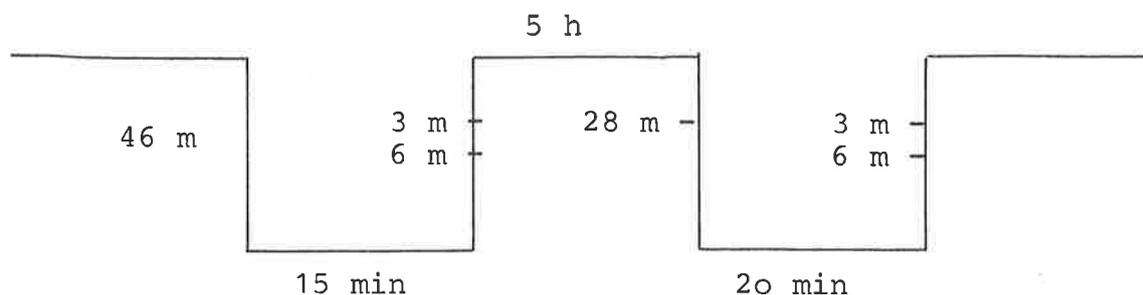
Es werden 230 l Luft benötigt.

ÜBUNGEN ZU WIEDERHÖLUNGSTAUCHGÄNGEN

1. Rechenbeispiel



2. Rechenbeispiel





Tauchmedizin

Die für den Taucher wichtigen Gas- und Druckgesetze sind uns aus der Tauchphysik bekannt.

Wir müssen uns nun mit den Auswirkungen dieser Gesetze sowie unseres Verhaltens unter Wasser auf den menschlichen Körper befassen.

Dabei sollten wir uns darüber im Klaren sein, dass es einige Grundregeln gibt, deren Beachtung uns sehr schöne und ungefährliche Tauchgänge beschermen wird.

Diese Grundregeln sind:

- gesunder, trainierter Körper (alle 2 Jahre ärztl. Untersuchung)
- techn. einwandfreie, gepflegte Ausrüstung
- theoretisches und praktisches Tauchwissen
- Vernunft (tauche nur, wenn Du Dich in Form fühlst)
- fundierte praktische Ausbildung

Für den Einstieg in die Medizin befassen wir uns zuerst mit dem menschlichen Körper (Aufbau und Funktionsweise).

Zellen und Gewebe

Der menschliche Körper besteht wie andere Lebewesen auch aus kleinsten, mit dem Auge nicht mehr sichtbaren Bausteinen, den Zellen. Diese sind nur wenige tausendstel Millimeter gross.

Die wichtigsten Bestandteile der Zelle sind:

- der Zelleib, der aus Eiweisskörpern (Protoplasma) besteht und von einer Zellhaut umgeben ist,
- der Zellkern im Inneren des Zelleibes mit dem Kerngerüst, das die Träger der Erbeigenschaften (Chromosomen) enthält,
- das Zentralkörperchen, das bei der Zellteilung eine bedeutende Rolle spielt.

Die einzelnen Zellen besitzen alle Eigenschaften eines lebenden Organismus. Sie ernähren sich und wachsen. Sie vermehren sich durch Zellteilung, wodurch der Körper wächst, Gewebeverluste ersetzt und Wunden geheilt werden. Ausserdem antworten die Zellen auf Reize, d. h. sie führen bestimmte Tätigkeiten "auf Befehl" aus.

Die Zelle hat einen eigenen Stoffwechsel (Zellstoffwechsel). Sie benutzt die vom Blut zugeführten Nährstoffe zum Aufbau ihrer eigenen Substanz oder als Energiequelle für die Tätigkeit. Dazu benötigt sie Sauerstoff, der ihr ebenfalls mit dem Blut zugeführt wird.

Die chemischen Stoffwechselfvorgänge in den Körperzellen liefern zugleich die Wärmeenergie, die zur Erhaltung der Körpertemperatur benötigt wird. Als Restprodukt des Stoffwechsels bleiben Kohlensäure und Stoffwechselschlacken übrig. Sie werden von der Zelle an das Blut abgegeben und durch die Lungen (Kohlensäure) und die Nieren



(Stoffwechselschlacken) aus dem Körper ausgeschieden.

Der Zellstoffwechsel passt sich der geforderten Leistung an. In der ruhenden Zelle ist er herabgesetzt, bei Zelltätigkeit dagegen verstärkt. Kälte vermindert den Zellstoffwechsel, Wärme steigert ihn (z. B. Stoffwechselsteigerung im Fieber).

Die Lebensdauer vieler Körperzellen ist zeitlich verschieden; viele werden während des Lebens regelmässig ersetzt. Am deutlichsten erkennt man diesen Vorgang an der Haut, von der laufend kleine Hornschüppchen abschilfern.

Die Zelle stirbt, wenn ihr Stoffwechsel zum Erliegen kommt. Dies ist der Fall, sobald sie von der Blutzufuhr abgeschnitten ist und wieder Sauerstoff noch Nährstoffe erhält, oder wenn ihr Gefüge durch mechanische Gewalt oder andere Einflüsse wie Hitze, Kälte, Giftwirkung usw. zerstört wird.

Zellenarten

Das menschliche Leben beginnt mit der Befruchtung der Eizelle durch die Samenzelle. Aus der befruchteten Eizelle entsteht durch fortlaufende Zellteilung ein Zellenstaat, dessen Zellen zunächst noch einheitlich gebaut sind.

Die Eizelle ist mit einem Durchmesser von 0,25 mm die grösste Zelle des menschlichen Körpers.

Mit dem Wachsen des Zellenstaates wird eine Arbeitsteilung zwischen den Zellen notwendig. Deshalb entwickeln sich aus den ursprünglichen einheitlichen Zellen besondere Zellformen, die bestimmte Funktionen im Zellenstaat übernehmen.

Der menschliche Körper setzt sich also aus einer Reihe von Zellenarten zusammen, die sich in Form, Grösse und Tätigkeitsmerkmalen wesentlich voneinander unterscheiden. Die Art der Arbeitsteilung ergibt sich aus der folgenden Aufzählung einiger Zellenarten mit ihren Hauptaufgaben:

- Bindegewebszellen halten den Zellenstaat zusammen,
- Knochen- und Knorpelzellen stützen ihn,
- Deckzellen schützen den Zellenstaat gegen Einflüsse von aussen,
- Muskelzellen dienen der Bewegung,
- Drüsenzellen liefern Absonderungen,
- Blutzellen übernehmen den Sauerstoff- und Nährstofftransport zu allen Zellen und die Abwehr von Krankheitserregern,
- Nervenzellen bilden und übermitteln Reize und regeln die Zusammenarbeit aller Zellen im Zellenstaat untereinander.

Je höher die Zellen für eine bestimmte Aufgabe entwickelt sind, um so mehr verlieren sie die Fähigkeit, sich neu zu bilden. Muskel- und Nervenzellen können überhaupt nicht ersetzt werden.

Gewebe und Organe

Zellen gleicher Bauart und Tätigkeit schliessen sich zu Zellverbänden zusammen und dienen als Gewebe (Knochen-, Knorpel-, Binde-, Muskel-, Fett-, Nervengewebe usw.) dem Aufbau der Organe.

Die Zellen liegen im Zellverband vielfach nicht geschlossen aneinander, sondern bilden zwischen sich feinste Gewebespalten, die mit Gewebsflüssigkeit (Lymphe) ausgefüllt sind. Die Gewebsflüssigkeit wird sichtbar, wenn sie bei nässenden Wunden aus eröffneten Gewebsspalten an der Oberfläche tritt.

Der Aufbau der Organe richtet sich hinsichtlich der Gewebsart nach ihrer Aufgabe. Obwohl Organe oft vorwiegend aus einer bestimmten Gewebsart bestehen, sind doch stets auch andere an ihrem Aufbau beteiligt, besonders Bindegewebe.

Ein Muskel wird z. B. in seiner Hauptmasse aus Muskelgewebe gebildet.



Die einzelnen Muskelfasern sind jedoch durch Bindegewebe in Bündel zusammengefasst. Der ganze Muskel ist ausserdem von einer bindegewebigen Hülle umgeben und läuft an seinen Enden in Sehnen aus, die aus straffem Bindegewebe bestehen. Natürlich enthält der Muskel auch Blutgefässe und Nerven, die sich ihrerseits wieder aus verschiedenen Geweben zusammensetzen. Ähnlich verhält es sich beim Aufbau sämtlicher Organe. Das Bindegewebe hält nicht nur die Organe zusammen, sondern spielt auch bei der Heilung nach Verletzungen eine wichtige Rolle. Sobald hochentwickeltes Organgewebe den Zellverlust nicht mehr ersetzen kann, schliesst Bindegewebe die Lücke, indem es einwächst und eine Narbe bildet.

Oft sind mehrere Organe zur Erfüllung einer bestimmten Aufgabe notwendig. Sie bilden funktionelle Organsysteme, die nach ihrer gemeinsamen Aufgabe bezeichnet und auch in diesem Zusammenhang besprochen werden. Solche Organsysteme sind:

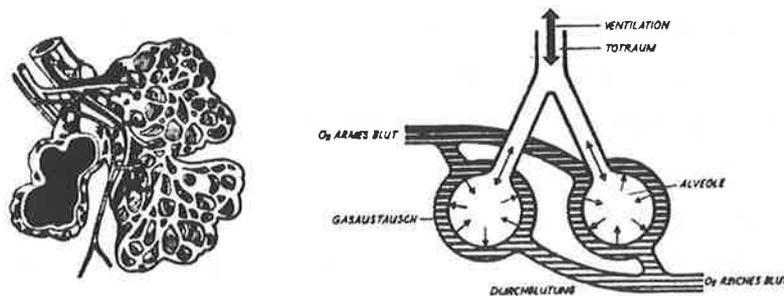
- der Stütz- und Bewegungsapparat mit Knochen, Bändern und Muskeln,
- die Atmungsorgane, die aus den Lungen und den Atemwegen bestehen,
- die Kreislauforgane, die Herz und Blutgefässe umfassen,
- die Verdauungsorgane mit den harnbildenden Nieren und den ableitenden Harnwegen,
- die Geschlechtsorgane,
- das Nervensystem mit Gehirn, Rückenmark und Nerven.

Für uns als Taucher, sind hauptsächlich die Atmungs- und Kreislauforgane wichtig. Wir werden also nur diese beiden im Text behandeln (und kurzer Abriss über Verdauung).

Atmung

Atmungsorgane

Durch die Atmung wird unser Körper mit dem lebenswichtigen Sauerstoff versorgt; gleichzeitig wird bei der Atmung das durch Stoffwechselfvorgänge entstehende Kohlendioxid (CO_2) abgegeben. Der in der Luft enthaltene Sauerstoff (O_2) gelangt durch Nase oder Mund in den Rachenraum, von hier aus über die Luftröhre in die beiden Bronchialhauptäste und damit in die beiden Lungenflügel. In den Lungenflügeln gelangt die Luft durch Verzweigungen der Bronchien schliesslich in die Lungenbläschen oder Alveolen.



Aufbau der Alveolen und Schema des Gasaustausches in den Lungenbläschen.

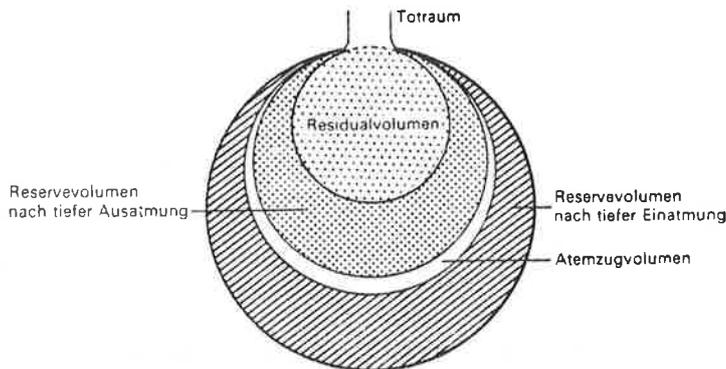
Die Alveolen sind traubenartig angeordnet und von einer äusserst dünnen Haut umgeben. In diese Haut sind feinste Blutgefässe, die Lungenkapillaren, eingebettet. Die Wände der Alveolen sind für Gase leicht durchgängig. Auf dem Weg der Diffusion erfolgt der Sauerstoffeintritt aus der Einatemluft in die Alveolen und weiter über die kapillaren Blutgefässe zum Herzen und in den Körper. Der Gasaustausch erfolgt also immer vom Ort der höheren Konzentration zum Ort der niederen Konzentration. Darauf beruhen Aufnahme des Sauerstoffs und Abgabe des Kohlendioxyds. Der Sauerstoff wird chemisch im Blut gebunden; die anderen in der Atemluft

befindlichen Gase gehen im Körper physikalisch in Lösung. So z. B. der Stickstoff, der die Hauptmasse der Luft bildet (ca. 4/5) und als Füllgas bezeichnet wird. Stickstoff und Edelgase gehen im Körper unter Normalbedingungen keine chemischen Bindungen ein.

Zur Erneuerung der Luft in den Lungen ist ein ständiger Austausch der Luft nötig (Ventilation), der durch rhythmisch wechselnde Ein- und Ausatmung erfolgt. Diese Atembewegung erfolgt durch Zusammenziehen und Entspannungen verschiedener Muskelgruppen und Gewebe. Beteiligt an der Atmung sind der Brustkorb, die Zwischenrippenmuskulatur und die Lungen selbst. Der Brustkorb ist elastisch und kehrt sowohl bei Ein- wie auch Ausatmung immer in seine Ausgangslage (=Atemruhelage) zurück.

Die Einatmung erfolgt durch Hebung des Brustkorbes mittels der Zwischenrippenmuskulatur und Anspannung des Zwerchfelles und der damit verbundenen Zwerchfellabflachung. Es entsteht durch die Volumenvergrößerung ein Unterdruck in der Lunge, der durch Einströmen von Luft ausgeglichen wird. Die Einatmung ist also ein aktiver, von Muskelarbeit abhängiger Vorgang, während die Ausatmung passiv verläuft; die Zwischenrippenmuskulatur erschlafft, der Brustkorb sinkt durch sein Eigengewicht in sich zusammen und geht in seine Ruhelage zurück und das Zwerchfell wölbt sich ebenfalls in seine Ruhelage nach oben zurück. Die damit verbundene Volumenverringering bewirkt ein Ausströmen der Luft über die Atemwege.

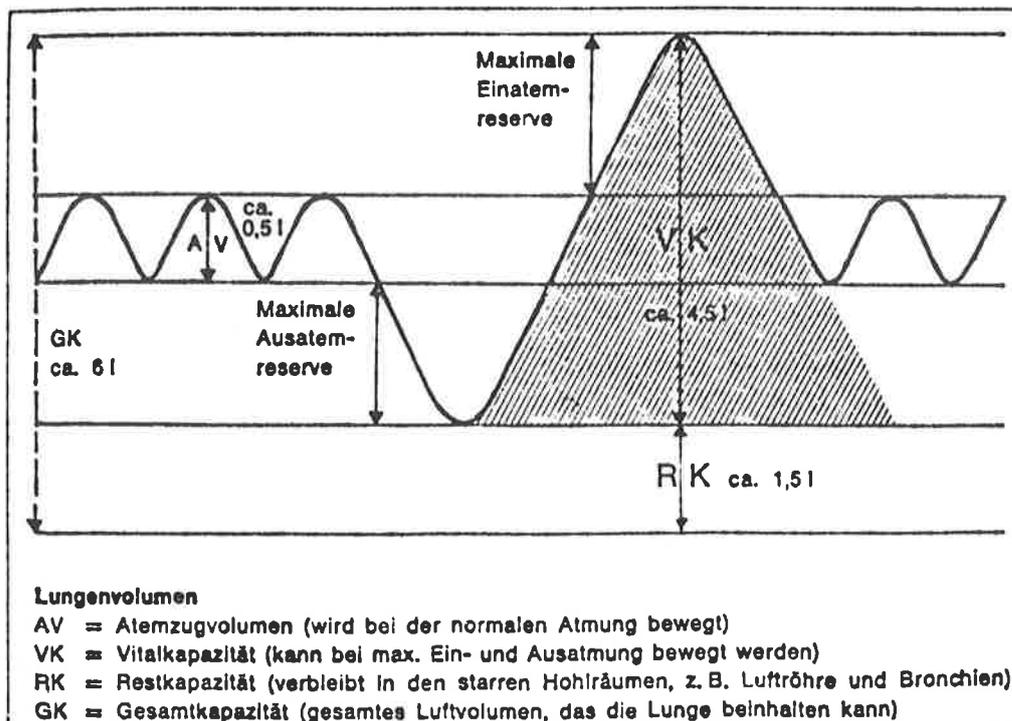
Bei der Ausatmung wirken elastische Fasern der Lunge mit; sie haben das Bestreben, sich zusammenzuziehen. Im Brustraum liegen diese Fasern jedoch immer in gedehntem Zustand vor, da zwischen ihnen und der Brustkorbwandung ein Unterdruck herrscht. Die Lunge ist von einer Haut, dem Lungenfell überzogen, die Brustwand ist vom Brustfell ausgekleidet. Beide sind normalerweise nicht miteinander verwachsen; zwischen ihnen besteht ein Hohlraum (Pleuraspalt), der mit Flüssigkeit gefüllt ist und in dem der oben genannte Unterdruck herrscht. Bei einer Verletzung, die ein Lufteindringen in den Brustkorb von aussen ermöglicht, schrumpft die Lunge durch den elastischen Faserzug bis auf Faustgrösse zusammen = Pneumothorax.



Schema des Verhältnisses der einzelnen Lungenvolumina zueinander.

Bei normaler Atmung wird nur ein Teil der in den Lungen befindlichen Luft erneuert; ein grosser Teil bleibt in den Lungen zurück. Die Luftmenge, die bei einer normalen Ein- und Ausatmung bewegt wird, bezeichnet man als Atemzugvolumen; es beträgt ungefähr 1/2 l. Da wir ca. 15 - 20 mal in der Minute atmen, werden in 1 Minute ungefähr 6 - 10 l Atemluft ventiliert. Die maximal zu bewegende Luftmenge wird als Vitalkapazität bezeichnet. Bei maximaler Ausatmung ist jedoch nicht die gesamte Luft aus den Lungen verschwunden; ein gewisses Restvolumen verbleibt in den starren Hohlräumen wie Luftröhre, Bronchien, Mund-Nasen und Rachenraum (s. hierzu Abb.).

Schematische Darstellung des Lungenvolumens





Die Steuerung des Atemvorganges

Die normale Atemluft enthält ca. 21 % Sauerstoff. Beim Einatmen wird im Körper 4 % Sauerstoff chemisch gebunden und zur Verbrennung weitergeleitet. Bei erhöhtem Sauerstoffverbrauch, also bei körperlichen Belastungen, wird durch eine Beschleunigung und Vertiefung der Atmung der Sauerstoffbedarf befriedigt. Die pro Atemzug gebundene Menge von 4 % Sauerstoff bleibt jedoch konstant. Den Impuls für die Atmungsbewegung erteilt das Atemzentrum, das im verlängerten Rückenmark (Übergang Rückenmark - Gehirn) lokalisiert ist. Das Atemzentrum reagiert auf den Kohlendioxidspiegel im Blut; also auf den Anteil des Abbauproduktes CO_2 . Das CO_2 liegt im Blut in gebundener Form als Kohlensäure vor H_2CO_3 . Bei körperlicher Anstrengung steigt der CO_2 -Spiegel durch die erhöhte Verbrennung; hierdurch wird das Atemzentrum zu verstärkter Impulsgebung für die Atemmuskulatur angeregt und somit ist der erhöhte Sauerstoffbedarf im Körper gedeckt. Bei starker Belastung können bis zu 125 l Luft pro Minute ventiliert werden.

Der Transport des aufgenommenen Sauerstoffes sowie des Kohlendioxides und der gelösten Nährstoffe werden vom Blut übernommen.

Stoffwechsel

Die lebensnotwendigen Aufbaustoffe, das sind Fette, Eiweiss, Kohlenhydrate, Mineralsalze, Vitamine und Wasser werden vom Verdauungssystem aus den Nahrungsmitteln aufgenommen. Der Verdauungstrakt beginnt bei der Mundhöhle. In ihr wird die Nahrung durch Kauen zerkleinert und mit Sekreten der Mundspeicheldrüse durchgesetzt. Der so vorbereitete Speisebrei gelangt über die Speiseröhre in den Magen. Hier wird die Speise weiter aufbereitet und mit Magensäften (z. B. Salzsäure) versetzt. Eine wichtige Rolle spielen hierbei die Bauchspeicheldrüse und die Gallenblase. Der Hauptteil der Nahrungsstoffe gelangt im Dünndarm durch osmotische Vorgänge in das Blut; vom Blut werden die Stoffe zu den Orten des Verbrauchers, den Zellen transportiert. Der Eintritt der Nährstoffe erfolgt dadurch, dass innerhalb der Zellen eine geringere Konzentration an Nahrungsstoffen herrscht und daher die herangeführten Stoffe auf Grund des bestehenden Konzentrationsgefälles in die Zellen gelangen. Im Verdauungssystem wurden die Nahrungsstoffe bereits in kleinere Einheiten zerlegt, hauptsächlich Stärke, Glykogen und Traubenzucker. In den Zellen erfolgen nun der Abbau zu Kohlendioxid (CO_2 und Wasser H_2O) sowie stickstoffhaltigen Stoffwechselprodukten. Bei diesem Abbau wird die in den Nahrungsstoffen gebundene chemische Energie weiterverwertet oder als Wärmeenergie freigesetzt. Die entstehenden Stoffwechselprodukte werden über den Dickdarm unter Wasserentzug bzw. über die Nieren als Harn sowie die Lungen als Kohlendioxid an die Aussenwelt abgegeben.

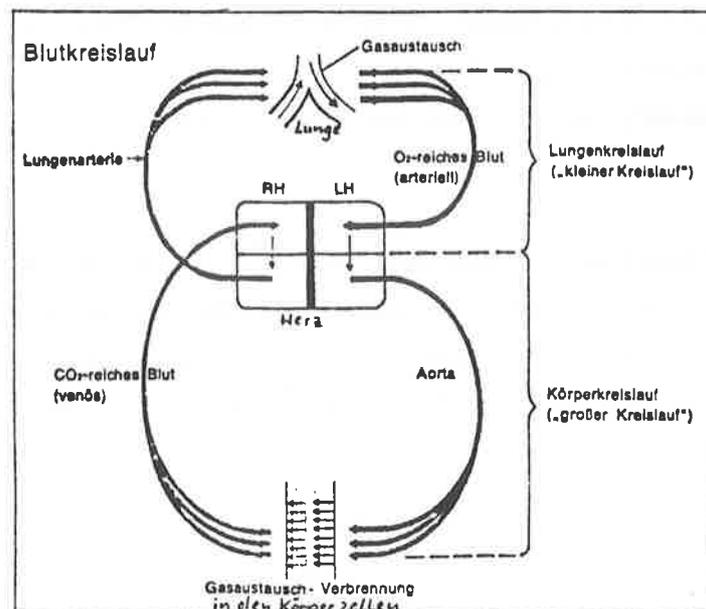
Dieses komplizierte Abbausystem der Nahrungsstoffe, das als Stoffwechsel bezeichnet wird, kann als Verbrennung angesehen werden. Als Brennstoff dient hauptsächlich der Traubenzucker. Der beim Abbau der Kohlenhydrate entstehende Traubenzucker reagiert mit Sauerstoff und setzt so einen Grossteil der chemischen Energie in Bewegungs- und Wärmeenergie um. Wir erkennen diese sogenannte "stille Verbrennung" an der Körpertemperatur, die im Normalfall konstant 37°C beträgt. Der



für die Verbrennung notwendige Sauerstoff wird dem Körper bei der Atmung zugeführt.

Blutkreislauf

Er ist das Transport- und Verteilersystem des Körpers. Für den ständigen Kreislauf des Blutes sorgt das Herz; es bringt als Pumpe die nötige Energie mit, das Blut auch in die entlegenen Körperteile zu transportieren. Es schlägt unter Normalbedingungen ca. 70 bis 75 mal in der Minute und fördert dabei eine Blutmenge von 5 - 6 Liter; bei starker Belastung kann das Herz eine Frequenz von 150 und mehr erreichen und dabei eine vielfach grössere Menge Blut transportieren, (bis zu 30 l/min.). Die Tätigkeit des Herzens ist ein etwa faust-grosser, aus quergestreifter Muskulatur bestehender Hohlkörper, der ein eigenes Nerven- und Gefäßsystem besitzt. Es wird durch eine Scheidewand in eine linke und eine rechte Herzhälfte unterteilt; diese Hälften lassen sich wieder in Vor- und Hauptkammer unterteilen. Die beiden Kammern wirken nach dem Prinzip der Saug- und Druckpumpe. Die Kammern haben ein Herzklappensystem, das für die Fliessrichtung des Blutstromes verantwortlich ist. Das Herz pumpt durch ein weitverzweigtes Gefäßsystem das Blut in den Körper (arterielles Blut) und "saugt" es wieder zum Herzen zurück (venöses Blut).





Der Körperkreislauf des Blutes

Zum leichteren Verständnis wollen wir für den Kreislauf einen Beginn und ein Ende setzen, obwohl das eigentlich nicht möglich ist, da ein Kreislauf ja ein in sich geschlossenes System darstellt. Grundsätzlich werden alle vom Herzen wegführenden Gefäße als Arterien, die zum Herzen hinführenden Gefäße als Venen bezeichnet.

Der Körperkreislauf befördert das sauerstoffreiche Blut in den Körper. Er beginnt in der linken Herzkammer und führt das Blut unter hohem Druck durch die Aorta (Hauptschlagader) und ihre Arterien (Verzweigungen der Hauptschlagader) an die feinen Kapillargefäße, in denen an den Organen und Zellen der Stoffaustausch vollzogen wird. Dabei werden Nährstoffe und Sauerstoff abgegeben und Kohlendioxyd und Abbauprodukte aufgenommen. Das nun mit CO_2 beladene Blut gelangt über die Venen zur rechten Herzvorkammer.

Der Lungenkreislauf

Das sauerstoffarme, mit CO_2 beladene Blut wird von der rechten Herzkammer über die Lungenarterie in die Haargefäße der Lungenbläschen geführt. Hier erfolgt der Gasaustausch auf dem Weg der Diffusion; CO_2 wird abgegeben und O_2 aufgenommen. Von den Lungenbläschen strömt das nun wieder mit Sauerstoff angereicherte Blut über die Lungenvene zurück zur linken Herzvorkammer, um von neuem die Reise durch den Körper zu beginnen.

Die Blutmenge beim Erwachsenen beträgt rund 8 % seines Körpergewichtes; also etwa 5 - 6 l. Das Blut ist aus mehreren Bestandteilen zusammengesetzt. Die Blutflüssigkeit kann von festen Bestandteilen befreit werden, es bleibt als Blutplasma zurück. Wird aus dem Plasma der Gerinnungsstoff Fibrin entfernt, so bleibt das Blutserum zurück. Die festen Bestandteile des Blutes haben verschiedene Aufgaben: die weissen Blutkörperchen (Leukozyten) dienen als "Schutzpolizei" gegen eindringende Krankheitserreger, die Blutplättchen (Thrombozyten) sind ebenso wie das Fibrin an der Gerinnung des Blutes beteiligt. Die roten Blutkörperchen (Erythrozyten) sind am Gasaustausch beteiligt, denn der Farbstoff,



der dem Blut seine charakterische Farbe verleiht, also das Hämoglobin, geht mit dem Sauerstoff sehr schnell eine chemische Bindung ein, die leicht abgespalten werden kann und somit den Sauerstoff an die Zellen abgibt. (siehe Abb. Seite 57)



Barotrauma

Das Wort kommt aus dem Griechischen (Baros = Druck; Trauma Schädigung). Es bedeutet also - Druckschädigungen.

