



## Zusammenfassung Tauchtheorie





## Allgemeines

### Der Auftritt / Rolle

### Professionalität und vorbildliches Verhalten

### Eigenschaften in meiner Rolle

Ausgezeichnete Tauchfertigkeiten  
 Sicherheit an erster Stelle  
 Verantwortungsbewusstsein  
 Umsichtige Entscheidungen treffen  
 Respekt gegenüber Umwelt  
 Tadellose Ausrüstung  
 Eine gute Kondition  
 Auf dem Laufenden über Entwicklungen & Trends  
 Offen in der Kommunikation Beziehung zu Schüler

### Wichtige Punkte Tauchgangplanung

Wer nimmt Teil (Kenntnisse / Ausbildungsstand /Erfahrung)  
 Beurteilung Tauchbedingungen  
 Gezeiten und Strömungen  
 Sichtverhältnisse  
 Destination (Entlegen oder nahe)  
 Verfahren Anwesenheitskontrolle

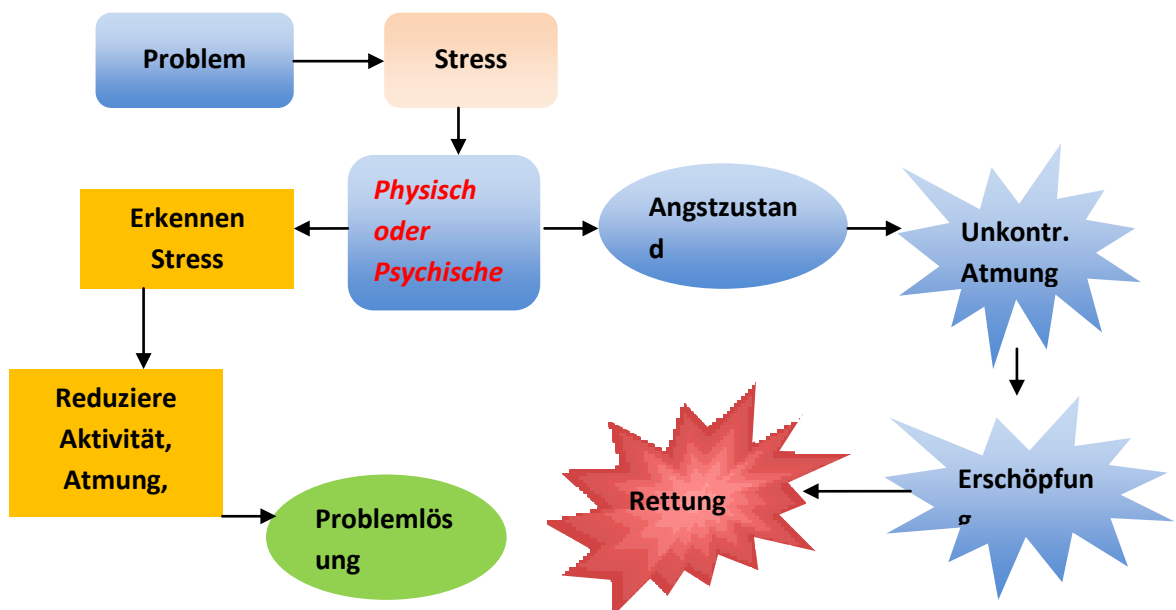
### Allgemeine Aspekte bei Planung

Logistik & Verpflegung  
 Notfallversorgung / Kommunikation  
 Ersatzteile; Ausrüstung und Boot

### Stress vor dem Tauchgang

**Psychischer Stress**      Aufgrund seelischem Druck

**Physischer Stress**      Aufgrund von Erschöpfung





## Allgemeines

---

### **PADI Standards**

**Standards** sind die Grundlage von Padi als Unterrichtssystem um für die Ausbildung kompetenter Taucher Unfälle während und nach der Ausbildung zu Verhindern.

Padi Standards sind damit Kurse pädagogisch wertvoll und weltweit einheitlich sind. Sie unterliegen der Qualitätssicherung

### **Allgemein geltende Standards**

Definition von Ratios

**Padi Member Code of Practice**

Professionelle Verhaltensregeln

und **Youth Leader's Commitment**

Richtlinien für den Umgang mit Kindern

### **Spezifische auf Programm Standards**

Definierte Punkte für die Ausbildung dieses Programms  
Welche Skills und Anforderungen erfüllt sein müssen.

### **Risikomanagement**

Padi Standards verfolgen

Örtliche Vorschriften und Umweltgesetze

Körperliche Fitness

Gesunder Menschenverstand

Eigene Grenzen kennen

**Haftungs- und Risikoübernahme Erklärung** (Formular)  
**Erklärung zum Gesundheitszustand**



## Allgemeines

## Spezielle Fertigkeiten/Aktivitäten

Schwimmkörper, Markierungsbojen und Signalmittel

Anfertigen einer Karte

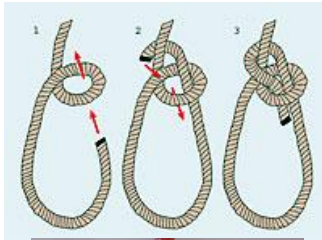
Suchen Bergen

Tieftauchen

Tauchaktivitäten

### Knoten

#### Palstek



#### Schotstek



#### zwei halbe Schläge



#### The Figure 8 Knot



[www.animatedknots.com](http://www.animatedknots.com)

#### Figure 8 Follow Through



[www.animatedknots.com](http://www.animatedknots.com)

#### Clove Hitch tied with the End



[www.animatedknots.com](http://www.animatedknots.com)



## Technik

Flaschen	<p>Musterberechnung Grösse 12 Liter Flasche mit 220 bar gefüllt ist: <b>12x220 = 2640</b> Barliter Atemgas</p> <p>Anschlüsse: <b>DIN</b> = Gewinde am Ventil innenseitig (<b>D</b>eutsches <b>I</b>nstitut f. <b>N</b>ormung) <b>INT</b> = Kein Gewinde am Ventil sondern mit Bügel</p> <p>Druckprüfung: Hydrostatischer Test Alle 3-7 Jahre</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Wird mit Wasser gefüllt und in Wasserwanne zu 5/3 also 166% des Betriebsdrucks erhöht</li><li>- Es wird die Elastizität gemessen (Ausdehnung / Rückbildung)</li></ul> <p>Visuelle Inspektion – Jährlich ist Standard</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Kleber mit Datum verzeichnet</li></ul> <p>Gründe für vorzeitige Inspektion:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Flasche fühlt sich schwer an</li><li>- Hören von losem Material im inneren</li><li>- Feststellen von rötlichem od. grünen Rückständen</li><li>- An über 82°C Hitze ausgesetzt</li><li>- Mehr als 10% über zulässigem Druck</li><li>- Länger als 2 Jahre nicht benutzt</li><li>- Beschädigungen durch äussere Einwirkungen</li><li>- Man sieht Materialermüdungen</li></ul> <p>Metalltypen:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Z.B. USA 3AA = Chrom - Molyptän Legierungen</li><li>- Alu Legierungen z.B. 3 AL; E6498</li></ul>
Ventile	<p>Gewinde (DIN):</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- 5 Gewindegänge für 200 bar zugelassen</li><li>- 7 Gewindegänge für höhere Drücke als 200 bar</li></ul> <p>Bertscheibe:</p> <p>Sicherung im Ventil – Kupferscheibe welche bei mehr als 140% Druck reisst. Ermüdung der Scheibe kann 140% reduzieren</p> <p>Probleme mit Flaschen und Ventile:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Nicht korrekt am Tarierjacket angebracht</li><li>- Nicht in Flaschenhalterung befestigt</li><li>- Blockiertes Ventil (innere Korrosion)</li><li>- Abgenutzter / fehlender O-Ring</li><li>- Geschlossene – Halb-offenes Ventil</li></ul>



Technik

**Unsere Atmung toleriert einen maximalen Druckunterschied von 0,14 bar zwischen Atemluft und Umgebungsdruck. Daher können wir nicht auf 3m unter Wasser durch einen Schlauch atmen**

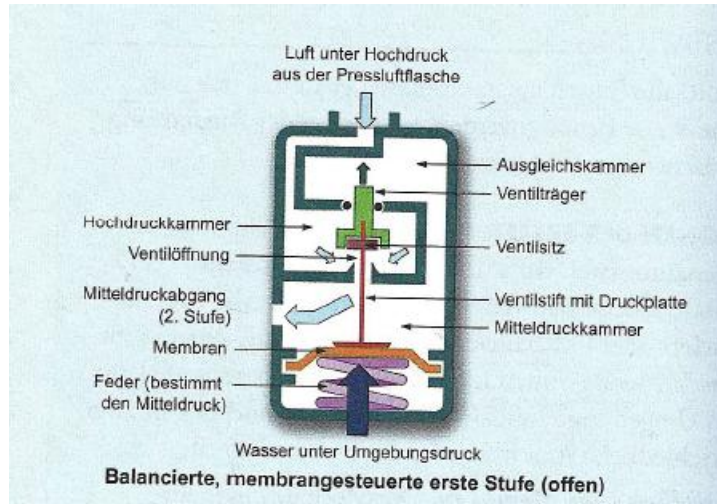
Lungenautomat

Funktion eines Lungenautomaten

**1-Stufe**

Versorgt 2-Stufe bei Mitteldruck der ca. 10-13 bar über Umgebungsdruck liegt

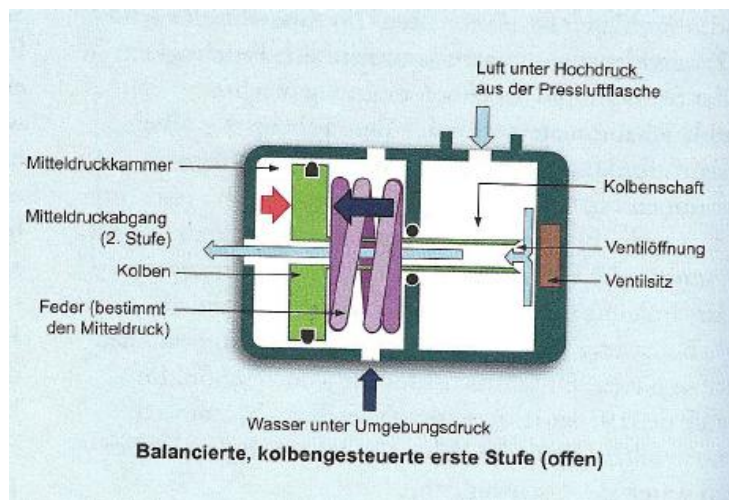
Bauprinzip  
-Membrane



Wenn Gas in 2 Stufe strömt, sinkt Mitteldruck der 1-Stufe. Dieser Druckunterschied bewegt Membrane/Kolben damit wird Ventil geöffnet und Luft strömt.

Solange Druck in der Kammer unter den 10-13bar liegt, fließt Luft von Flasche in die 1-Stufe und von da in die 2-Stufe. (Wenn ich aufhöre zu atmen) Dann steigt Mitteldruck auf 10-13bar und Ventil in 1-Stufe schliesst.

