

Atemgase im Sporttauchbereich und beim technischen Tauchen.

Nachdem ich in den letzten beiden Ausgaben der dive.at über das Tauchen mit angereicherter Luft berichtet habe, möchte ich diesmal Einiges über die Herstellung der verwendeten Atemgase erklären.

Um mit Sauerstoff angereicherte Luft herstellen zu können, benötigt man neben der entsprechenden Ausbildung zum sogenannten „Gas Blender“ auch die notwendigen Gase und das erforderliche Equipment.

Sauerstoff

Sauerstoff (O_2) ist in unserer Luft mit einem Anteil von 20,946 % enthalten. Der Rest ist 78,084 % (N_2), 0,034 % CO_2 und als weiters diverse Edelgase (Ar 0,93 %, Ne, He, Kr, Xe und H_2). Sauerstoff ist ein geruchloses, farbloses und geschmackloses Gas, welches in trockener Luft mit einem Gewichtsanteil von 23,15 % enthalten ist und ein Molekulargewicht von 32,00 (g/Mol) hat. Wie wir spätestens aus dem EANx Kurs wissen, spielen die Stickstoff-Sauerstoff Anteile eine wichtige Rolle. N_2 ist für unsere Nullzeitgrenzen und im Hauptmaße auch für die Stickstoffnarkose (Tiefenrausch) verantwortlich und O_2 ist bekanntlich lebensnotwendig. Wenn man nun an diesem O_2/N_2 Mischungsverhältnis „herumdreht“ muss man nicht nur wissen wie man dies mit möglichst wenig Risiko macht, sondern auch die Auswirkungen der Veränderung auf die Physiologie des Menschen kennen. In einem meiner folgenden Berichte werde ich näher darauf eingehen.



Mischverfahren

Um nun mit Sauerstoff angereicherte Luft sprich EANx (=enriched air Nitrox) herzustellen gibt es unterschiedliche Verfahren, welche ich kurz darstellen möchte.

Mischen nach Gewicht

Bei dieser Technik wird reiner O_2 und reiner N_2 gemischt. Dieses Verfahren wird hauptsächlich im industriellen Bereich angewendet da es eine der präzisesten Methoden ist. Der Aufwand bzw. die Kosten sind jedoch hoch und findet daher im Tauchbasenbetrieb kaum Verwendung. Mittels einer exakten Waage stellt der Mischer (=Blender) das gewünschte Gas her.

Mischen mittels Partialdruckmethode

Dies ist von der Konzeption her das einfachste und somit ein auch im Tauchbetrieb sehr verbreitetes Verfahren. Der Blender muss allerdings ein bisschen Mathematik beherrschen und dem Gesetz von Dalton vertraut sein. Er benötigt dafür entweder reinen Sauerstoff und/oder ein sauerstoffangereichertes „Premix“ (=Vormischung) sowie reine Luft, welche bestimmte Kriterien erfüllen muss.

Ein Beispiel: Wir möchten ein EANx32 herstellen. Dies bedeutet, dass in unserem Atemgas 32 % O₂ enthalten sein soll. Beginnen wir mit einer leeren Flasche. Der Enddruck soll 200 bar sein. Die Flaschengröße spielt dabei keine Rolle. Wir füllen erst reinen Sauerstoff in unsere leere Flasche, welche natürlich bestimmte Kriterien in Bezug auf Sauerstoffkompatibilität erfüllen muss. Und zwar exakt 27,85 bar. Danach wird die Flasche mit reiner Luft auf den Enddruck von 200 bar gebracht. Woher weiß der Blender dass er so vorgehen muss? Nun, dies ist nur ein Teil seiner verantwortungsvollen Ausbildung. Ich will aber den Trick kurz vorstellen:



Die Formel lautet:

$$\left(\frac{f_{O_2} - 0,21}{0,79} \right) \times P = PO_2$$

fO₂ = der Sauerstoff in der Mischung nach der Füllung

0,21 = der Sauerstoff in der Luft mit welcher aufgefüllt (gedopt) wird

0,79 = der Stickstoff in der Luft mit welcher aufgefüllt wird

P = der Enddruck der Flasche

$$\left(\frac{0,32 - 0,21}{0,79} \right) \times 200 = 27,85 \text{ bar}$$

Betonen möchte ich gleich an dieser Stelle, dass zur Ausbildung als Gas Blender vieles mehr notwendig ist als diese eine Formel und warne daher ausdrücklich zu experimentieren ohne die entsprechende Ausbildung gemacht zu haben. Das erforderliche Wissen wird zum Beispiel im Gas Blender Kurs von DSAT angeboten.

