



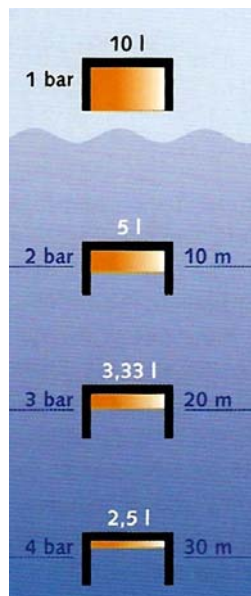
Taucherkrankheit - SCUBA (1)

Der Luftdruck an der Wasseroberfläche beträgt 1 bar, sofern sich das Tauchgewässer in Meereshöhe oder in einer Höhe bis 250 m darüber befindet.

Die Druckzunahme im Wasser ist 1 bar pro 10 m Wassertiefe.



Taucherkrankheit - SCUBA (2)



Gesetz von Boyle-Mariotte:

Bei gleich bleibender Temperatur steht für eine gegebene Gasmenge der Druck im umgekehrten Verhältnis zum Volumen:

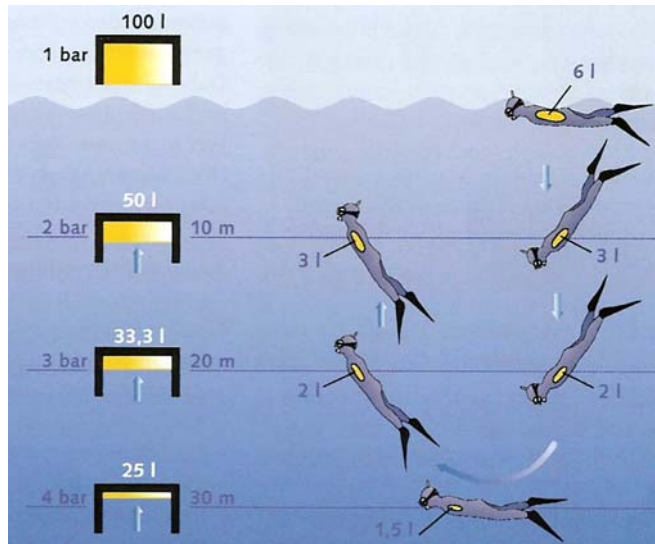
$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

oder

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



Taucherkrankheit - SCUBA (3)



Apnoe-Tauchen:

Die Kompression des intrapulmonalen Gasvolumens wird möglich durch die Flexibilität des Brustkorbs, der Lunge und des Zwerchfells.



Taucherkrankheit - SCUBA (4)



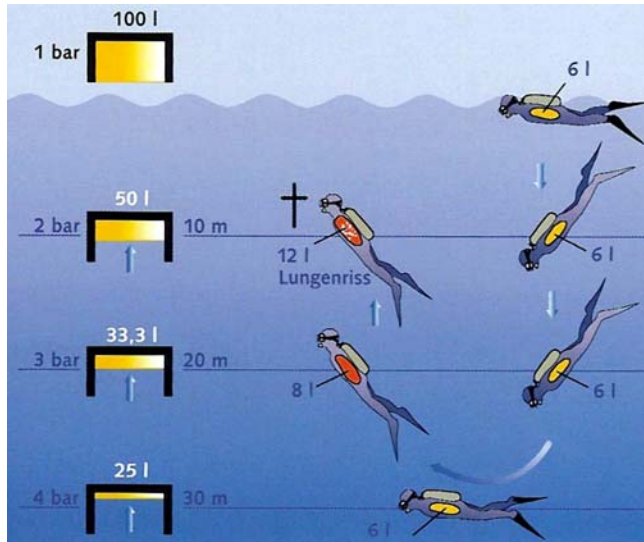
Sporttaucher benutzen autonome Leichttauchgeräte (SCUBA = *self-contained underwater breathing apparatus*), die meist mit komprimierter atmosphärischer Luft gefüllt werden.

Ein Regulatorventil passt den inspiratorisch angebotenen Gasdruck dem Wasserdruck an:

Der Taucher hat dadurch das Gefühl, mit der gleichen Leichtigkeit wie an der Oberfläche zu atmen, und sein intrapulmonales Gasvolumen verändert sich nicht.



Taucherkrankheit - SCUBA (5)



Geräte-Tauchen:

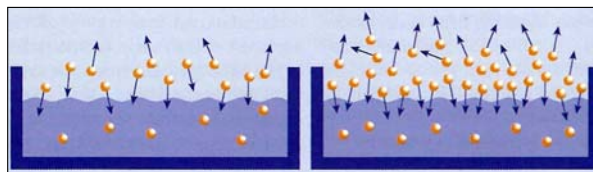
Beim zu schnellen Auftauchen (abnehmender Wasserdruck) hat die Luft das Bestreben, sich auszudehnen.



