



# TSVÖ/CMAS Gas Blender

Lehrunterlage

Kommission Technisches Tauchen



Disclaimer: Sämtliche Abbildungen, Illustrationen lizenziert mit freundlicher Genehmigung des Verbandes Deutscher Sporttaucher - VDST, Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ, Adobe Stock Fotos Licensed, Bing Free Commercial Foto Library und Adobe CC Express Library. Alle in diesem Werk enthaltenen Angaben, Daten, Ergebnisse usw. wurden von den Autoren nach bestem Wissen erstellt und von ihnen mit größtmöglicher Sorgfalt überprüft. Diese Dokumentation erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit oder Fehlerfreiheit. Daher erfolgen die gemachten Angaben usw. ohne jegliche Verpflichtung oder Garantie des TSVÖ und der Mitarbeiter. Sie alle übernehmen deshalb keinerlei Verantwortung und Haftung für etwaige inhaltliche Unrichtigkeiten. Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne Genehmigung des Komitees für Ausbildung und Technik des TSVÖ reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Übersicht

**Tauchgase** und ihre Eigenschaften  
**Physik** - physikalische Grundlagen  
**Berechnungsmethoden**  
**Mischverfahren**

**VORTRAG**



**Mischpraxis**  
**Gasanalyse**

**PRAXIS**



**Kompressor**  
**Normen**

**STUDIUM**



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### *Berechtigung*

Inhaber des Spezialbrevets **“Nitrox Gasmischer“** sind ausgebildet, verschiedene Nitrox-Gasgemische bestehend aus Sauerstoff und Stickstoff unter Einhaltung der Vorschriften herzustellen.

### *It. EN ISO 13293:2012 Gas Blender der Ausbildungsstufe 1*

Inhaber des Spezialbrevets **“Trimix Gasmischer“** sind ausgebildet, verschiedene Nitrox- und Trimix-Gasgemische bestehend aus Helium, Sauerstoff und Stickstoff unter Einhaltung der Vorschriften herzustellen.

### *It. EN ISO 13293:2012 Gas Blender der Ausbildungsstufe 2*



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## EN ISO 13293:2012

Diese Internationale Norm legt Anforderungen an Ausbildungsprogramme für Gas Blender und die Kompetenzen fest, die eine Person erlangt haben muss, damit eine Ausbildungsorganisation eine Gas-Blender-Qualifikation vergeben kann, die bestätigt, dass diese Person, die in dieser Internationalen Norm festgelegten Kompetenzen erreicht oder übertroffen hat.

Diese internationale Norm legt zwei mögliche Qualifikationen für Gas Blender fest:

- Gas Blender der Ausbildungsstufe 1 (Nitrox)
- Gas Blender der Ausbildungsstufe 2 (Trimix)

Diese internationale Norm erkennt an, dass ein Ausbildungsprogramm in Modulen aufgebaut sein und durchgeführt werden kann.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Berechtigung

**Gas Blender sind befähigt spezielle Gasgemische in einer geeigneten Gasflasche bereitzustellen.**

### Gas Blender sind nicht befähigt:

- **einen Taucher, im Hinblick auf das für einen bestimmten Tauchgang zu verwendende Gasgemisch, zu beraten**
- **Betriebsparameter für einen Taucher festzulegen, z.B. maximale Betriebstiefe oder maximalen Partialdruck eines Bestandteils des Gasgemisches**
- **die Sauerstoffreinigung und Wartung der Tauchausrüstung durchzuführen**



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

### Kompetenzen eines Gas Blenders

Das Ausbildungsprogramm für Gas Blender muss sicherstellen, dass Personen, die nach Abschnitt 8 bewertet werden, dafür qualifiziert sind, Gase zu Tauchzwecken nach anerkannten Sicherheitsprotokollen und -standards zu mischen.

Diese internationale Norm legt zwei Kompetenzklassen für Gas Blender fest, wie folgt:

- Gas Blender der Ausbildungsstufe 1 sind für das Mischen von mit Sauerstoff angereicherter Luft (EAN) qualifiziert;
- Gas Blender der Ausbildungsstufe 2 sind für das Mischen und Bereitstellen aller Gase und Gasgemische qualifiziert, die in dieser Internationalen Norm behandelt werden.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