Mischen mittels Beimischmethode

Bei diesem Verfahren wird Sauerstoff zur Ansaugluft des Kompressors beigemischt. Dies verringert das Risiko des Hantierens mit reinem Sauerstoff bei hohem Druck (Brand bzw. Explosionsgefahr). Teuer und aufwendig ist die Ausrüstung um die exakte Sauerstoffmenge beim Zumischen dosieren zu können, sowie die elektronische Messung und Steuerung dafür. Weiteres muss in einen sauerstoffkompatiblen Kompressor investiert werden.

Mischen mittels Membran

Mit speziellen Membranen oder sogenannten Molekularsieben kann ebenfalls enriched air hergestellt werden indem man Sauerstoff und Stickstoff trennt. Die

Molekularsiebe entnehmen einem Luftstrom Sauerstoff und fügen ihn einem anderen Luftstrom wieder zu. Eine weitere Methode besteht darin, halbdurchlässige Membranen zu verwenden. Dabei sind Mischungen bis maximal 40 % O₂ möglich. Korrekterweise müsste man jetzt von einer „stickstoffabgemagerten Luft“ (denitrogenated air) sprechen, da ja nicht angereichert wurde. Leider sind hier die Investitionskosten in eine solche Anlage nicht unbeträchtlich.

Sauerstoffkompatibilität

Sauerstoff ist ein reaktives Element. Es reagiert mit den meisten Materialien in Form von Oxidation. Sauerstoff brennt zwar selbst nicht, fördert aber die Verbrennung. Mit steigendem Druck wird der Flammpunkt eines Materials herabgesetzt. Dies muss beim Hantieren mit reinem, oder mit Gasen mit erhöhtem Sauerstoffanteil besonders berücksichtigt werden.

Sauerstoffkompatibel

Dies bedeutet, dass sämtliche mit dem Gas in Verbindung stehenden Materialien bei den maximal zu erwartenden Drücken und Temperaturen nicht reagieren dürfen. Das erfordert zum Beispiel den Einsatz von speziellen O-Ringen, geeigneten Schmiermitteln und kompatible Metalle.

Sauerstoffrein

Einfach erklärt, bedeutet dies frei von Verunreinigen, da diese bei erhöhtem Sauerstoffanteil heftig reagieren – sprich brennen – können.

Zur Ausbildung als Gas Blender gehört somit auch die Behandlung des Tauchaquipments und der Mischutensilien in Hinblick auf die oben genannten Punkte.

Ausrüstung zum Mischen

Der Einfachheit nur mal das Notwendigste um Mischen mit der Partialdruckmethode zu können. Man benötigt eine Sauerstoffflasche, ein Sauerstoffmessgerät (O₂ Analyser), einen sauerstoffkompatiblen Füllschlauch (inkl. diverser Adapter) mit einem exakten Manometer (ideal auf ein Zehntel Bar genau) und einem fein justierbarem Ventil. Dann noch sauerstoffkompatible Luft (muss hohe Reinheit haben) und/oder einen entsprechenden Filter.

Ausbildung zum Mischen

Diverse technische Tauchausbildungsorganisationen bieten Kurse zum Servicetechniker und Gasblender an. Seit kurzem gibt es einen Kurs auch von DSAT (= Diving Science and Technology) eine 100% Tochter von PADI, welcher sowohl für EANx als auch für Trimix angeboten wird. Voraussetzung ist zertifizierter EANx Diver und 18 Jahre alt.

Interessante Gase für das technische Tauchen

Über das Anreichern der Luft mit Sauerstoff im Sporttauchbereich hinaus, gibt es im Gebiet des technischen Tauchens auch den Bedarf von anderen Gasmischungen.

Hier ein kleiner Überblick über für diesen Bereich interessante Gase und deren Mischungen:

Helium: (He) um das Problem Stickstoffnarkose in den Griff zu bekommen setzt man Helium ein, da es wesentlich günstigere narkotische Eigenschaften hat als Stickstoff. Helium mit Stickstoff und Sauerstoff vermischt ergibt ein Gas für das technische Tauchen, welches als Trimix bekannt ist. Eine reine He/O₂ Mischung wird als Heliox bezeichnet.

Für experimentelle Gasmischungen waren und sind auch folgende Gase interessant: Wasserstoff, Neon und Argon.

In meinem nächsten Bericht möchte ich euch die Ausrüstung und Konfiguration vorstellen, wie sie beim TECREC Deep Diver zum Einsatz kommt.

Für Feedback und Fragen stehe ich gern unter uli@dive.at zur Verfügung
Infos zu meiner Person und auch meine Kurstermine gibt es unter
http://www.dive.at/lorenc/staff/uli_sax/uli_sax.htm