Wenn wir an die Physik zurückdenken - Boyle - Mariott, S. 1.6 können Druckschäden nur bei luftgefüllten Hohlräumen vorkommen. Wir müssen also zuerst feststellen, wo wir solche luftgefüllten Hohlräume haben. Siehe hierzu auch Abb. S. 2.16 und 2.17. Hier unterscheiden wir nach

Schädelhöhlen

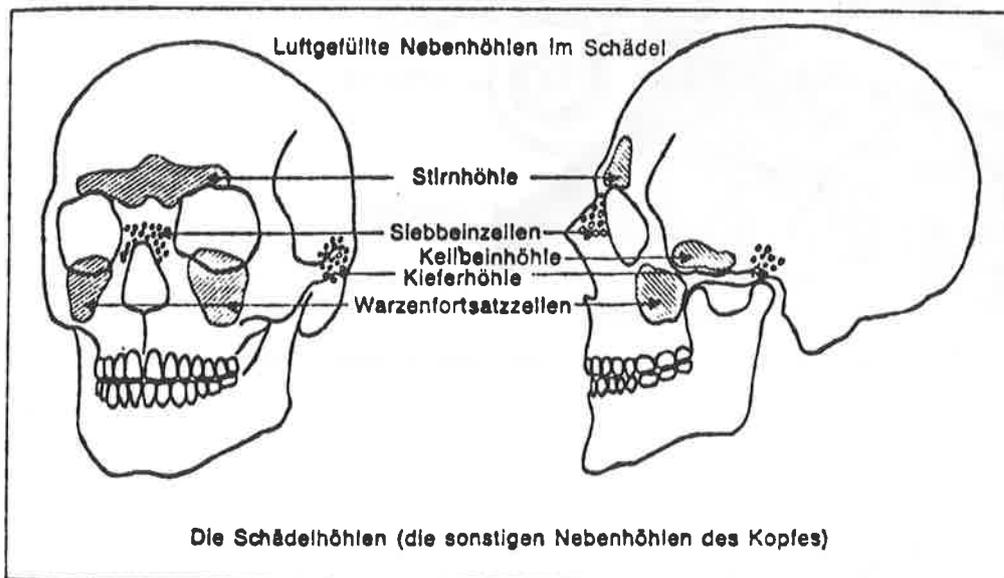
Die Mittelohr- oder Paukenhöhlen sind mit dem Nasen-Rachenraum durch feine Verbindungskanäle, den Tuben oder Eustach'schen Röhren verbunden. Diese Tuben sind normalerweise gegen Nasen-Rachenraum hin verschlossen und werden nur durch Schlucken, Kauen oder den noch zu besprechenden aktiven Druckausgleich geöffnet. Das Mittelohr ist gegen den äusseren Gehörgang durch das Trommelfell luftdicht abgeschlossen. Das Trommelfell ist eine Membran, die von den einfallenden Schallwellen in Schwingungen versetzt wird. Diese Schwingungen werden auf die Mittelohr befindliche Gehörknöchelchen übertragen und weitergeleitet auf die Flüssigkeit, die sich im schneckenförmig gewundenen Gangsystem des Innenohrs befindet.

Die Oberkieferhöhlen sind auf beiden Seiten hinter den Backenknochen eingelagert und haben Verbindungsgänge zu den Nasenhöhlen, die normalerweise immer geöffnet sind. Auch die Stirnhöhlen, die knapp über der Nasenwurzel im Schädel eingebettet sind, stehen mit den Nasenhöhlen durch Gänge in ständiger Verbindung. Gleiches gilt für die Siebbeinhöhlen, die seitlich neben den Nasenhöhlen angelegt sind. Die hinter dem Ohr liegenden Warzenfortsatzzellen sind über das Mittelohr mit dem Nasenrachenraum verbunden.



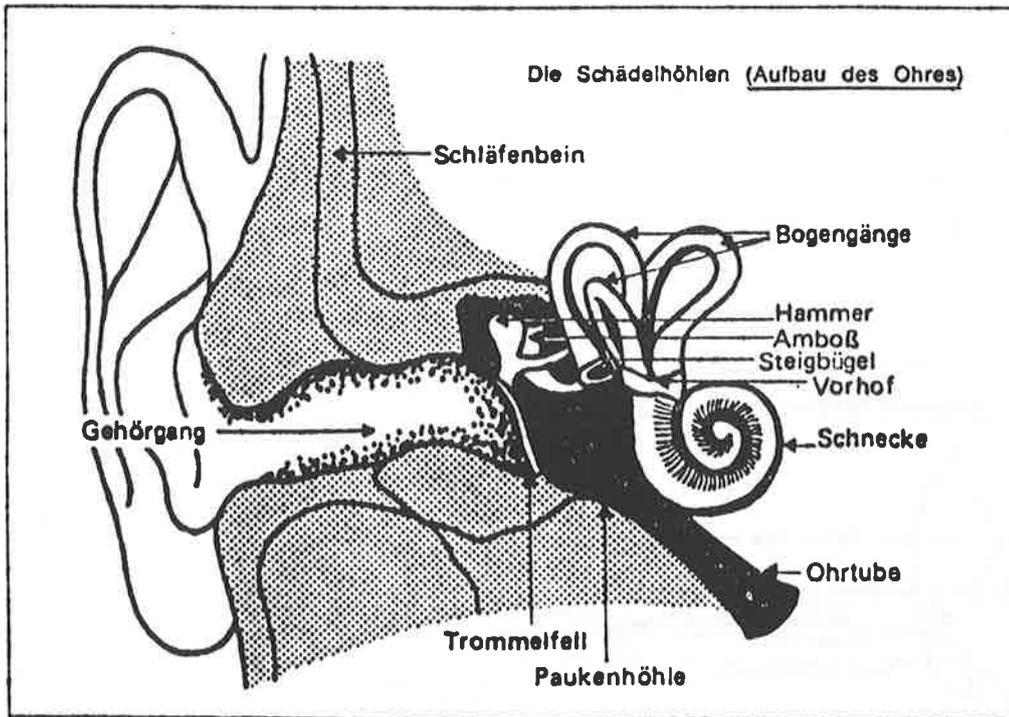
Schliesslich seien noch die Keilbeinhöhlen genannt, die ebenfalls mit dem Nasenrachenraum verbunden sind.

Die Schädelhöhlen sind sehr leicht anfällig für Entzündungen und Infektionen. Es kommt dann meist zu einem Anschwellen der Schleimhäute, welche die Höhlen auskleiden. Dabei werden oft die Verbindungswege zum Nasenrachenraum verschlossen.



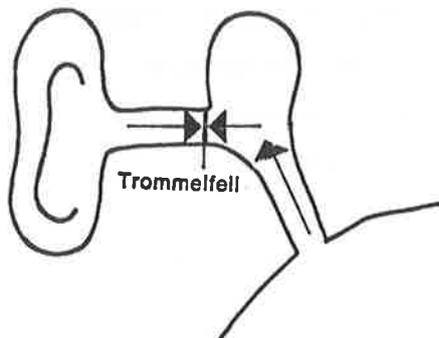
Körperhöhlen

Auch innerhalb des Körpers befinden sich luftgefüllte Hohlräume; an erster Stelle ist hier die Lunge zu nennen, die vom Brustkorb umschlossen ist und daher nur eine geringe räumliche Ausdehnungsmöglichkeit besitzt. Die Luftblasen im Magen und die Gaseinschlüsse im Darm unterliegen beim Tauchen ebenso, wie alle luftgefüllten Hohlräume im Körper, den Druckwirkungen des umgebenden Wassers.



Druckeinwirkung auf das Ohr

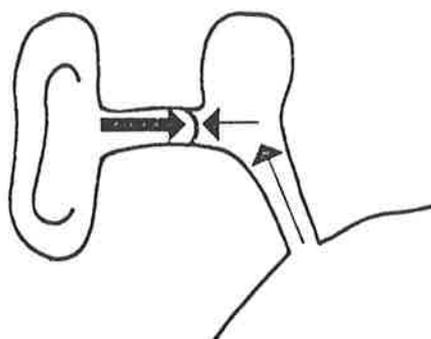
Wie wir wissen, steht das Mittelohr mit dem Nasenrachenraum durch die Eustach'sche Röhre in Verbindung. Das Trommelfell befindet sich unter normalen Druckverhältnissen in Gleichgewichtslage, d. h. es herrschen innen und aussen am Trommelfell gleiche Druckverhältnisse.



Druckverhältnisse an der Oberfläche:
Innen- und Außendruck am Trommelfell sind gleich.

Schädigung des Trommelfelles

Beim Abtauchen wird von aussen auf das Trommelfell ein steigender Druck ausgeübt, der proportional zur zunehmenden Tauchtiefe ansteigt. Dadurch wölbt sich das Trommelfell nach innen und erzeugt durch Druck auf die Gehörknöchelchen einen stechenden Schmerz. Wird das Trommelfell zu stark nach



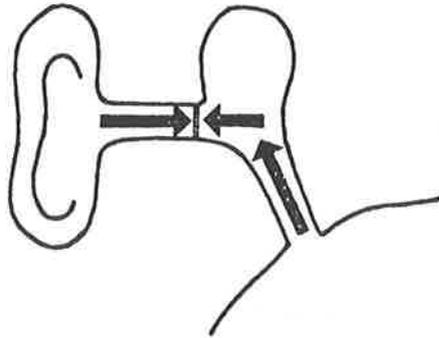
Beim Abtauchen:
Der Überdruck von Außen wölbt das Trommelfell nach innen.

innen gewölbt, so kann es platzen (Perforation), damit lässt das Schmerzempfinden schlagartig nach. Durch das geplatzte Trommelfell kann Wasser in das Mittelohr eindringen und das schneckenartig gewundene Gleichgewichtsorgan empfindlich stören. Der Taucher verliert dadurch seine Orientierungsmöglichkeit; eine Unterscheidung Oben-Unten ist stark herabgesetzt, wenn nicht unmöglich. Als einzig sichere Methode, wieder zur Wasseroberfläche zu gelangen, kann eine Orientierung an den ausgeatmeten Luftblasen erfolgen: Luft ist spezifisch leichter als Wasser und steigt somit immer zur Wasseroberfläche auf. Der Taucher muss auf alle Fälle beim Auftauchen sofort mit dem Finger das betreffende Ohr verschliessen und sich anschliessend zum Arzt begeben.

Der Druckausgleich

Zur Vorbeugung einer Trommelfellschädigung wird der Taucher bestrebt sein, die Druckverhältnisse am Trommelfell so zu regeln, dass das Trommelfell sich immer im Druckgleichgewicht befindet. Das bedeutet,

dass der im Mittelohr befindliche Druck stetig dem zunehmenden Wasserdruck angepasst werden muss.

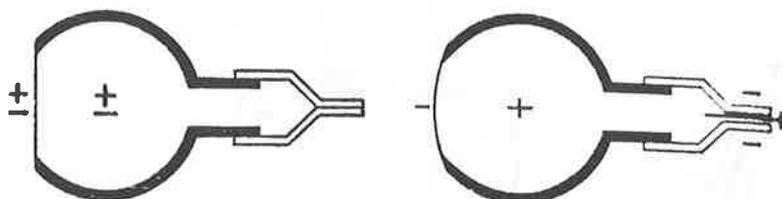


Nach erfolgtem Druckausgleich:
Durch Druckerhöhung von Innen gelangt das
Trommelfell wieder in seine normale Lage.

Der Druckausgleich erfolgt dadurch, dass mit Daumen und Zeigefinger die beiden Nasenflügel durch die Brillenmanschette hindurch ergriffen und zugeedrückt werden. Gleichzeitig wird Luft mit Lungenkraft in den Nasenrachenraum gepresst (ähnlich wie beim Schneuzen).

Der so von innen erzeugte Überdruck strömt durch die Eustach'sche Röhre an die Mittelohrhöhle ab und kann das durch den Aussendruck nach innen gewölbte Trommelfell wieder in seine normale Lager zurückbringen. Unterstützt wird der Druckausgleich durch gleichzeitiges unterdrücktes Gähnen. Der Druckausgleich muss beim jeweiligen Tiefertauchen wiederholt werden; auf alle Fälle spätestens dann, wenn sich leichte Ohrenscherzen einstellen. Grundsätzlich soll der erste Druckausgleich kurz vor dem Beginn des Tauchganges durchgeführt werden, nur so lässt sich feststellen, ob der Druckausgleich überhaupt zustande kommt. (Es muss sich in beiden Ohren ein leichtes Knackgeräusch einstellen) Gelingt der Druckausgleich bereits an der Wasseroberfläche nicht oder nur unvollständig, so muss der Tauchgang unterlassen werden. Es liegt dann nämlich ein Verschluss der Eustach'schen Röhre vor, meist infolge einer katarrhischen

Erkrankung und der damit verbundenen Schleimhautanschwellung. In diesem Zusammenhang muss die Verwendung von schleimhautabschwellenden Präparaten z. B. Privin, Oltriven etc. als bedenklich angesehen werden, da ihre Wirkung oft schon vor Beendigung des Tauchganges soweit nachlässt, dass es zu einem nachträglichen Verschluss der Ohrtube kommt.



Beim Überdruck im Mittelohr öffnen sich die Tubenlippen.

Gelingt der Druckausgleich während des Abtauchens plötzlich nicht mehr, so ist die Ursache dafür meist in einem Verschluss der lippenartigen Wülste am Tubeneingang zu suchen, der nur zu lösen ist, wenn kurz um einige Meter höher getaucht und dort der Druckausgleich durchgeführt wird. Dem weiteren Tauchgang steht dann meist nichts mehr im Wege. Auf keinen Fall darf der Druckausgleich gewaltsam durch übertrieben starkes Pressen herbeigeführt werden, da als Folge u. a. kleinere Blutgefäße platzen könnten. Die Druckverhältnisse beim Auftauchen sind genau umgekehrt, doch regeln sich hier die Druckunterschiede beim Gesunden von selbst ein.

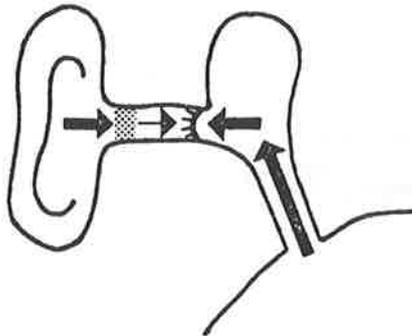
Verwendung von Ohrenstöpseln und Nasenklemmen

Ohrenstöpsel und Nasenklemmen können beim Schwimmen gegen Eindringen von Wasser schützen; beim Tauchen wird ihre Verwendung jedoch Schädigungen nach sich ziehen; sie dürfen daher nicht verwendet werden. Beim Benützen von Ohrenstöpseln entsteht ein hermetischer Verschluss des äusseren Gehörganges. Beim Tauchen kommt es dadurch zu einem realtiven Unterdruck zwischen Trommelfell und Ohrenstöpsel.

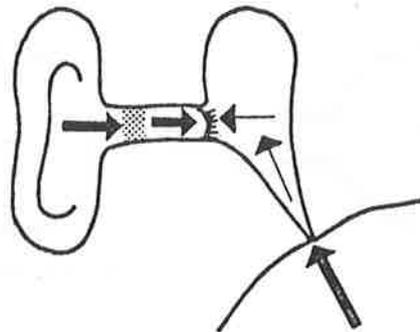


Dabei wölbt sich das Trommelfell nach aussen; es kommt zu lokalen Blutergüssen und schliesslich zum Einreissen des Trommelfelles nach aussen. Wenn die Tube durch Erkältung verschlossen ist.

Verwendung von Ohrenstöpseln Kein Druckausgleich
Abtauchen mit Stöpsel



a
Unterdruck zwischen Stöpsel und Trommelfell führt zum Platzen des Trommelfells nach außen.



b
Unterdruck im Mittelohr führt zum Platzen des Trommelfells nach innen.

So presst sich das Verschlussstück wie ein Stempel auf das Trommelfell und drückt sich schliesslich unter Perforation des Trommelfelles in's Mittelohr.

Bei Verwendung von enganliegenden Kopfhäuben als Kälteschutz soll deshalb darauf geachtet werden, dass sich auf beiden Seiten in Höhe der Ohren kleine Öffnungen befinden, durch die Wasser durch den äusseren Gehörgang bis zum Trommelfell strömen kann, da die Häuben sonst genauso wie Ohrenstöpsel wirken müssen.

Nasenklemmen verschliessen zwar die Nasenlöcher und ermöglichen so einen Druckausgleich ohne Zuhilfenahme der Finger; sie haben jedoch den Nachteil, dass keine Luft durch die Nase in den Brilleninnenraum geblasen werden kann. Es ist jedoch unbedingt erforderlich, bei zunehmender Tauchtiefe, von Zeit zu Zeit Luft durch die Nase in die Brille abzulassen: Beim Abtauchen wird die Brille zunehmend stärker gegen das Gesicht

gepresst. Ursache dafür ist die Kompression der Luft im Brilleninnenraum (entsprechend dem Boyle-Mariott'sche Gesetz). Es entsteht ein Unterdruck, der durch Einströmen von Luft aus der Nase ausgeglichen werden kann.

Bei Verwendung von Nasenklemmen ist das Abströmenlassen von Luft unmöglich; es entsteht ein Barotrauma im Gesichtsbereich: Zerrung der Sehnerven, da die Augäpfel durch den Unterdruck nach vorne gezogen werden; ausserdem Blutergüsse in den Augenlidern, Bindehäuten und der umliegenden Haut. Bei einer Sehnervzerrung ist umgehend der Arzt aufzusuchen.

Ein weiterer Umstand verbietet die Verwendung von Nasenklemmen: Bei eindringendem Wasser in den Brilleninnenraum kann dieses während des Tauchens nur durch kräftiges Lufteinblasen über die Nase aus der Brille entfernt werden.

Es versteht sich, dass eine Erkältung und ein damit verbundener Verschluss der Nasenwege die gleiche Wirkung hat wie Nasenklemmen.

Druckeinwirkungen auf die Schädelnebenhöhlen

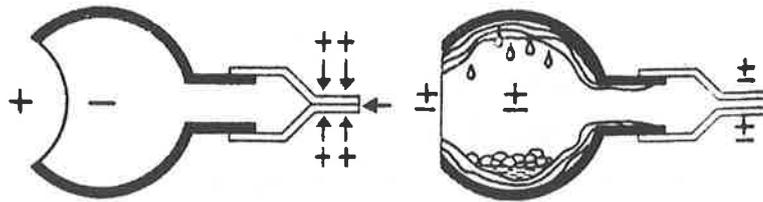
Es handelt sich um die Warzenfortsatzzellen, Stirnhöhlen, Kieferhöhlen, Keilbeinhöhlen und Nasenhöhlen.

Die Ursache ist die gleiche wie beim Ohr, da auch die Nebenhöhlen durch feine Kanäle mit dem Nasen-Rachenraum in Verbindung stehen und die Lufträume beim Abtauchen komprimiert werden. Es muss also ebenfalls ein Druckausgleich vorgenommen werden.

Da die feinen Kanäle zum Nasen-Rachenraum mit Schleimhaut verkleidet sind, können sie bei Schwellungen der Schleimhaut (Erkältung, Entzündung) verschlossen sein. In diesem Fall kann es zu schmerzhaften Schädigungen kommen.

Je nach Lage der Nebenhöhlen kann es zu starken Schmerzen im Kiefer-, Nasen- oder Stirnbereich führen.

Da der Körper versucht, Unter- oder Überdruck auszugleichen, kann es in Fällen von nicht durchgeführtem oder nicht möglichem Druckausgleich auch zum Platzen von Äderchen und Austritt von Gewebeflüssigkeit führen.



Bei Überdruck im Rachenraum werden die Tubenlippen aneinandergepreßt.

Für uns muss dies bedeuten, dass wir während Erkältungen nicht tauchen. Sollte es trotzdem zu einem Nebenhöhlenbarotrauma kommen, ist ein Arztbesuch notwendig. Es könnte evtl. zu Infektionen der Nebenhöhle kommen. Einen Tauchgang, bei dem die Schmerzen in den Nebenhöhlen durch Druckausgleich nicht verschwinden, müssen wir abbrechen. Ausserdem ist bei einer Erkältung der gesamte Körper so geschwächt, dass Folgekrankheiten durch Tauchen entstehen können (Lungenentzündung).

Druckeinwirkung auf schadhafte Zähne und Gaseinschlüsse im Magen, Darmtrakt

Zähne die Füllungen oder Kronen tragen oder an der Wurzel Entzündungen haben, können kleine Hohlräume aufweisen. Diese Hohlräume sind durch kleine Kanäle mit dem Mundraum verbunden.

Hier ist ein Druckausgleich beim Abtauchen und die Druckentlastung beim Auftauchen schwierig. Es kann zu starken Schmerzen und in extremen Fällen, auch zum Heraussprengen von Füllungen oder Kronen kommen. Für uns muss dies also eine gute Zahnpflege und regelmässigen Zahnarztbesuch bedeuten.

Die Gaseinschlüsse im Magen - Darmtrakt - unterliegen ebenfalls den Druckgesetzen. Sie werden beim Abtauchen komprimiert und beim Auftauchen wieder ausgedehnt. Dies führt zu einem Völlegefühl und in

selteneren Fällen auch zu Schmerzen und kapitälen Rülpsen.
(Bedeutet: Erneutes Abtauchen oder Druckkammerbehandlung)

Um dem vorzubeugen, sollte vor dem Tauchen auf vernünftige Ernährung geachtet werden. Keine kohlenstoffhaltigen Getränke (Cola, Sprudel) und keine Speisen wie Linsen, Bohnen, Zwiebeln, Rettich, Gurken usw.)

Druckeinwirkungen auf die Lunge

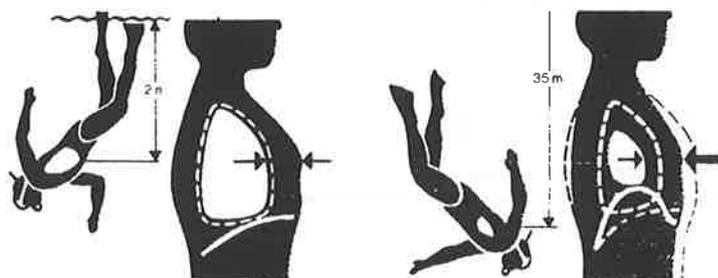
Lungenunterdruck durch verlängerten Schnorchel

Bei der Verwendung eines Schnorchels wird Luft unter normalen atmosphärischen Druck eingeatmet, es herrscht somit in der Lunge beim Schnorchelatmen immer ein Innendruck, der dem äusseren Luftdruck entspricht. Der umgebende Wasserdruck ist jedoch höher als der Luftdruck; es kommt zu einer Druckdifferenz zwischen Wasserdruck und Lungeninnendruck. Damit kein zu grosser und damit lebensgefährlicher Lungenunterdruck auftreten kann, darf ein Schnorchel höchstens 38 cm lang sein. Eine Verlängerung des Schnorchels über dieses Mass hinaus hätte lebensgefährliche Folgen.

Durch den zunehmenden Aussendruck wird der relative Unterdruck in der Lunge immer grösser. Dadurch sammelt sich in der Lunge vermehrt Blut an und tritt teilweise aus, um den Unterdruck auszugleichen. Gleichzeitig kommt es zu einer Behinderung der Atmung. Durch den Unterdruck erweitern sich die Blutgefässe innerhalb des Lungenraumes und bewirken einen Blutrückstau. Die zwischen den Lungen gelegenen Teile des Herzens und der Aorta erfahren ebenfalls eine Dehnung. Die so erweiterten Teile des Herzens müssen in die gestaute Lunge und die Aorta, die sich ausserhalb des Brustkorbes verengt, mit hohem Druck Blut hineinpumpen. Das führt bereits nach kürzester Zeit zu einer akuten Überdehnung des Herzmuskels und zu sofortigem Tod.

Bei einem angenommenen Gesamtvolumen der Lunge von 6 l und einer Restkapazität von 1,5 l wäre die Grenze bei 30 m erreicht.

(30 m = 4 bar; $6 \text{ l} : 4 \text{ bar} = 1,5 \text{ l}$). Die 30 m - Grenze ergibt sich dadurch, dass das Restvolumen ca. $1/5 - 1/4$ des Gesamtvolumens ist.



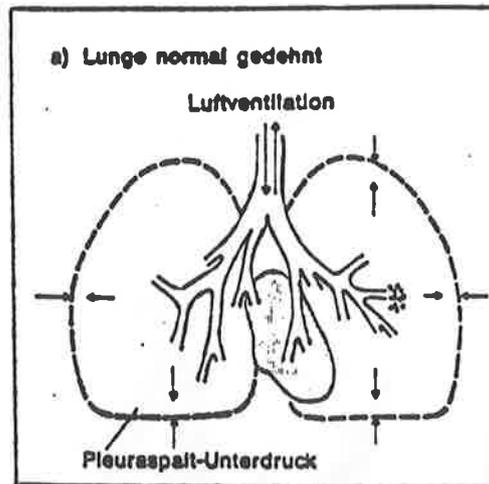
Wenn wir diese Grenze überschreiten, passiert dasselbe wie bei verlängertem Schnorchel.

Berücksichtigen müssen wir noch, dass wir durch Luftabgabe in die Brille (Druckausgleich) unsere Gesamtkapazität verringern und im allg. auch nicht maximal eingeatmet tauchen. Die Grenze ist also bereits früher erreicht.

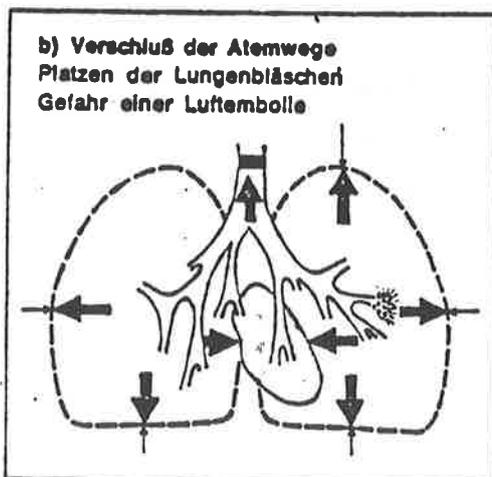
Die Weltrekordtaucher können wir in diesem Fall nicht zum Vergleich nehmen (Training, grösseres Volumen).

Lungenüberdruck

Beim Gerätetauchen atmen wir die Luft mit dem jeweiligen Umgebungsdruck. Dies bedeutet, dass wir beim Auftauchen, den in der Lunge herrschenden Druck, dem abnehmenden Wasserdruck anpassen - also ausatmen - müssen.



Wird dies nicht gemacht, z.B. Panik, Stimmritzenkrampf kommt es zum Überdruck. Eine Lungenüberblähung bis zum Lugenriss ist die Folge.