-Kolben Version



**Merke**

Der Umgebungsdruck wirkt ebenso auf Membrane / Kolben der 1-Stufe, so dass auch bei zunehmender Tiefe Mitteldruck 10-13bar zu Umgebungsdruck liegt.



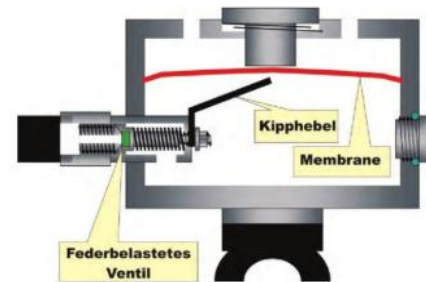
## 2-Stufe

Beim einatmen führt Wasserdruck auf der Membrane der 2-Stufe dazu sich zu biegen und drückt das Downstream-Ventil auf (Downstream = mit Luftstrom)

Gas von 1 Stufe über Mitteldruckschlauch solange man einatmet. Sobald kein einatmen mehr, so schliesst Downstream-Ventil wieder.  
Ausatmung geht über Einweg Ausatemungsventile

### **Optionen 2-Stufe**

Downstream-Ventil  
Pilot-Ventil balanciert / unbalanciert  
Venturi Unterstützung



Downstream Nach „**fail-Safe**“ Prinzip (Versagen-Sicher)  
Falls abblasen, öffnet Downstream und man kann noch weiter atmen

Pilotventile Steuern Kolben in 2-Stufe beim Ein-Ausatmen

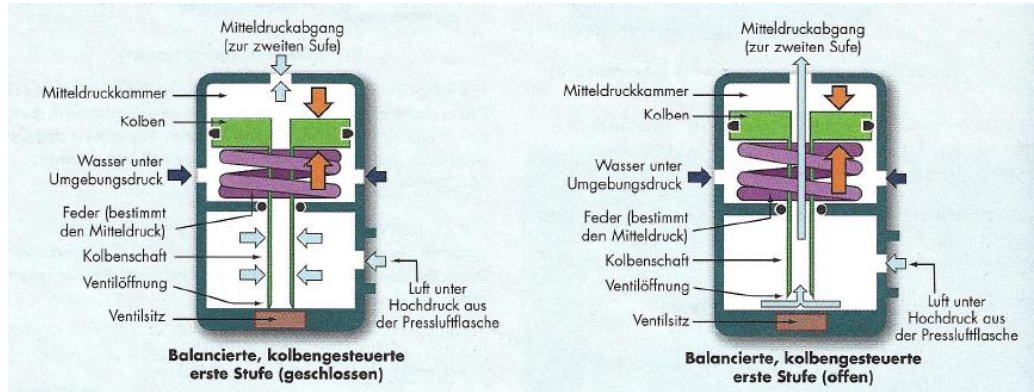
Venturi Effekt Fließendes Gas erzeugt Unterdruck. Dieser bewirkt/unterstützt beim atmen das öffnen der Membrane.  
Nachteil: bläst schneller ab, daher Hebel „Dive / Prediver“



Technik

**Balanciert**

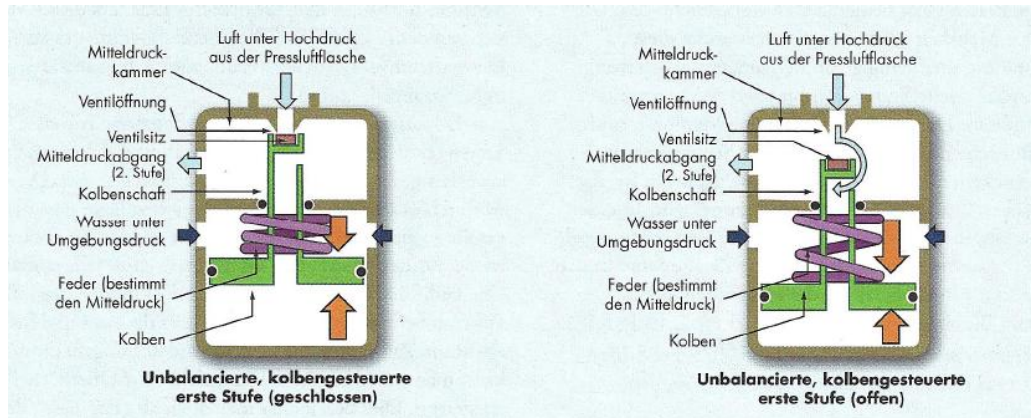
Eliminiert Wirkung des Flaschendrucks auf das Ventil  
Es ermöglicht grössere Gasströmungen. Der Atemwiderstand ist relativ gleichmässig auch bei abnehmendem Flaschendruck!  
(Es existieren auch balancierte 2-Stufen)



Flaschendruck indirekt auf Kolben. Luft aus Flasche kommt um Kolbenschaft und wirkt auf beide Seiten.

**Unbalanciert**

Wirkt Flaschendruck direkt auf die Bewegungsrichtung des Kolbens der 1-Stufe.  
Unterstützt so direkt durch Flaschendruck die Kolbenfunktion. Abnehmender Flaschendruck = abnehmende Unterstützung beim Atmen

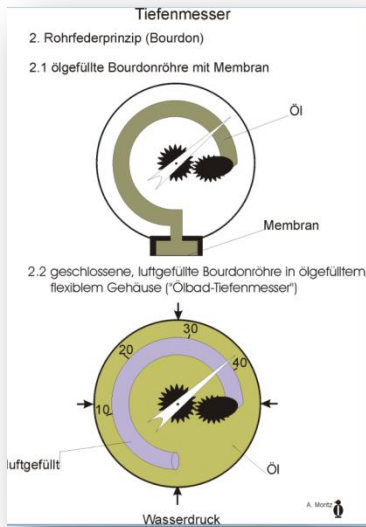




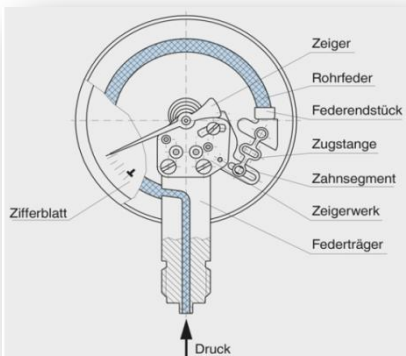
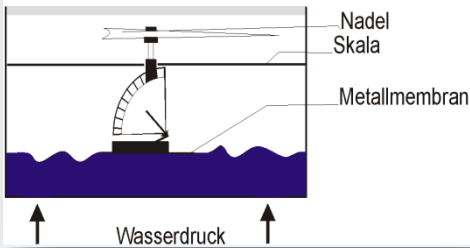


## Technik

### Instrumente



### 3. Membranprinzip



### Tiefenmesser

Gängig ist ein mit Öl umgebenes, Spiralförmiges Bourdon Rohr

Auf das Öl einwirkender Umgebungsdruck streckt die Spirale und zeigt so die Tiefe auf einer Skala an.

Mechanische Tiefenmesser (nur noch selten) wird der Druck auf eine Membrane übertragen die Zusammengesst wird und so die Anzeigenadel bewegt.

### Finimeter

Mechanische – Analoge Finimeter sind mit einer versiegelten, gekrümmten Röhre versehen. Beim Finimeter strömt Flaschendruck in die Röhre, krümmt sich und bewegt so den Zeiger.



## Allgemeines

## Spezielle Fertigkeiten/Aktivitäten

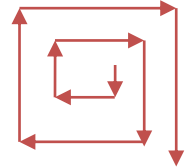
### Suchen / Bergen

- Definiere das Tauchziel „Was haben wir danach erreicht“
- Sammle alle Informationen über Grösse/Objekt/Standort Topographie des Bodens, Gefahren usw.
- Entscheidung ob geschnorchelt oder getaucht
- Wähle Tauchpartner oder Tauchteam
- Komplettes Briefing über Vorgehen und Ziel

### Suchmuster Spiralmuster

#### Objekte in unmittelbarer Umgebung

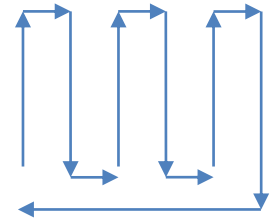
Braucht keine Ausrüstungen  
Flossenzyklenschlag & 90° Drehung



### U-Muster

#### Für grosser Bereich Mittelgrosse Objekte

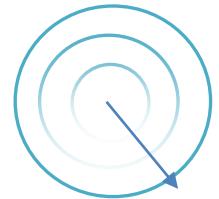
Mit Kompass  
2x 90° jeweils danach  
Flossenschläge



### Kreisförmiges Muster

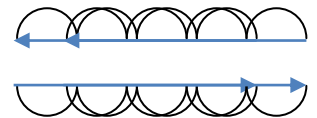
#### Kleine Objekte Über Grund ohne Hindernisse

Mit einer Leine als Mittelpunkt  
Nach einem Rundgang mehr Leine  
Usw.



### Halbkreisförmig

Eine Anpassung des kreisförmigen  
Schmaler aber langer Weg hin  
Taucher wechseln sich ab



### Grundlinien- Suchmuster

Kleine Objekte in grossem Bereich  
Berücksichtig Unebenheiten am Boden  
Zeitaufwändig hoch

Ein Seil muss gespannt werden →





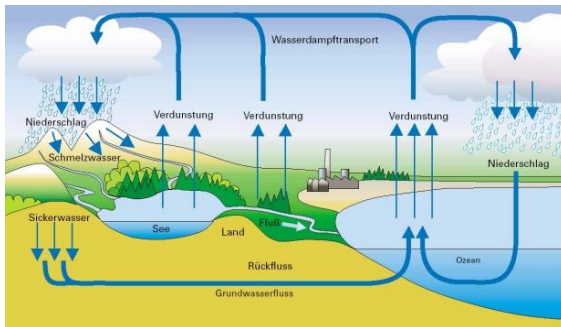
## Die Wasserwelt

(Sie bedeckt 71% der Erdoberfläche)

### Gezeiten und Strömung

Strömung aus Erdrotation sind meist grössere anhaltende Strömungen die niemals nachlassen!  
Sind voraussehbar  
Faustregel: Ins Wasser geht man bei Flut

### Hydrologischer Kreislauf



71% Erdoberfläche mit Wasser bedeckt  
97% davon sind Salzwasser  
Von den restlichen 3% sind 75% gefroren in den Eiskappen

80% der südlichen Halbkugel liegt unter Wasser  
61% der nördlichen Halbkugel liegt unter Wasser

Alle Meere sind tatsächlich miteinander verbunden  
Alle Gewässer inkl. Binnenseen sind durch hydrostatischen Kreislauf miteinander verbunden.