# 01 Tauchgase und ihre Eigenschaften

*Atemluft, Stickstoff, Sauerstoff, Helium, Argon*



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Luft - Bestandteile

Gas	chem. Zeichen	Volumenanteil	Massenanteil
Stickstoff	N <sub>2</sub>	78,084%	75,51%
Sauerstoff	O <sub>2</sub>	20,946%	23,01%
Argon	Ar	0,934%	1,29%
Kohlendioxid	CO <sub>2</sub>	0,035% 0,026%	0,04%
Neon	Ne	18,18ppm	12ppm
Helium	He	5,24ppm	7ppm
Methan	CH <sub>4</sub>	1,6ppm 0,7ppm	9ppm
Krypton	Kr	1,14ppm	3ppm
Wasserstoff	H <sub>2</sub>	0,5ppm	0,04ppm
Distickstoffoxid	N <sub>2</sub> O	0,3ppm	0,05ppm
Kohlenmonoxid	CO	0,2ppm	0,02ppm
Xenon	Xe	0,087ppm	0,4ppm
<b>Summe</b>		<b>99,998%</b>	



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

### Öl Anteil in sauerstoffkompatibler Luft

Die maximalen Konzentrationen an Kohlenwasserstoffen, Öl und Öl Dunst in sauerstoffkompatibler Luft sollten sorgfältig überwacht werden und sollten den einschlägigen Normen entsprechen. DIN EN 12021:2014

### Sauerstoffkompatible Luft

Atemluft mit einem verringerten Anteil an kondensier baren Kohlenwasserstoffnebel oder -dampf



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### TAUCHGASE - Eigenschaften nach EN 12021

Konzentration bei 1 013 mbar und 20 °C			
Bestandteil	Zusammensetzung der sauerstoffkompatiblen Luft	Zusammensetzung der stickstoffarmen Luft und der sauerstoffangereicherten Luft	Zusammensetzung des Atemsauerstoffs
Sauerstoff	(21 ± 1) %	(laut Lieferantenangabe ± 1,0) %	> 99,5 %
Wasser	≤ 25 mg m <sup>-3</sup>	≤ 25 mg m <sup>-3</sup>	≤ 15 mg m <sup>-3</sup>
Kohlendioxid	≤ 500 ml m <sup>-3</sup> (ppm)	≤ 500 ml m <sup>-3</sup> (ppm)	≤ 5 ml m <sup>-3</sup> (ppm)
Kohlenmonoxid	≤ 5 ml m <sup>-3</sup> (ppm)	≤ 5 ml m <sup>-3</sup> (ppm)	≤ 1 ml m <sup>-3</sup> (ppm)
Öl	≤ 0,1 mg m <sup>-3</sup>	≤ 0,1 mg m <sup>-3</sup>	≤ 0,1 mg m <sup>-3</sup>
Gesamtmenge der flüchtigen unsubstituierten Kohlenwasserstoffe (Dampf oder Gas) als Methan-Äquivalent			≤ 30 ml m <sup>-3</sup> (ppm)
Gesamtmenge der Fluorchlorkohlenwasserstoffe und halogenisierten Kohlenwasserstoffe			≤ 2 ml m <sup>-3</sup> (ppm)
Andere nicht-toxische Gase (a)			< 0,5 %

(a) Zu diesen Gasen gehören Argon und alle weiteren Edelgase



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Die Tabelle zeigt die Zusammensetzung der unterschiedlichen Atemgasgemische nach EN 12021 2014:7 und die tolerierten Verunreinigungen (Öl, Kohlenmonoxid...)



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### TAUCHGASE - Eigenschaften nach EN 12021

Bestandteil	Konzentration bei 1 013 mbar und 20 °C		
	Zusammensetzung der Sauerstoff- und Stickstoff-Gasmischungen	Zusammensetzung der Sauerstoff- und Helium-Gasmischungen	Zusammensetzung der Sauerstoff-, Helium und Stickstoff-Gasmischungen
Sauerstoffmischung mit einem Volumenanteil			
≤ 10 %		laut Angabe (a) ± 0,25 (b) %	laut Angabe (a) ± 0,25 (b) %
< 20 %	laut Angabe (a) ± 0,5 (b) %	laut Angabe (a) ± 0,5 (b) %	laut Angabe (a) ± 0,5 (b) %
≥ 20 %	laut Angabe (a) ± 1,0 (b) %	laut Angabe (a) ± 1,0 (b) %	laut Angabe (a) ± 1,0 (b) %
Helium			laut Angabe (a) ± 1,0 (b) %
Stickstoff	Rückstände	Rückstände	Rückstände
Wasser	≤ 15 mg m <sup>-3</sup>	≤ 15 mg m <sup>-3</sup>	≤ 15 mg m <sup>-3</sup>
Kohlendioxid	≤ 5 ml m <sup>-3</sup> (ppm)	≤ 5 ml m <sup>-3</sup> (ppm)	≤ 5 ml m <sup>-3</sup> (ppm)
Kohlenmonoxid	≤ 3 ml m <sup>-3</sup> (ppm)	≤ 0,2 ml m <sup>-3</sup> (ppm)	≤ 0,2 ml m <sup>-3</sup> (ppm)
Öl	≤ 0,1 mg m <sup>-3</sup>	≤ 0,1 mg m <sup>-3</sup>	≤ 0,1 mg m <sup>-3</sup>
Gesamtmenge der flüchtigen unsubstituierten Kohlenwasserstoffe (Dampf oder Gas) als Methan-Äquivalent			
	≤ 30 ml m <sup>-3</sup> (ppm)	≤ 30 ml m <sup>-3</sup> (ppm)	≤ 30 ml m <sup>-3</sup> (ppm)
Wasserstoff		≤ 10 ml m <sup>-3</sup> (ppm)	≤ 10 ml m <sup>-3</sup> (ppm)
Andere nicht-toxische Gase (c)	< 1 %	< 0,5 %	< 1 %