Ursache:

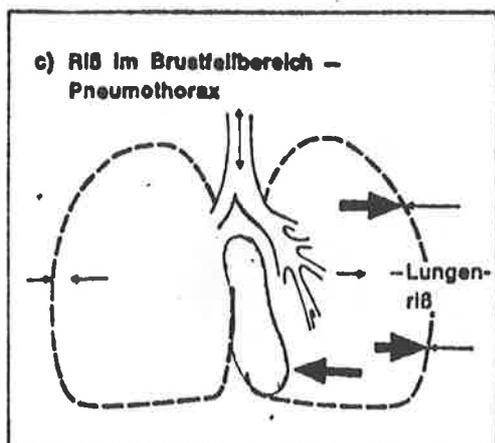
Panikartiges Luftanhalten
erzeugt durch das vegetative
Nervensystem ausgelöst den
Stimmritzenkrampf

Wirkung:

Schädigung Lunge
Übertritt von Luft in den
Kreislauf

Bereits bei einem geringen Überdruck (0,5 - 1,5 m Tauchtiefe = Hallenbad) kommt es durch Luftanhalten zu einer Überdehnung der Lungenbläschen. Das kann Kreislaufstörungen und Schwindelanfälle bewirken. Bei grösseren Tiefen kommt es zum Platzen der Lungenbläschen - der Lungenriss (einer der häufigsten und gefährlichsten Tauchunfälle). Platzen die Bläschen im Bereich des Brustfelles (äussere Hälfte der Lunge), so tritt Luft zwischen Rippenfell und Brustfell. Es entsteht ein Pneumothorax. Der betroffene Lungenflügel schrumpft auf Faustgrösse zusammen.

schrumpft auf Faustgrösse zusammen.



1. Platzen der Bläschen an der Außenhaut der Lunge
2. Luft zwischen Lungen- und Rippenfell
3. Lungenflügel schrumpft

Es kommt dabei zu akuter Atemnot, stechenden Schmerzen und Herzversagen. Hier ist schnellstens ärztliche Hilfe und Transport Druckkammer die einzige Rettung.

Als Begleiterscheinung kann es auch zur Luftembolie kommen. Es können auch Blutgefäße einreißen, so dass Luft in ungelöster Form in den Kreislauf gelangt.

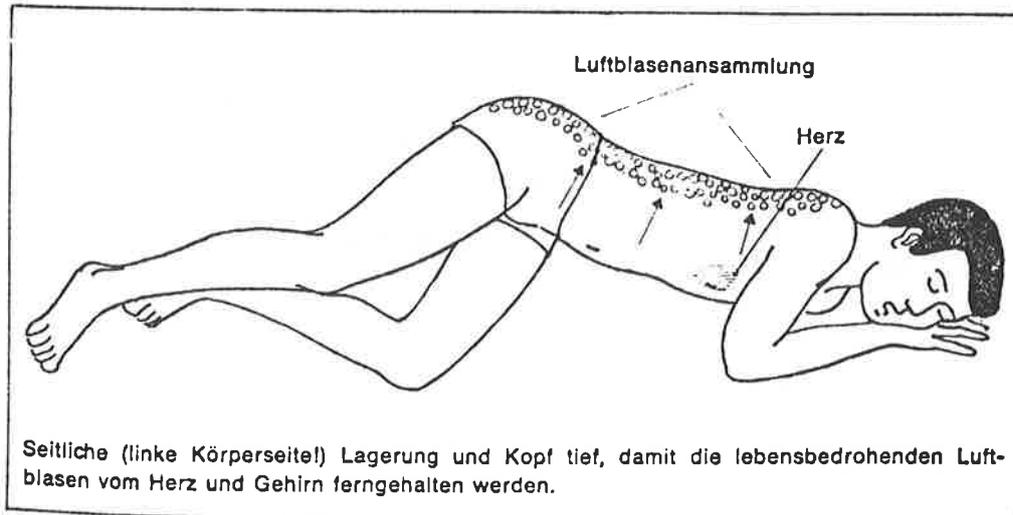
Dies kann zum Herzversagen oder zu Gehirnlähmungen führen.

Erste-Hilfe bei Lungenriss: Arzt, Druckkammer. Um zu verhindern, dass Luftblasen ins Gehirn oder zum Herzen gelangen, muss der Verletzte auf die linke Seite gelegt und der Kopf tief gelagert werden.

Bei Atemstillstand ist sofort Mund zu Nase Beatmung durchzuführen



Lagerung des Verletzten bei Lungenriss und Luftembolie



Beachte: Der Lungenüberdruck entsteht schmerzlos. Er wird erst bemerkt, wenn schon Schäden eingetreten sind. Dies heisst für uns: Beim Auftauchen nie Luft anhalten.

Tiefenrausch

Das Erscheinungsbild des Tiefenrausches

Er kann von 30 m an auftreten und zeigt sich ab 70 m praktisch bei jedem Presslufttaucher.

Es treten, wie im Alkoholrausch Euphorie, ein Gefühl der Selbstsicherheit und gesteigerten Leistungsfähigkeit auf. Dazu kommen Sehstörungen, Denkstörungen, (einfache Multiplikationen werden zum Problem) und herabgesetzte Konzentrations- und Kritikfähigkeit.

Metallischer Geschmack, Ohrensausen, Röhrensehen, Benommenheit und schliesslich Bewusstlosigkeit sind weitere Symptome.

Alle Erscheinungen verschwinden beim Nachlassen des Druckes.

Durch eine gewisse Erfahrung lassen sich die Tiefenrauschsymptome richtig einschätzen und es ist eine Gewöhnung möglich. Die "Verträglichkeit" schwankt jedoch und ist vom jeweiligen körperlichen Zustand abhängig. Angst, Unsicherheit, Alkoholgenuss und trübes oder kaltes Wasser, begünstigen das Auftreten des Tiefenrausches.

Für den Begleiter ist er an langsamen Reaktionen, hilflosem herumfingern und an ungeschickten Bewegungen zu erkennen. Es muss sofort in eine geringere Tiefe aufgestiegen werden.

Die Ursachen des Tiefenrausches

Sektionen von Verunglückten ergaben bisher noch keine Anhaltspunkte. Zwischen 1925 und 30, wurde er in England das erste Mal beobachtet. Man nahm an, er würde nur bei labilen Personen auftreten.

1935 stellte Behnke die Theorie von der Stickstoffnarkose auf. Es wurde angenommen, dass sich Stickstoff, wegen seiner



Fettlöslichkeit wie Äther, Chloroform usw. in den lipoidhaltigen Gehirnzellen anhäufen könnten. Wenn Stickstoff durch Helium ersetzt wurde, kam es nicht zum Tiefenrausch.

Eine andere Hypothese von J. W. Bean, A. Bühlmann und J. Seusing besagt:

Durch Druckerhöhung geht die laminare Luftströmung in den Atemwegen in eine turbulente über. Die Atemarbeit wird erschwert und das Minutenvolumen bleibt unter dem Sollwert. Es kommt zur Anreicherung von Kohlensäure im Blut.

Wenn man berücksichtigt, dass bei einem Aufenthalt von einer Stunde in 30 m mehr Stickstoff in den Körper übergeht als bei 5 Minuten in 100 m, dass es bei 30 m praktisch nie, bei 100 m aber immer zum Tiefenrausch kommt, so spricht das sehr für die CO_2 -Theorie. P. Cabarrou zeigte bei Druckkammerversuchen entsprechend 90 m Wassertiefe, dass der CO_2 -Druck zwar auf 7 bis 8 % anstieg, dass er aber nach 6 - 8 Minuten wieder auf den Normalwert von 5 - 6 % zurückging, wenn die Versuchsperson von Anfang an richtig atmet. Für die CO_2 -Theorie spricht weiter, dass es bei erhöhtem Druck der CO_2 -Rücktransport erschwert ist, weil der hohe Sauerstoffteil- druck die Bindungsfähigkeit der roten Blutkörperchen für Kohlensäure herabsetzt. Ausserdem kann der hohe Druck den Pulsschlag verlangsamen. Es liess sich bisher noch nicht beweisen, dass CO_2 allein für den Tiefenrausch verantwortlich ist. Ein Gewöhnen an einen höheren CO_2 -Druck ist möglich.

Der Stickstoff (N_2)

Beim Stickstoff handelt es sich um ein Inertgas. Inertgase sind Gase, die keine chemischen Verbindungen im Körper eingehen. Da es sich bei CO_2 nicht nachweisen lässt, hält man eine Zusammenwirkung von CO_2 und N_2 für möglich. Es wären also beide Gase für das Auftreten des Tiefenrausches verantwortlich. Zu den Inertgasen gehören ausser N_2 noch Helium (He) Argon und Krypton und Xenon.

Diese neutralen Gase haben alle eine mehr oder weniger starke narkotische Wirkung, wenn sie unter erhöhtem Druck eingeatmet werden (Inertgasnarkose).

Bei Argon - Sauerstoffgemisch von 30 m an, bei Xenon an der Oberfläche, bei He erst in sehr grossen Tiefen (über 200 m) und bei Wasserstoff bis zu 160 m ohne Störungen.

Für die Nebenwirkungen der Inertgase ist ihre Fettlöslichkeit verantwortlich. Sie steigt parallel mit der Viskosität und dem Molekulargewicht. Die Viskosität beeinflusst den Strömungswiderstand bei der Atmung, die Fettlöslichkeit die narkotische Wirkung. He und H₂ sind gering fettlöslich. H₂ mit 4 % O₂ ist explosiv (Knallgas). He hat einen geringen Atemwiderstand und leitet den Schall schneller (Micky Maus Effekt). Auch Wärme wird schneller geleitet. Argon, Krypton und Xenon können wegen ihrer narkotischen Wirkung nicht als Stickstoffersatz verwendet werden.

Alle Gase für die der Körper eine Verwendung hat, führen bei der Dekompression zur Gasblasenbildung. O₂ wird oberhalb des Partialdruckes 1292 mmHg giftig. Für die verschiedenen Tiefen gibt es komplizierte Mischgasgeräte, die für den Sporttaucher, auch wegen des hohen Aufwandes, nicht in Frage kommen.

Das Kohlenmonoxyd (CO)

Bei falscher Handhabung von Kompressoren mit Verbrennungsmotor kann CO mit der angesaugten Luft in die Flaschen kommen. Es ist so giftig, weil es eine 200 x grössere Affinität zum Hämoglobin hat als O₂. Es blockiert also die Sauerstoffträger im Blut und führt zu Sauerstoffmangel.

Bei 20 % Kohlenoxydhämoglobin (COHb) treten deutliche Vergiftungsercheinungen auf, 65 % sind tödlich. Unter erhöhtem Druck nimmt die Giftigkeit des CO ab. Bei 2 bis 3 bar Druck ist CO weitgehend ungiftig. Man sollte sich aber nicht auf die Ungiftigkeit des CO in grösseren Tiefen verlassen.



Das Vergiftungsbild bei CO

Kopfschmerzen, Ohrensausen, Zustand der Berauschtigkeit, verminderte Urteilsfähigkeit und Entschlusskraft. Bei weiterer Einwirkung oberflächlicher Atmung, hellrote Gesichtsfarbe, Bewusstseinsverlust mit tetanischen Krämpfen. An der Frischluft wird das CO schnell wieder ausgeschieden, bei Sauerstoffatmung mit 5 % CO₂ 5 x so schnell.

Sauerstoffvergiftung

Sauerstoff wirkt toxisch (giftig), wenn er unter einem bestimmten Überdruck eingeatmet wird. Die Grenze liegt bei einem Sauerstoffteildruck von ca. 1,7 bar und wirkt erst nach längerer Einwirkzeit. Diese Grenze war bei Geräten, die mit 100 % Sauerstoff arbeiteten (Kreislaufgerät) bei ca. 7 m Tiefe erreicht.

Auch beim Tauchen mit Pressluftgeräten kommt es zu O₂ - Vergiftungen, wenn gewisse Tauchtiefen überschritten werden.

Der Anteil des Sauerstoffes an der Luft ist ca. 21 %. Dies entspricht einem Partialdruck von 0,21 bar. Bei einem Druck von 8,4 bar ist also der Partialdruck des Sauerstoffes von 1,7 bar erreicht. (1,7 : 0,21 = 8,10 = 71 m)

Kohlendioxidvergiftung

Auch sie trat vor allem bei den Kreislaufgeräten auf, wenn das bei der Verbrennung freiwerdende und abgeatmete Kohlendioxid nicht restlos durch filterartige Kalkpatronen abgebaut wurde. Obwohl die Kreislaufgeräte für uns heute keine Bedeutung mehr haben, müssen wir der Kohlendioxidvergiftung dennoch Beachtung schenken.

Die Lungenautomaten, die den Ein- und Ausatemluftstrom über einen Atemschlauch regeln, haben einen gewissen Totraum (Luft, die in dem Schlauch verbleibt), in dem sich bei längerem Atem Kohlendioxid ansammelt. Dieses Kohlendioxid wird immer wieder mit eingeatmet und führt zu Vergiftungserscheinungen, die umso stärker werden, je tiefer getaucht wird, da damit ja auch der CO₂-Teildruck der Totraumluft

ansteigt. (Bereits geringer CO_2 -Anstieg bewirkt Vergiftungserscheinungen) Diese Automaten dürfen deshalb beim Tauchen in grösseren Tiefen (über 15 m) nicht mehr verwendet werden.

Eine Kohlendioxydvergiftung kann auch beim Schnorchelatmen auftreten, wenn der Taucher nur flach ein- und ausatmet und so immer wieder das CO_2 in die Lungen bekommt, vor allem bei Verwendung von Schnorcheln, die in die Brille eingearbeitet sind, weil dadurch ein relativ grosser Totraum vorhanden ist. (Totraum = Luftvolumen, das nicht am Gasaustausch teilnimmt).

Zusammenfassung der Gaseinwirkungen unter erhöhtem Druck

Für den Endzustand der Vergiftungserscheinungen ergibt sich eine Symptomatik, die sich oft nicht klar unterscheiden lässt.

O_2 -Vergiftung beginnt mit Muskelzucken um den Mund und endet im allgemeinen Krampfstadium. Vor dem Anfall oberflächliche und rasche Atmung, langs. Puls, Sauerstoffmangel, zeigt sich nicht so deutlich. Zunahme des Atemvolumen und Euphorie können Anzeichen sein. Tritt Bewusstlosigkeit auf, begleitet von unkoordinierten, leicht zuckenden Bewegungen, muss der Begleiter evtl. mit seinem Mundstück Luft zuführen.

Tiefenrausch erkennt man mit Sicherheit daran, dass seine Symptome beim Höhersteigen verschwinden.



Caisson

Vom Henry'schen Gesetz her wissen wir, dass sich Gase in Flüssigkeit lösen.

Bei Normaldruck im menschlichen Körper etwa 1 % N_2 Stickstoff im Blut und in wässrigen Geweben und etwa 5 % im Fettgewebe gelöst.

Zwischen allen Geweben herrscht normalerweise ein Gleichgewicht, d.h. alle Gewebe sind gesättigt. Sobald der Gesamtdruck und damit der N_2 -Druck steigt, kann mehr N_2 aufgenommen werden. Bei einer Steigerung um 4 bar 4 x soviel, bis er erneut zu einer Sättigung kommt. Neben der Löslichkeit ist die Zeit wichtig, die das N_2 braucht, um die einzelnen Gewebe zu erreichen. Der einzige Weg ist der Blutkreislauf. Die Sättigungszeit der verschiedenen Gewebe ist unterschiedlich. Sie hängt im wesentlichen davon ab, von welcher Menge Blut das Gewebe durchströmt wird. Je mehr Kapillaren, um so schneller die Sättigung.

Es gibt schnelle und langsame Gewebe. Die Menge des gelösten N_2 hängt von der Löslichkeit bzw. dem Fettgehalt des Gewebes ab.

Der Körper enthält durchschnittlich 15 % Fett. Das Knochenmark 90 %, die Rückenmarksubstanz 27 %. Hier hat mehr Stickstoff Platz als in wässrigen Geweben. Da diese Gewebe schlecht kapilarisiert sind, dauert ihre Sättigung sehr lange. Im Körper herrscht an der Wasseroberfläche ein N_2 -Druck von 0,8 bar. Dieser Druck steigt beim Abtauchen in der Lunge schneller als in den Geweben. In 30 m Tiefe herrscht in der Lunge ein N_2 -Teildruck von 3,2 bar, das entspricht einer Druckdifferenz von 2,4 bar mit der N_2 ins arterielle Blut drückt. Der Lösungsprozess geht zunächst schnell und dann immer langsamer vor sich. Bis zur vollständigen Sättigung vergehen bis 12 Stunden. Schnelle Gewebe sind schon nach wenigen Minuten gesättigt.

Jedes Gewebe hat seine "Halbsättigungszeit". Die restliche Hälfte sättigt sich nach dem gleichen Schema. Die Halbsättigungszeiten sind unabhängig vom Druck (Tauchtiefe). Der Druck beeinflusst nur die gelöste Gasmenge. Die HS-Zeiten schwanken zwischen einigen Minuten bei gut durchbluteten Geweben bis zu 120 Minuten im Knochenmark.

Unter normalem Druck enthält der Körper etwa einen Liter Stickstoff, davon 35 % im Fett. Wenn der Druck um 1 bar zunimmt, kann ein weiterer Liter aufgenommen werden.

Die Stickstoffaufnahme im Körper beeinflussen:

1. Die Höhe des Stickstoffteildruckes (Tauchtiefe)
2. Die Dauer der Einwirkung (Tauchzeit)
3. Die Durchblutung des betreffenden Gewebes, d. h. der Kapillarreichum bzw. die Arbeitsleistung des Tauchers.
4. Die Stickstofflöslichkeit, d.h. der Fettgehalt des Gewebes.

In einer gesättigten Flüssigkeit bilden sich Blasen, wenn der Druck plötzlich nachlässt. Es gibt einen Schwellenwert für die Blasenbildung, der von der Aufenthaltszeit und der Tauchtiefe abhängt. Er kommt dadurch zustande, dass wir im menschlichen Körper kein Wasser, sondern Blut und Gewebeflüssigkeit als Lösungsmittel haben und das Fett als Puffer wirkt.

Beim Aufstieg fällt der N_2 -Druck. Es kommt zur Übersättigung und zum Abbau.

Der Druckabbau geht langsam über die Lunge vor sich. Bei zu schnellem Aufstieg kommt es zur Gasblasenbildung im Blut und in den Geweben. Auch die Entsättigung geht anfangs rasch und dann immer langsamer vor sich. Die Blasen sind die Ursache der Caisson-Druckfall- oder Taucherkrankheit.

Der französische Physiologe Paul Bert (1833 - 1886) erkannte den Stickstoff als Ursache dieser Erscheinungen. Sein Buch "La pression barométrique" wurde zur Grundlage aller späteren Forschungen.

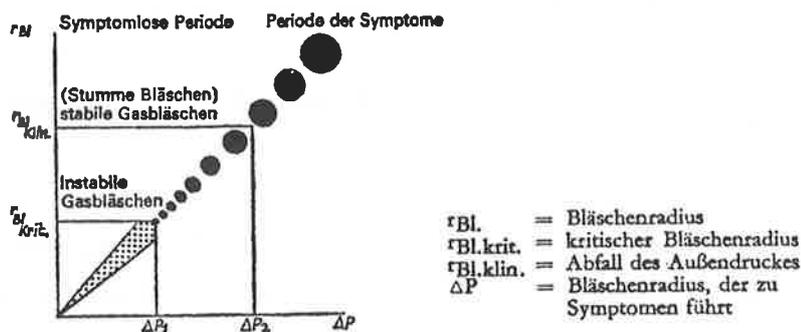


Einen sicheren Weg zur Verhütung der Caissonkrankheit veröffentlichte zum ersten Mal Sir John Haldane im Jahre 1922 in seinem Buch "Respiration". Im grossen und ganzen hat dieses Buch heute noch Gültigkeit.

Der Stickstoff war als die Ursache der Caissonkrankheit erkannt. Es bilden sich Blasen in den Geweben, die am stärksten mit Stickstoff gesättigt werden. Es sind je nach Tauchdauer schnelle oder langsame Gewebe. Der Stickstoff kann aber auch im Blut Blasen bilden.

Wenn Blasengrösse und Gefässquerschnitt übereinstimmen, kommt es zu Embolie. Die Schwere der Krankheit hängt vom betroffenen Organ ab.

Blasen im Inneren eines Gewebes führen durch Druck zu Schmerzen und Gewebeerstörungen.



Formen der Caissonkrankheit

Taucherflöhe

Äussert sich durch Juckreiz auf der Haut und punktartige Rötungen. Sie sind Anzeichen einer beginnenden Caissonkrankheit oder treten nach kurzen tiefen Tauchgängen auf. Ursache sind vermutlich kleinste Stickstoffbläschen in den Hautkapillaren. Der Juckreiz ist auf Stickstoffblasen im Unterhautfettgewebe, die die sensiblen Nervenenden reizen können, zurückzuführen.

Bends

Sie sind die häufigste Form der Caissonkrankheit. Es handelt sich um Muskel- bzw. Gelenkschmerzen, die oft mit allgemeinen Schwächegefühl, Frösteln, Schweissausbruch und sogar Fieber verbunden sind.

Am häufigsten befallen sind die grossen Gelenke der am meisten beanspruchten Seite. Als Ursache vermutet man Stickstoffblasen in den Gelenkkapseln.

Bends müssen sofort behandelt werden.

Chokes

So bezeichnet man Embolien. Am häufigsten tritt die Lungenembolie auf. Sie äussert sich durch plötzlich einsetzende Atemnot und Schmerzen unter dem Brustbein. Das Erstickungsgefühl nimmt zu und der zunächst schnelle Puls wird schwach. Das Gesicht wird aschgrau oder es kommt zur Blaufärbung der Lippen.

Embolien der Herzkranzgefässe sind schwer von Lungenembolien zu unterscheiden.



Lähmungen des Zentralnervensystemes

Vielfältige Symptome. Am häufigsten sind Lähmungserscheinungen. Die Stickstoffblasen treten im Rückenmark auf. (Querschnittslähmung oder Schlaganfallsymptome). Sie kommen nur bei groben Dekompressionsverstößen vor und sind selten.

Gefässverschlüsse im Gehirn haben Taumeligkeit, vorübergehende Taubheit, Sehstörungen, Sprachverlust und Krämpfe sowie Bewusstlosigkeit zur Folge.

Die meisten Fälle von Caissonkrankheit treten nach dem Auftauchen auf. 50 % innerhalb 30 Minuten, 85 % innerhalb einer Stunde und nur 1 % erst nach 6 Stunden. Die Verzögerung ist dadurch zu erklären, dass der Stickstoffdruck in den Geweben vorläufig noch grösser ist als der in den Blasen. Im Blut können sich mehrere Blasen zu einer grösseren Blase vereinigen. Diese führt dann zum Gefässverschluss.

Bei auftretenden Symptomen sind alle Einzelheiten des Tauchganges festzuhalten, damit der behandelnde Arzt feststellen kann, ob es sich um einen Caissonfall handelt. Verschwinden die Anzeigen unter Druck, so ist das eine Bestätigung der Diagnose. Schmerzen können bleiben, wenn der Verunglückte erst nach mehreren Stunden unter Druck gesetzt wurde. Es ist dann bereits zu Gefässzerstörungen gekommen. Gasblasenbildung im Blut führt auch zu starken Gerinnungsstörungen des Blutes. Es kommt in den zerstörten Geweben zu starken Blutungen. Die Behandlung mit gerinnungshemmenden Mitteln ist angebracht.

Die Entstehung der Gasblasen

Es wird angenommen, dass sich die Blasen aus sog. Gaskeimen entwickeln. Ihre Oberfläche ist zunächst konkav. Mit abnehmenden Druck wird sie allmählich konvex. In die so entstandene Blase kann weiteres Gas einströmen. Die Blasenbildung wird durch Erschütterungen ausgelöst oder verstärkt.

Vorbeugen gegen die Caissonkrankheit

Aus 10 m Tiefe kann jederzeit ohne Schaden aufgestiegen werden. Daraus folgt, dass jederzeit der Druck um die Hälfte vermindert werden kann.

Von Haldane wurde eine Tabelle geschaffen, nach der sog. Austauschstufen im Abstand von 3 m einzuhalten ist.

Zur Berechnung der Austauschzeit auf den einzelnen Stufen wurde von einer Halbsättigungszeit von 1 1/4 Stunden ausgegangen.

Das Auftauchen kann gefahrlos durchgeführt werden, (ohne Austauschstufen) wenn die sog. "Nullzeit" nicht überschritten wird.

Wird die Nullzeit überschritten, so ist nach den gültigen Austausch Tabellen in den entsprechenden Stufen aufzutauchen.

Die Tieftauchgrenze für Taucher des VDST ist 40 m.

Für das Tauchen über 60 m verwendet man meist Helium-Sauerstoff-Gemische, um den Tiefenrausch und die O₂-Vergiftung zu vermeiden. Dabei muss jedoch die Aufstiegs geschwindigkeit verringert werden, weil sich He schneller löst und entsprechend wieder frei wird. Bei sehr grossen Tiefen sind längere Auftauchzeiten erforderlich, weil ein Teil des Sauerstoffes durch He ersetzt wird. Beim Austausch kann man entsprechend mehr Sauerstoff zuführen und die Austauschzeiten verkürzen. Lange Austauschzeiten werden meist in Druckkammern an Bord durchgeführt.

Für langwierige Unterwasserarbeiten in grossen Tiefen praktiziert man das sog. Sättigungstauchen.

Behandlung der Caissonkrankheit

Muss ein Taucher infolge Geräteversagens oder Verletzung eher austauchen, so muss er, wenn möglich, mit einem neuen Gerät wieder auf die ursprüngliche Tiefe und mit angemessener Verlängerung erneut austauchen. Ist dies nicht möglich, so ist



er in der Nähe einer Dekompressionskammer zu lagern. Treten irgendwelche Anzeichen eines Dekoschadens auf, muss auf jeden Fall eine Druckkammerbehandlung erfolgen.

Ist das Zentralnervensystem betroffen, ist besondere Eile geboten. Es können leicht bleibende Schäden entstehen.

Zur Behandlung ist immer mindestens ein Druck von 4 bar erforderlich. Der erforderliche Behandlungsdruck hängt von der Schwere der Erkrankung ab.

Die Drucksteigerung soll mit einer Geschwindigkeit von 8 m/s erfolgen. Bei schweren Fällen auch schneller. Der erforderliche Höchstdruck hängt vom Ansprechen auf die Beschwerden ab.

Beim Aufstieg ist auf den letzten Stufen die Atmung von reinem Sauerstoff vorteilhaft.

Die Dekompression ist nach den entsprechenden Tabellen durchzuführen. Nach Abschluss der Behandlung muss der Taucher noch mind. 6 Stunden in der Nähe der Dekompressionskammer bleiben.

Bis der Taucher in der Druckkammer ist, muss der Kopf tief gelagert werden. Die Atmung von reinem Sauerstoff ist vorteilhaft.

Wird der Verunglückte zur Druckkammer geflogen, muss so tief wie möglich (höchstens 300 m) geflogen werden.

Hyperventilation

Schnorcheltauchen

Schnorcheltaucher, die längere Zeit kräftig aus- und eingeatmet (hyperventiliert) haben, sind öfter schon während des anschließenden Tauchens bewusstlos geworden und sogar ertrunken. Längeres tiefes Atmen hat zwar die Wirkung, dass der "Luftsumpf" in den Lungensäckchen arm an Kohlendioxyd wird. Die Sauerstoffaufnahme des arteriellen Blutes dagegen ändert sich praktisch nicht.

Das Atemzentrum wird bei einem herabgesetzten Kohlendioxyd-Gehalt des Blutes schwächer angetrieben. Dem Schnorcheltaucher fällt daher nach vorheriger Hyperventilation das Luftanhalten leichter. Gleichzeitig besteht aber die grosse Gefahr, dass bei längerem Tauchen der auftretende Sauerstoffmangel zur Bewusstlosigkeit führt, weil das Atemzentrum nicht durch einen erhöhten CO_2 -Gehalt des Blutes gereizt wird und der Taucher dadurch auch nicht das warnende Gefühl der Luftnot bis zum Eintritt der Bewusstlosigkeit empfindet.