**Die Wasserwelt**

(Sie bedeckt 71% der Erdoberfläche)

**Primärproduktivität**

Ist der Prozess wie Energie in die Nahrungskette eintritt  
Dies erfolgt durch Primärproduzenten wie Organismen die die Energiehaltige Verbindung machen. Anorganische und organische Energie wird umgewandelt

Primärproduktivität entsteht durch Fotosynthese (Umwandlung der Sonnenenergie in die Nahrung)

Die grösste Quelle im Meer ist die Fotosynthese von Phytoplankton  
Hauptsächlich wenige Meter im Salzwasser anzutreffen. Ist auch die wichtigste Quelle der Primärproduktivität

Primärproduzenten bilden die Grundlage aller Nahrungsketten (z.B. Pflanzen)  
Konusmenten (Organismen)

Chemosynthetisierende Organismen

Primärproduzenten in kleinen Ökosystemen  
Verwandeln anorganische-chemische Energie in Kohlenhydrate  
Zentrales vielfältigstes Ökosystem auf der Erde  
Kinderstube für 25% aller bekannten lebenden Arten im Wasser  
Korallenriffe beheimaten ca. 33% aller Fischarten.

**Korallenriffe**

Korallenbleiche Unter Stress stehende Korallen. Sie stellen die Primärproduktion ein  
Dies schreibt man der höheren Kohlendioxidemission zu.  
Mangroven und Seegras sind wichtige Filter die Sedimente abfangen und Erosion verhindern. Abwasser und chemische Substanzen können Toxisch sein oder das natürliche Gleichgewicht stört.

**Feuchtgebiete**

sind hoch produktive Umgebungen für Nahrung und Lebensraum  
Aufrechterhaltung der Wasserqualität

Mangrovenwälder Sind keine bestimmte Pflanze, sondern mehrere Gattungen, die teilweise oder ganz in Salzwasser leben Mangrovenwurzelsysteme stellen Lebensräume für Wirbellose Muscheln, Schwämme, Manteltiere, Hydroiden und Austern sowie Jungfische dar

**Fischfang / Meeresfischerei**

Aus gut verwalteten Fischereien die nur von nachhaltigen Fischfangpraktiken mit wenig Beifang kommen.

**Umweltverschmutzungen**

Organischer Abfall	aus Landwirtschaft
Menschliche Abwässer	z.B wegen Krankheiten (Typhus)
Feste Abfälle	Schwermetalle Chemikalien
Öle	Kraftfahrzeuge etc.
Biologische Magnifikation	Pestizide und Toxide
Plastik	Verpackungen, Netze
Wärme	verursacht Verschmutzung



## Die Wasserwelt

(Sie bedeckt 71% der Erdoberfläche)

### Gebietsfremde Arten



Rotfeuerfisch

#### Invasive Arten

Dorthin transferierte Arten. Haben unter Umständen keine natürlichen Feinde und vermehren sich rasch. Möglicherweise sind sie schädlich für örtliche Wesen und Arten welche damit zerstört werden. Ein Beispiel ist gab es nur im Roten Meer, nun auch als Gebietsfremde Art in der Karibik anzutreffen.

### Reduktion Verletzungsrisiko

#### bei Wasserlebewesen

- Necke und störe Tiere nicht
- Vorsichtig in trübem Wasser
- Trage keine glitzernden Elemente
- Trage Handschuhe
- Neutrale Tarierung, berühre den Grund nicht
- Bewege dich langsam
- Achte darauf, dass nirgends anstösst
- Unvertrautes den Kontakt vermeiden

### Temperatursprungschichten

Trennschicht zwischen einer wärmeren und kälteren Wasserschicht  
Kann ganz abrupt kommen und grössere Temperaturunterschiede ergeben

### Strömungen

Die Erdumdrehung wirkt sich auf die Strömung aus, indem:

- In der nördlichen Halbkugel nach rechts ablenkt
- In der südlichen Halbkugel nach links ablenkt

Daher fliessen in den Hauptmeeresströmungen

- In der nördlichen Halbkugel im Uhrzeigersinn
- In der südlichen Halbkugel im Gegenuhrzeigersinn



Ist eine örtliche Strömung die dann Auftritt, wenn Wellen über ein langes Hindernis wie eine Sandbank oder Riff drücken. Wenn Wasser durch Wellen einwärts gedrückt wird, strömt es normalerweise unter den Wellen wieder zurück. Aber wenn dieser Fluss durch ein Hindernis unterbrochen wird, rauscht das Wasser durch alle verfügbaren Öffnungen zurück ins Meer

### Upwelling und Downwelling

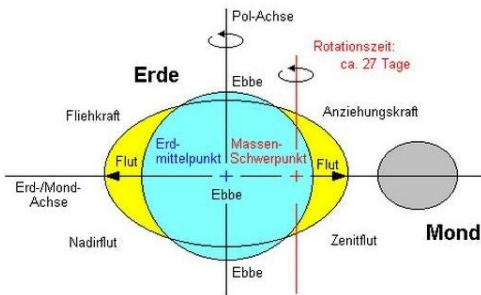
in der Terminologie der Strömung eine „vertikale Bewegung“ des Wassers. Meist auf Wind zurück zu führen.



## Die Wasserwelt

(Sie bedeckt 71% der Erdoberfläche)

### Gezeiten



Entstehen durch die Einwirkung der Anziehungskraft der Sonne und des Mondes. Wenn sich die relativen Positionen der Sonne und des Mondes ändern, dann ändert sich auch die Grösse der Flutberge. Wenn sie annähernd auf einer Linie stehen, dann haben wir die höchsten und niedrigsten Wasserstände, weil sie sich gegenseitig anziehen.

Der „Tidenhub“ ist der Unterschied zwischen dem Scheitelpegel und dem untersten Pegelstand. Gilt als Referenzniveau für HW und NW!

### Wellen

Sind die Auswirkung einer übertragenen Energie. Z.B. Wind. Mehrere Störkräfte können Wellen verursachen. Wind, Erdbeben, Erdbeben, Vulkane, Steinschläge, Schiffe. Die *rücktreibenden Kräfte* bilden den Widerstand und glätten das Wasser wieder.

Sobald die Wassertiefe ca. das 1.3fache der Wellenhöhe beträgt, bremst die Reibung den unteren Teil der Welle so weit ab, dass der Wellenkamm nach vorne abkippt und die Wellenergie als Brecher freisetzt.

Wellen und Tauchen Auf und vom Boot können Wellen zu gefährlichen Situationen führen. Daher beachte:

- Vermeide an Deck mit Flossen zu laufen
- Mit Ausrüstung nicht rumlaufen
- Bitte um Hilfe wenn nötig
- Nach Einstieg vom Boot weg
- Behalte Maske an
- Halte dich an Leiter gut fest
- Flossen ausziehen und an Leiter festhalten
- Ausstieg gut an Leiter halten

**Project AWARE** (Gemeinnützige Gesellschaft) Ist eine Organisation von PADI für den Umweltschutz die sich über neue Bedrohungen der Unterwasserwelt Gedanken machen.

#### Die zehn Tipps

- Tauche vorsichtig
- Achte auf deinen Körper und deine Ausrüstung
- Halte dich auf neustem Stand für deine Tauchfertigkeiten
- Überlege dir deine Handlungen gut
- Verstehe und respektiere das Lebewesen unter Wasser
- Trete als Ökotourist auf
- Respektiere das Kulturerbe unter Wasser
- Melde Veränderungen oder Zerstörungen der Umwelt
- Sei ein Vorbild
- Werde aktiv



## Tauchphysik

---

Wasser

Licht / Wärme / Schall

Wasser /  
Allgemeines

(Licht/Wärme/Schall)

Wasser ist 800x Dichter als Luft

1 Liter Salzwasser = 1.03 kg

1 Liter Süsswasser = 1 kg

Pro 10m Salzwasser = 1 bar/atm

Pro 10,3m Süsswasser = 1 bar/atm

Druckveränderung pro Tiefenmeter

Salzwasser = 0.1 bar pro Meter

Süswasser= 0.097 bar pro Meter (10mSüsw. = 0.97 bar + 1 bar Umgebdr.)

Schall im Wasser 4x schneller als in der Luft

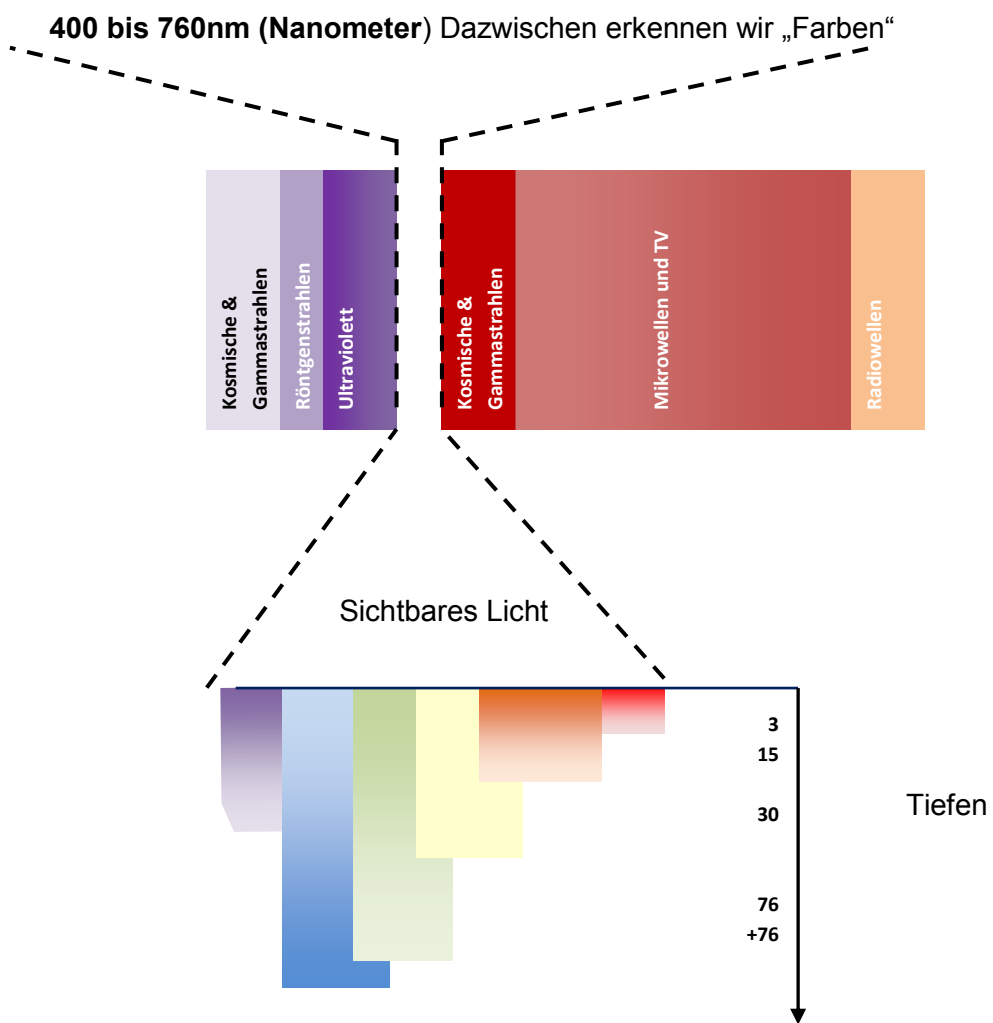
Je dichter die Materie, umso schneller wird Schall geleitet

