

# Druck ablassen – aber sicher

## Gase satt: 2. Teil

Im ersten Teil unserer Serie über Dekompression zeigten wir, dass es viele Jahrzehnte dauerte, bis die Ursache der Dekompressionskrankheit erkannt und erste Tauchtabellen berechnet wurden.

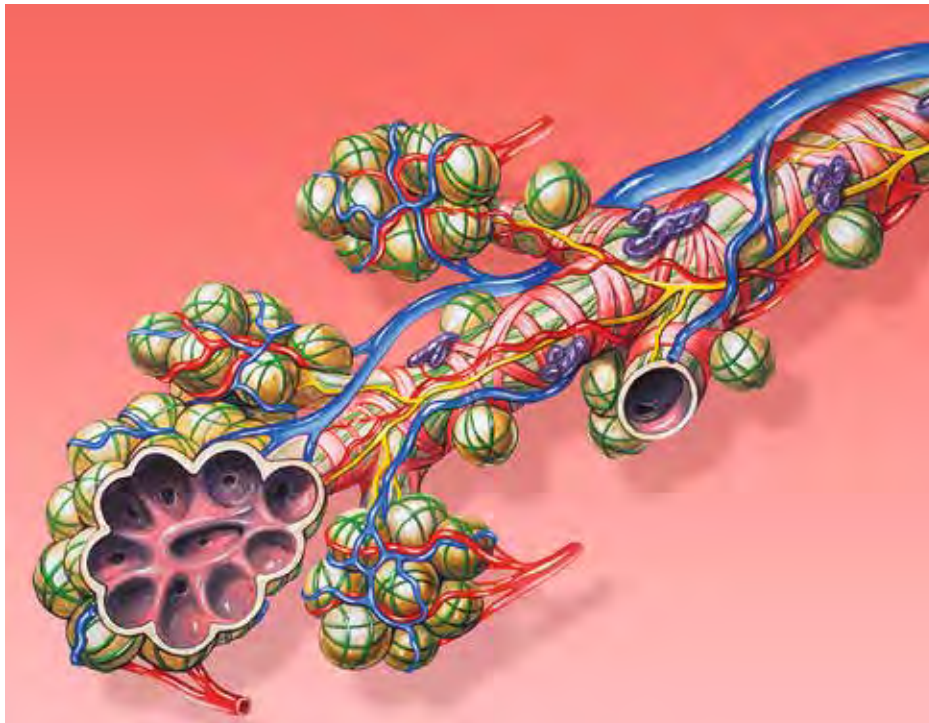
Teil 2 erklärt, was Sättigung im tauchphysiologischen Sinn bedeutet.

■ Text von Christian Wölfel, Bilder public domain

Luft ist ein Gasgemisch aus Stickstoff ( $N_2$ ), Sauerstoff ( $O_2$ ), sehr wenig Kohlendioxid ( $CO_2$ ) und einigen anderen Gasen. Anstatt die Prozentanteile anzugeben, ist es für das Verständnis der Abläufe beim Tauchen sinnvoller, mit Teilrücken zu arbeiten.

Bronchus und Lungenbläschen mit Blutgefässen (rot und blau), Muskelfasern (rosarot), elastischen Fasern (grün), Nerven (gelb) und Schleimdrüsen (violett).

Grafik: Patrick J. Lynch, medical illustrator, Lizenz: Creative Commons Attribution 2.5 License 2006



Diese auch als Partialdrücke bezeichneten Werte lassen sich ganz einfach bestimmen: Der Anteil eines Gases an einem Gasgemisch entspricht genau seinem Anteil am Gesamtdruck des Gasgemisches. Luft enthält etwa 78 % Stickstoff und 21 % Sauerstoff.

Während der Ferien am Karibikstrand atmen wir also an der Oberfläche Stickstoff mit 0,78bar Partialdruck ( $pN_2$ ) und Sauerstoff mit 0,21bar ( $pO_2$ ), also Luft mit 1bar Gesamtdruck.

In den Lungenbläschen (Alveolen) herrschen trotz des gleichen Gesamtdruckes etwas andere Drücke, weil  $O_2$  ins Blut aufgenommen,  $CO_2$  aus dem Blut abgegeben wird und die Feuchtigkeit des Alveolargases 100 % beträgt. Dabei ist die Zusammensetzung dieses Gasgemisches konstant, obwohl wir rhythmisch ein- und ausatmen und sich die Zusammensetzung der Einatemluft deutlich von der des Ausatemgases unterscheidet.

### Faulgas

Um jedes Lungenbläschen herum fliesst Blut durch ein Netz feinsten Haargefässe (Kapillaren). Dieses Blut enthält gelöste Gase, für die man auch Partialdrücke angeben kann. Der des  $CO_2$  ist dabei höher als in den Lungenbläschen, der des  $O_2$  niedriger. Diese Unterschiede (Gradienten) sind die treibende Kraft für den sogenannten Gasaustausch, also zur Abgabe von  $CO_2$  aus dem Blut in das Alveolargas und zur Aufnahme von  $O_2$  auf dem umgekehrten Weg.

Diese Vorgänge finden nicht nur zwischen dem Alveolargas und dem Blut, sondern – mit umgekehrten Gradienten – auch zwischen dem Blut und den Körpergeweben in allen Organen statt, da deren Zellen Sauerstoff verbrauchen und Kohlendioxid produzieren.

Aber was passiert mit dem Stickstoff, der den grössten Gasanteil in der Luft ausmacht?