Gerätetauchen

Gerätetaucher, die vor Aufregung zu schnell und zu tief atmen (hyperventilieren), sind trotz Geräteatmung ebenfalls von einer Bewusstlosigkeit bedroht. Die Ursache ist in diesem Falle anders als beim Schnorcheltauchen. Beim Absinken des CO_2 -Gehaltes des Blutes, tritt reflektorisch eine Engerstellung der Blutgefäße des Gehirnes und dadurch eine ungenügende Durchblutung auf. Die Folge ist ein Sauerstoffmangel des Gehirnes. Dies wird noch verstärkt dadurch, dass das kohlendioxydarme Blut dickflüssig wird. Die Verbindung zwischen Sauerstoff und Blut wird fester. Es wird also aus dem ohnehin eng gestellten Gefäßen zu wenig geförderter



Sauerstoff an die Hirnzellen abgegeben.

Der Sauerstoffmangel äussert sich bei Gerätetauchern als Kopfschmerz, Benommenheit und schliesslich kurze Bewusstseinsverluste. Infolge Bewusstseinsverlust würde der Taucher ertrinken.

Panik

Panik beginnt mit dem Auftreten bedrückender Angstvorstellungen oder einer eigentlichen grundlosen Angst. Der Taucher in Panik führt - unkontrolliert vom Verstand - Fluchtreflexe in Form rascher und häufig sinnloser Bewegungen aus. Früher verstand man unter Panik den plötzlichen Schreck, der eine Menschenmasse, z. B. bei Ausbruch eines Feuers im geschlossenen Raum befällt. In der Sprache der Taucher bedeutet Panik aber die Angst des Einzelnen, die sich langsam oder auch schnell während des Tauchens entwickelt. Da eine Einführung in die Taucherpsychologie noch nicht geschrieben wurde, wollen wir die Panik hier kurz abhandeln.

Manche Menschen neigen bereits in normalen Lebenssituationen zu einer grundlosen Zwangsangst (Phobie). Wer unter Zwangsangst leidet, ist als Taucher panikgefährdet. Allerdings kann eine Panik auch den von Zwangsangst freien und geübten Taucher packen. Nur tritt sie bei ihm erst in wirklich schwierigen Situationen auf.

Grundsätzlich handelt der Taucher in Panik so vernunftlos wie die Menschenmenge, die sich bei einem Theaterbrand an den Saalausgängen zu Tode trampeln und nicht geordnet den zu brennen beginnenden Saal verlässt. Panik beim Tauchen und Massenpanik bei Theaterbrand sind klaustrophobe Reaktionen (Klaustrophobie = Angst, hilflos abgeschlossen zu sein).

Vorstadium der Panik

Wenn z. B. infolge zu starker Muskelarbeit oder bei geringer Durchflussleistung des Lungenautomaten (oder bei anstrengendem Schwimmen mit Schnorchel) die Atmung zu schwer wird, bemerkt der Taucher nach kurzer Zeit ein Beklemmungsgefühl. Unter diesem Gefühl verliert er die Fähigkeit, planmässig zu rechnen und zu handeln - er verliert die Umsicht: Sein geistiger Horizont engst sich immer mehr ein! Dem Begleiter fallen u. a. fahrige Bewegungen der Arme auf. Das Vor-



stadium kann sich bei Leichterwerden der Atmung rasch wieder normalisieren.

Volle Panik

Der anfänglich nur eingeengte Verstand schaltet schliesslich ab. Der Taucher tritt nun wild, unregelmässig und schnell mit seinen Flossen. Er steht etwa aufrecht im Wasser und bewegt seinen Kopf im "Bewegungssturm" ruckartig hin und her. Er verbeisst sich in sein Mundstück, handelt wie ein Ertrinkender und packt seinen Retter, wie er jeden Strohhalm ergreifen würde.

Stimmritzenkrampf

Stimmritzenkrampf (Laryngospasmus) entsteht bei Tauchern und Schwimmern gleichsam als überstarker Hustenreiz durch Eintreten von "falsch geschlucktem" Wasser in die Luftröhre. Hierdurch schliesst sich die Stimmritze im Kehlkopf und evtl. die Bronchialmuskulatur so weit, dass die Atmung röchelnd wird. Für kurze Zeit kann die Stimmritze ganz verschlossen sein. Der Tauchbegleiter bemerkt unruhige Bein- und Armbewegungen wie bei plötzlich auftretendem Vorstadium der Panik. Bei vollständiger Blockierung der Stimmritze (Stimmritzenkrampf) wird das Ausatmen sogar ganz verhindert. Somit kann es beim Auftauchen durch die Expansion der Luft zu einem Lungenriss kommen.

Kameradenhilfe bei Panik

Auf dem helfenden Kameraden lastet eine schwere Verantwortung. Wenn er nicht wahrgenommen hat, dass sich ein "zweiter Mann" bereits im Vorstadium der Panik befand, so hat er nun ohne Rücksicht auf eigene Gefahr dem Tauchkameraden zu helfen. Mit allem Geschick muss er dabei die Umklammerung vermeiden. Notfalls muss er die Befreiungsgriffe anwenden, die zur Grundausbildung des Tauchers gehören.

Im Vorstadium der Panik kann der Begleiter - wenn er noch ausreichend Pressluft in seinen Flaschen hat - das Mundstück anbieten. Bei voller Panik ist es am sichersten, wenn er abtaucht und dabei blitzschnell

den Bleigürtel und das Gerät des in Panik Geratene(n) löst. Auch der Helfer selbst sollte in diesem Falle seinen Bleigürtel abwerfen. Einen in Panik emporschiessenden Tauchkameraden packt der Retter am besten mit gestreckten Armen am Bleigürtel von vorn und beobachtet, ob Luft aus seinem Munde entweicht. Falls der Kamerad keine Luft abstösst, kann ihm der Retter mit den Fingerspitzen der freien Hand kurz, aber nicht zu kräftig in die Magengrube stossen und ihn auf diese Weise "gezielt" zum Ausatmen bringen.



Temperatur

Der Wärmehaushalt des Körpers

Der Mensch ist ein Warmblüter, die konstante Körpertemperatur (36,4 - 37,4° C) wird vom Körper gesteuert und ist weitgehend von äusseren Einflüssen unabhängig. Wärme ist die kinetische Energie der Moleküle. Die Wärmemenge, die 1 g Wasser (1 kg) von 14,5 auf 15,5° C erwärmt, ist eine cal (4,18 Joule). Die Wärmemenge, die ein Mensch in Ruhe in einer Stunde erzeugt, könnte 2 l Wasser von 0 auf 37° C erwärmen. Bei schwerer Arbeit könnten 23 l Wasser von 0 auf 37° erwärmt werden.

Wärmeabgabe

Die Strahlung

In Ruhe würde ein unbedeckter Mensch bei normaler Umgebungstemperatur etwa 7,5 KJ am Tage abgeben. Wärmestrahlen sind elektromagnetische Schwingungen, abhängig vom Temperaturgefälle. Im Wasser tritt fast keine Strahlung auf.

Zum umgekehrten Vorgang kommt es bei Sonneneinwirkung. Es kann der 4 - 5-fache Betrag der Körperwärme aufgenommen werden.

Wasserverdunstung

In Ruhe werden etwa 2,93 KJ am Tage verdunstet. Über die Haut erfolgt eine unmerkliche Hautwasserabgabe und über die Atemluft wird verdunstet, insgesamt etwa 1200 g Wasser pro Tag. Bei hoher Aussentemperatur und starker Arbeit steigt die Schweißsekretion. Es erfolgt mehr Wärmeabgabe durch Verdunstung. Die Verdunstung ist bei hoher Luftfeuchtigkeit erschwert. Im Wasser erfolgt keine Wärmeabgabe durch Schwitzen.



Konduktion (Wärmeleitung)

Die Wärme wird direkt von Molekül zu Molekül weitergeleitet. Es gibt gute und schlechte Wärmeleiter. Luft leitet schlecht. Wird die Luft bewegt, so tritt **K o n v e k t i o n** auf. Konvektion ist Wärmedurchgang, d. h. die erwärmten Schichten werden ständig durch neue kalte Schichten ausgetauscht. Konduktion und Konvektion sind wichtig für den Wärmehaushalt beim Tauchen. Sie sind abhängig:

von der Wärmeleitfähigkeit der umgebenden Stoffe
von der Haut selbst (fette oder magere Haut).

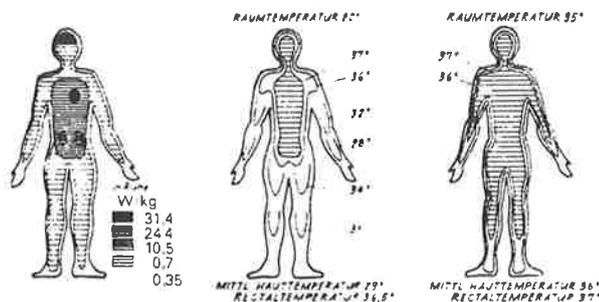
Die Wärmeleitfähigkeit des Wassers ist 250 mal grösser als die der Luft. Beim Schwimmen wird die umgebende Schicht ständig erneuert. Auf Grund verschiedener Abwehrsysteme des Körpers verliert der Mensch im Wasser nur zwei bis drei Mal so viel Wärme wie an der Luft.

Wärmebildung im Körper

Man unterscheidet:

Der Kern

Dazu gehören die Organe im Kopf und im Rumpf. Sie haben einen hohen Stoffwechselumsatz. 70 % der Wärme werden im Kern gebildet.





Die Schale

besteht aus Muskulatur und Haut. Hier beträgt der Stoffwechsel 30 %. Es fließt ein dauernder Wärmestrom von innen nach aussen. Die Schale wirkt als Kühler, der Kreislauf transportiert die Wärme. In Ruhe erfolgt die chemische Wärmebildung im Kern, die physikalische Wärmeregulation in der Schale. Das Verhältnis Kern zu Schale ist variabel.

Bei steigender Temperatur

erfolgt verstärkte Wärmeabgabe durch Konduktion, Konvektion, Strahlung und Verdunstung.

Bei fallender Temperatur

erfolgt weniger Wärmeabgabe durch geringere Durchblutung der Haut. Bei weiterem Absinken der Temperatur beteiligt sich die Schale durch Bewegung (Frösteln) an der Wärmeproduktion. Eine Steigerung ist das Muskelzittern. Bei entsprechenden Bewegungen erfolgt eine Umkehr der Wärmeverhältnisse: Schale 70 % Kern 30 %. Ein erhöhter Stoffwechsel bedingt einen höheren Sauerstoffverbrauch, d. h. ein höheres Atemminutenvolumen.

Wärmebildung in der Schale bei Arbeit

Die entsprechende Wärme wird bei normaler Temperatur nach aussen abgegeben über den Kreislauf. Das Herzminutenvolumen steigt. Eine Änderung der Aussentemperatur bedingt eine vermehrte Kreislaufleistung. Bei Hitze und Arbeit muss mit Hilfe des Kreislaufes Wärme abgegeben werden. Bei Kälte erfolgt eine Steigerung der Muskeltätigkeit mit grösserem Sauerstoffbedarf.

Die Steuerung des Wärmehaushaltes

erfolgt durch Wärmezentren im Gehirn (Temperaturaugen). Es enthält den absoluten Temperatursinn und wirkt wie ein Thermostat. Es misst die Temperatur und löst bei Veränderungen Gegenreaktionen aus.

Schaltstelle für Kälteimpulse

Es liegt neben dem Wärmezentrum und ist selbst temperaturunempfindlich. Es empfängt nur Impulse von den Kälterezeptoren der Haut und löst Gegenreaktionen aus. Es wird vom Wärmezentrum überwacht und gehemmt, wenn die Temperatur normal ist. Das Kältegefühl wird ohne Gegenreaktion zum Gehirn weitergeleitet. Die Thermorezeptoren sind nicht gleichmässig verteilt. Es gibt sog. Kältezonen (Nacken).

Temperaturschäden

Die Wärmestauung

tritt auf, wenn nicht genügend Wärme abgeleitet werden kann und es kommt zu:

Hitzeerschöpfung

Äussert sich in Kopfschmerz, Schwindel, Sehstörungen, Durst, allgemeine Schwäche, Übelkeit und Erbrechen.

Hitzschlag

Die Körpertemperatur steigt auf 43 - 45° C. Es zeigen sich die gleichen Symptome wie bei Hitzeerschöpfung.

Erstes Stadium: Das Gesicht ist hochrot.

Zweites Stadium: Das Gesicht ist grau, Kreislaufkollaps.

Hitzekrämpfe

Die Erscheinungen steigern sich, es kommt zu Bewusstseinsstörungen bis zum Tod.

Sonnenstich

Bedingt durch Wärmeeinwirkung auf den Kopf. Es kommt zu Reizerscheinungen des Gehirnes, zu Kopfschmerz und Schwindelgefühlen.

Behandlung von Hitzeschäden

Für möglichst schnelle Abkühlung sorgen, wie Schatten, Luftbewegung (Konvektion) oder Eiswasserbad. Hitzekrämpfe lassen sich durch einen Schluck Wasser mit Salz gelöst beheben.



Hitzeschäden können vor allem bei Tauchern in heissen Gebieten auftreten. Auch beim Tauchen in heissen Quellen. Der Schutz gegen Kälte ist leichter als gegen Wärme.

Kälteeinwirkungen

Wärmeabgabe an der Luft und im Wasser

Sie ist gleich bei einer Temperatur von 31 ° C im Wasser und 25° C an der Luft. Bei gleicher Temperatur von 32° C wird im Wasser um 75 % mehr Wärme abgegeben. Die grössere Wärmeabgabe im Wasser wird durch Steigerung des Stoffwechsels ausgeglichen. Bei niedrigerer Temperatur sinkt auf die Dauer die Kerntemperatur.

Das Absinken der Kerntemperatur

An der Luft bleibt die Kerntemperatur bis 5° C längere Zeit konstant. Bei 1° C ist sie nach 4 Stunden noch normal. Im Wasser ist 1° C nach einer Stunde tödlich (25° C). In Luft von - 6° C ergibt sich nach 14 Stunden eine Kerntemperatur von 25°C. Im Wasser sinkt die Körpertemperatur bei 15° C in einer Stunde um 2 - 3° C, bei 10 - 15° C um 3 - 5° ab. Auch durch Bewegung lässt sich das Absinken der Temperatur im Wasser nicht immer ausgleichen. Gesteigerte Wärmeabgabe durch Konvektion und stärkere Durchblutung. Bewegung hilft nur bedingt bei Dicken.

Erscheinungsformen des Unterkühlens

1. Phase: Die Rektaltemperatur sinkt auf 34 - 37° C. Starkes Kältezittern, Schmerzen an Füßen, Knien und Genitalien.
2. Phase: Die Rektaltemperatur sinkt auf 34 - 27° C. Das Muskelzittern hört auf, es kommt zu einer Muskelstarre und erschwerter Atmung. Der Schmerz lässt nach, der Puls sinkt auf 30 - 40 Schläge.
3. Phase: Die Rektaltemperatur sinkt auf 26° - 22° C. Lähmungsphase, Scheintod.

Die niedrigste Temperatur, bei der eine Wiederbelebung gelang, waren 18° C.

Erscheinungen bei langsamen Unterkühlungen

Das Absinken um 5 - 10° C ist schon gefährlich. Es kommt zur Erschöpfung, zu Gesichtsstarre und zum "Kälteblödsinn". Dieser Zustand führt häufig zum Tode oder zu dauernder Geistesstörung. Die eigentlichen Todesursachen sind Kälteeinwirkung und Erschöpfung zusammen. Es kommt zu Atem- und Herzstillstand.

Behandlung von Kälteschäden

Schnelle Erwärmung ist das erste Gebot. Heisse Bäder mit Temperatursteigerung von 34 - 35° C bis 40 - 45° C. Arme und Beine ausserhalb des Bades lassen (Thermischer Kurzschluss). Dazu künstliche Beatmung und Herzmassage. Medikamente nur bei lang andauernden Unterkühlungen (Traubenzucker). Der Patient zeigt Schlagneigung. Nicht einschlafen lassen!!! Glieder abreiben und erfrorene Gliedmassen langsam erwärmen; auf keinen Fall Alkoholgenuss.

Örtliche Kälteschäden im Wasser

Sie sind bei Temperaturen von 10 - 15° C möglich. Zur Erhaltung der Körpertemperatur opfert der Körper periphere Teile. Es kann zu Gefässkrämpfen kommen. Es kommt zu Austritt von Blut ins Gewebe.

Erfrierung 1. Grades

Die betroffenen Glieder sind blass, taub und klamm. Schmerzen verschwinden bei Fortdauer der Kälte. Bei lang andauernder Kälte kommt es zu

Erfrierung 2. Grades

Es kommt zu blauroten Schwellungen und zu Blasenbildungen. Als Dauerschaden bleibt meist eine Kälteempfindlichkeit zurück.

Erfrierung 3. Grades

Der Gefässkrampf löst sich nach Erwärmen nicht. Es kommt zu Gewebetod infolge Sauerstoffmangel. Bei Erfrierungen 2. und 3. Grades keine schnellen Erwärmungen, keine Bewegungen, Watteverband anlegen.



Kälteschutz beim Tauchen

Ein gutes Fettpolster ist zur Isolation von Vorteil, wirkt sich aber auf die Tauchtauglichkeit nachteilig aus. (N_2 Aufnahme) Durch Einfetten der Haut ist eine ausreichende Isolation nur bei mehreren mm Fettschicht auf der Haut gegeben (bei 1 mm = 2 kg).

Der Nasstauchanzug

besteht aus 3 - 8 mm Neopren, meist nylonkaschiert. Starke Isolation durch Luftporen und durch nicht bewegte Wasserschicht im Anzug (kleine Konvektion). Das Nylonfutter erleichtert das Anziehen und erhöht die Haltbarkeit.

Der Trockentauchanzug

besteht aus gummiertem Baumwollstoff, Kunststoff- oder Gummifolie. Er ist am Hals und an den Handgelenken wasserdicht. Darunter wird Wollzeug zur Isolierung und zur Vermeidung von Quetschungen getragen. Dem besseren Kälteschutz stehen geringere Beweglichkeit, grösserer Auftrieb und Hilfe beim Anziehen gegenüber. Ab 15 m Gefahr der Hautquetschungen (Barotrauma).

Der Konstantvolumenanzug

Er erhält über das Mundstück oder den Inflator auf jeder Tiefe den gleichen Luftinhalt. Bei heizbaren Anzügen trägt der Taucher statt der Gewichte Batterien. Beim Tragen von Neoprenanzügen kann es u. a. zu Entzündungen mit Pustelbildung kommen, wenn die Anzüge nicht getrocknet werden. Durch den hohen Auftriebsverlust von dicken Neoprenanzügen kann der Taucher in Schwierigkeiten kommen.

Ertrinken

Das eigentliche Ertrinken (primäres Ertrinken) ist verhältnismässig selten. Es kommt bei Nichtschwimmern vor oder bei Erschöpfung im Wasser. Es dringt Wasser in die Lunge ein. Meistens geht eine Ohnmacht voraus und auf diese folgt das Ertrinken.

Nach dem Eindringen von Wasser in die Lunge, kommt es zu Sauerstoffmangel (Hypoxis). Die Ertrinkungsflüssigkeit dringt über die Alveolen ins Blut.

Ertrinken im Süsswasser

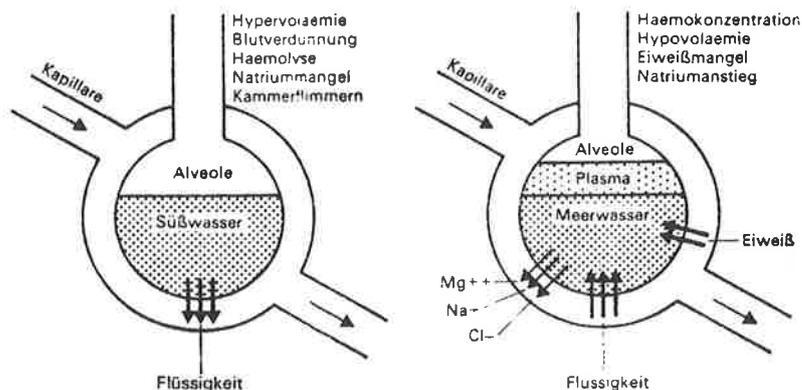
Süswasser enthält kein Kochsalz (NaCl). Im Blut befindet sich 0,9 % NaCl).

Süswasser ist im Vergleich zum Blut hypotonisch, d. h. gelangt Süswasser in die Lunge, so drängt die Flüssigkeit, durch osmotischen Druck, durch die Alveolen ins Blut. Das Blut wird zur hypotonischen Lösung. Die roten Blutkörperchen platzen (Hämolyse). Es kommt zur Blutarmut und zu einer Vermehrung des Kaliums. Die übrigen Mineralien werden in der Konzentration vermindert und das elektrolytische Gleichgewicht ist gestört.

Als Folge tritt Sauerstoffmangel im Organismus und Ansteigen des Kohlensäuregehaltes auf. Der Blutdruck wird durch die erhöhte Flüssigkeitsmenge erhöht. Zusammen mit Sauerstoffmangel und Hyperkaliämie kommt es zu Herzflimmern.



Die Veränderungen im Blut



Die unterschiedlichen Folgen beim Ertrinken im Süßwasser (links) und im Meerwasser (rechts).

Ertrinken im Meerwasser

Meerwasser ist im Vergleich zum Blut hypertonisch. Es befinden sich etwa 3 - 4 % Gesamtsalz, hauptsächlich NaCl in Lösung. Die Flüssigkeit geht in der Lunge den umgekehrten Weg. Das Blut dringt in die Lunge ein.

Es entwickelt sich ein Lungenödem, die Lunge ist mit Meerwasser und Plasma gefüllt. Gleichzeitig wandert NaCl aus dem Meerwasser ins Blut. Das Blut wird eingedickt, es kommt nicht zur Hämolyse. Die Überlebenschancen steigen.

Der Ertrinkungsvorgang dauert etwa 3 - 5 Minuten. Jeder Ertrinkungsunfallbehandelter muss nach der Wiederbelebung in ein Krankenhaus eingeliefert werden.

Der Ertrinkungsvorgang

Beim ersten Eintauchen erfolgt ein reflektorisches Atemanhalten. Nach mehreren Sekunden bis zu einer Minute erfolgt durch Ansteigen des CO₂ - Gehaltes Atemzwang und es wird Wasser eingeatmet. Es folgt ein Aushusten, der Ertrinkende ruft nach Hilfe, geht unter, kommt wieder hoch usw. Nach 2-3 Minuten tritt ein Krampf-

stadium ein, in welchem der Ertrinkende meist bewusstlos wird. Er taucht nochmals auf und versinkt dann. Die Rettung in der ersten Phase ist sehr leicht.

Nachträglicher Beweis für das Ertrinken

Der Beweis ist sehr schwer und nur durch Sektion möglich. Wenn in einzelnen Organen, wie Leber, Milz, Nieren oder im Gehirn Diatomee = Kieselalgen nachgewiesen werden können, dann hat das Herz während des Ertrinkens noch gearbeitet. Das Wasser kann auch nach dem Tode bis zum Herz vordringen.

Der Badetod

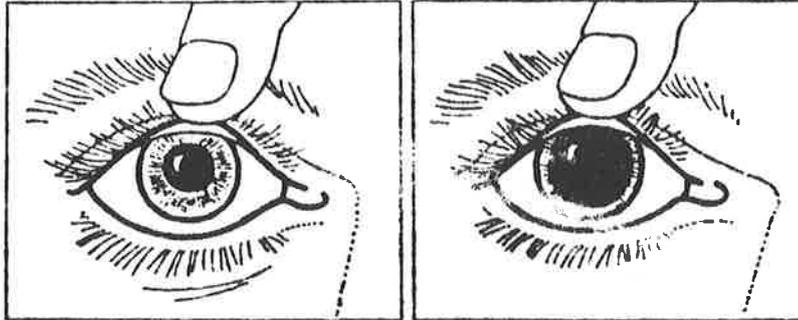
Wird auch als Wasserschock oder Wassersynkope bezeichnet. Er tritt fast immer bei Temperaturen zwischen 15 und 18° C auf. Es entstand der Begriff Kälteschock.

Ein meist vorübergehender Wasserschock wurde auch nach Verlassen des Wassers beobachtet. Er tritt meist nach längerem Sonnenbad oder wenn öfters in Wasser gegangen wurde, auf.

Zur gleichen Erscheinung kann es auch bei einem heissen Bad kommen. Es handelt sich wahrscheinlich um eine Reflexwirkung des Nervus Vagus.

Sie tritt auch ausserhalb des Wassers auf z. B. beim Boxen durch Tief- oder Halsschlag. Die starke Reizung des Nervus Vagus führt über eine Verlangsamung des Herzschlages und einer Erweiterung der Gefässe zum Kollaps.

Unter besonders ungünstigen Umständen kann das sofort zum Tod führen. Es scheint besonders häufig im Wasser einzutreten. Vorbedingung ist eine konstitutionelle oder erworbene vorübergehende vegetative Labilität. Sie tritt besonders bei Jugendlichen, nach Infektionskrankheiten und durch seelische Spannung auf. Diese vegetative Labilität kann verstärkt werden durch: Alkoholgenuss, vollen Magen, Sonneneinwirkung, körperlichen Anstrengungen, Schreck, Angst und Panik. Die auslösenden Momente sind thermische Reize; Pressatmung und Eindringen von Wasser in den hinteren Rachenraum.



■: a) Im 1. oder 2. Stadium des Ertrinkens sind die Pupillen nicht erweitert. – b) Das 3. Stadium des Ertrinkens wird uns durch die maximale Erweiterung der Pupillen angezeigt. Hier ist die Herzmassage unbedingt nötig.

Wiederbelebung

Erste Hilfe soll sich nicht nur auf Unfälle beim Tauchen beschränken; sie wird genauso dringend, nur nicht so häufig, im täglichen Leben benötigt. Bei den meisten Fällen von Bewusstlosigkeit ist die Atmung gestört. Die Atmung kann durch Verlegung der Atemwege oder durch einen Stimmritzenkrampf oder andere Störungen behindert sein. Ohne Atmung ist keine Sauerstoffaufnahme möglich. Am empfindlichsten reagiert das Gehirn bei Sauerstoffmangel (Hypoxie). Es können dauernde Schäden bleiben.

Ein totales Sauerstoffehlen tritt praktisch nie auf (Anoxie). In Lungen und Blut befindet sich auch nach vollkommener Drosselung der Sauerstoffzufuhr ein Rest Sauerstoff. Genaue Überlebenszeiten für das Gehirn lassen sich nicht angeben.

Bis 2 Minuten nach Atemstillstand	92 %
3 Minuten	75 %
5 Minuten	25 % Erfolgsaussichten

Bei gleichzeitigem Herzstillstand sind nach 4 Minuten nur noch 4 % Erfolgsaussichten.



Die stabile Seitenlage mindert bei Ohnmächtigen, die noch atmen, die Erstickungsgefahr. Bei Sandboden Hand unter die Mundgegend



Es muss so schnell wie möglich Sauerstoff zugeführt werden

Folgende Forderungen werden an eine Beatmungsmethode gestellt:

Die Lunge muss genügend belüftet werden, um eine ausreichende Sauerstoffzufuhr zu gewährleisten.

Die Methode muss einfach zu erlernen sein.

Sie muss über längere Zeit ohne grosse Anstrengung und ohne ständige Übung ausführbar sein.