Ungeschützter Körper verliert im Wasser 20-25x schneller Wärme



## Tauchphysik

Wasser / Licht	<p>Licht sind Elektromagnetische Wellen (Energie)</p> <p>Menschliches Auge kann nur in einem schmalen Spektrum Elektromagnetische Wellen (Farben) erkennen/sehen.  <b>400 bis 760nm (Nanometer)</b> Dazwischen erkennen wir „Farben“</p> <p><u>Refraktion:</u> Licht bricht z.B. beim Eindringen in Wasser (ausser bei 90°)</p> <p><u>Visuelle Umkehr:</u> Getrübte Gewässer – Objekte scheinen weiter als sie sind</p> <p><u>Reflexion:</u> Objekt wirft Licht retour. Dunkle Farben reflektieren weniger  100% Reflektion der Wellenlänge = Objekt weiss  0% Reflektion der Wellenlänge = Objekt schwarz</p> <p><u>Diffusion:</u> Trübung (z.B. Schwebeteilchen) resp. Streuung v. Licht (Das Licht wird durch Trübung zerstreut)</p> <p><u>Absorption:</u> Licht mit kurzer Wellenlänge ist energiereicher als Umgekehrt und kann so tiefer ins Wasser eindringen (Wasser 800x dichter als Luft)  Wasser absorbiert Licht und damit die Farben</p> <p><u>Rheinefolge bis Tiefe:</u></p> <table border="0"> <tr><td>Rot</td><td>3-4m Tiefe</td><td>längere Wellenlänge</td></tr> <tr><td>Orange</td><td>15 m</td><td></td></tr> <tr><td>Gelb</td><td>30 m</td><td></td></tr> <tr><td>Grün</td><td>76m</td><td></td></tr> <tr><td>Blau</td><td>76 + m</td><td>kürzere Wellenlänge</td></tr> </table>	Rot	3-4m Tiefe	längere Wellenlänge	Orange	15 m		Gelb	30 m		Grün	76m		Blau	76 + m	kürzere Wellenlänge
Rot	3-4m Tiefe	längere Wellenlänge														
Orange	15 m															
Gelb	30 m															
Grün	76m															
Blau	76 + m	kürzere Wellenlänge														







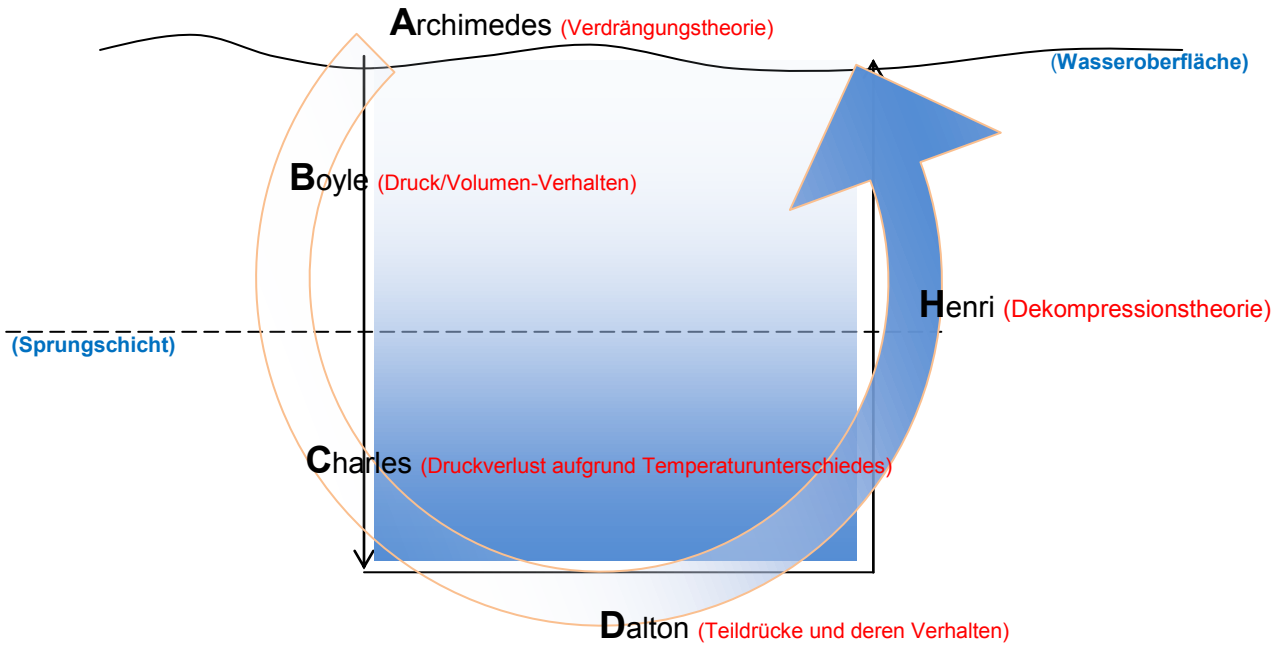
## Tauchphysik

Wasser / Wärme	<p>Wasser hat die grössere Dichte als Luft. Dies bedeutet: 1 kg (1Liter) Wasser um 1° zu erhöhen = 4x mehr Energie als bei 1 kg Luft (800 L) um ein Grad. Bei 1 Liter Wasser oder Luft erwärmen, bedeutet dass wir für das Wasser (4x 800Liter) 3200 x mehr Energie benötigen als für das Wasser</p> <p>Wärmeverlust bei Tauchern (25x schneller wenn ungeschützt)</p> <p><b>Konduktion: (Wärmeleitung)</b> Beeinflusst Taucher am meisten Bedeutet die Temperatur passt sich durch Wärmeleitung an</p> <p>Konvektion: Kreislauf. Wasser wird wärmer und steigt. Es folgt kaltes Wasser Anzüge verringern die Konvektion aber können sie nicht stoppen</p> <p>Strahlung: z.B. Sonne -&gt; Elektromagnetische Wellen erzeugen auf einer Materie Wärme.</p>
----------------	---

Wasser / Schall	<p><u>Schall im Wasser</u> 4x schneller als in der Luft Je dichter die Materie, umso schneller wird Schall geleitet Schall ist eine mechanische Energie</p> <p><b>Bei 15°:</b> Wasser leitet Schall ca. mit 1.55 km/Sek. (Salzwasser) (oder 1550m/sek) Wasser leitet Schall ca. mit 1.44 km/Sek. (Süsswasser) (oder 1440m/sek) <b>„Je wärmer das Wasser, umso schneller der Schall“</b> (Dichte nimmt ab)</p> <p>Luft auf Meereshöhe <b>bei 0°C:</b> Leitet Schall ca. mit 0.344 km/Sek. (oder 344m/sek.) Verhältnis: 4,17 – respektive 4x schneller im Wasser</p> <p><u>Die Akustische Leitfähigkeit wird ergo durch die Elastizität/Dichte bestimmt</u></p> <p><u>Auswirkung:</u> Unmöglich unter Wasser zu definieren von welcher Seite der Schall kommt</p>
-----------------	---



# Tauchphysik



Archimedes	<p>Prinzip: <b>Physik des Auftriebes – „Verdrängungstheorie“</b></p> <p>Ein in ganz oder teilweise in Flüssigkeit eingetauchter Körper erfährt einen Auftrieb mit der Kraft die der Gewichtskraft der die von ihm verdrängte Flüssigkeitsmenge entspricht.</p> <p>Salzwasser: Grössere Dichte = Schwerer als Wasser = mehr Auftrieb</p> <p>Spezifische Schwerkraft          1 Liter Süßwasser = 1 kg          1 Liter Salzwasser = 1.03 kg</p> <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <p>Beispiel beim Heben in Salzwasser:          Objekt: 100 kg          Volumen: 20 Lt. (20dm<sup>3</sup>)</p> <p>Für Salzwasser: 20 Lt.x1.03 = 20.6 kg          100kg ./ 20.6 kg = 79.4 kg positiver Auftrieb nötig          79.4 kg in Wasserverdrängung umrechnen:</p> <p style="text-align: center;">79.4 kg / 1.03 = 77.1 dm<sup>3</sup> oder 77.1 Liter Salzwasser</p> <p>Jeder Liter verdrängtes Salzwasser, bedeutet 1.03kg/Lt. Nach oben gerichtete Auftriebskraft.</p>
------------	--



## Tauchphysik

<b>Boyle</b>	<p>Das Volumen eines Gases verhält sich im <u>umgekehrt proportionalen Verhältnis</u> zum absoluten Druck. (ohne Berücksichtigung der Temperatur)</p> <p>Wenn der Druck steigt, sinkt proportional umgekehrt das Volumen Wenn der Druck sinkt, steigt proportional umgekehrt das Volumen</p>
--------------	--

0m	Druck (Meer) 1bar	Volumen 1/1	Dichte x1
10m	2bar	1/2	x2
20m	3bar	1/3	x3
30m	4bar	1/4	x4
40m	5bar	1/5	x5

Druck & Wasser	<p>Man kann 3 Punkte festhalten die man beachten muss/kann:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Höhenmeter über Meer verändern den Oberflächendruck</li> <li>- Das Süßwasser hat eine Dichte und somit anderer Druck auf z.B. 10m</li> <li>- Das Meerwasser hat einen höhere Dichte und somit anderer Druck auf 10</li> </ul>
Druck	<p>Absoluter Druck: den gesamten Druck Relativer Druck: ohne 1bar Nullpunkt (also ohne Oberflächendruck von 1bar)</p> <p>Unterschied: Wenn Finnimeter 0 zeigt, ist trotzdem noch 1 bar vorhanden durch Ausgleich Umgebung</p> <p>Umgebungsdruck: Kann absoluter oder relativer Druck sein. Im Normalfall jedoch = <u>Absolut + Relativ = Umgebungsdruck</u></p> <p>Druck auf Meereshöhe = 1 bar Druck in der Höhe = pro 300 Höhenmeter <math>\therefore</math> 0.035bar (300m = 1 - 0.035=0.965b)</p> <p><b>Auf 1800 m</b> = 1800/300 = 6 x 0.035 = 0.21bar    <b>1-0.21bar = 0.79 bar</b></p> <p>Auf 10m Tiefe? 1 bar + 0.79 Oberflächendruck = <b>Absoluter Druck von 1.79 bar</b></p> <p>Wenn auf 10m Tiefe 1 Liter Volumen, dann an Oberfläche? 10m = 1.79 bar / 0.79 = 2.26 Liter</p> <p>Merke: Weniger Umgebungsdruck = Höhere Dehnung !</p>



## Tauchphysik

Druck/Tiefe					
	Tiefe	Salzwasser		Süsswasser	Tiefe
	Umrechnung von Salzw. zu Süsswasser $\rightarrow 40 \times 1.03 = 41.2m$				
	0m	1bar	X1,03	1bar	0m
	10m	2bar		2bar	10.3m
	20m	3bar		3bar	20.6m
	30m	4bar		4bar	30.9m
	40m	5bar		5bar	41.2m
	$\leftarrow$ Umrechnen von Süss zu Salzwasser $41.2 / 1.03 = 40m$				
	40m		/ 1.03	4bar	41.2M