Taucherkrankheit - SCUBA (6)

	Vol. %	Partialdruck 1 atm: 760 mm Hg	Partialdruck 2 atm: 1520 mm Hg	Partialdruck 4 atm: 3040 mm Hg
N ₂	78	594	1188	2376
O ₂	21	159	318	636

Dalton-Gesetz:
Partialdrücke



Henry-Gesetz:
Löslichkeiten
 $c = \alpha \cdot p$

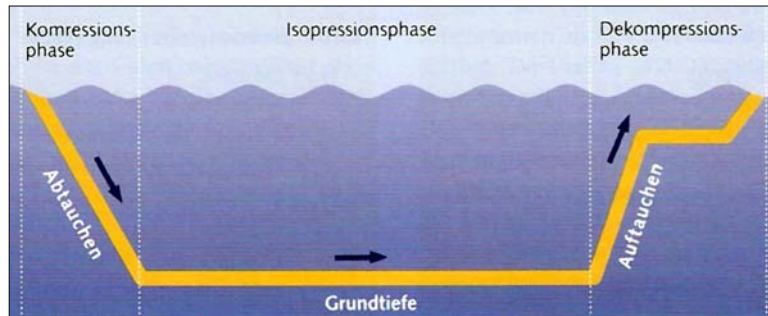
Die Gase im Atemgemisch eines Tauchers werden im Körper in Abhängigkeit vom Partialdruck gelöst. Die Löslichkeitskoeffizienten α sind sehr verschieden (N₂ löst sich in Fett z.B. 5-mal besser als im Wasser). Je niedriger die Temperatur, desto größer ist die Löslichkeit.

Der Vorgang bis zur Sättigung dauert einige Zeit. Darum hängt die gelöste Menge auch von der Zeit ab, während der der Taucher dieses Gas unter erhöhtem Druck atmet.



Taucherkrankheit - SCUBA (7)

Jedes Gas wird in Lösung bleiben, solange der Druck gleich bleibt. Bei kontrollierter Aufstiegs geschwindigkeit, d.h. kontrollierter Druckminderung anhand von Auftauchtabelle n wird das Gas noch in Lösung mit dem Blut aus den Geweben zur Lunge transportiert und abgeatmet.



Taucht man jedoch zu schnell auf, können Bläschen im Blut entstehen und Gefäße verstopfen. Die daraus entstehenden Schäden werden unter dem Begriff „Caisson-Krankheit“ (Dekompressionskrankheit) zusammengefasst.



Taucherkrankheit - Klinik (1)

Während O_2 weitgehend metabolisch verbraucht wird, stellt das „Inertgas“ N_2 das größte Risiko dar, zumal es mit wesentlich höherem Partialdruck angeboten worden ist.

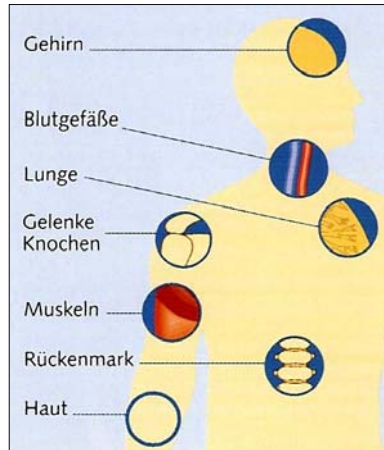
So kommt es nach nahezu jedem Tauchgang zur Bildung von Mikroblasen in den Geweben. Von dort werden sie in den venösen Kreislauf ausgeschwemmt und gelangen in die Lunge. Die Folge ist eine **venöse Gasembolie** unterschiedlichen Ausmaßes.

Die Blasen führen zu einer teilweisen Verstopfung der Lungenkapillaren (Druckzunahme im Lungenkreislauf: **pulmonale Hypertonie**). Dadurch werden bis dahin verschlossene arteriovenöse Kurzschlüsse eröffnet. In deren Folge entsteht eine vermehrte Zumischung von venösem zu arteriellem Blut (**Rechts-Links-Shunt**).

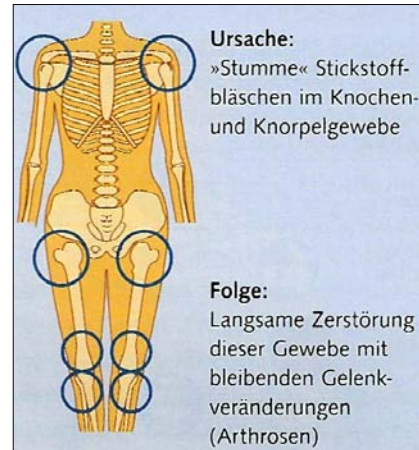
In ungünstigen Fällen können Gasblasen auch in das arterielle System übertreten und dann Embolien in verschiedenen Geweben verursachen.



Taucherkrankheit - Klinik (2)



Akuter Dekompressionsunfall (Caisson)
Bildung von Gasblasen im Blut oder Gewebe durch zu schnelle Minderung des Umgebungsdrucks



Chronische Dekompressionskrankheit



Taucherkrankheit - Klinik (3)

Dekompressionskrankheit Typ I

Der Typ I, der auch als „milde Form“ bezeichnet wird, weist als Symptom **Schmerzen** auf. Sie können in Gelenken („Bends“) sowie Armen und Beinen, in Form von **Hautrötungen** und Juckreiz (Taucherflöhe) sowie als umschriebene **Schwellungen**, hervorgerufen durch Gasblasen in den Lymphbahnen auftreten.