Die Atemspende ist die wirkungsvollste Art der Wiederbelebung und, wenn möglich, jeder manuellen Methode vorzuziehen.

Die drei wichtigsten Regeln für die Wiederbelebung

Befreie die Atemwege

Beatme die Lunge

Belebe den Kreislauf



Befreiung der Atemwege



Befreie die Atemwege
(Auswischen von Mundhöhle
und Rachen)



Das Wichtigste wird oft vergessen: Viel Menschen ersticken in der Bewusstlosigkeit an ihrer eigenen Zunge! Bei Bewusstlosen wird – im Gegensatz zu Schlafenden – die Zunge schlaff. Sie sinkt zurück und versperrt die Atemwege, wie auf der Zeichnung rechts oben zu sehen ist. Der Kopf ist stets ganz nach hinten zu beugen: Die eine Hand beugt an der Stirn-Haar-Grenze, die andere schiebt das Kinn vor.

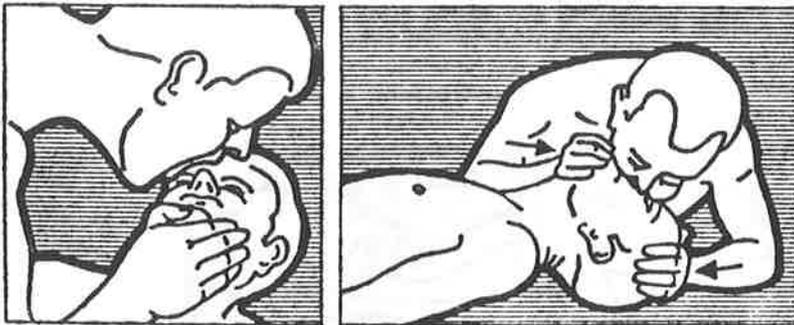
Fremdkörper im Mund werden mit zwei einfachen Handgriffen entfernt. Der Daumen der einen Hand drückt die Wange zwischen Ober- und Unterkiefer und öffnet damit den Mund. Mit zwei Fingern der anderen Hand kann der Mund ausgeräumt werden.

Beim Bewusstlosen fällt meist der Zungengrund nach hinten und verschliesst die Atemwege. Der Kopf muss stark nach hinten gestreckt werden. Durch starkes Beugen des Kopfes in den Nacken, werden die Atemwege frei.



Die Beatmung von Mund zu Nase

Man kniet neben dem Bewusstlosen, hält seinen Kopf in der beschriebenen Stellung, die eine Hand auf der Stirn, die andere unterm Kinn. Der Daumen der einen Hand verschliesst gleichzeitig den Mund.



Die Mund-zu-Nase-Beatmung: Tempo 1: Der Helfer setzt seinen weitgeöffneten Mund paßgerecht um die Nase des Bewußtlosen auf die Wangen auf und bläst genügend Luft ein. Tempo 2: Der Helfer gibt die Nase frei, und die eingestmete Luft entweicht von selbst.



Der Beatmer umschliesst mit seinem Mund die Nase des Verunglückten und bläst ihm seinen Atem ein. Dabei beobachtet er, ob sich der Brustkorb des Verunglückten ausdehnt. Dann setzt er mit der Beatmung aus. Die Ausatmung erfolgt von selbst (Lungenelastizität).

Der Helfer atmet tief ein und wiederholt den Vorgang. Ruhig und ohne Hast ist der Verunglückte etwa 12 bis 14 mal in der Minute zu beatmen.

Die Einatemluft soll nicht zu lange angehalten werden.

Die Ausatemluft enthält etwa 16 % O_2 , ein Prozentsatz der völlig genügt, um dem Bewusstlosen genügend Sauerstoff zuzuführen. Wichtig für den Erfolg der Wiederbelebung ist die Sauerstoffsättigung des Blutes, die nur bei guter Lungenventilation erreicht wird.

Mit einer normalen Atemspende lässt sich der Sauerstoffspiegel, im Gegensatz zur manuellen Methode auf durchschnittlich 90 % halten. Das reicht aus, um den Bedarf des Organismus zu decken.

Wenn der Beatmer tief einatmet und die Luft nicht lange anhält, lassen sich 97 - 100 % erreichen. Die normale Ausatemluft des Beatmers enthält 4 % CO_2 . Dies ist nicht giftig. Das Atemzentrum wird durch den erhöhten CO_2 -Gehalt stärker angeregt. Es hat eine positive Wirkung.

Die Mund - zu - Nase - Beatmung hat sich in der Praxis als günstiger erwiesen, als die Mund - zu - Mund - Beatmung. Bei letzterer muss mehr Kraft aufgewendet werden. Erst nach einer Beatmung von 45 Sek. Pause von 45 SekZeit für Umbettung, Versorgung einer Wunde, oder um Hilfe herbeizurufen. In dieser Pause kann dem Ertrunkenen auch Wasser und Schleim aus der Lunge abgesaugt werden.

Die Atemspende soll so früh als möglich beginnen, möglichst schon im Wasser.

Einwände gegen die Atemspende aus hygienischen Gründen sind nicht vertretbar. Es kann evtl. ein Taschentuch über Mund und Nase gelegt werden.

Der Energieaufwand ist bei der Atemspende wesentlich geringer als bei der manuellen Methode.

Es gibt eine Vielzahl von Hilfsgeräten für die Atemspende, die im Bedarfsfall meist nicht sofort zur Hand sind. Es muss auf jeden Fall sofort mit der Beatmung begonnen werden. Das einfachste Hilfsgerät ist das Mundstück eines Schnorchels.

Es wird dem Verunglückten in den Mund gesetzt und man kann vom Kopfende her beatmen. Mit beiden Händen wird der Unterkiefer nach vorn geschoben und der Kopf zurückgebeugt. Die Nase wird



mit beiden Daumen zugehalten.

Wenn Schleim oder Blut die Atemwege behindern, soll der Verunglückte in die stabile Seitenlage gebracht werden.

Bei dieser Lage bildet der rechte bzw. der linke Mundwinkel den tiefsten Punkt.

Der Oberkörper ist in einer Mittelstellung zwischen Bauch- und Seitenlage. Der rechte Arm liegt im Rücken, die linke Hand wird unter das Gesicht gelegt. Das unten liegende Bein wird angezogen, so dass der Körper auf dem angewinkelten linken Arm und dem angezogenen rechten Bein stabil ruht.

Die beste Beatmung nützt nichts, wenn der zugeführte Sauerstoff nicht transportiert wird, d. h. wenn das Herz stillsteht.

Es gibt drei Erkennungszeichen für einen Herzstillstand.

Pulsfühlen am Handgelenk

Pulsfühlen an der Halsschlagader

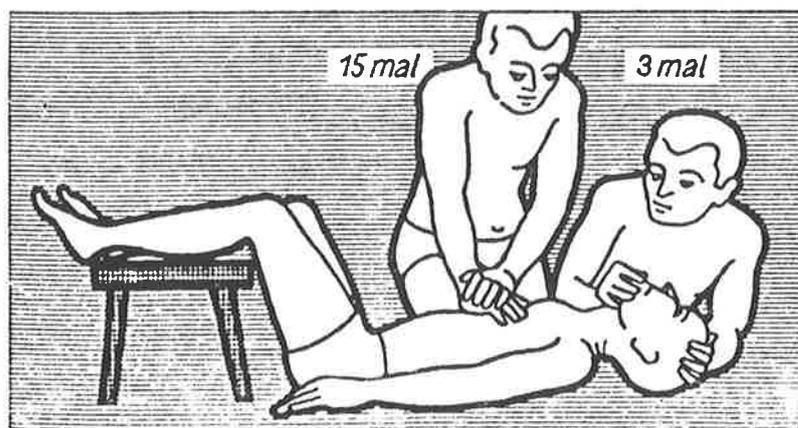
Pupillen sind beim Herzstillstand weit und starr

Das Herz lässt sich durch eine äussere Herzmassage wieder in Gang bringen.

Mit beiden Händen wird die untere Hälfte des Brustbeines etwa 3 cm in Richtung Wirbelsäule gedrückt. Der Ballen der einen Hand liegt auf dem Brustbein, die andere Hand auf dem Rücken der ersten Hand und unterstützt diese. Beide übereinanderliegende Hände drücken etwa 60 x in der Minute in kurzen schnellen Stössen.

(Harte Unterlage)

Bei Herzstillstand muß zusätzlich zur Atemspende – dreimal kräftiges Lufteinblasen – die äußere Herzmassage – funfzehnmal rasches kräftiges Niederdrücken des Brustkorbes – in stetem Wechsel angewendet werden. Feste Rückenunterlage!



Bei Kindern wegen Verletzungsgefahr nur eine Hand benützen.

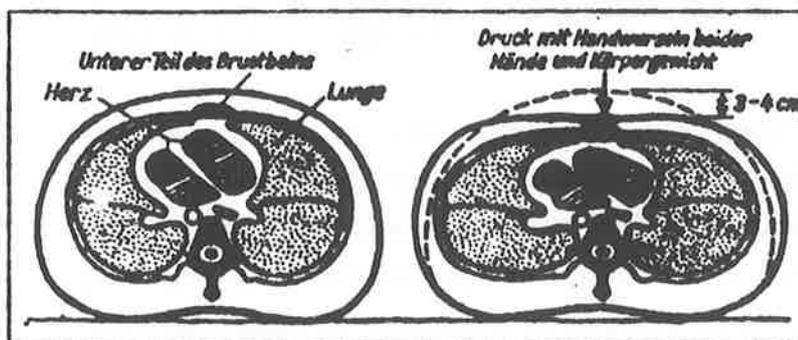
Für Herzmassage und Beatmung sind zwei Helfer nötig. Die Herzmassage muss im Moment der Beatmung unterbrochen werden.

Durch Hochheben der Beine, kann man dem Verunglückten eine "Selbsttransfusion" verabreichen, d. h. dem Herzen wird das Blut der unteren Gliedmassen vermehrt angeboten.

Die Wiederbelebung muss so lange durchgeführt werden, bis ein Arzt den Tod feststellt oder bis sich untrügliche Todeszeichen einstellen.

Durch die Möglichkeit Beatmung und Herzmassage leicht zu erlernen, ist jeder Taucher verpflichtet, diese Dinge zu erlernen. Er kann sehr leicht eine Situation erleben, in der er durch sein Wissen ein Menschenleben retten kann.

Lebensrettung ist mit das wichtigste Ausbildungsgebiet für Sporttaucher.



Die äußere Herzmassage: Das Herz wird zwischen dem unteren Teil des Brustbeins und der Wirbelsäule zusammengedrückt. Feste Rückenunterlage!



Verhalten bei Unfällen

Beweissicherung bei Unfällen

Da Tauchunfälle oft nicht nur versicherungstechnische, sondern auch rechtliche Folgen haben, sollte bei jedem Fall zur späteren Beweissicherung an folgendes gedacht werden:

Schriftliche Fixierung des Unfallortes, des Tages und der Uhrzeit, der Personalien von Zeugen.

Anfertigung einer Skizze mit Daten über die Entfernung des Unfallortes von der Küste, Wassertiefe, Strömung, Wetterlage etc. Wenn möglich, fotografische Aufnahmen machen.

Sicherstellen von Ausrüstung und Tauchgerät des Verunglückten. Den vorgefundenen Zustand gleich schriftlich festhalten und möglichst von Zeugen bestätigen lassen. Ggf. für eine fachmännische Begutachtung und Analyse der Atemluft Sorge tragen.

Schriftliche Notizen über Einzelheiten des Tauchganges (Gesamtdauer, maximale Tauchtiefe, Tauchtiefe des Unfalles, Dekompressionszeit, und -stufen, Ausrüstung, Sicherheitsmassnahmen etc.), über Verhalten des Verunglückten vor und während des Unfalles, über Beobachtungen am Verunglückten (Farbe, Blutungen, Schaumbildung vor dem Mund, Angaben des Verunglückten über Schmerzen oder Beschwerden), über die eigenen Massnahmen oder die anderer Helfer oder eines Arztes (Atemspende, Herzmassage, Sauerstoffbeatmung, Transportmittel und -dauer).

Unfallfolgen durch Polizei oder eine amtliche Stelle (Bürgermeister) feststellen und protokollieren lassen. Name des

Beamten und der Dienststelle notieren.

Übersicht bei einigen Erste-Hilfe-Massnahmen

Biss- oder Stichwunden von Giftfischen oder Schlangen: Versuche ein weiteres Eindringen des Giftes zu verhindern durch Aussaugen, Betupfen der Stich- oder Bißstelle mit 10 %-igen Salmiakgeist. Weiter Abbinden des betroffenen Gliedes oberhalb der Einstichstelle und Abkühlung mit Eiswasser oder Eisstückchen im Plastikbeutel über zwei Stunden lang.

Dabei muss die Staubinde über alle 5 - 10 Minuten gelockert werden, um die Durchblutung nicht zu gefährden. Giftfischverletzungen, besonders von Stachelrochen, Rotfeuerfischen, aber auch von Petermännchen und Drachenköpfen, gehen mit erheblichen Allgemeinerscheinungen einher, wie heftigen Schmerzen, Schweissausbrüchen, Fieber und Kreislaufstörungen.

Blutungen (äussere):

Bei schwachen Blutungen genügt ein keimfreier Verband. Stärkere Blutungen stehen meist durch einen Druckverband; notfalls einen zweiten und dritten Verband über dem ersten anlegen. Nur bei stärkster, spritzender Blutung muss das betroffene Glied oberhalb der Blutung abgebunden oder das Blutgefäss herzwärts der Wunde abgedrückt werden. Eine Abschnürbinde darf nur bis zu einer Stunde liegenbleiben, sonst kommt es zum Absterben des Gliedes. Ist vorher keine ärztliche Versorgung möglich, muss die Abschnürbinde alle 30 Minuten für kurze Zeit gelockert werden.

Blutungen (innere):

die bei einer zunehmenden Blässe, kaltschweissiger Haut und schwächer werdendem Puls angenommen werden müssen, verlangen eine Auffüllung des Kreislaufs mit Blutersatzmitteln, die nur vom Arzt, oder in seinem Auftrage von einem Moniteur, der eine Prüfung im Anlegen von Infusionen im Taucherpass eingetragen hat, vorgenommen werden.



Ein Schock zeigt ähnliche Symptome. Der Verunglückte ist dabei oft unruhig, ängstlich erregt mit schneller, oberflächlicher Atmung. Der Schock kann jede Verletzung begleiten und zum Tode führen. Auch hierbei muss der Kreislauf aufgefüllt werden. Als erste Hilfe kann man die Beine gestreckt hochhalten (Schocklagerung), um dadurch das Blut der unteren Gliedmassen dem Herzen zuzuführen. Wichtig ist es, jede Unruhe zu vermeiden und den Verunglückten so schonend als möglich einer ärztlichen Hilfe zuzuführen.

Fremdkörper

sollen nur entfernt werden, wenn es sich um kleinere (Seeigelstachel, Dornen, Holzsplitter) in der oberflächlichen Haut handelt. Grössere und tiefsitzende Fremdkörper dürfen wegen der Gefahr weiterer Verletzungen nur vom Arzt entfernt werden.

Seeigelstachel soll man nach Möglichkeit bald nach der Verletzung, wenn die Haut noch weich ist, mit einer in einer Flamme ausgeglühten Nadel entfernen. Bei in dicker Hornhaut festsitzenden Stacheln evtl. die Haut vorher mit Öl aufweichen. Anschliessend die Wunde mit Desinfektionsmittel betupfen.

Sonnenstich

tritt bei zu langer Sonneneinstrahlung auf den Kopf auf. Es kommt zu einer Blutüberfüllung und Schwellung des Gehirns. Hier gelten die gleichen Regeln wie bei Hitzschlag.

Sonnenbrand

Er kann durch die Verwendung von Lichtschutzmitteln vermieden werden. Bei Rötung der Haut ohne Blasenbildung Einreiben der Haut mit Soventolgelee oder Bepanthenalbe. Stärkere Sonnenbrandschäden reagieren am besten auf Corticosteroidsalbe. Blasen können mit vorher desinfizierter Nadel geöffnet werden, ein Abtragen der Blase ist nicht nötig. Zur Vermeidung von Reibungen durch Kleidungsstücke Einpudern der Haut mit Haut- oder Wundpuder.

Hitzschlag

entsteht durch Wärmestauung im Körper bei zu eng anliegender Kleidung und fehlender Luftbewegung. Die Erste Hilfe besteht im Lagern an einem schattigen und luftigen Ort, schnelle Abkühlung durch Übergießen mit kaltem Wasser, Luftbewegung durch Schwenkung von Tüchern, Abreiben der Haut mit einem rauhen und trockenen Tuch. Treten Krämpfe, sog. Hitzekrämpfe auf, Salzwasser (1 Teelöffel Salz auf ein Glas Wasser) trinken lassen.

Knochenbrüche

sind zu erkennen an Formveränderungen (Achsenknickung, Verkürzung, Verdrehung, Seitenverschiebung), an der gestörten Gebrauchsfähigkeit des betroffenen Gliedes, Anschwellungen durch Bluterguss und an den starken Schmerzen.

Lebensgefahr durch Schock und innere Vergiftungen und eine baldigste Verbringung in ein Krankenhaus ist notwendig.

Verletzungen durch Nesseltiere (Quallen)

rufen nesselfieberartige Hautquaddeln hervor, die sehr schmerzhaft sein können. Die lokale Behandlung mit Corticosteroidsalbe. Bei evtl. Schocksymptomatik unverzüglich ärztliche Behandlung.

Verstauchungen und Verrenkungen

können dieselben Erscheinungen hervorrufen wie ein Knochenbruch. Es ist nicht Sache des Helfers, hier eine Entscheidung zu fällen. Die vorgefundene Lage darf niemals gewaltsam verändert werden. Am besten in der für den Verletzten bequemsten Lage die Verletzung ruhigstellen durch Schienen mit Draht- oder aufblasbaren Plastikschiene oder notfalls mit Stöcken. Bei offenen Knochenbrüchen, d. h. wenn die Haut über dem Bruch eröffnet oder verletzt ist, zuerst die Wunde mit keimfreiem Verband versorgen.



Bei allen Verletzungen der Wirbelsäule besteht die Gefahr der Rückenmarkschädigung mit Lähmungen. Jede Veränderung der Lage und einen Transport nur unter allergrösster Vorsicht vornehmen. Wenn möglich, ärztliche Hilfe am Unfallort abwarten.

Wunden

Jede Wunde ist eine Eintrittspforte für Krankheitskeime. Verbände haben den Zweck, offene Wunden vor weiteren Schäden zu schützen. Deshalb Wunden nur mit keimfreiem Mull abdecken und mit Heftpflaster oder Verband verschliessen. Wunden nicht mit den Fingern berühren, nicht auswaschen. Innerhalb von 6 Stunden in ärztliche Behandlung geben. Kleine Stich-, Schnitt- oder Schürfwunden können notfalls mit Jodersatzmitteln bepinselt und versorgt werden. Wegen der Gefahr einer Tetanusinfektion ist für jeden die vorbeugende Schutzimpfung zu empfehlen.

Weiter soll jeder Tauchunfall, ausschliesslich zur Information und medizinischer Auswertung, der Sachabteilung Tauchmedizin auf dem Fragebogen zur Erfassung von Tauchunfällen mitgeteilt werden.

Haftpflichtschadensfälle

die im Rahmen der Tauchsportversicherung liegen, sind über die VDST-Geschäftsstelle dem Gerling-Konzern anzuzeigen. Sie sind vom Versicherten bzw. seinem Verein auszufüllen und zu unterschreiben, nicht vom Geschädigten. Der Meldung sind die Namen von Zeugen und - soweit erforderlich - eine Skizze beizufügen.

Gerätekunde

Für einen längeren Aufenthalt unter Wasser braucht man entweder Luftzufuhr über einen Schlauch oder eine Luftreserve in Stahlflaschen.

Das Helmtauchgerät

Es erfordert viel Aufwand und wird in der Hauptsache von Berufstauchern verwendet. Es eignet sich für schwere Arbeiten bis 60 m u. U. bis 90 m Tauchtiefe. Die Ausrüstung besteht aus einem einteiligen Anzug aus gummiertem Baumwollstoff mit Kragen und Armmanschetten aus Weichgummi. Schulterstück und Helm halten den Kragen fest und werden mit Schrauben miteinander verbunden. Am Schulterstück werden Brust- und Rückengewicht befestigt. Der Helm hat vergitterte Glasfenster, von denen das vordere abschraubbar ist. Es wird erst kurz vor dem Abstieg geschlossen. Der Luftschlauch besteht aus mehreren Lagen Gummi und Leinen und ist durch eine Drahtspirale verstärkt. Er wird hinten an das Einlassventil am Helm angeschraubt. Auf der rechten Seite des Helms befindet sich ein Auslassventil, das mit der Schläfe oder mit dem Kopf gesteuert werden kann. Es kann auch konstant eingestellt werden. Der Helm hat meist Telefonanschluss. Leibriemen und Messer gehören zur Ausrüstung. Brust- und Rückengewicht werden unter den Beinen zusammengebunden, damit der Helm nicht angehoben wird. Die Sicherheitsleine aus Hanf enthält meist das Telefonkabel. Sie wird um die Taille gebunden und zeigt die Tauchtiefe in 2-Meter-Abständen an.

Die Ausrüstung wiegt ca. 2 Zentner. Der Taucher begibt sich über eine Leiter ins Wasser. Es bildet sich im Helm und im oberen Teil des Anzuges eine Luftblase. Je nach Grösse der Blase (regulierbar durch den Taucher) ändern sich das Eigengewicht und die Standfestigkeit. Die Luftversorgung erfolgt über Pumpen mit mindestens 50 l/min., bei schwerer Arbeit mit 100 l/min. Beim Tieftauchen mit Helmtauchgeräten verwendet man Gasgemische mit Helium und Sauerstoff mit CO₂-Absorber



und teilweisem Kreislauf.

Inbetriebnahme des Sauerstoffgerätes

Der Atembeutel muss mit O_2 gefüllt werden. Es darf nicht mit Stickstoff aus der Luft oder aus den Geweben verdünnt sein, sonst wird der Taucher nicht durch das Zusammenfallen des Atembeutels auf den Sauerstoffmangel aufmerksam.

Der Beutel muss vor Inbetriebnahme leergeatmet werden. Man füllt ihn dann aus der Flasche mit O_2 , atmet aus und setzt das Mundstück ein. Nach zwei Minuten noch einmal dasselbe, weil inzwischen Stickstoff aus dem Körper in den Beutel ausgeschieden wurde. Erst dann darf abgetaucht werden. Dringt Wasser in die Atemkalkpatrone, z. B. beim Herausnehmen des Mundstücks ohne das Absperrventil zu betätigen, verliert der Atemkalk seine Absorptionsfähigkeit und es besteht die Gefahr der Verätzung der Atemwege. Wird bei einem Tauchgang zwischen durch aufgetaucht und das Mundstück herausgenommen, so muss der Atembeutel, wie oben beschrieben, wieder leergeatmet werden.

Halboffene Mischgasgeräte

Es werden Mischungen von Sauerstoff und Stickstoff, je nach vorgesehener Tauchtiefe, verwendet. Praktisch sind diese Geräte nur im militärischen Bereich im Einsatz. Man verwendet einen höheren O_2 -Anteil als in der atmosphärischen Luft (60/40, 40/60).

Die Zufuhr wird so geregelt, dass nie weniger als 20 % und je nach Arbeitsleistung mehr Sauerstoff zugeführt wird. Überschüssiges Gas entweicht durch ein Überdruckventil im Atembeutel.

Diese Geräte haben ebenfalls Tiefenbegrenzungen. Bei längeren Tauchgängen sind Austauschzeiten erforderlich. Die Mischung wird entweder vor Beginn des Tauchganges hergestellt oder bei neuen Konstruktionen automatisch durch druckgesteuerten Zufluss aus einer Pressluftflasche und einer Sauerstoffflasche. Der Sauerstoff fließt konstant, Pressluft wird mit zunehmender Tiefe immer mehr.

Es gibt auch Helmtauchgeräte mit Mischgas.

Mit Mischgasgeräten mit Helium ist das Aufsuchen sehr grosser Tiefen möglich. Wegen der hohen Kosten sind diese Geräte praktisch nur für wissenschaftliche und kommerzielle Zwecke.

Hookah oder Nargileh

Diese Geräte bestehen aus Luftschlauch, Lungenautomat und Mundstück. Sie haben einen wesentlich geringeren Luftverbrauch, eine einfachere Konstruktion und sind sehr beweglich. Beim Taucher befindet sich kein Luftvorrat. Eine Kombination mit einem normalen Schwimmtauchgerät ist sicherer.

Freitauchgeräte

So bezeichnet man oberflächenunabhängige Tauchgeräte.

Das Kreislaufgerät (Sauerstoffgerät)

Es arbeitet blasenfrei und eignet sich vor allem für militärische Zwecke, Für Sporttaucher verboten. Das Gerät besteht aus einer oder zwei Sauerstoffflaschen. Sauerstoff wird dem Taucher über einen Atembeutel zugeführt. Die Ausatemluft, die noch 95 % O₂ enthält, wird in einer Atemkalkpatrone vom CO₂ gereinigt und mit frischem O₂ vermischt. Es gibt keine Blasen, kein Sauerstoff geht verloren und das Gerät hat eine lange Gebrauchsdauer.

Konstruktionen und Funktionen des Kreislaufgerätes

Die einfachste Art ist mit Pendelatmung. Es hat eine starke CO₂-Absorption, dadurch aber einen vergrößerten Totraum. Andere Modelle haben zwei Faltenschläuche. Die Einatemluft wird direkt aus dem Atembeutel entnommen, die Ausatemluft wird über eine Alkalipatrone in den Atembeutel geleitet. Der Atembeutel wird auch die Gegenlunge bezeichnet. Der darin enthaltene Sauerstoff wird durch den Wasserdruck auf den jeweiligen Atemdruck gebracht. Es strömt immer etwas O₂ zu. Der Zufluss ist steuerbar. (Zum Abtauchen und bei schwerer Arbeit durch ein Zusatzventil)

In neueren Modellen wird der O₂-Zustrom über eine auf der Brust liegende Palette durch die Atmung gesteuert. Die Sauerstoffflaschen sind kleiner als die Pressluftflaschen und haben eine Gebrauchsdauer von mehreren Stunden.

Die praktische Einsatzgrenze beträgt 10 m. Durch den hohen Partialdruck



besteht die Gefahr der Sauerstoffvergiftung, jedoch ab 7 m.

Das offene Gerät (Pressluftgerät)

Dieses Gerät findet in der Sporttaucherei seine hauptsächlichliche Verwendung.

Es besteht aus Druckluftflaschen, Lungenautomat mit Druckminderer und Mundstück oder Vollgesichtsmaske. Die Ausatemluft wird über ein Ventil ins Wasser abgeblasen.

Der wichtigste Bestandteil des offenen Gerätes ist der Lungenautomat.