Die Druckbestimmung durch rechnen:

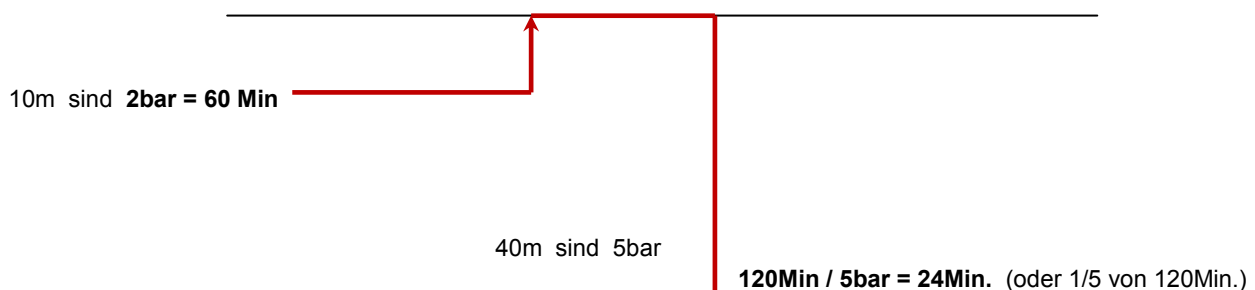
**Salzwasser:  $20m/10 = 2.0 + 1 = 3.0bar$**   
**Süsswasser:  $20m/10.3 = 1.9 + 1 = 2.9bar$**

„Bei jeder Tiefe geteilt durch 10 für Salz- und geteilt durch 10.3 für Süsswasser + 1 für Oberflächendruck (Ausnahme in der Höhe)“

(Dichte siehe Abschnitt Boyle)

Druck/Volumen	
	<b>Die Wechselwirkung durch Druck auf Volumen und Dichte hat Auswirkungen auf die Dauer des Luftvorrates.</b>
	Berechnung: Wie hoch ist der Verbrauch auf 30m und wie lange reicht der Luftvorrat, wenn auf 12m Tiefe ein Verbrauch von 3bar/Minute, bei einer 12 Lt. Flasche mit 200bar
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>(12 \times 200 = 2400 \text{ Barliter})</math></li> <li>2. <math>12m = 2.2bar</math></li> <li>3. <math>3bar \text{ pro Mt. } \times 12Lt. = 36barliter \text{ auf } 12m</math></li> <li>4. <math>36barliter / 2.2bar \text{ Druck} = 16.36 \text{ barliter an Oberfläche}</math></li> <li>5. <math>30 \text{ m} = 4bar \times 16.36barliter = 65.44 \text{ barliter auf } 30 \text{ m}</math></li> <li>6. <math>2400barliter / 65.44barliter = \text{ca. } 36 \text{ Minuten Luftvorrat}</math></li> </ol>
	Oder: Wenn bei 10m = 60Min. Vorrat, wieviel bei 40m?
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 10m sind 2bar = 60 Min. bei 0m sind 1bar = 120Min.</li> <li>2. 40m sind 5bar</li> <li>3. <math>120Min / 5bar = 24Min. \text{ (oder } 1/5 \text{ von } 120Min.)</math></li> </ol>

Wenn bei 10m = 60Min. Vorrat, wie viel bei 40m?  
bei 0m sind **1bar = 120Min.**



**Beachte:** Für die Berechnung von Luftvorrat aufgrund Daten, immer retour rechnen zu Oberfläche und erst danach die für die Tiefe dividieren!

**Tauchphysik**

<p><b>Charles</b></p> <p>P: Absol. Druck V: Volumen T: Temperatur K: Konstante</p> $\frac{T_2 \times P_1}{T_1}$ $\frac{280K \times 201P_1}{325K}$ <p><b>=173,16bar</b></p> $\frac{278K \times 1 \times 500}{302K \times 6.5bar}$ <p><b>70.81Lt</b></p>	<p><b>Die Wirkung der Temperatur auf das Verhalten der Gase. Also der Druckverlust aufgrund der Temperaturunterschiede</b> (z.B. aufgrund der Sprungschicht/en)</p> <p>Das Gesetz von Charles erlaubt uns zu berechnen wie viel der Luftvorrat wir aufgrund der Abkühlung der Flasche dann noch haben</p> <p>Die Wirkung des Drucks unter Berücksichtigung der Temperatur: <u>Faustregel:</u> (Pro Grad °C nimmt Druck <b>0.618 bar ab</b> oder zu) 200 bar bei 52°C sind bei 7°C = 200 bar – 27.81 = 172.2 bar Diese Faustregel, 0.618/°C <u>gilt nur für eine Flasche mit 200bar!</u></p> <p>Ansonsten immer in Kelvin umrechnen <b>Von °C in Kelvin = Effektive °C +273 = Kelvin</b> (25° + 273 =298Kelvin)</p> <p><b>Berechnung bei gleichbleibendem Volumen</b> (Wir berechnen wieviel bar in der Tiefe noch zur Verfügung stehen, wenn an der Oberfläche bei einer bestimmten Temperatur ein bestimmtes Volumen bar sind)</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">- Oberfläche 200 bar Flasche</td> <td style="width: 30%;">200bar + 1bar = 201bar</td> <td style="width: 20%;"><b>P1</b></td> </tr> <tr> <td>- Temperatur 52°C</td> <td>52°C + 273 = 325 Kelvin</td> <td><b>T1</b></td> </tr> <tr> <td>- Wassertemperatur 7°C</td> <td>7°C + 273 = 280 Kelvin</td> <td><b>T2</b></td> </tr> <tr> <td>- Volumen</td> <td>verändert sich nicht</td> <td><b>V1</b></td> </tr> </table> <p>Oder: 280Kelvin : 325Kelvin = Faktor 0.861 x 201bar = <b>173.16 bar</b> (bei 7°C)</p> <p><b>Berechnung bei variablem Volumen, also die Leistung oder Leistungsverlust:</b> (Wir berechnen wieviel die Leistung in Liter in einer bestimmten Tiefe aufgrund Temperaturunterschied ist) Z.B. eine Versorgungsstation hat eine Leistungsfähigkeit von 500Liter und versorgt einen Taucher auf 55m Tiefe. Oberfläche 29°C, auf 55m noch 5°C</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">- P1 absoluter Druck von 1bar</td> <td></td> </tr> <tr> <td>- P2 55m = 6.5 bar</td> <td></td> </tr> <tr> <td>- V1 500Liter</td> <td></td> </tr> <tr> <td>- T1 29°C + 273 = 302 Kelvin</td> <td></td> </tr> <tr> <td>- T2 5°C + 273 = 278 Kelvin</td> <td></td> </tr> </table> <p>Oder: _0m ----- 29° / <b>302K</b>                      <b>500 Liter</b> bei absolut <b>1bar</b></p> <p>278:302= <b>0.92Faktor</b> x <b>500Lt.</b> = <b>460Lt.</b> : <b>6.5bar</b> = <b>70.81 Liter</b></p> <p>__55m ----- 5° / <b>278K</b>                      bei <b>6.5 bar</b> (55m)</p>	- Oberfläche 200 bar Flasche	200bar + 1bar = 201bar	<b>P1</b>	- Temperatur 52°C	52°C + 273 = 325 Kelvin	<b>T1</b>	- Wassertemperatur 7°C	7°C + 273 = 280 Kelvin	<b>T2</b>	- Volumen	verändert sich nicht	<b>V1</b>	- P1 absoluter Druck von 1bar		- P2 55m = 6.5 bar		- V1 500Liter		- T1 29°C + 273 = 302 Kelvin		- T2 5°C + 273 = 278 Kelvin	
- Oberfläche 200 bar Flasche	200bar + 1bar = 201bar	<b>P1</b>																					
- Temperatur 52°C	52°C + 273 = 325 Kelvin	<b>T1</b>																					
- Wassertemperatur 7°C	7°C + 273 = 280 Kelvin	<b>T2</b>																					
- Volumen	verändert sich nicht	<b>V1</b>																					
- P1 absoluter Druck von 1bar																							
- P2 55m = 6.5 bar																							
- V1 500Liter																							
- T1 29°C + 273 = 302 Kelvin																							
- T2 5°C + 273 = 278 Kelvin																							

Wenn Nullzeitgrenzen überschritten werden, benötigt man Dekompressionsstopps!  
Dies damit Differenz-Druck (Gradient) nicht übermässig ist. Folge wäre eine Deko-Krankheit



## Tauchphysik

---

**Inerte Gase:** „Gase die sehr reaktions**träge** sind. Sie beteiligen sich nur sehr schwer oder gar nicht an chemische Prozesse. z.B. Stickstoff & Helium aber auch Sauerstoff. Beim letzteren tolerieren wir ein gewisses Mass an Giftigkeit, aber ein weiterer Grund ist, dass wir diesen auch im Körper verbrauchen. (Dieser Stoffwechsel vom Sauerstoff heisst Metabolismus)

### Beschreibung der Gase:

#### Sauerstoff (O<sub>2</sub>)

Reaktionsfreudig beim verbinden mit anderen Gasen  
Wichtig für Sauerstoff -> **Metabolismus** = Prozess der Umwandlung von Nahrung in Energie.  
**Ab 1.4 bar PO<sub>2</sub> kann Sauerstoff toxisch werden.**

#### Stickstoff (N<sub>2</sub>)

Inertes Gas. Reagiert nicht auf andere Gase. Wird im chemischen nicht genutzt, **kann aber unter Druck ZNS** (Zentrales Nervensystem) stören. Stickstoff löst sich (Henry) während Tauchgang im Körper Daher Grenzen einhalten -> Deko-Krankheit!

#### Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)

Salzwasser hat hohen Anteil (gute Verbindung) Ist ein Treibhausgas Beeinflusst Anteil Erdwärme. Wichtig:  
Kohlendioxid kontrolliert unsere Atmung (Atemreflex)  
*„Hyperventilieren wir, unterdrücken wir den Atemreflex“*

#### Kohlenmonoxid (CO)

Sehr giftig. Entsteht z.B. bei Verbrennung von fossilen Stoffen wie Erdöl etc.

#### Helium (He)

Zweit-leichteste Gas (nach Wasserstoff)  
Inertes Gas und stabil (Tritt niemals in Verbindung)  
Helium hat keine narkotisierende Wirkung  
Tiefentauchen -> Helix = Helium/Sauerstoff -> Standard  
Tec Taucher -> Trimix = Helium/Sauerstoff/Stickstoff (ab 50m)  
Da Helium schneller diffundiert (schneller im Gewebe löst) braucht man längere Dekompressions- Stopps.