Zwar können sich diese innerhalb einiger Tage ohne Druckkammerbehandlung vollständig zurückbilden, sie sind jedoch häufig mit dem Typ II verbunden. So können „harmlosen“ Taucherflöhen innerhalb weniger Minuten bis Stunden schwere Symptome des Typs II folgen.

In jedem Fall sollte der Typ I mit einer Gabe von 100% Sauerstoff therapiert und nach Möglichkeit einem Druckkammerzentrum vorgestellt werden.



Taucherkrankheit - Klinik (4)

Dekompressionskrankheit Typ II

Typ II zeichnet sich durch eine Beteiligung von Gehirn, Rückenmark, Herz und Lungen aus. Die Auswirkungen können zu schwersten gesundheitlichen Störungen führen und lebensbedrohlich werden.

Zerebrale Symptome reichen von extremer Müdigkeit über migräneähnliche **Kopfschmerzen**, Seh- und **Sprachstörungen**, **Gangunsicherheiten** und Koordinations- und Bewusstseinsstörungen. Ist lediglich das Innenohr betroffen, so kommt es zu Ohrgeräuschen, Hörverlust, **Schwindel** und starkem **Erbrechen**.

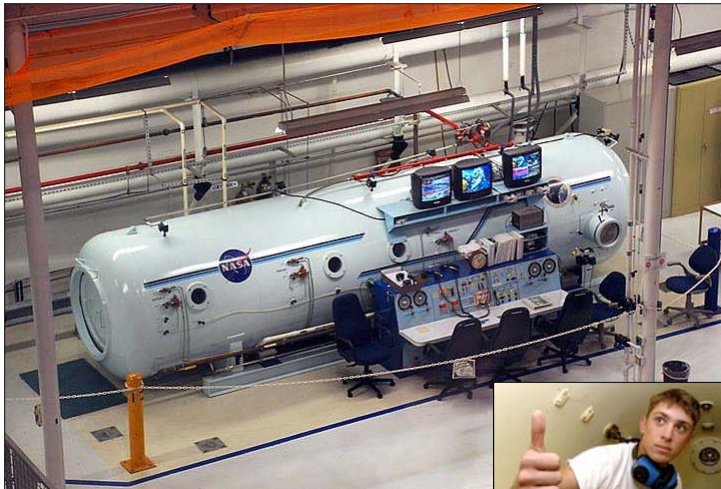
Eine Rückenmarksbeteiligung äußert sich oft mit dumpfen Rückenschmerzen, in dessen weiterem Verlauf es zu sensiblen und motorischen Ausfällen bis hin zur Querschnittslähmung kommt.

Die Gasembolie der Lunge zeigt sich in Form stechender Schmerzen bei tiefer Inspiration, was zu einer sehr flachen Atmung und Hustenanfällen führt.



Taucherkrankheit - Klinik (5)





→ **Überdruckkammer**
(Rekompression, hyperbare Oxygenation)



Taucherkrankheit - Klinik (7)

Im Druckkammerzentrum erfolgt nach Kreislaufstabilisierung die schnellstmögliche **Rekompression**. Der erhöhte Druck hat die Aufgabe, entstandene Gasblasen zu verkleinern und möglichst wieder in Lösung zu bringen.

Ein Problem stellt die Reaktion des Körpers auf die Blasen dar. Um sie herum wird schnell eine Hülle aus Gerinnungsprodukten gebildet. Ist dieser Prozess erst einmal abgelaufen, kann eine Rekompression Gefäßverschlüsse nicht mehr beeinflussen.

Zur Vermeidung einer weiteren Aufsättigung mit Stickstoff wird ein spezielles Gasmisch mit verringertem N_2 -Anteil verwendet. Der erhöhte O_2 -Partialdruck sichert die Versorgung der Gewebe hinter dem Verschluss. Der Ausgangsdruck wird eine gewisse Zeit aufrechterhalten und danach gesenkt. Ab 2 bar erfolgt der Wechsel auf reinen Sauerstoff.

Pausen, in denen Druckluft geatmet werden, dienen der Vorbeugung einer Sauerstoffvergiftung.



Taucherkrankheit - Klinik (8)



Die **hyperbare Oxygenation (HBO)** ist deshalb die wichtigste und effektivste Maßnahme bei der Behandlung.

Sind seit dem Unfall mehr als 4 Stunden vergangen, so sind die Gasbläschen in den Geweben schon so weit resorbiert, dass sie sich durch einen hohen Umgebungsdruck nicht mehr entscheidend beeinflussen lassen. In diesen Fällen verzichtet man auf eine Rekompensation mit hohen Drücken und beginnt sofort mit der Sauerstoffatmung bei 2 bar.