Lungenautomat

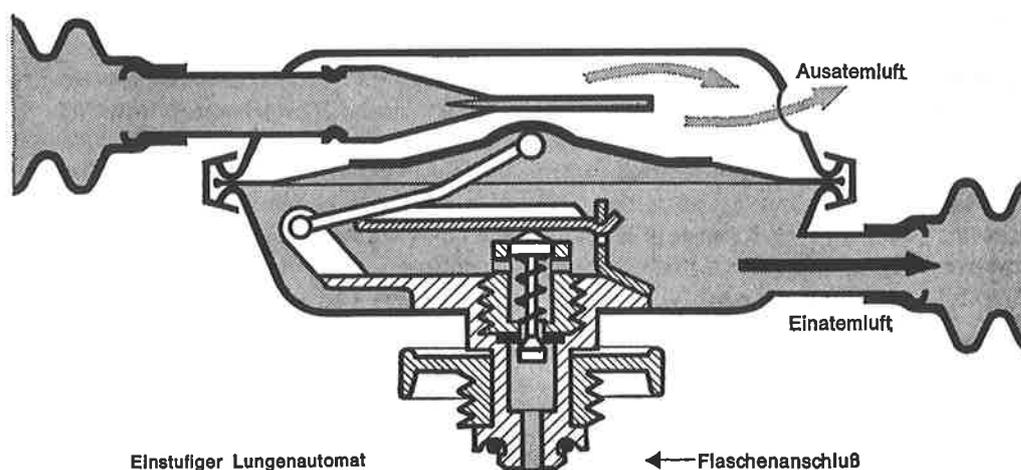
Er besteht im Prinzip aus einem Gehäuse, das durch eine Membran in zwei Kammern geteilt ist. Die eine steht mit dem Wasser, die andere mit den Luftwegen des Tauchers bzw. mit den Pressluftflaschen in Verbindung. Diese Leitung ist durch ein federbelastetes Ventil geschlossen. Nur bei Öffnung des Ventiles kann Pressluft in die Luftkammer einströmen. Beim Abstieg oder beim Einatmen wird der Druck in der Luftkammer vermindert, die Membran wölbt sich und öffnet über einen Stößel oder Hebel das Ventil bis der Druck auf beiden Seiten gleich ist. Dadurch ist der Druck in den Atemwegen immer gleich dem Umgebungsdruck. Es gibt drei Bauarten für das Ventil:

federbelasteter Stößel

Kipphebel

Kipphebel mit einer Düse (Venturi-Prinzip)

Wichtig ist die Stellung des Lungenautomaten zur Lunge.



Einstufiger Lungenautomat

← Flaschenanschluß

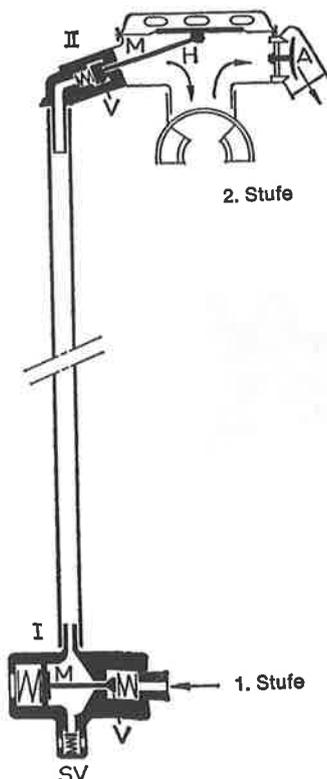
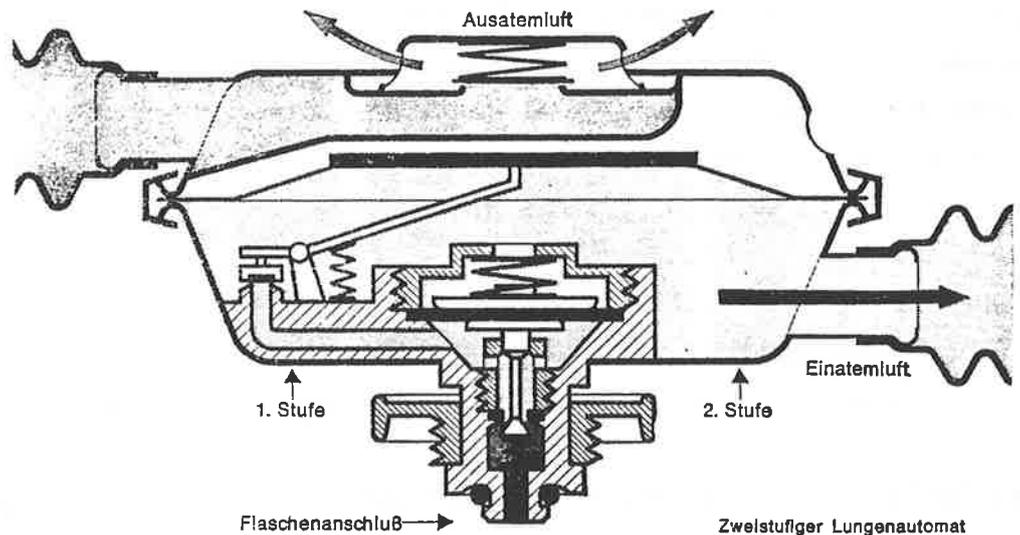


Der Lungenautomat muss mindestens 300 l Luft pro Minute abgeben, bis zu einem Restflaschendruck von ca. 31 bar. Der Einatemwiderstand soll nicht mehr als 150 mmWs, der Ausatemwiderstand nicht mehr als 250 mmWs betragen.

Es gibt Einstufen- und Zweistufenautomaten.

Beim einstufigen wird der Flaschendruck über ein Ventil auf den erforderlichen Atemdruck reduziert. Beim zweistufigen wird der Flaschendruck zunächst auf einen Mitteldruck (je nach Fabrikat zwischen 5 und 9 bar) plus Umgebungsdruck) und dann auf den Atemdruck reduziert.

Einschlauchautomaten sind immer zweistufig, die erste Stufe befindet sich im Druckminderer direkt am Gerät, die zweite im Automaten.



Niederdruckschlauch-Automat: A. Ausatemventil, H. Klipphebel, M. Membran, SV. Sicherheitsventil, V. Ventil, I. Erste Stufe, II. Zweite Stufe

Tauchgerät

Presslufttauchgerät aus TÜV geprüfter Herstellung bis 200 oder 300 bar Fülldruck. Nach deutscher Druckgasvorschrift: Flaschenschulter graue Kennfarbe.

Regelmässige TÜV-Nachprüfung. (Z. Z. alle 2 Jahre, Alu alle 6 Jahre)

DIN Ventil R 5/8 Gewinde oder kombiniertes DIN-INT-Ventil mit Filtereinsatz;

Mono-Flaschen-PTG mit Reserveschaltung und/oder Finimeter.

Flaschenpakete dürfen Reserverluft durch Überströmen regeln. Schlösser an der Bänderung des PTG müssen blind und mit einer Hand - auch mit Handschuh - rasch zu öffnen sein (Schnellabwurf). Der Fülldruck darf nach beendetem Füllvorgang 10 % des zulässigen Fülldrucks überschreiten.

Reserveschaltung:

Die Reserverluftmenge soll 20 %, mindestens aber 250 Liter Luft betragen.

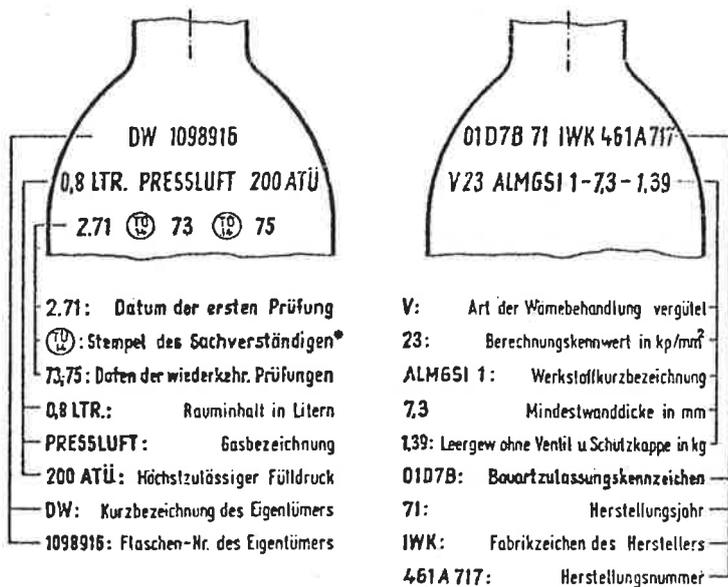
Die jeweilige Schaltstellung soll deutlich erkennbar und leicht erreichbar sein. Sie soll so geschützt sein, dass eine unabsichtliche Betätigung ausgeschlossen ist.

Alle Geräte, bei denen der Taucher ohne Vorwarnung vom Ende des Luftvorrates überrascht werden kann, sollte man nur in geringen Tiefen (bis 5 m) und in klaren Wasser verwenden.

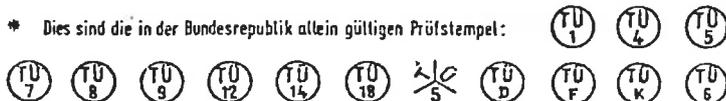
Ansprechschwelle mind. 40 - 50 bar.



Die Kennzeichnung von Taucherflaschen



* Dies sind die in der Bundesrepublik allein gültigen Prüfstempel:



ABC-Grundausrüstung

Sie besteht aus Maske, Schnorchel und Flossen. Sie wird sowohl zum Freitauchen als auch zum Tauchen mit Gerät verwendet.

Die Maske

Am wichtigsten ist ein guter Sitz. Dieser wird geprüft, indem man die Maske ans Gesicht hält und die Luft mit der Nase herauszieht. Haftet sie am Gesicht, so hält sie auch unter Wasser dicht. Normalerweise schliesst ein weicher doppelter Dichtungsrand am besten, bei faltigem Gesicht ein harter einfacher Dichtungsrand.

Zum Freitauchen sind Masken mit möglichst wenig Totraum am günstigsten, beim Gerätetauchen ist ein möglichst grosses Gesichtsfeld von Bedeutung. Jede Maske sollte über einen Nasenerker verfügen, damit man den Druckausgleich durchführen kann.

Auch splitterfreies Glas ist für eine Tauchmaske erforderlich. Masken mit eingebautem Schnorchel eignen sich nicht zum Tauchen.

Der Schnorchel

Der Schnorchel soll 35 - 40 cm lang sein. Ein weiches Mundstück mit festen Beisswarzen und ein hartes Kunststoffrohr mit grossem Durchmesser, ist der einfachste und beste Schnorchel. Er muss bei jedem Gerätetauchgang mitgeführt werden.

Die Flossen

Es sind Flossen mit geschlossenem Schuh zu empfehlen. Die Härte des Blattes richtet sich nach dem Können und der Kondition des Tauchers. Sie sollen aus Gummi, nicht aus Kunststoff sein. Kräftige Versteifungswülste an der Seite geben der Flosse auch eine gewisse Seitenstabilität.



Die Flosse sollte beim Probieren keinen Punktschmerz verursachen.
Wird auch mit Füsslingen getaucht, sollte man sich zwei Paar Flossen
zulegen. Schwimmende Flossen gehen nicht so leicht verloren.

Zusatzgeräte

Tauchermesser

Das Tauchermesser ist mehr Werkzeug denn Messer. Das ist auch der Grund dafür, weshalb die stabilste Klinge genau die richtig ist. Das technisch perfekte Tauchmesser aus geschmiedetem, rostfreiem Stahl gibt es leider nicht. Suchen wir uns deshalb aus dem beistehenden Angebot das brauchbarste aus. Ein Messer ist so stabil, wie seine schwächste Stelle stark ist. Achten Sie also auf den Querschnitt bei der Übergangsstelle von der Klinge zum Heft. Die Befestigung am Bleigürtel ist unzweckmässig. Deshalb sollten Messer mit einer am Unterschenkel zu befestigenden Beinscheide gekauft werden (Rechtshänder rechtes Bein, Linkshänder linkes Bein). Die Befestigung sollte zweckmässigerweise an der Innenseite erfolgen, um bei Abwerfen des Bleigurtes ein Hängenbleiben zu vermeiden. Zur Klinge wäre noch zu sagen, dass sie einseitig mit Säge- oder Wellenschliff versehen sein soll. Ausserdem muss immer auf Schnittschärfe geachtet werden. Eine scharfe Klinge kann für den Taucher bei einer evtl. Befreiung aus Fischernetzen lebenswichtig sein. - Überschätzen Sie die Einsatzfähigkeit eines Messers als Brecheisen auch bei der stabilsten Ausführung nicht. - Ferner rosten auch rostfreie Messer zumindest im Salzwasser. Spülen mit Süsswasser nach dem Tauchgang, Trockenreiben und Einfetten gehören deshalb zu den routinemässigen Pflegearbeiten.

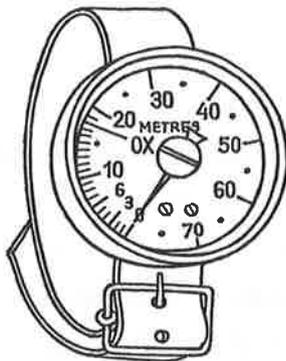
Tiefenmesser

Weil es völlig unmöglich ist, die Tauchtiefe abzuschätzen, benötigt der Taucher einen Tiefenmesser.

Für Wassertiefen bis zu 10 m ist der billigste und einfachste Tiefenmesser, der nach dem Boyle-Mariott'schen Prinzip funktioniert, sehr genau und genügt völlig. Das muss zur Ehrenrettung dieses Typs einmal



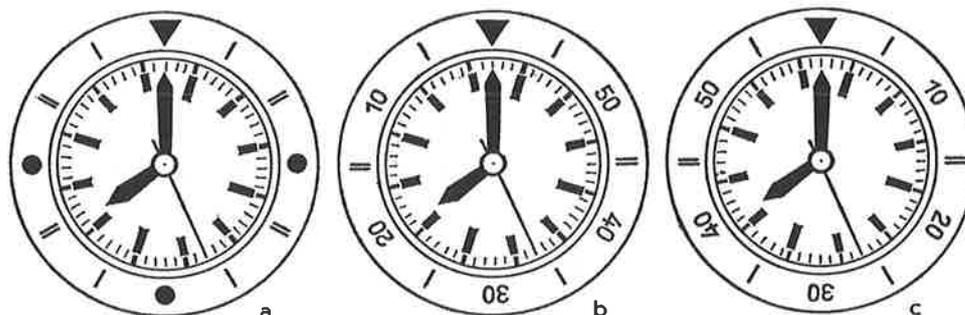
gesagt werden. Die anderen Konstruktionen, die über eine Rohrfeder oder ein Membranesystem anzeigen, nehmen es mit den für die Dekompressionstiefen bedeutungsvollen 3 - 6 m Tiefenbereichen meist nicht allzu genau. Jenseits des Zehnmeterbereiches ist die Anzeige dann zuverlässig. Empfehlung: Gespreizter 3 - 6 m - Bereich.



Nach dem derzeitigen technischen Stand sind Sie mit einem Membranetiefenmesser, dessen Gehäuseboden auf Druck reagiert, am besten bedient. Er ist völlig wartungsfrei, stoßsicher und mittels Nachfüllen oder Auspressen geringster Mengen seiner Paraffinölfüllung nachjustierbar. Von Vorteil ist auch ein Schleppzeiger und Nullpunktverstellung für Bergseen.

Die Taucheruhr

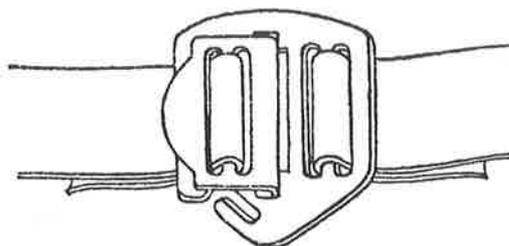
Sie muss nicht nur wasserdicht, sondern druckfest sein. Man sollte hier nicht sparen. Eine automatische Uhr mit 20 bar geprüft, entspricht diesen Anforderungen. Sie soll einen Zeiteinstellring besitzen. Reparaturen sollen nicht vom Uhrmacher, sondern vom Herstellerwerk durchgeführt werden. Krone sollte einschraubbar sein. Ebenso wichtig ist eine Stossfestigkeit.



a. Taucheruhr mit neutralem Tauchzeitenstellung – gegen den Uhrzeigersinn: Tauchzeit ermitteln und einstellen. Ist der große Zeiger auf der Nullmarke: Aus-tauchen oder dekomprimieren –
b. Taucheruhr mit Tauchzeitenstellung im Uhrzeigersinn: Bei Tauch-beginn Nullmarke auf den großen Zeiger einstellen

Gewichtsgürtel

Wer bei diesem Ausrüstungsteil meint sparen zu müssen, indem er sich zum Tauchen einen mit Gewichten versehenen Gurt umbindet und ihn zu-knotet, beschreitet einen relativ sicheren Weg zum Selbstmord. Ein Gewichtsgürtel muss mit blind zu öffnender Schnellabwurfvorrichtung versehen sein. Nur so ist es im Falle eines Notaufstieges möglich, sich schnellstens vom grössten und aufstiegshemmenden Ballast – den Bleigewichten – zu befreien. Damit ist wohl alles gesagt. Die Länge des "nackten" Perlon-, Nylon- oder Leinengurtes soll reichlich bemes-sen sein, denn 4,6 oder 8 kg nachträglich aufgereihte Bleistücke fres-sen viele Zentimeter. Die sehr dekorativen Patroniusgurte aus gelbem Plastikmaterial lassen ihrer einzuschiebenden 250 g – Bleistücke wegen ein genaues Austarieren zu, was aber in der Praxis nicht viel ein-bringt.

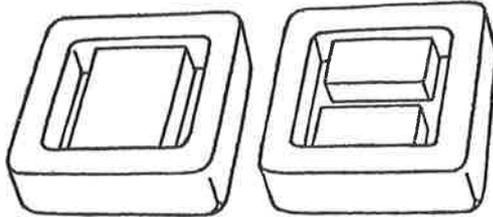


Schnellabwurfvorrichtung



Bleigewichte

Meist werden Bleistücke zwischen 900 bis 1000 g Gewicht angeboten. Das Aufziehen der Gewichte ist meist nur möglich, nachdem ein Teil der Abwurfvorrichtungsschnalle entfernt wird. Man tut gut daran, bei unterschiedlichem Tauchen mit Neopren-Oberteil, Hose oder Kopfhaube neben 4 bis 5 kg - Normalgewicht weitere 4 kg - Gewichte mit Schnellauswechsel-Vorrichtungen anzuschaffen. Weiter ist es zu empfehlen, die Gewichte gelb zu lackieren. So schmutzen sie nicht und sind im Falle eines Notabwurfes später besser aufzufinden.



Bleigewichte mit normalem Steg, links, und mit geteiltem Steg, rechts

Taucherwarnflaggen

Die Taucherwarnflagge - rotes Feld mit weissem Diagonalbalken, als Boje gesetzt - zeigt dem Bootsfahrer an: "Taucher unter Wasser". Leider ist die Bedeutung dieser Flagge vor allem den nicht organisierten Bootsfahrern zu wenig bekannt. Die Wirksamkeit dieser Sicherheitsvorkehrung beim Tauchen ist deshalb fragwürdig. Nach internationalen Reglement ist neuerdings die Flagge "ALFA" als Markierung für Taucher unter Wasser zu setzen.

Unterwasser-Lampen

Eine Unterwasser-Lampe bringt keineswegs Licht in trübe Gewässer. Ganz im Gegenteil: Sie erkennen dann infolge der Reflektion des Lampenstrahls noch weniger. Doch bei Höhlen, klarem Wasser, grossen Tiefen und Nachttauchgängen im Meer ist eine Lampe von grossem Nutzen. Ein starker Scheinwerfer eröffnet Ihnen die ungewöhnliche Farbenpracht unserer schweigenden Welt. Auch hier gilt mein Rat: Kaufen Sie keine Unterwasser-Lämpchen, sondern Scheinwerfer mit mindestens vier Batteriezellen. Ausnahmen gelten für nächtliche Gruppentauchgänge, bei denen - um sich

nicht aus dem Gesichtskreis zu verlieren - kleine Leuchten als Positionsleuchten der Taucher zueinander verwendet werden können.

UW-Prüfdruckmanometer

Der Druckmesser soll bei angelegtem Gerät vom Taucher leicht abzulesen sein.

Am Abgang der Druckmesserleitung soll eine Drosseldüse eingebaut sein, die bei einem Druck von 200 bar nicht mehr als 30 l/min. abströmen lässt. Durch diese Einrichtung wird verhindert, dass bei Bruch der Leitung der Atemluftvorrat rasch abströmt.

Die erforderliche Druckmesserleitung soll gegen Druckbelastungen äußerer mechanischer Beanspruchung eine genügende Festigkeit aufweisen. Der Anzeigebereich des Druckmessers soll von 1 bar bis zu einem Wert, der über 50 % über dem zulässigen maximalen Betriebsdruck liegt, reichen. Die Anzeigengenauigkeit soll innerhalb einer Toleranz von ± 10 bar liegen.

Ein Prüfdruckmesser zur Kontrolle des Flaschenluftvorrates an Land ist notwendig, wenn das bereits vorhandene oder noch anzuschaffende Tauchgerät nicht mit einem festangeschlossenen Manometer versehen ist. Nach Anschrauben des Manometers an Flaschen mit deutschem Anschluss ist nach dem Öffnen des Ventiles ein Zischgeräusch zu hören. Dieses Zischen muss sein und beeinträchtigt die Genauigkeit der Druckanzeige nicht. Nach Schliessen des Ventiles verschwindet das Geräusch und der Zeiger wandert dabei auf 0. Ohne dieses Abblasen liesse sich ein unter Druck stehendes Manometer nicht abschrauben.

Unterwasser-Kompass

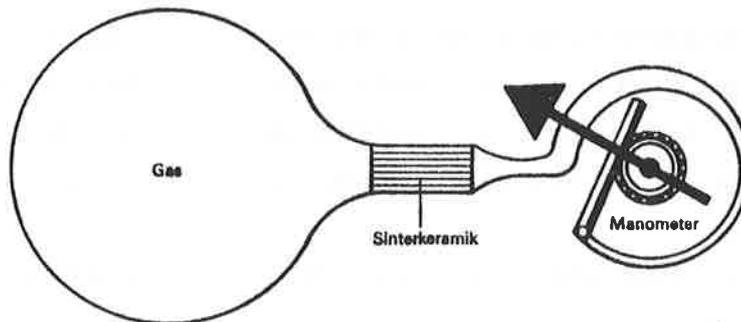
Überschätzen Sie nicht den Gebrauchswert eines Unterwasser-Kompasses, der am Arm getragen wird. Wer es an Land gewohnt ist, mit Kompass und Karte gerüstet, einen angestrebten Zielort sicher zu erreichen, muss unter Wasser und vor allem bei Strömungen, auf Überraschungen gefasst sein. Doch immerhin gibt ein Unterwasser-Kompass bei nächtlichen Tauchgängen, in trüben Gewässern und beim Tauchen unter Eis eine leidlich nützliche Orientierungshilfe ab. Vor allem kann es mit einem



Kompass wohl kaum passieren, dass nach beendetem Tauchgang und Zurückschwimmen unter Wasser an Land oder zum Boot genau in entgegengesetzter Richtung getaucht wird.

Dekompressionsmeter

Ein Dekompressionsmeter ist ein kleiner pneumatischer Analogrechner, in dem die Gassättigung unseres Körpers nachgeahmt wird. Gas in einem flexiblen Plastikbeutel wird durch den Wasserdruck langsam durch ein Stück Sinterkeramik in einen starrwandigen Raum gedrückt. Der Druck in diesem Raum wird mit einem Manometer angezeigt.



Pneumatischer Dekompressionsmeter.

Pneumatischer Dekompressionsmeter

Je länger und tiefer wir tauchen, um so höher steigt der Druck hinter dem Sinterkörper, und das Manometer unterrichtet uns zahlenmässig über die fortschreitende Sättigung unseres Körpers.

Ein Dekompressionsmeter kann die erforderliche Dekompressionszeit dann wesentlich genauer ermitteln, als es mit Tabellen möglich ist, wenn während eines Tauchganges die Tauchtiefe ständig geändert wird. Das geschieht beim Sporttauchen weitaus häufiger als bei beruflichen Einsätzen. Weiter gestattet der Dekompressionsmeter die bequeme Ablesung der noch verbleibenden Restsättigung nach dem Austauchen.

Allerdings können die im Handel befindlichen Dekompressionsmeter nur eine mittlere Halbsättigungszeit für den gesamten menschlichen Körper berücksichtigen.

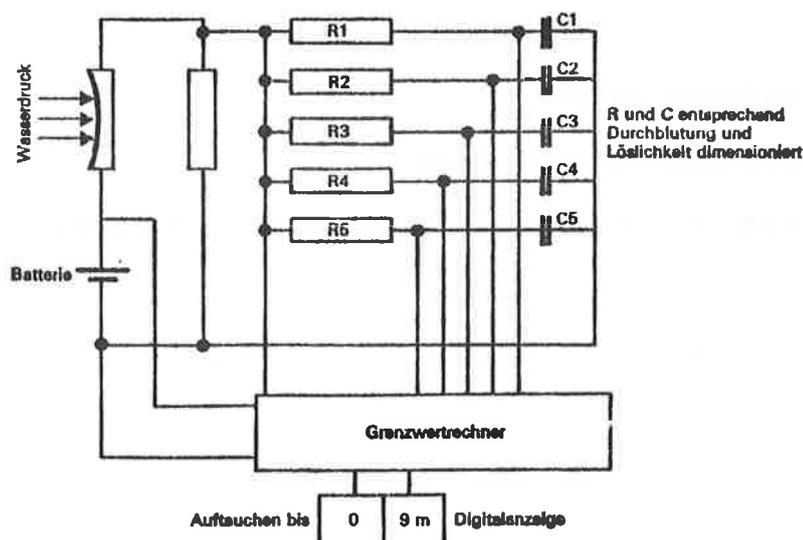
Bei sehr langen Tauchgängen in geringer Tiefe und bei kurzen Tauch-

gängen in sehr grosser Tiefe, stimmen deshalb die Anzeigen der Dekompressionsmeter nicht mehr mit den Werten der Dekompressionstabellen überein, da diese verschiedene lange Halbsättigungszeiten berücksichtigen. Man sollte sich deshalb nicht nur auf den Dekompressionsmeter verlassen.

Ein pneumatischer Dekompressionsmeter ohne diesen Nachteil müsste mehrere Sinterkörper haben, die entsprechend viele verschiedenen grosse starre Räume mit je einem Manometer speisen. Für das Austauchen müsste dann das im Augenblick am höchsten anzeigende Manometer massgebend sein.

Gedanken zu einem elektrischen Dekompressionsmeter

Die Nachteile eines solchen sperrigen (unhandlichen) pneumatischen Dekompressionsmeters mit mehreren Sinterkörpern könnten durch Übergang zu elektrischem Messprinzip ausgeschaltet werden. Der Vorgang von Sättigung und Entsättigung lässt sich nämlich durch Aufladen und Entladung von elektrischen Kondensatoren über Widerstände simulieren. Da diese Bauelemente sehr klein ausgeführt werden könnten, ist eine Nachbildung verschiedener Halbsättigungszeiten und eine Darstellung der augenblicklich vorhandenen maximalen Übersättigung mit Mitteln moderner Mikroelektrik durchaus möglich.



Entwurf eines elektrischen Dekompressionsmeters.



Sicherheits- und Tarierwesten

Damit sind Westen mit dazugehöriger Pressluftflasche, Atemschlauch und nicht etwa sogenannte Rettungskragen mit CO₂-Patronen gemeint. Bei sachgemässer Bedienung bieten Tarierwesten dem Taucher höchste Sicherheit unter Wasser und an der Wasseroberfläche. Bei den in unterschiedlichen Wassertiefen ständig wechselnden Auftriebsbedingungen wird mittels Luftzugabe in die Weste über Atemschlauch oder Luftablasen das hydrostatische Gleichgewicht in jeder Wassertiefe mühelos hergestellt. Bei plötzlichem Versagen des Atemreglers kann über die Weste atmend aus Tiefen bis zu 50 m aufgestiegen werden. Für das Zurücklegen weiter Schwimmstrecken in erschöpftem, bewusstlosem bzw. verletztem Zustand ist der Besitz einer solchen Taucherweste von größtem Nutzen. Deshalb gehören Sicherheitswesten zur Grundausrüstung eines jeden Gerätetauchers.