#### Anteile der Luft:

Stickstoff	78.084%	
Sauerstoff	20.946%	
Argon	0.934%	
Kohlendioxid	0.033%	
Neon		} Gemeinsam: 0.003% Anteil
Heilium		
Krypton		
Wasserstoff		
Xenon		
Radon		
Kohlenmonoxid		

**Dalton**Luft & Gewicht:

Volle Fl. ca. 2.7 kg

Leere

Fl. – 2.5 kg

Anteile der Luft:

Stickstoff 78.084%

Sauerstoff 20.946%

Argon 0.934%

Kohlendioxid 0.033%

Neon

Helium

Krypton

Wasserstoff

Xenon

Radon

Kohlenmonoxid

0.003%

Die Grenzen

bei EAN: 30m

Sporttauchen:40m

O2 Stickstoff

N2 Sauerstoff

Argon

CO2 Kohlendioxid

Ne Neon

He Helium

Krypton

Wasserstoff

Xenon

Radon

CO Kohlenmonoxid

**Beschreibt die Teildrücke und deren Verhalten**

Alle Gase in einem Gasgemisch verhalten sich unabhängig. (Partial-Druck)

**Inerte Gase:** „Gase die sehr reaktionsträge sind. Sie beteiligen sich nur sehr schwer oder gar nicht an chemische Prozesse. z.B. Stickstoff & Helium aber auch Sauerstoff. Beim letzteren tolerieren wir ein gewisses Mass an Giftigkeit, aber ein weiterer Grund ist, dass wir diesen auch im Körper verbrauchen. (Dieser Stoffwechsel vom Sauerstoff heisst Metabolismus)Maximaler Partialdruck ist: 1.4 bar (**Sauerstoff wird toxisch ab 1.4bar**)  
(Pression partiell; Basis ist immer der Sauerstoffanteil)

Luft besteht aus

21% Sauerstoff

79% Stickstoff

An Land haben wir ca. 1bar Gesamtdruck, d.h.:

**PO<sub>2</sub>**: 0.21% Sauerstoff**PN<sub>2</sub>**: 0.79 % Stickstoff (Wir rechnen mit 0.79)Po<sub>2</sub>+pN<sub>2</sub> = 1.0 bar

1% andere Gase.

0.01% andere Gase können vernachlässigt werden

**Bei EAN (Enriched Air Nitrox) 32 oder 36** (Sauerstoff angereicherte Luft)**Anteile bei EAN 32**

32% Sauerstoff

68% Stickstoff

**PO<sub>2</sub>**: 0.32% Sauerstoff**PN<sub>2</sub>**: 0.68 % Stickstoff (Wir rechnen aber mit 0.79)Po<sub>2</sub>+pN<sub>2</sub> = 1.0 bar**Bezogen auf Max. Partialdruck 1.4bar**

EAN 32

**1.4 : 0.32 = 4.3 bar bedeutet = 33m – 30m**

Sauerstoff 21%

**1.4 : 0.21 = 6.6 bar bedeutet = 56m – 55m**

Ein Partialdruck in einem Gasgemisch kann man ermitteln, indem man der prozentuale Anteil des Gases (als Dezimalstelle) mit dem absoluten Druck multipliziert.

PO<sub>2</sub>; 21% bei 20m=3bar 0.21 x 3 = 0.63 bar Partialdruck PO<sub>2</sub>Wir atmen ca. **20% unverbrauchter Sauerstoff** wieder aus.

Tiefe	Luftgemisch 21/79			Luftgemisch EAN 36/64		
	O <sub>2</sub> Eingeatmet	O <sub>2</sub> Ausgeatmet	CO <sub>2</sub> Ausgeatmet	O <sub>2</sub> Eingeatmet	O <sub>2</sub> Ausgeatmet	CO <sub>2</sub> Ausgeatmet
0m	21%	17%	4%	36%	32%	4%
10m	21%	19%	2%	36%	34%	2%
30m	21%	20%	1%	36%	35%	1%

**Kohlenmonoxid ist giftig**

(Abgase/Verunreinigte Luft durch nicht gewartete Kompressoren; Korrosion in der Flasche usw.)

An der Oberfläche kann ein Anteil von 0,04% noch keine Schäden verursachen

Bei 40m? (**40m = 5 bar**)0.04 in Dezimalstelle: 0.04 : 100 = 0.0004 x 5bar = 0.002 x100=**0.2%**-> **Tödlich****Sauerstoff wird giftig ab 1.4bar**

Anzeichen für eine Sauerstoffvergiftung sind („VENTID“)

**V = Visual** – Sehstörungen**E = Ears** – Ohrengeräusche**N = Nausea** – Übelkeit**T = Twiching** – Zucken/Muskel**I = Irritability** – Reizbarkeit**D = Dizziness** – Schwindel



# Henri

Das Modellkonzept ist noch heute Grundlage für die meisten Tauchcomputer und Tauchtabellen

Definitionen:  
**Gewebe** = Kompartiment  
**Gradient**=Differenzdruck  
**Halbsättigungszeit**= Beschreibt die Zeit bei dem ein Gewebe zur Hälfte vom aktuellen Zustand übergeht in der aktuellen Tiefe!

Moderne Modelle (in Comp.) berechnen bis 14 Halbsättigungszeiten

Beschreibt die Sättigung in eines Gases in einer Flüssigkeit

## Dekompressionstheorie

Gase lösen sich in einem Medium (z.B. Flüssigkeit) proportional zum Druck der mit dem Medium (Flüssigkeit) in Berührung steht.

Auf das Tauchen bezogen interessiert uns insbesondere der Stickstoff (inertes Gas)

1. In der Tiefe löst sich Inertgasdruck im Atemgas durch die Lungen im Blut & Körpergewebe
2. Beim Auftauchen wird der Inertgasdruck im Gewebe höher als sein Umgebungsdruck. Gewebe ist übersättigt, das Gas beginnt sich zu lösen
3. Der Stickstoff beginnt sich aus Gewebe und Blut zu lösen und setzt sich via Lunge aus dem Körper frei.
4. Wenn jedoch der Differenzdruck (Gradient), also der Druck des gelösten Stickstoffes gegenüber dem Umgebungsdruck zu hoch ist, bilden sich Bläschen und dies kann zu einer Dekompressionskrankheit führen.
5. Um einen zu hohen Gradienten zu vermeiden muss der Taucher entweder die Tauchzeit oder Nullzeit einschränken oder beim Aufstieg Stopps einlegen. Ziel ist, dass die gelösten Gase (Stickstoff) aus dem Körper entweichen können.

Gewebe (Kompartimente): Blut und Flüssigkeiten sind schnelle Kompartimente  
Knochen sind langsame Kompartimente

Exponentielle Ent- oder Sättigung, bedeutet:

Die ersten 50% Doppelt so schnell wie die zweiten 50% (Halbsättigungszeiten)

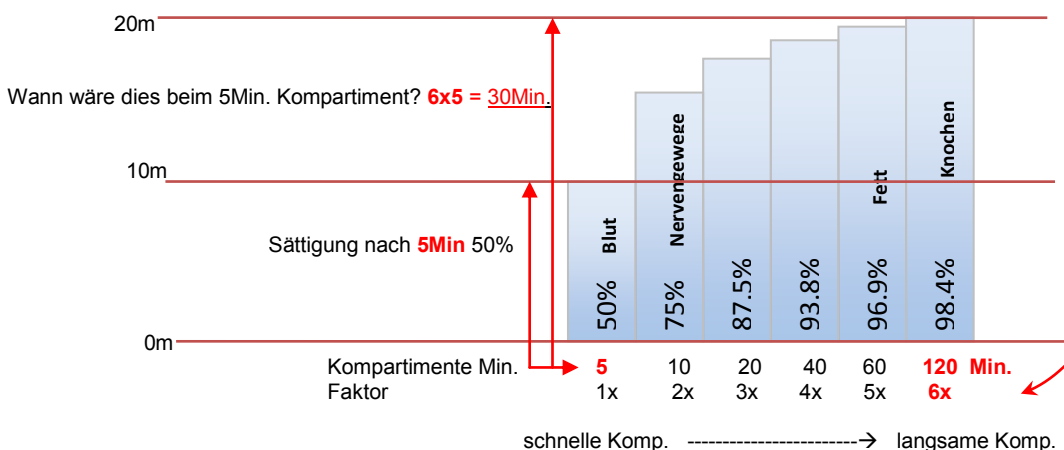
50% - 75% - 87,5% - 93,8% - 96,6% - 98,4% (Total 6 Halbsättigungszeiten)

**Es dauert 6 Halbsättigungszeiten** um 98,4% gesättigt zu haben (unter konstantem Druck)

In jeder Halbsättigungszeit kommt der Gleichgewichtszustand wieder um 50% näher.

## Vollständige Sättigung nach 12 Std.

Welches ist die notwendige Zeit um die Maximale Sättigung in 20m Tauchtiefe zu erreichen = **6x120= 12 Std.**



## Die verstrichene Zeit : durch die Halbsättigungszeit =

**Anzahl Halbsättigungszeiten für das jeweilige Kompartiment.**

Beispiel ein Tauchgang soll 60 Min dauern.

60:5=12 Halbsättigungszeiten → 100% gesättigt

60:10=6 Halbsättigungszeiten → 98.4% gesättigt

60:20=3 Halbsättigungszeiten → 87.5% gesättigt

**„Wenn ein Kompartiment seinen Grenzwert überschritten hat, ist eine Dekompressionszeit erforderlich!!!“**





### Henri

Schnelle Kompartimente sind Blut und z.B. Nervengewebe

langsame Kompartimente sind z.B. Knochen/Fett

#### Merke:

Je grösser der Druckgradient umso schneller wandert Stickstoff in Blutkreislauf!  
- Entsättigung bedeutet der Stickstoff „diffundiert“ (Löst sich raus)

Bei der Entsättigung (Diffusion) – während Aufstieg – entstehen mögliche Probleme mit der Dekompressionskrankheit! Daher wurden M-Werte festgelegt.

#### Abbau „Diffusion“ des Stickstoffs

Beim Prozess Diffusion, bilden sich Blasen in der übersättigten Flüssigkeit. Das gelöste Gas/e (Blasen) kommen in kleine bereits vorhandene Gasnischen.

Stille Blasen: Sind mikroskopisch kleine Blasen die keine DCS auslösen

#### M-Werte

Die Grenzen wurden definiert mittels den M-Werten (Maximal-Werte) M-Werte der Gewebe für Stickstoffsättigung

Schnelle Kompartimente mit kurzer Halbsättigungszeit weisen hohe M-Werte aus  
Langsame Kompartimente mit langer Halbsättigungszeit weisen niedrige M-Werte

Bei tieferen Tauchgängen nehmen schnelle Kompartimente schneller den Stickstoff auf & erreichen die M-Werte schneller.

Daher: Tiefe Tauchgänge = kürzere Nullzeit  
Die Nachfolge-Tauchgänge sind damit beeinflusst.