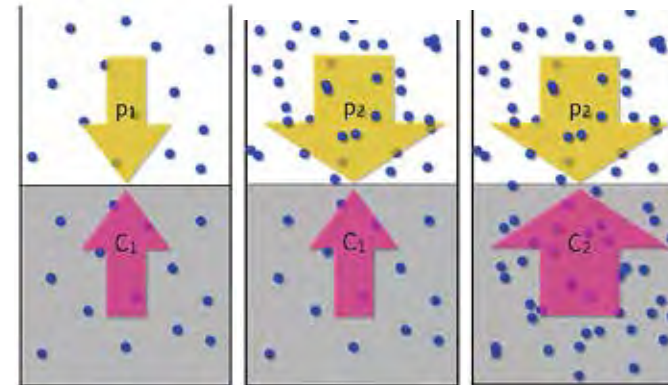
Nichts! Es findet kein Austausch statt, das heisst, immer wenn ein  $N_2$ -Molekül ins Blut wechselt (diffundiert), tritt ein  $N_2$ -Molekül ins Gasgemisch aus. Das bedeutet, es findet keine Netto-Diffusion statt – ein Zustand, den man auch als «Sättigung» bezeichnet. Ein Gasaustausch für Stickstoff ist nicht nötig, da dieser im Körper weder verbraucht noch hergestellt wird – er ist also «unbeteiligt», auf Latein «inert».

Beim konventionellen Tauchen bleibt die Zusammensetzung der Gasgemische Luft und Alveolargas gleich, während der Gesamtdruck steigt. Da der Gesamtdruck immer gleich

der Summe der Partialdrücke ist, erhöhen sich diese entsprechend. In zehn Meter Wassertiefe, also bei gegenüber dem an der Oberfläche verdoppeltem Druck, liefert unser Lungenautomat folglich  $N_2$  mit 1,56bar und  $O_2$  mit 0,42bar und auch die Partialdrücke im Alveolargas verdoppeln sich. Im Blut passen sie sich sehr rasch an. Den erhöhten  $pN_2$  transportiert der Blutkreislauf dann in die Organe des Körpers.

Weil die Körperzellen nichts mit dem Stickstoff aus der Atmung anfangen können, Stickstoffmoleküle aber aufgrund des gestiegenen  $pN_2$  aus dem Blut in die Zellen und die umgebende Flüssigkeit gedrängt werden, kommt es zur Aufnahme von Stickstoff in die Gewebe. Dieser passive Vorgang läuft so lange ab, bis der Partialdruck für Stickstoff im Gewebe so hoch ist, dass sich ein neues Gleichgewicht zwischen ihm und dem im Blut eingestellt hat – dann ist das Gewebe (erneut) gesättigt.

Dies bleibt so, bis sich der Umgebungsdruck zum Beispiel durch ab- oder auftauchen ändert.



Links: Gasmoleküle in der gasförmigen und in der flüssigen Phase stehen im Gleichgewicht.

Mitte: Wird der Gasdruck erhöht, befinden sich in der Gasphase mehr Gasmoleküle pro Volumeneinheit.

Rechts: Nach einiger Zeit sind so viele Gasmoleküle aus der Gasphase in die Flüssigkeit übergegangen, dass diese keine weiteren mehr aufnehmen kann – ein neues Gleichgewicht hat sich eingestellt (Sättigung).

Grafiken:  
Christian Wölfel

### Flüssiggas

Wie schnell ein Gewebe mit einem Inertgas wie zum Beispiel Stickstoff oder Helium gesättigt wird, hängt hauptsächlich von zwei Faktoren ab: In einigen Flüssigkeiten kann sich mehr davon lösen als in anderen. Solche mit einem hohen Ölanteil können mehr Stickstoff pro Volumeneinheit aufnehmen als reines Wasser.  $N_2$  hat also eine hohe Löslichkeit in Öl und Fett.

Aber auch das Tempo, mit dem der Stickstoff «angeliefert» wird, ist massgeblich. Gut durchblutete Gewebe, das heisst solche, durch die viel Blut pro Zeiteinheit fliesst, können die Sättigung schneller erreichen als Gewebe mit einer schlechten Durchblutung.

Kombiniert man beide Umstände miteinander, so resultieren sogenannte «schnelle» Gewebe und «langsame» Gewebe. Die schnellsten sind diejenigen, die gut durchblutet sind und eine schlechte Löslichkeit für Inertgase haben, die langsamsten sind die, die sehr viel  $N_2$  aufnehmen können und schlecht durchblutet werden. Ein einfacher Vergleich hilft dabei, sich diesen Sachverhalt vorzustellen: ein kleines Fass, das durch einen dicken Schlauch gefüllt wird, ist schneller voll als ein riesengrosses Fass, in das es aus einem dünnen Strohhalm hineintröpfelt.

Das hört sich schon in der Theorie ganz schön kompliziert an. In der Praxis ist es noch viel komplizierter. Wie es gelingt, das Unberechenbare zu berechnen, zeigen wir in der nächsten Ausgabe.

Anzeige



- Über 30 Aus- und Weiterbildungskurse nach SSI, PADI und v.m.
- Wartungs- und Reparaturservice aller Marken
- Vermietung von Tauchmaterial
- Vermietung von U/W-Foto- und Videokameras
- 24h Aussenfüllanlage
- Nitrox bis 100%
- Kostenlose Tauchgänge jeden Sonntag
- Tauchärztliche Untersuchung durch Dr. med. vor Ort

Viele weitere Infos gibts auf unserer Webpage ([www.divezone.ch](http://www.divezone.ch))



Öffnungszeiten:  
Di bis Fr 14:00 - 18:30  
Sa 10:00 - 16:00  
Parkplätze vorhanden




DiveZone - Landstrasse 92 - 5436 Würenlos - Switzerland  
Tel: +41 56 424 13 73 - [info@divezone.ch](mailto:info@divezone.ch) - [www.divezone.ch](http://www.divezone.ch)