Rettungs- und Tarierweste

Die Presslufttarierweste soll so beschaffen sein, dass sie

- a.) den Kopf des Sporttauchers in Ohnmacht sicher über Wasser hält,
- b.) nicht nur von Hand über Flasche, sondern zusätzlich mit dem Mund aufgeblasen werden kann,
- c.) die Pressluftflasche soll mindestens 80 NL abgeben (Fülldruck 200 bar),
- d.) mindestens 15 L Volumen fassen,
- e.) mit Überdruckventil ausgerüstet sein,
- f.) eine Notatmung ermöglichen mit automatischem Mundstück,
- g.) ein schnelles Ablassen von Tarierluft zulassen,
- h.) aus weithin sichtbarem signalfarbigem Material,
- i.) mit Signalpfeife versehen sein.



Tauchen unter erschwertem Bedingungen

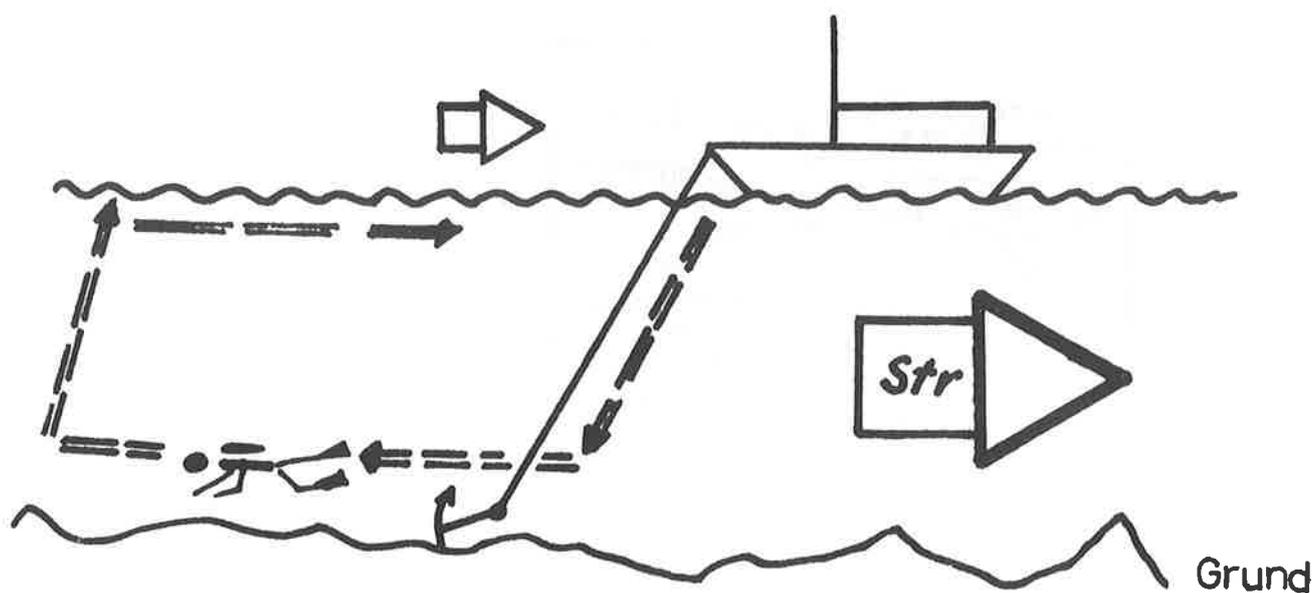
- A. Tauchen bei Strömung
- B. Tauchen bei Nacht
- C. Tauchen unter Eis
- D. Tauchen in Höhlen

A. Strömung

Feststellen der: 1. Strömungsrichtung
2. Strömungsgeschwindigkeit
(grösseren Kräfte- und Luftverbrauch berücksichtigen)

1) Tauchen bei geringer Strömung

Tauchbeginn gegen die Strömung- Rückkehr mit der Strömung

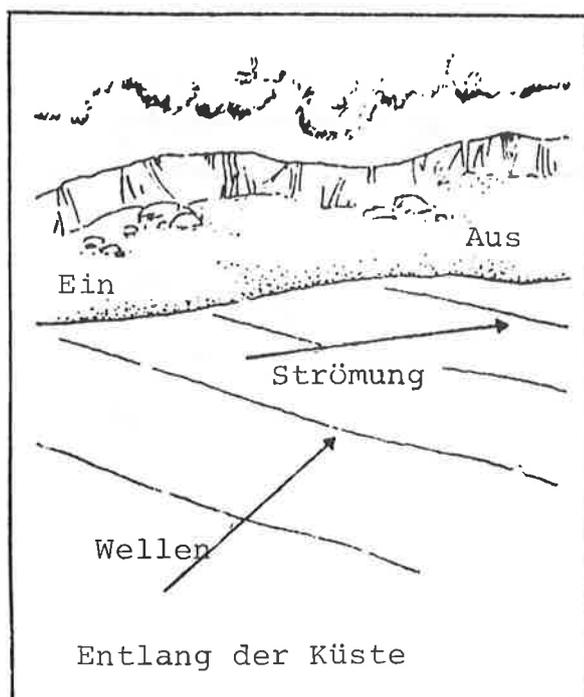
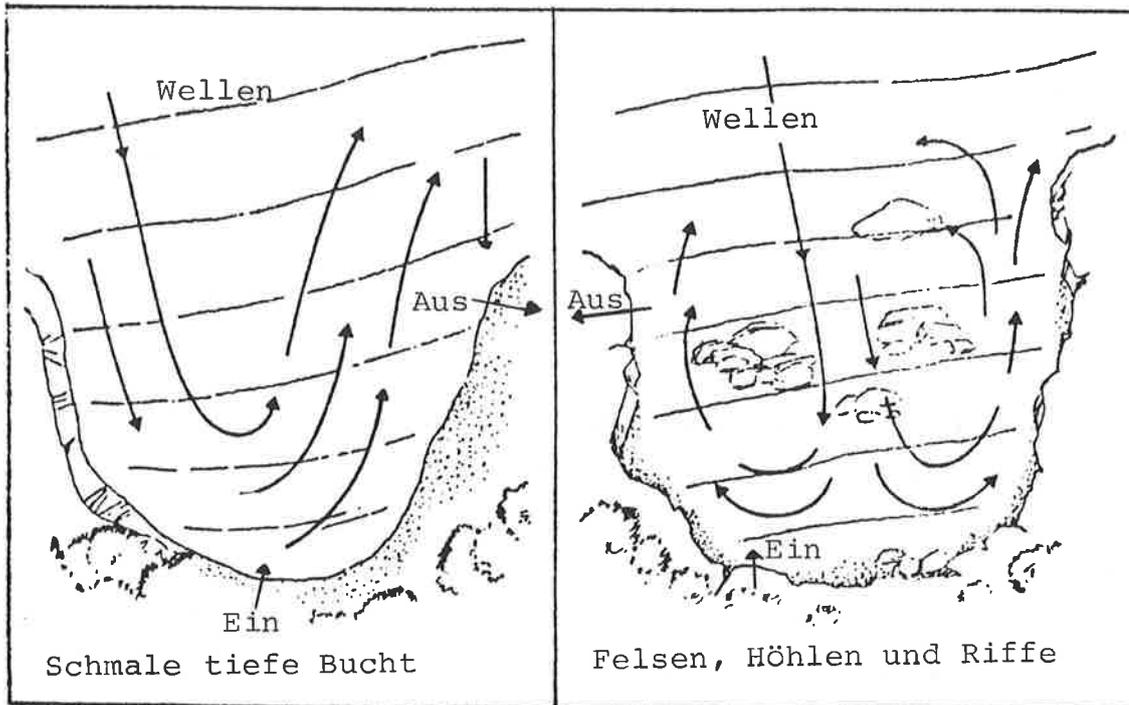




2) Tauchen bei starker Strömung

Von der Strömung treiben lassen
Ein- und Ausstieg von verschiedenen Punkten

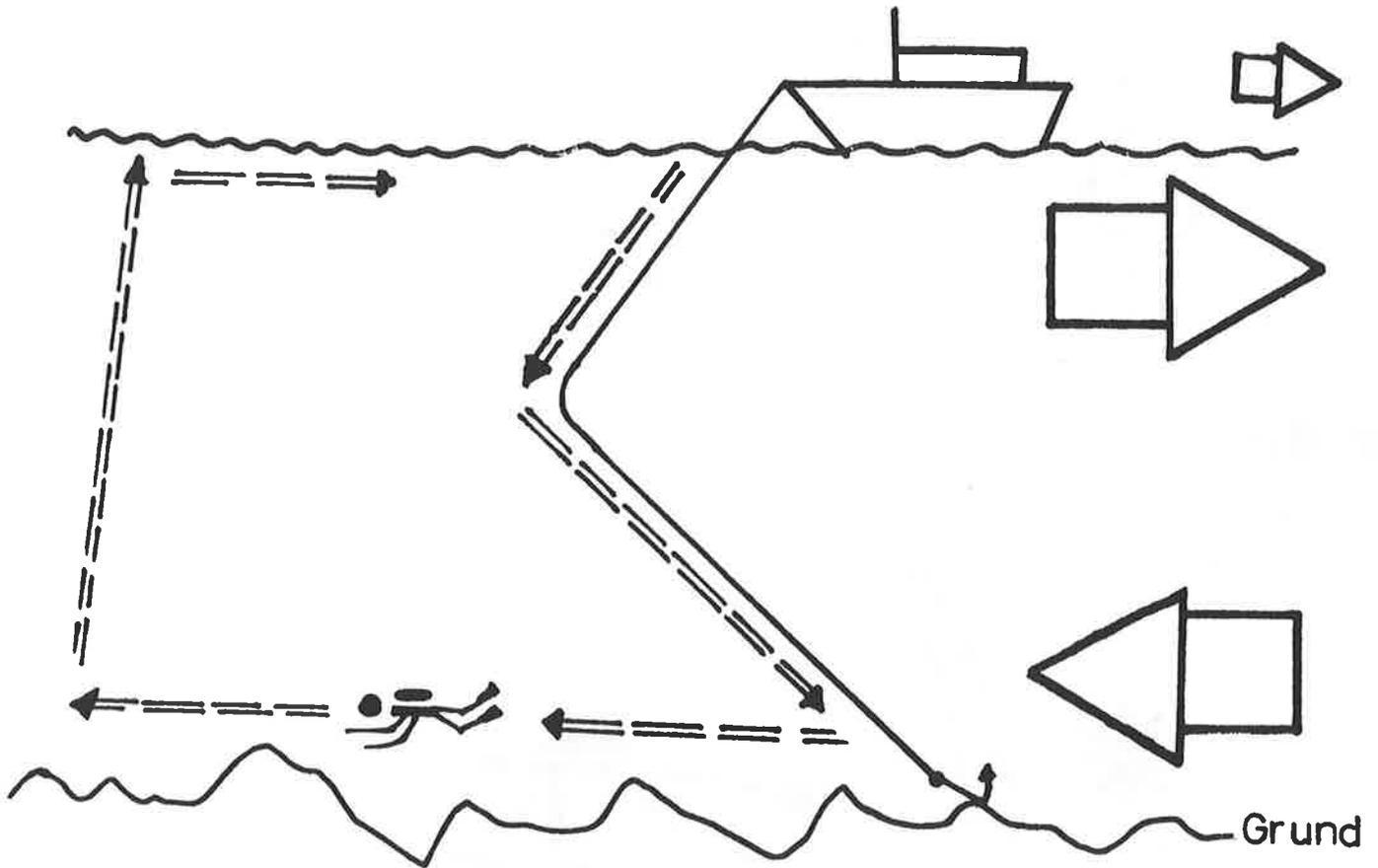
Hier drei Beispiele für starke Strömung:





Wichtig!

Strömung oft nur an der Oberfläche und den ersten Metern, daher
möglichst nicht mit leerem Gerät auftauchen, mit Restluft
Strömung untertauchen. Strömungsschatten von Geländeunebenheiten
unter Wasser ausnützen.



B. Nachtauchen

1. Zusatzbeleuchtung für die Einstiegsstelle
Vom Boot weißes Rundumlicht setzen
2. Zusatzausrüstung für den Taucher (UW-Lampe, Kompass, Buddyleine)
3. Kenntnis des Tauchgebietes, ruhige See, keine Strömung
4. UW-Lichtsignale (Lichtsignale über Wasser bedeuten alle Gefahr)



o.k.



Gefahr

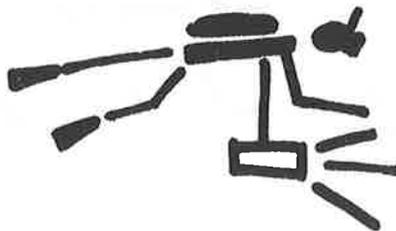
(evtl. Schallgeber bei Nebel)

vom Ufer



Feuer
oder

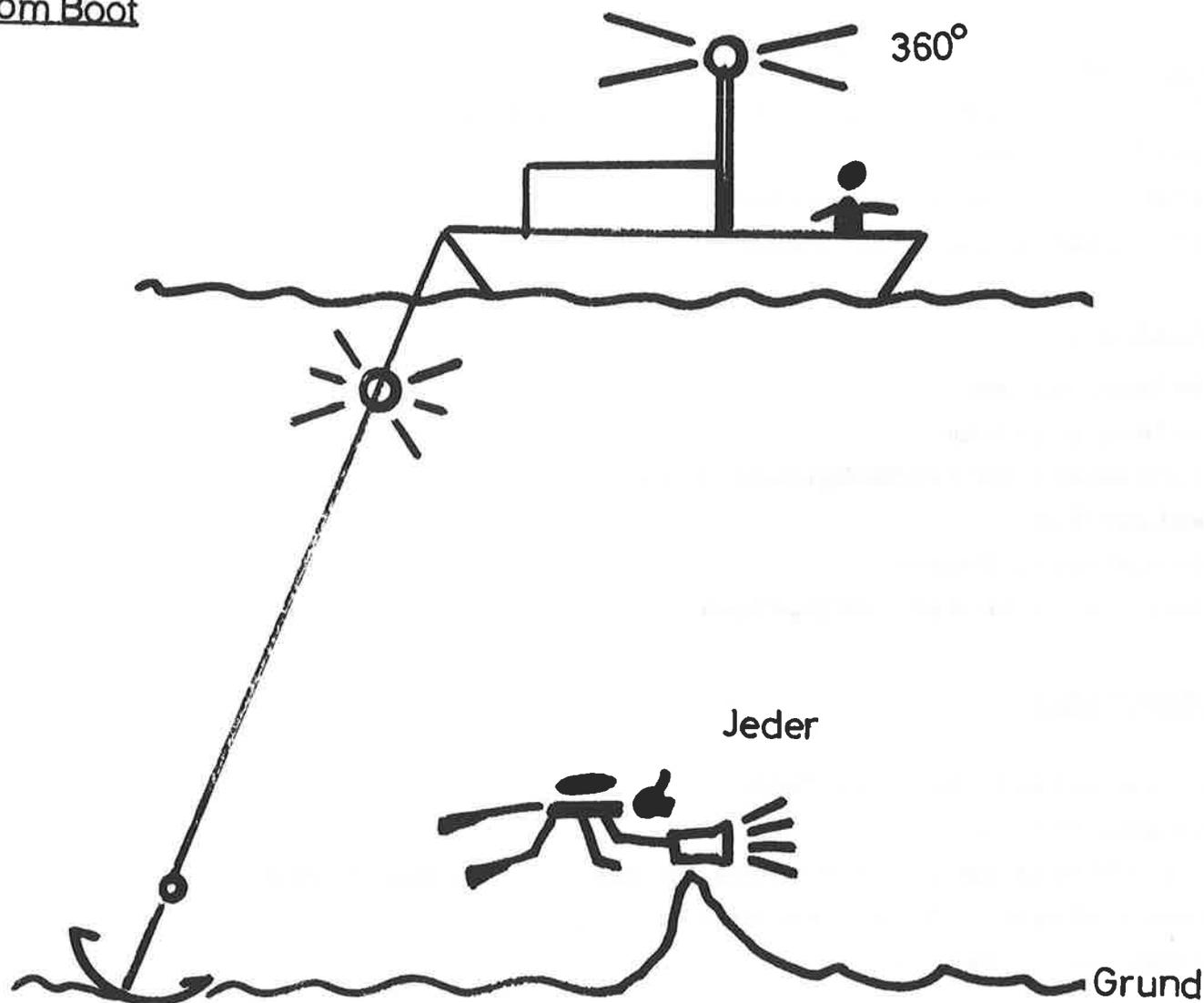
starkes Licht



Jeder



vom Boot



Wichtige Regel: TAUCHE NIE ALLEIN (V B H)

Verwende: UW-lampe, Kompass, (Buddyleine)

Beleuchte: Einstiegsstelle am Boot oder Ufer

Halte bereit: Nach Möglichkeit Schlauchboot oder ähnliches,
Fahrzeug

Tauchgruppe klein halten !



C. Eistauchen

Ausrüstung

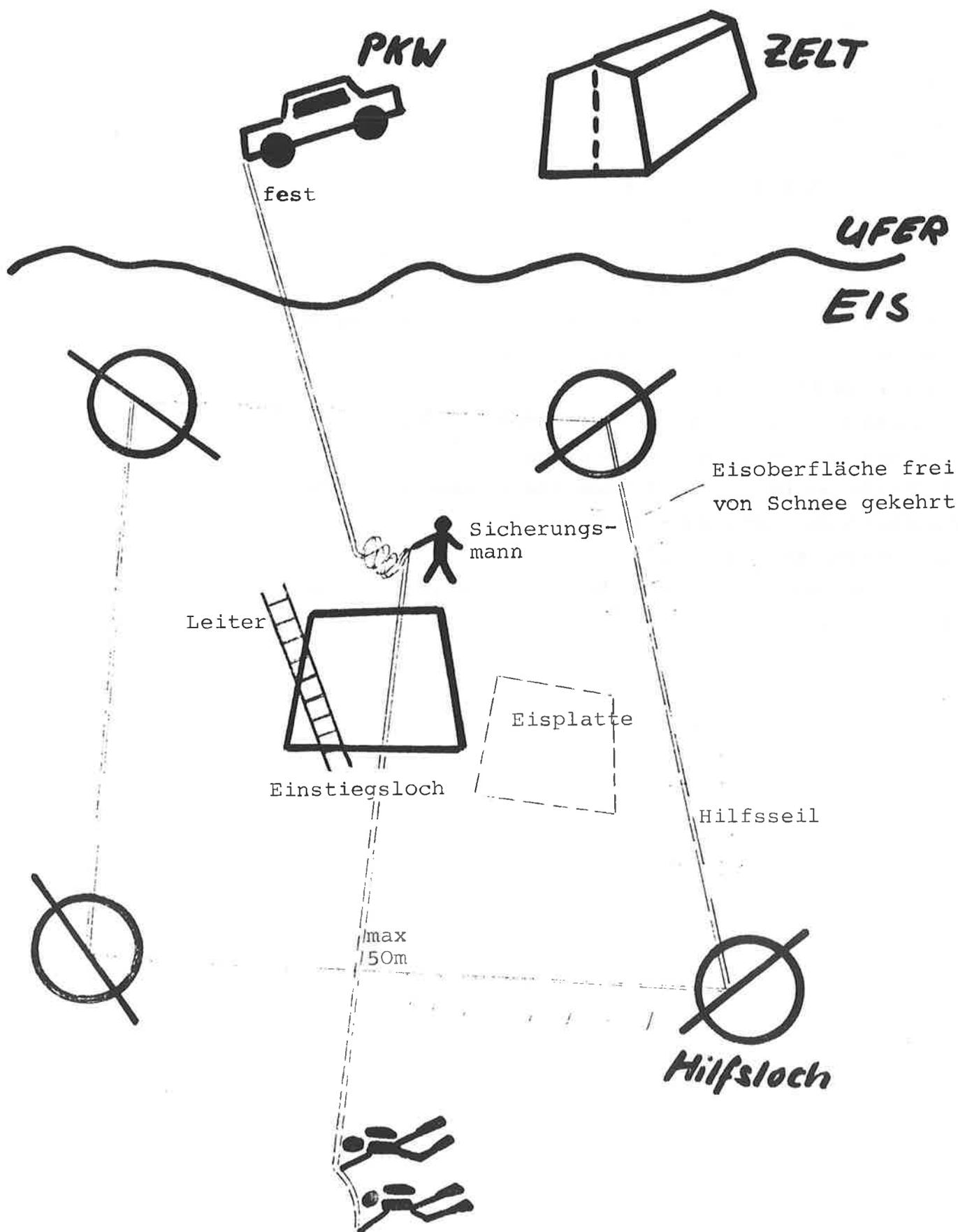
1. Starkes Neopren (7mm) oder Trockentauchanzug
2. Evtl. 2 Automaten
3. Kompass, Messer, Schnorchel
4. Sicherheits-oder Buddyleine

Zusätzlich:

5. Heisses Wasser
6. Heisse Getränke
7. Beheizbare Umkleidemöglichkeiten
8. Wolldecken
9. Spitzhacke, Hammer
10. Brett oder Leiter, Holzpflock

Vorbereitung:

- Haupteinstieg immer am Rand
- Durchmesser ca. 2 m
- Im Halbkreis um das Hauptloch Notausstiegslöcher hacken
- Schnee strahlenförmig wegfegen
- Leiter bereithalten





Einige wichtige Punkte:

1. Gerät und Taucher nach Möglichkeit in beheiztem Raum fertig-
machen, Weg zum Wasser möglichst kurz halten
2. Heisses Wasser in den Anzug
3. Evtl. Automat mit heissem Wasser auftauen
4. Kompasskurs bestimmen
5. Automat (nach Abtauen) in geringer Tiefe testen
6. Gruppe nicht zu groß (3 Personen)
7. Der erste Taucher mit Sicherheitsleine fest verbinden, der
zweite und der dritte Taucher klinken sich mit Karabiner-
hacken am Seil ein.
8. Signale mit Seilführer vereinbaren (nicht zuviele)
1 x zurückziehen, 2 x nachlassen
9. Seilende an Baum oder Pflock festbinden evtl. Pkw
10. Tauchstrecke max. 20 - 25 m
Tauchtiefe max. 10 - 15 m
11. Nach Tauchgang Eisplatten wieder plazieren. Löcher mit
Reisig oder Bretter sichern



D. Höhlentauchen



Sicherheit durch:

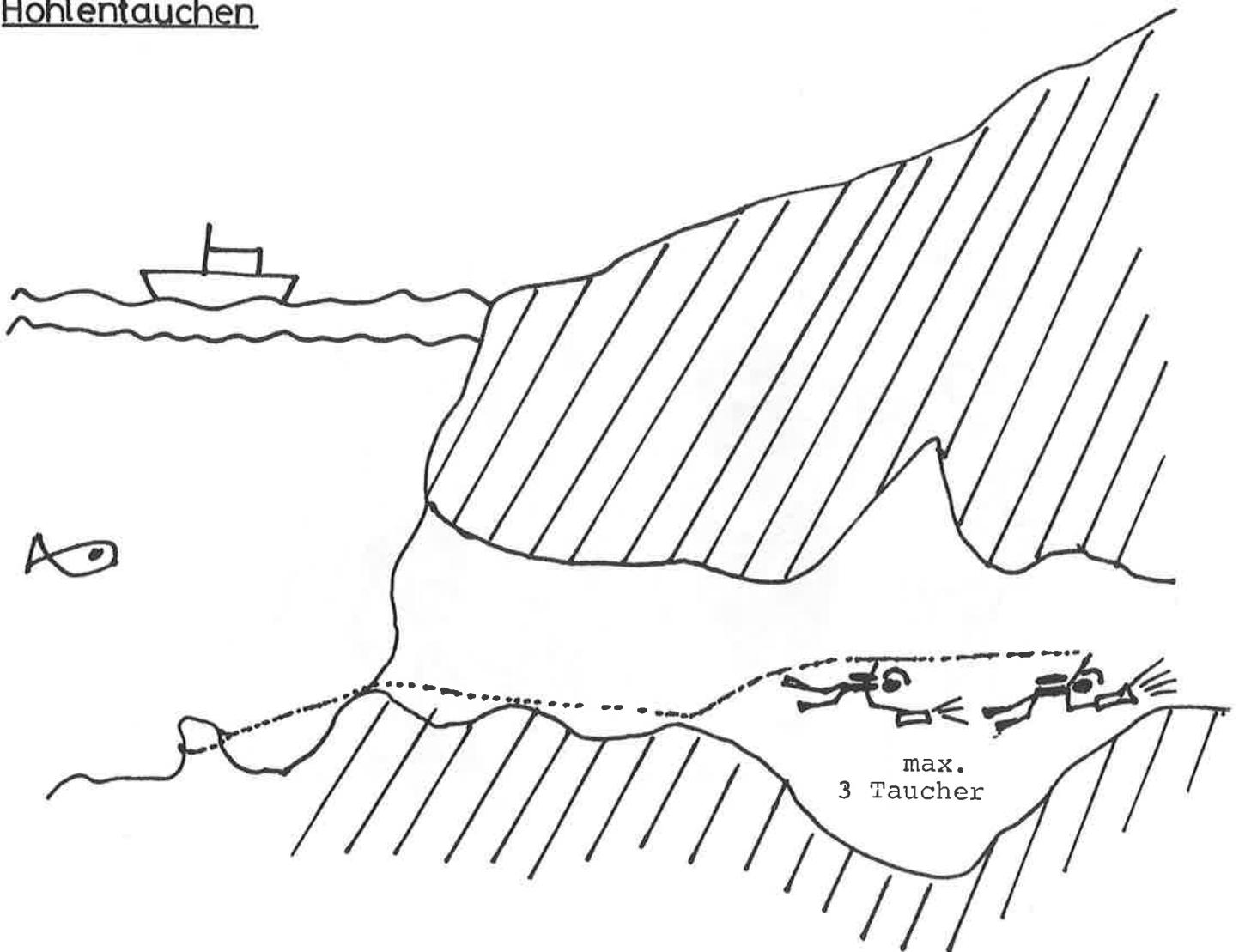
Zuverlässige Ausrüstung

Erfahrene Taucher

Stufenweise Gewöhnung an Höhlen



Höhlentauchen



Ausrüstung:

1. Getrennte Luftsysteme (mind. 2)
2. 3-fache Luftmenge
3. 3-fache Lichtdauer
4. 2 getrennte Lichtsysteme
5. Helm-Messer-Zange (Seitenschneider)
6. Ersatzteile
7. Proviant (traubenzucker)
8. Nichtschwimmende Sicherungsleine (Kabel)



Unterwasserzeichen



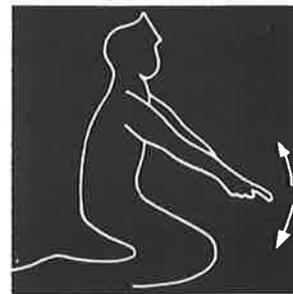
Ich!



Du oder da



da- und langsam
bewegen wenn es
sich um Gegen-
stände handelt



Versammeln oder
Zusammenkommen.