Die Auswahl der M-Werte werden auch als **M<sub>0</sub>-Werte** bezeichnet  
Maximal tolerierter Überschuss an Stickstoff der einen direkten Aufstieg an die Oberfläche erlaubt.  
Auf eine andere Höhe als auf 0m (also dazwischen) würden andere M<sub>0</sub> -Werte verwendet

#### US Navy Kompartimente und M<sub>0</sub>-Werte

Kompartimente	5	10	20	40	120
M <sub>0</sub> -Werte	3.17 bar	2.68 bar	2.19 bar	1.7 bar	1.58 bar

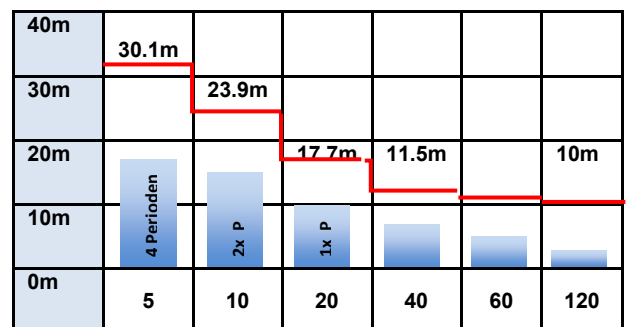
Als Beispiel: bei Gemisch 21/79 und obgenannte M<sub>0</sub>-Werte ( $3.17 \cdot 0.79 = 4.01 - 1 = 30.1m$ )

Komp 5 = 3.17bar = 30.1 m  
Komp 10 = 2.68bar = 23.9m  
Komp 20 = 2.19bar = 17.7m  
Komp 40 = 1.7bar = 11.5m  
Komp 120 = 1.58bar = 10m



Bei 20m; 20Min- 20:5=4 / 20:10=2 etc.

d.h. in 4 Perioden/Schritten wird das Komp. 5 die Sättigung erreichen wollen  
Bei Berücksichtigung der 50% Formel  
Nach 10 m 50% nach 15 m, nach 17.5m, nach 18.75m





# Tauch – Physiologie

(Allgemeine Beschreibungen zur Bedeutung des Themas)

**Hyper...**

Zu viel

**Hypo...**

Zu wenig

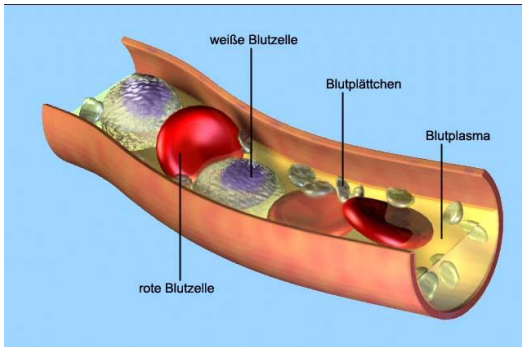
## Blut

Besteht aus flüssigen und festen Bestandteilen

**Flüssige Bestandteile:** Plasma: besteht aus ca. 90% Wasser  
(Eiweisse, Nährstoffe, Salze, Enzyme, Hormone...)

**Feste Bestandteile:**

Rote Blutkörper (Erythrozyten) Blutbestandteil von 45%  
Enthalten den Blutfarbstoff Hämoglobin (ist ein Protein)  
und verbindet sich leicht mit Sauerstoff!



<u>Weisse Blutkörper</u>	(Leukozyten)
<u>Blutplättchen</u>	(Trombozyten)
<u>Rote Blutkörper</u>	(Erythrozyten)

Hämoglobin:

Transportiert den Sauerstoff und gibt es dem Gewebe ab (via Arterien). Umkehrwirkung, Hämoglobin nimmt Kohlendioxid auf und transportiert es zur Ausscheidung zurück (Via Venen).

**Ohne Hämoglobin, müsste Blut 15 – 20 x schneller** zirkulieren um den Bedarf an Sauerstoff im Körper abzudecken.

## Atem & Reaktion mit Ausrüstung:

Toträume / Gasdichte

Um Effekte von Totraum und Gasdichte zu vermeiden, gilt...  
Atme beim tauchen langsam und tief!  
Toträume entstehen in Schnorchel, Lungenautomat, Schläuche usw. (Restluft beim ausatmen)

## Carotis-Sinus Reflex

Halsschlagader

Arterien die das Blut zum Gehirn bringen. Problem kann bei zu engen Halsmanschetten oder Kopfhäuben auftreten. Die Barorezeptoren im Gehirn senden dann falsche Signale und bewirken Kreislaufstörungen.

## Surfkantant

Ist die Substanz welche die Oberfläche von Bronchien und Alveolen auskleidet.  
Surfkantant verhindert dass Bronchien und Alveolen zusammenfallen.



## Tauch – Physiologie

(Allgemeine Beschreibungen zur Bedeutung des Themas)

**Hyper...** Zu viel

**Hypo...** Zu wenig

### Kreislauf

(Sauerstoffaustausch im Körper)

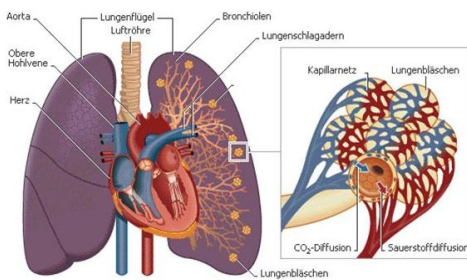
Begriffe:

**Kapillare** = Zellen zwischen Arterien und Venen

Hier entsteht der Austausch vom Sauerstoff/Kohlenmonoxid

**Alveolen** = in der Lunge verantwortlich für den Gasaustausch

*Beschreibung:*



Von der Lunge findet via Alveolen die Sauerstoffaufnahme statt, welcher in die linke Herzkammer von der Aorta in den Arterienkreislauf gefördert bis hin zu den Kapillare und dort wird der Sauerstoff abgegeben und nimmt im Austausch Kohlenmonoxid via Venen zum Herz zurück in die rechte Herzkammer. Von da ins Kapillarsystem der Lunge wo die Alveolen wiederum den Austausch vornehmen mit neuem/eingeatmetem Sauerstoff.

Merke:

Beim Kreislauf wird das **Kohlendioxid in Bikarbonat umgewandelt** und als Bikarbonat bis zur Lunge transportiert. Dort wird im Umkehrprozess das Bikarbonat wieder in Kohlendioxid umgewandelt und durch die Atmung ausgeschieden.



# Tauch – Physiologie

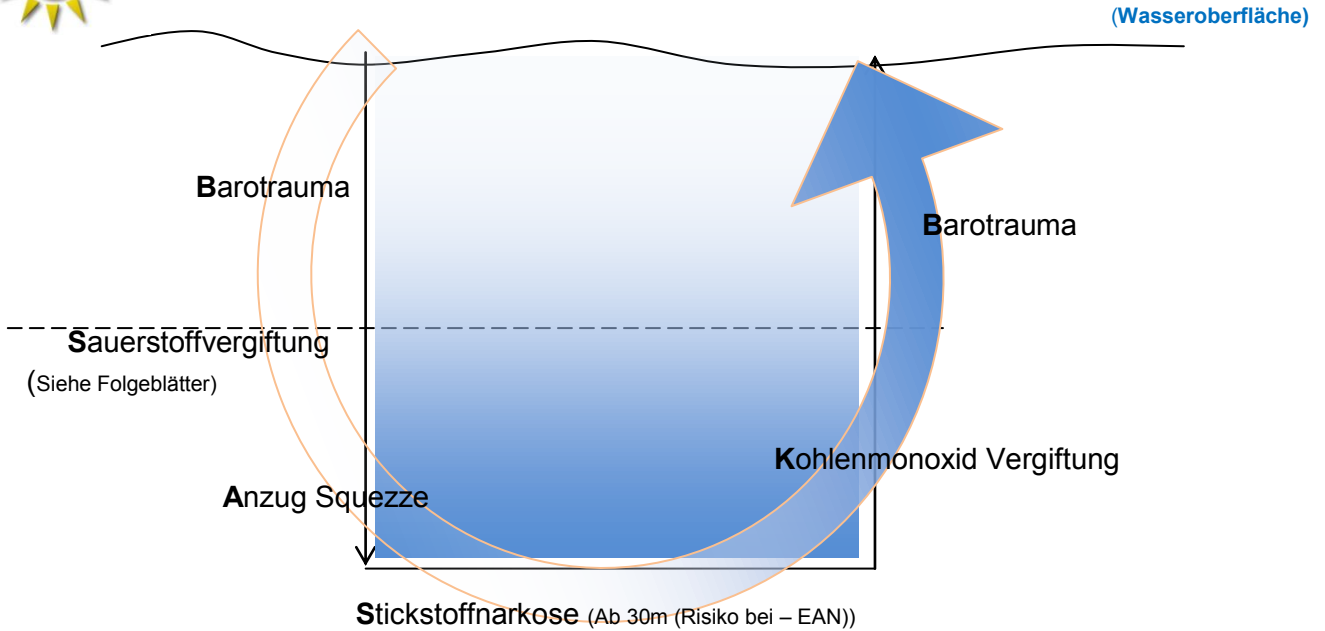
(Allgemeines zur Physiologie; Begriffe & Bedeutung)

**Hyper...**

Zu viel

**Hypo...**

Zu wenig



## Hyperthermie

Hitzeerschöpfung  
Hitzschlag

Überhitzung

Schneller Puls / Schwitzen / kalte Haut

Kein Schwitzen, roter Kopf, starke & schneller Puls

## Hypothermie

Unterkühlung

## Barotrauma

des Ohrs

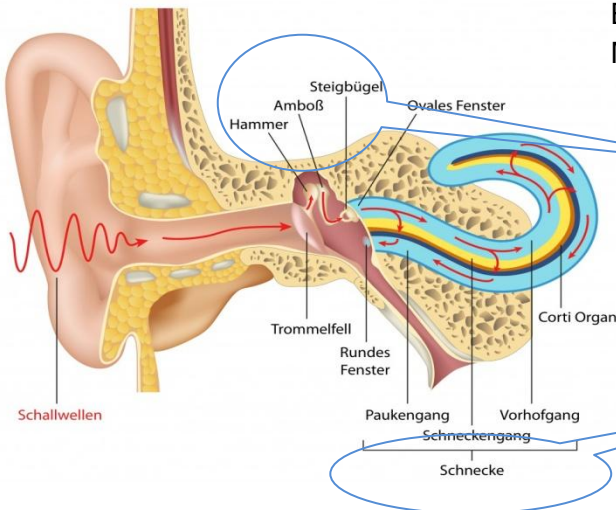
Beim Ab- wie beim Aufstieg möglich

ohne Druckausgleich der Hohlräume. Folgen können sein

Gerissenes rundes Fenster = schweres Barotrauma

Barotrauma der Nebenhöhlen = bei Erkältung möglich

Masken-Barotr. = Ohne Druckausgleich in der Maske



Gehörknöchelchen = übertragen Schall von aussen nach innen

Aussenohr am meisten von Druckveränderungen betroffen

Für Gleichgewicht verantwortlich



## Tauch – Physiologie

(Allgemeines zur Physiologie; Begriffe & Bedeutung )

**Hyper...**

Zu viel

**Hypo...**

Zu wenig

### Hyperkapnie

Über...