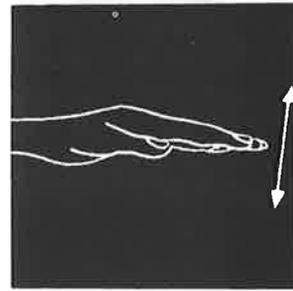
Halt
oder Achtung



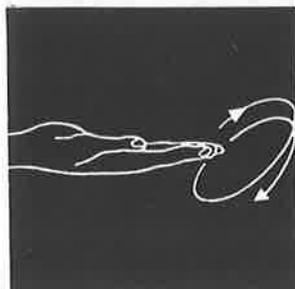
Diese Richtung



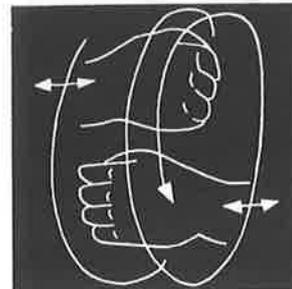
Nein



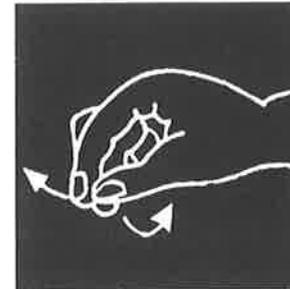
Langsam



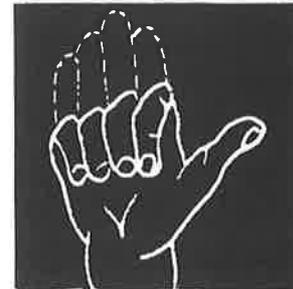
Schnell



Anbinden
oder
Festmachen



Nicht
verstanden



Druckausgleich



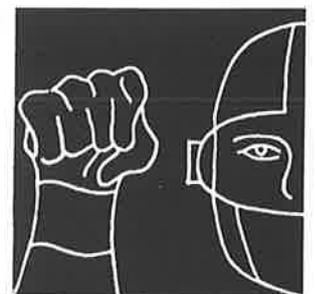
Alles in Ordnung
oder
Ist alles in Ord-
nung



Ich tauche auf
oder
Taucht auf



Ich tauche ab
oder
Taucht ab



Ich habe meine
Reserve geöffnet



Ich kann meine
Reserve nicht
öffnen oder
Öffnet meine
Reserve



Irgendetwas
stimmt nicht



Schwindel

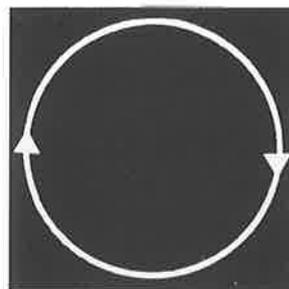


Notzustand an
der Oberfläche

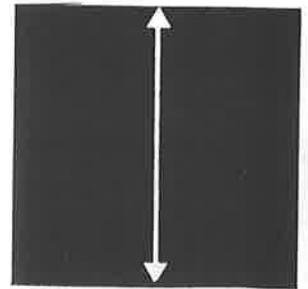


Ich habe keine
Luft mehr

NACHT - TAUCHSIGNALE



Alles in Ordnung



Irgendetwas
stimmt nicht

Stichworte

Adapter

im Tauchsport gebräuchlich für Zwischenstück, das eine feste und dichte Verbindung zwischen den in der Bundesrepublik vorgeschriebenen Presstluftflaschenventilen und sog. "internationalen Anschlüssen" (Bügelanschluss) ermöglicht, oder umgekehrt von Int-Anschluss auf DIN-Anschluss.

Alveole

Lungenbläschen, funktionell wichtigster Teil der Lunge, in dem der Gasaustausch stattfindet.

Ansprungwiderstand

Druckdifferenz, die zum Öffnen des atmungsgesteuerten Einlassventils im Lungenautomaten überwunden werden muss.

Atembeutel

Flexibler Behälter als "Gegenlunge" bei Atemgeräten mit Ganz- oder Teilrückatmung (z. B. Sauerstoffgeräten).

Atemgas

Sauerstoff, rein oder in variabler, für die Sauerstoffversorgung des Körpers geeigneter Mischung mit Inertgasen.

Atemfrequenz

Eine gleichmässige Folge von Atemzügen (normal in Ruhe 16 Atemzüge pro Minute).



Atemkalk

Chemikalie zum Binden von Kohlendioxid bei Atemgeräten mit Ganz- oder Teilrückatmung, z. B. Sauerstoffgeräten.

Atemluft

Atmosphärische Luft normaler Zusammensetzung, auch in komprimierter Form, möglichst ohne Verunreinigungen.

Atemminutenvolumen

Atemvolumen in Litern pro Minute bei 1 bar Druck.

Atemspende

Methode zur Wiederbelebung bei Atemstillstand.

Atemvolumen

Das Volumen, das bei jedem Atemzug ein- und ausgeatmet wird.

Atemwiderstand

Erforderliche Druckdifferenz bei Lungenautomaten, um den Ein- bzw. Ausatemstrom aufrechtzuerhalten.

Atemzentrum

Im verlängerten Rückenmark gelegenes selbständiges Regulationsorgan, das Atemrhythmus und Atemvolumen in Abhängigkeit vom Bedarf reguliert. Wichtigster Steuerfaktor ist die Kohlendioxidspannung im Blut.

Ausschleusen

Verlassen eines Raumes mit höherem als Normaldruck über eine Zwischenkammer (Schleuse), die sowohl nach der Seite des höheren Druckes als auch nach der Seite des normalen atmosphärischen Drucks geöffnet werden kann.

Austauchen

In der Taucherei eingeführter Begriff für willentlichen Aufstieg zur Oberfläche unter Einhaltung erforderlicher Austauschpausen zum Zwecke der Dekompression.

Berstdruck

Überdruck, der das Zerreißen von Druckgasbehältern, -leitungen und -armaturen bewirkt.

Blaukommen

Äusseres B.: Unterdruckwirkung auf die Körperoberfläche mit Blaufärbung durch Blutansammlung unter Haut und Schleimhäuten (z. B. bei Helmtauchern).

Inneres B.: Unterdruckwirkung auf die Organe im Brustkorb.

Bourdon'sches Rohr

Bogenförmiges Rohr von Druckmessgeräten, dessen Krümmung sich bei Druckdifferenzen verändert. Diese Veränderung wird auf einen Zeiger übertragen (Druckmesser, Tiefenmesser).

Buddyline

Verbindungsleine zwischen zwei Tauchern, an den Handgelenken befestigt und etwa 1,5 m lang.

Bügelanschluss (Int-Anschluss)

In der Sporttaucherei bei Pressluftatemgeräten viel verwendete Verbindungsarmatur für Hochdruck (nach der Druckgasverordnung in der Bundesrepublik für direkte Verbindungen mit Pressluftflaschenventilen nicht zulässig).

By pass-Ventil

Von Hand zu betätigendes Zusatzventil an Dosierungseinrichtungen unter



Umgehung des Druckminderers.

Caisson

Versenkbarer schwerer Behälter mit offenem Boden für Arbeiten unter Wasser (Taucherglocke). Durch Zufuhr von Druckluft in das Innere bis zum Ausgleich zwischen Innen- und Aussendruck an der Bodenöffnung wird das Eindringen von Wasser verhindert.

Dekompressionsmeter

Gerät mit automatischer Anzeige, ob, in welcher Tiefe, und wie lange Austauschpausen einzulegen sind, um eine Caissonkrankheit zu vermeiden.

Dekompressionskammer

Druckkammer zur Dekompression ausserhalb des Wassers oder zur Behandlung der Caissonkrankheit. Es gibt stationäre und transportable Druckkammern.

Druckkammer

Druckbehälter zur Behandlung der Caissonkrankheit (Dekompressionskammer) oder für Untersuchungen und Versuche unter Überdruck.

Einschleusen

Eintritt in eine Druckkammer oder ein Caisson über eine Schleuse. Einschleusen erfolgt z. B. zum anschliessenden Aufenthalt im Caisson oder zur Behandlung der Caissonkrankheit.

Embolie

Verstopfung von Blutgefässen durch einen Fremdkörper, wie Blutgerinsel oder Gasblase.

Entenschnabelventil

Rückschlagventil in Form von flach aufeinanderliegenden Gummilippen.

Euphorie

Gesteigertes Wohlbefinden, häufig durch Rauschmittel verursacht, beim Tiefenrausch durch Gaseinwirkung unter Druck herbeigeführt.

Eustachische Röhre

Verbindung zwischen Nasen-Rachen-Raum und Mittelohr (Paukenhöhle). Wichtig für den Druckausgleich beim Tauchen.

Finimeter

Früher verwendeter Begriff für Druckmesser zum Ablesen des Vorratsdrucks vom Atemgerät unter Wasser.

Gasaustausch

Diffusionsvorgang der einzelnen Gase bei der Atmung in der Lunge und im Gewebe.

Hämoglobin

Bestandteil der roten Blutkörperchen, das Sauerstoff in loser chemischer Verbindung von der Lunge zu den Körperzellen transportiert und dort bei Bedarf abgibt.

Hyperventilation

Bewusstes oder unbewusstes heftiges Ein- und Ausatmen, ohne dass dafür ein Bedarf vorhanden ist.

Hypoventilation

Unteratmen, d. h. ungenügende Belüftung der Lunge bzw. der Lungenbläschen (Alveolen). Durch unzureichendes Abatmen steigt die CO_2 -Spannung im Blut, die ihrerseits über das Atemzentrum zu vermehrter Atmung anregt, wenn keine krankhafte Störung vorliegt.



Inertgas

Für die Atmung chemisch weitgehend inaktive Gase, die lediglich verdünnend auf die Sauerstoffkonzentration wirken (z. B. die ca. 78 % Stickstoff in der atmosphärischen Luft). Beim experimentellen Tauchen kann z. B. Helium als Inertgas verwendet werden.

Injektor

Strahldüse, die in ihrer Umgebung einen relativen Unterdruck erzeugt. Sie wird bei einigen Lungenautomaten zur Herabsetzung des Atemwiderstandes (nicht Ansprichwiderstandes) bei der Einatmung verwendet.

Kohlensäure

An Wasser gebundenes CO_2 mit der chemischen Formel H_2CO_3 (siehe auch Kohlendioxid).

Kompressor

Gerät zum Verdichten von Gasen.

Kreislaufgerät

Atemgerät mit geschlossenem Kreislauf, bei dem das CO_2 der Ausatemluft in einer Patrone gebunden und der verbrauchte Sauerstoff ergänzt wird.

Lungenautomat

Atmungsgesteuertes Ventil mit folgenden Funktionen:

- a.) Umwandlung eines höheren (z. B. Flaschen-) Drucks auf den Druck der Umgebung.
- b.) Abgabe von Atemgas entsprechend dem nötigen Bedarf
- c.) Ableitung der Ausatemluft.

Membrane (techn.)

Elastische Trennwand zwischen Räumen unterschiedlichen Drucks. Die Bewegung der Membrane kann über Hebel zu Regelvorgängen benutzt werden.

Metalimnion

Sprungschicht, d.h. jene Wasserzone, in der das im Sommer warme Oberflächenwasser mit dem kalten Tiefenwasser zusammentrifft.

Mischgasgerät

Atemgerät, bei dem eine variable, der Tauchtiefe angepasste Atemgas-mischung verwendet wird.

Mitteldruck

Arbeitsdruck oder Zwischendruck bei Lungenautomaten, die den Flaschen-druck in zwei Stufen auf den der Atmung angepassten Druck reduzieren.

Partialdruck

Teildruck eines Gases in einem Gasgemisch entsprechend dem Druck, den es hätte, wenn es das Volumen des gesamten Gemisches allein einnehmen würde. Siehe auch Dalton'sches Gesetz.

Pendelatmung

Ein- und Ausatmung durch das selbe Rohr oder den selben Schlauch. Da beim Einatmen zunächst immer die im Rohr verbliebene Ausatemluft erneut eingeatmet wird, darf ein bestimmtes Pendelvolumen nicht überschritten werden.

Pressdruck

Bei Pressatmung - gegen erhöhten Ausatemwiderstand oder bei gleich-zeitigem Anhalten des Atems - kommt es im Brustkorbraum zum Druckanstieg mit Rückwirkungen auf Herz und Kreislauf.

Prüfdruck

Druck, mit dem Behälter für verdichtete Gase innerhalb vorgeschriebener Fristen amtlich geprüft werden. Der Prüfdruck liegt meistens um 50 % über dem zulässigen Fülldruck.

Rekompression

Erneutes Verbringen unter Druck, z. B. durch Abtauchen oder mittels Druckkammer. Letzere Massnahme ist die wichtigste Behandlungsmethode bei der Caissonkrankheit.

Reserveschaltung

Umschaltvorrichtung an Atemgeräten, die nach Betätigung einen Reserverluftvorrat freigibt. (20 % des zulässigen Fülldrucks)

Stimmritzenkrampf

Verschluss der Stimmritze beim Eindringen von Wasser oder Fremdkörpern in den Kehlkopf oder Panik.

Taucherflagge

Signal für andere Personen, insbesondere Schiffsführer, dass Taucher unter Wasser sind. "Alpha" (blau/weiß)

Tauchplan

Vor dem Tauchen mit Atemgerät aufzustellender Plan, der Dauer und Tiefe der Tauchgänge, den zugehörigen Luftverbrauch und etwa einzuhaltende Dekompressionszeiten festlegt.

Tiefenrausch

Erhebliche Beeinträchtigung der Konzentrations- und Handlungsfähigkeit. "Röhrensehen" Häufig auch Auftreten von Euphorie oder Depression bis zur Panik. Ab 35 m Wassertiefe.

Viskosität

Zähigkeit, bedingt durch die Grösse der inneren Reibung bei Gasen und Flüssigkeiten.

Wasserstoff

Leichtes Inertgas, ergibt in Verbindung mit Sauerstoff hochexplosives Knallgas.

Widerstandswarnung

Hinweis auf zur Neige gehenden Atemluftvorrat durch steigenden Einatemwiderstand.



Seemannschaft

Revierkunde

Ebbe: Das Abfließen des Wassers und das Sinken des Wasserstandes infolge der Gezeiten (Tiden).

Flut: Das Auflaufen des Wassers und das Steigen des Wasserstandes infolge der Gezeiten (Tiden).

Hochwasser: (HW) Der in der Tide erreichte höchste Wasserstand, auch infolge eines Sturmes

Niedrigwasser: (NW) Der in einer Tide erreichte niedrigste Wasserstand.

Seekarten: Die Karte sollte auf den neuesten Stand berichtigt sein. Das letzte amtliche Berichtigungsdatum befindet sich in der Regel an der linken Seite des unteren Kartenrandes. Tiefenangaben in deutschen Seekarten sind in Metern und Dezimetern angegeben. Sie beziehen sich bei neuen Seekarten auf den niedrigsten Wasserstand. Genaue Angaben über Hoch- und Niedrigwasser für einen bestimmten Ort findet man im Tidenkalender (Gültig nur für das Jahr für das er herausgegeben ist) Angaben über Zeichen und Abkürzungen befinden sich in der Seekarte Nr.1.

Die Seemeilenentfernung (1852m) wird am rechten oder linken Kartenrand in der Höhe des Standortes abgelesen.

Seenot

Die üblichen Seenotsignale sollten jedem Taucher bekannt sein, da eine Verpflichtung zur Hilfeleistung besteht, er somit die Zeichen erkennen muß.

Seenotsignale

- Dauerton, Nebelhorn (Pfeife)
- Ankerball + Rechteckflagge
- Orange-Rauch
- Leuchtkugel, Roter Stern
- Heben und Senken der Arme
- Handfackel rot
- SOS (Blink, Funk) ...---...
- "Mayday" (Sprechfunk)
- Flagge NC blaukariert, bl., w., r., 3., bl. quergestreift
- Kanonenschüsse oder Böller
- Flammensignal
- ungewöhnliches Verhalten: Segel bergen (Laken)
Flagge schwenken.

Wurden die Seenotsignale registriert, so werden folgende Zeichen als Antwort gegeben:

Tag: weißes Rauchsignal

Nacht: weiße Sterne (Rakete mit weißem Stern).



Sicherheitsausrüstung eines Sportbootes

- Für jede Person eine ohnmachtsichere Rettungsweste mit Signalpfeife
- Rettungsring mit Wurfleine
- Anker mit Kettenvorläufer und Leine
- Kompaß
- Lenzpumpe
- Eimer
- Ösfaß
- Signalhorn oder Trillerpfeife
- Riemen oder Paddel
- Bootshaken
- Taschenleuchte (frische Batterien)
- Erste Hilfe Kasten
- Feuerlöscher
- Notsignale und Sturmstreichhölzer
- Sicherheitsleine mit Karabinerhaken

(Angaben aus dem Fragenkatalog zum "Amtlichen Sportbootführerschein")

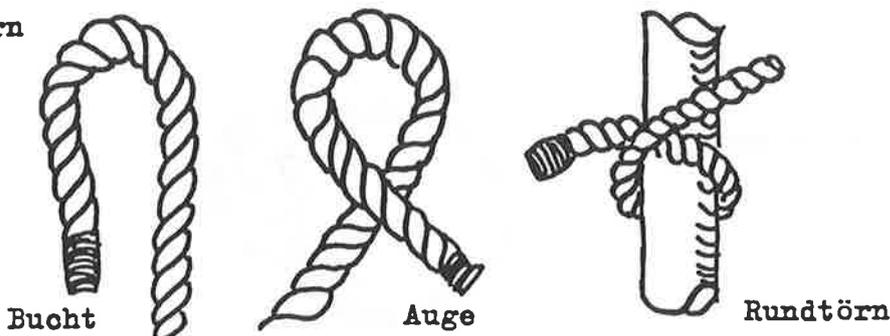
Anmerkung des Verfassers: Sollte zu diesem Zeitpunkt die Resignation des Tauchers Ihren Höhepunkt noch nicht erreicht haben, so hat er gute Chancen die weitere Ausbildung durchzustehen.

Knoten und Steke

Seemännische Knoten müssen drei Anforderungen gerecht werden:

- Einfache und schnelle Herstellung
- Zuverlässiges Halten (Bekneifen unter Last)
- Leichte Lösbarkeit im entlasteten Zustand.

Drei wichtige Elemente dieser Knoten sind das Auge, die Bucht und der Rundtörn



Im folgenden werden die wichtigsten Knoten vorgestellt und ihre Anwendung beschrieben.

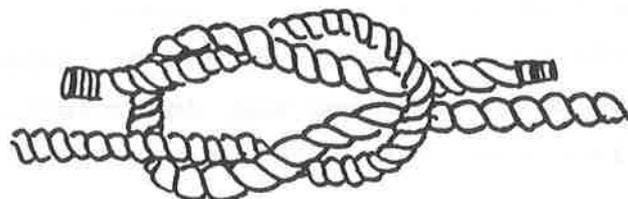
a) Der Achtknoten

Er verhindert das Ausrauschen eines Endes aus einem Block oder einer Leitöse.



b) Der Kreuzknoten

Er dient zum Zusammenstecken zweier gleichstarker Enden.



c) Der einfache Schotstek

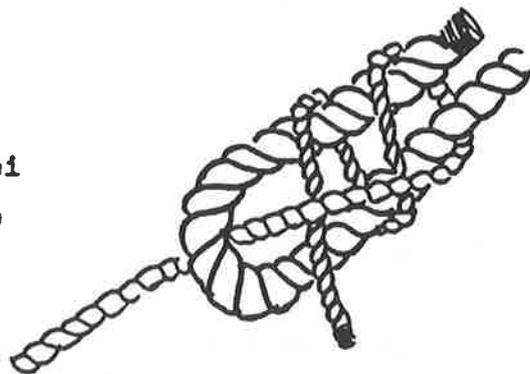
Er dient zum Verbinden zweier verschieden starker Enden.
Er hält nicht zuverlässig wenn er unter stark wechselnder Zugbelastung steht.





d) Der doppelte Schotstek

Er wird zum gleichen Zweck wie der einfache Schotstek verwendet. Man kann ihn gegen unbeabsichtigtes Aufgehen bei wechselndem Zug sichern, indem man die lose Part des dünnen Endes lang stehen läßt und an die stehende Part desselben beizeist (anbindet).



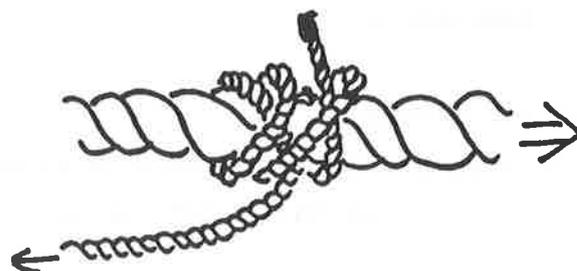
e) Der Palstek

Er dient zur Herstellung eines sich nicht zuziehenden Auges.



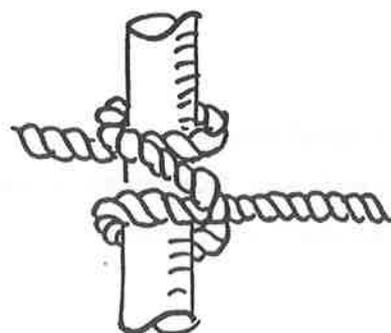
f) Der Stopperstek

Er dient zum Anschlagen eines dünneren Endes an ein laufendes stärkeres Ende zur Übertragung von Zug in gleicher Richtung (Schleppverbindung).



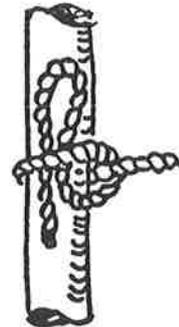
h) Der Webeleinstek

Er dient zum Belegen von Enden an einem Poller oder an einer Spiere und hält nur unter ständigem Zug. Andernfalls sichert man ihn durch einen halben Schlag.

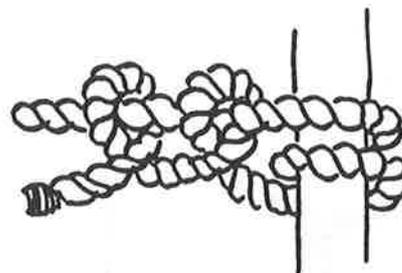


i) Der Slipstek

Er darf zum Beispiel zum Belegen der Schleppleine am Mast einer Joile oder zum kurzfristigen Belegen einer Schot bei starkem Wind verwendet werden, nicht jedoch zum Belegen von Anker- oder Vorleinen bei wechselnder Belastung.



j) Der Rundtörn mit 2 halben Schlägen
Er dient zum Belegen an einer Spiere, einem Ring ö.ä.

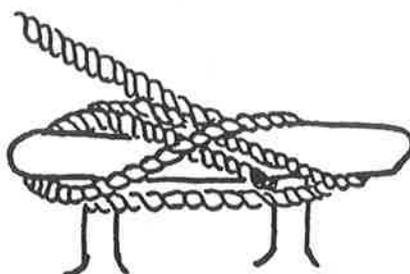


k) Der Roringstek
Er hat die gleiche Anwendungsmöglichkeiten wie der Rundtörn mit 2 halben Schlägen.

Belegen an einer Klampe:

Das Ende auf dem Zug steht darf nicht an der Klampe bekneifen, weil man es sonst weder fieren noch losnehmen kann. Man kommt also erst von hinten mit dem Ende um die Klampe herum und läßt die Parten dann kreuzweise über die Klampe laufen, . Das Ganze wird dann mit einem Kopfschlag so gesichert, daß der Tampen parallel zur letzten kreuzenden Part verläuft.

Man kann zur Sicherung auch einen Slipstek verwenden.



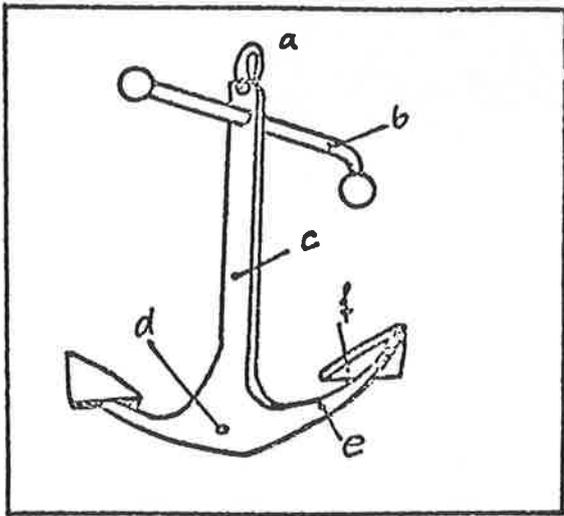


Anker

In den folgenden Abbildungen sind einige der bekannten Ankertypen dargestellt, wobei dem Stockanker nur noch historische Bedeutung zukommt.

<u>Merke:</u> Länge einer Ankerleine	5-fache Wassertiefe
Länge einer Ankerkette	3-fache Wassertiefe

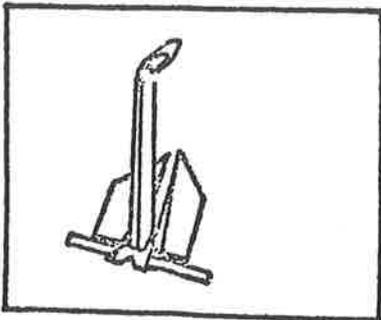
Stockanker



- a) Roring
- b) Stock durch Splint gesichert
- c) Schaft
- d) Kreuz
- e) Arme, Pflugen oder Flunken
- f) Hände

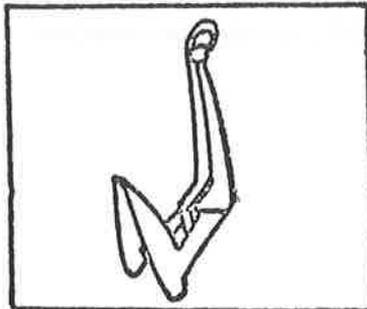
Patentanker (einige Typen)

Danforth-Anker



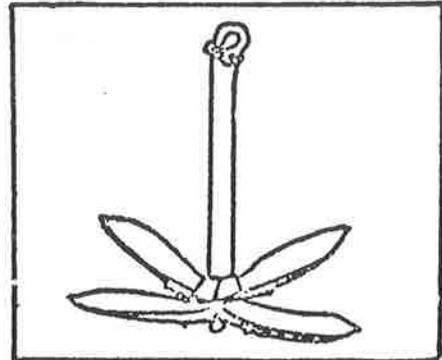
sandiger
weicher Grund
dringt durch
Kraut

Pflugscharanker



große Halte-
kraft
schlecht bei
krautigem Grund

Schirmanker



Universalanker
für kleine Boote

Literaturverzeichnis:

- 1.) Dr. med. O. F. Ehm, "Tauchen noch sicherer"
Albert Müller Verlag Zürich, Stuttgart, Wien, ISBN
3275005775
- 2.) K. Reiser, R. Holzapfel "Rettungstauchen der Wasserwacht",
Herausgeber: Bayrisches Rotes Kreuz
- 3.) Dorn Physik, Oberstufe Ausgabe A
Hermann Schrödel Verlag, Hannover, Berlin, Darmstadt,
Dortmund ISBN
- 4.) D'Ans LAX, "Taschenbuch für Chemiker und Physiker", Band I
Springer Verlag 1967
- 5.) Chr. Gerthsen, H. O. Kneser, "Physik ein Lehrbuch zum
Gebrauch neben Vorlesungen", 10 Auflage
Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New Yourk 1969
- 6.) F. Gerstenbrand, E. Lorenzoni, H. Seemann "Tauchmedizin",
Schlütersche Verlagsanstalt
- 7.) H. Renemann, "Tauchmedizin - Verständlich gemacht"
Neptun Bäckerei
- 8.) Technische und medizinische Richtlinien für das sportliche
Tauchen, Verband Deutscher Sporttaucher e.V.