Überschuss an Kohlendioxid (z.B. aus Totraum) Anstrengung kurze Atmung. Hohes Kohlendioxid stimuliert Atemreflex. Kann durch Anstrengung oder falsches Atmen kommen. Vermeiden von Anstrengungen. Tiefe, langsame Atmung  
Skip-Atmung Anhalten d.Atems z.B. zum tarieren oder sparen von Luft ist FALSCH! Die Auswirkung ist erhöhter Kohlendioxid Anteil Atemzentrum gibt mehr Impulse zum Atmen. Teufelskreis

### Atmung

Langsam und tief

Langsames und tiefes einatmen vermeidet

- Luft aus Toträumen
- Druck durch verkleinertes Lungenvolumen
- Grosse Mengen Kohlendioxid in Alveolen

Schnelles atmen

Schnelles atmen kann verursachen, dass Luftturbulenzen entstehen was den Atemwiderstand erhöhen würde

### Hypokapnie

Unter...

Unzureichender Kohlendioxidgehalt. z.B. als Folge von Hyperventilation.

Flachwasser Black-Out

Ausgelöst z.B. bei übermässigem Hyperventilieren bei Apnoe-Tauchgang. Unnatürlich tiefer Kohlendioxid Gehalt Kohlendioxid kann nicht auf normales Niveau ansteigen um Atemreflex auszulösen. Sauerstoff ist schneller verbraucht, als Atemreflex kommt.

(Blackout = Ohnmacht)

In der Tiefe erlaubt der höhere Partialdruck das versorgen von Sauerstoff durch das Hämoglobin, auch wenn das Kohlendioxid zu tief ist.

Steigt das CO<sub>2</sub> an, dann kommt Atemreflex. Während Taucher zur Oberfläche geht, kann eine...

Hypoxie

(Sauerstoffmangel) entstehen. Dies kann zum Verlust des Bewusstseins führen. Die Steigerung wäre dann die...

Anoxie

Wenn das Gewebe gar kein Sauerstoff mehr aufnimmt und damit abstirbt.

Hyperoxie

Wäre ein Sauerstoffüberschuss. Z.B. ein zu hoher PO<sub>2</sub> im Atemgemisch. Dies kann insbesondere bei EAN auftreten.



## Tauch – Physiologie

(Allgemeines zur Physiologie; Begriffe & Bedeutung )

**Hyper...**

Zu viel

**Hypo...**

Zu wenig

---

### Kohlenmonoxid

Vergiftung  
Gefahr ist...

**Kohlenmonoxid ist Geruch- und Geschmacklos !  
Hämoglobin verbindet sich 200x schneller mit  
Kohlenmonoxid als mit Sauerstoff und löst sich nicht leicht  
(8-12 Std.)**

Eine Kohlenmonoxid Vergiftung ist in der Tiefe fast nicht feststellbar weil grosse Mengen Sauerstoff im Blutkreislauf gelöst sind. Die Sauerstoffversorgung ist so gewährleistet

Karboxyhämoglobin

= Mit Kohlenmonoxid besetztes Hämoglobin, kann Hypoxie bewirken. Die **Anzeichen sind:**  
Kopfschmerzen, Benommenheit, eingesengtes Blickfeld,  
**Verfärbung Lippen/Nägel „knallrot“**  
Rauchen ist ebenfalls Quelle für Kohlenmonoxid Vergiftung Risiko; es erhöht Anteil Kohlenmonoxid 3-12-fache.  
HerzKreislauf wird beschleunigt. Steigender Puls = höhere Atmung.



## Tauch – Physiologie

(Allgemeines zur Physiologie; Begriffe & Bedeutung)

**Hyper...**

Zu viel

**Hypo...**

Zu wenig

---

### **Giftigkeit Sauerstoff** **„Sauerstoffvergiftung“**

Sauerstoffvergiftung der Lunge kann durch längere Zeit bei > 0.5 bar PO<sub>2</sub> ausgesetzt sein entstehen (+/- 15m Tiefe)  
S.V. im ZNS (Zentrales Nervensystem) >1.4bar PO<sub>2</sub>  
S.V. der Lunge – auch das Lorrain Smith Effekt genannt

### **Stickstoffnarkose** **„Gasnarkose“**

Auch Tiefenrausch genannt. Diverse Auswirkungen  
Ab 30m: Verlängerte Zeit bei Problemlösung  
Gewisse Euphorie – Wohlbefinden  
Je tiefer motorische Fähigkeiten & Urteilsvermögen  
Ab ca. 50m: Euphorisch- berauscht  
Ab ca. 60m: Halluzinationen / Angstzustände

Annahme:

Vermutlich tritt Gasnarkose auf weil Übertragung von Nervenimpulsen unterbrochen sind

### **Hochdruck-Nervensyndrom** (HDNS)

ab >90m, meist jedoch bei 120m  
Verantwortlich ist Helium unter Druck kann eine Wechselwirkung haben. Anzeichen sind:  
Zittern, Krämpfe, Übelkeit, Schwindel

### **Anzug-Squeeze**

Wenn man keine Luft beim abtauchen in den Torckenanzug gibt. Das kann Quetschungen verursachen

### **Vertigo**

Schwindelgefühl und kann kommen von:

- Ohren-Squeeze
- InnenOhr Barotrauma
- Dekompressions Krankheit



## Tauch – Physiologie

(Allgemeines zur Physiologie; Begriffe & Bedeutung )

**Hyper...**

Zu viel

**Hypo...**

Zu wenig

Dekompressionskrankheit DCS

Wenn sich Bläschen im Gewebe ansammeln und Symptome verursachen.

Stille Blasen

Sind so kleine Blasen, dass sie keine DCS auslösen oder verursachen.

Doppler Ultraschall Zum ermitteln von Blasen

Vermutung

Stille Blasen entstehen durch das vorhandensein von **Blasenkeimen in Form von Mikrogaskerne** (Nischen im Gewebe)

**DCS oder DCI**

Deko-Erkrankung

**(Decompression illness)**

Überbegriff für Dekompressionskrankheit als auch Lungenüberdehnungsverletzungen beinhaltet

**DCS**

Deko- Krankheit

**(Decompression-sickness)**

Bezeichnung für „was geschieht wenn gelöstes N<sub>2</sub>“

DCS Typ I

Nicht direkt lebensbedrohend  
Hauptsymptome Glieder und Gelenkschmerzen  
Ausschlag mit Juckreiz

DCS Typ II

schwerwiegend / lebensgefährlich / Langzeitschäden  
Hauptsymptome Kribbeln, Taubheitsgefühl, Lähmungserscheinungen Anzeichen wie bei einem Schlaganfall  
Bewusstlosigkeit,  
Deko-Krankheit im Lungenbereich – auch Typ II  
Cerebral-arterielle Deko-Krankheit – wenn Bläschen via Schlagader ins Gehirn gelangen. Benommenheit, verschwommene Sicht, Verwirrung, Kopfschmerz, Ohnmacht und Tod.

Verabreichung von Sauerstoff bei DCS

hilft den Druckgradient (Druckunterschied) des Stickstoffes im Gewebe gegenüber dem Stickstoff in den Alveolen zu vergrössern. Dies hilft den Rest-Stickstoff schneller abzubauen.

Veranlagungsfaktoren

Fettgewebe, Alter, Dehydration, Verletzungen oder, Krankheiten, Alkoholismus, Kaltes Wasser, Körperliche Anstrengung, Vorgeschichte

**Höhe/Fliegen nach dem tauchen 18-24Std.**

**Die Anfälligkeit auf Dekompressionskrankheit hängt vor allem auch vom veränderten Blutkreislauf ab !**





# Tauch – Physiologie

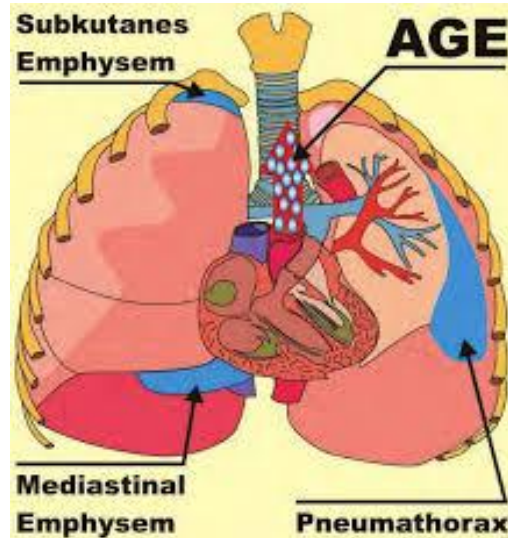
(Allgemeines zur Physiologie; Begriffe & Bedeutung )

**Hyper...** Zu viel

**Hypo...** Zu wenig

## Lungenüberdehnungsverletzungen

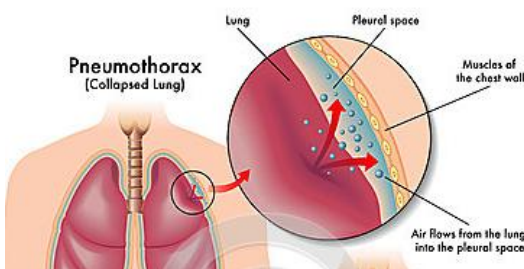
Gefahr für Lungen bei Druckveränderung beim Abtauchen.



### Luftembolie AEG (arterielle Gasembolie)

Schwerwiegendste Verletzung ist die Luftembolie  
AEG tritt auf wenn Luftbläschen in den arteriellen Blutkreislauf eindringen. Diese blockieren den Blutkreislauf – Durchblutung  
Wenn sie sich **durch die Schlagader ins Gehirn** bewegen, dann kann die zu einer **cerebralen arteriellen Gasembolie (CAEG)** führen.

### Pneumothorax



Wenn ausdehnende Luft gewaltsam in Pleuralspalt zwischen Lunge und Wandblatt des Brustkorbes gezwängt wird. Folge die Lunge fällt in sich zusammen.  
Schmerzen, Bluthusten, schmerzhaftes Atmen

### Subkutanes Emphysem

Wenn Luft aus einem Lungenriss sich in weiches Gewebe im unteren Halsbereich ansammelt.  
Stimmenveränderung, knistern der Haut bei Berührung

### Mediastinalempysem

Wenn Luft aus einem Lungenriss sich in der Brustmitte über dem Herz ansammelt.  
Atemnot, Schwäche durch lastenden Druck aufs Herz

### Subkutanes und Mediastinalempysem

treten meist auch gleichzeitig auf Nicht selten auch alle 4 Verletzungen auf einmal möglich



# Tauch – Physiologie

(Allgemeines zur Physiologie; Begriffe & Bedeutung )

**Hyper...** Zu viel

**Hypo...** Zu wenig

Vergleich der Symptome

Luftembolie und Dekompressionskrankheit

	<u>Luftembolie</u>	<u>Dekompressionskrankheit</u>
Symptome	plötzlicher Bewusstseinsverlust	Schmerzen in Gelenke / Ermüdung
	Ähnlich wie ein Schlaganfall	ähnlich wie Lähmungserscheinungen, insbesondere wenn Zentrales Nervensystem betroffen
	Linke oder rechte Seite betroffen	Unterkörper oder Oberkörper Lähmungserscheinung
Auswirkungen bei Erst Hilfe	Verbesserung durch Sauerstoffabgabe kann rasch erfolgen	Braucht Zeit und aggressive Massnahmen Erste Hilfe wenig Auswirkungen