(a) Prozentanteil laut Lieferantenangabe.  
 (b) Toleranzwert ist ein Prozentanteil der gesamten Gasmischung.  
 (c) Zu diesen Gasen gehören Argon und alle weiteren Edelgase



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Die Tabelle zeigt die Zusammensetzung der unterschiedlichen Atemgasgemische nach EN 12021 2014:7 und die tolerierten Verunreinigungen (Öl, Kohlemonoxid...)



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

TAUCHGASE - sauerstoffkompatible Atemluft



### sauerstoffkompatible Luft

Atemluft mit einem verringerten Anteil an kondensierbarem Kohlenwasserstoffnebel oder -dampf

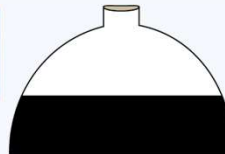


### Öl-Anteil in sauerstoffkompatibler Luft

Die maximalen Konzentrationen an Kohlenwasserstoffen, Öl und Öl Dunst in sauerstoffkompatibler Luft sollte sorgfältig überwacht werden und muss den einschlägigen Normen entsprechen.

Synthetische  
Luft/Druckluft  
für Atemzwecke

Schulterfarbe:  
weiss und schwarz



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Hinweis auf die Norm! DIN EN 12021:2014 Anforderung an Atemgase in Atemschutzgeräten.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### TAUCHGASE - Stickstoff



chemisches Symbol N

N<sub>2</sub> - Molekül besteht aus zwei Atomen

gasförmiger Aggregatzustand



zu 78 % in der Luft enthalten

Dichte: 1,25 kg/m<sup>3</sup>

Siedepunkt: - **194,6 °C**



farb-, geschmack- und geruchloses Gas

reaktionsträges und ungiftiges Inertgas

häufigstes Element in der Erdatmosphäre

Stickstoff

Schulterfarbe:  
schwarz



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

### Stickstoff

(engl. Nitrogen, von altgriech. nitron "Laugensalz" und genes "erzeugend")

1771 wies Carl Wilhelm Scheele (einer der Entdecker des Sauerstoffs) Stickstoff als Bestandteil der Luft nach. In der Erdatmosphäre sind 78,7 Vol.-% Stickstoff bzw. 75,5 Masse-% enthalten.

Dichte: 1,251 g/l (= 1,251 kg/m<sup>3</sup>) bei 20° C und 1013,25 mbar

Verflüssigungspunkt/Siedepunkt: bei - 195,8° C

Erstarrungspunkt/Schmelzpunkt: bei - 209,86° C



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### TAUCHGASE - Sauerstoff



chemisches Symbol O

O<sub>2</sub> - Molekül besteht aus zwei Atomen

gasförmiger Aggregatzustand



farb-, geschmack- und geruchloses Gas

Dichte: 1,429 kg/m<sup>3</sup>

Siedepunkt: **-183° C**



häufigstes Element auf der Erde

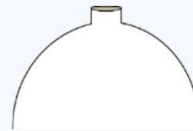
frei in der Luft zu 20,9 %

gebunden im Wasser und der Erdkruste

Flaschenkennzeichnung RAL 9010 Reinweiß

**Sauerstoff**

**Schulterfarbe:**  
weiß



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

### Sauerstoff

(engl. oxygen, von griech. oxys „scharf, sauer“ und -gen „erzeugen“)

Sauerstoff wurde 1774 unabhängig voneinander durch den Engländer Joseph Priestley und den deutsch-schwedischen Apotheker Carl Wilhelm Scheele entdeckt. Allerdings konnten sie die Rolle des Sauerstoffs bei der Verbrennung nicht erklären. Dafür sorgte der Franzose Antoine Lavoisier.

Er kam bei Experimenten zu dem Ergebnis, dass sich ein Stoff bei der Verbrennung mit Sauerstoff verbindet. Er wies mit einer Waage nach, dass ein Stoff beim Brennen nicht leichter, sondern schwerer wird. Der Grund hierfür ist das Gewicht des Sauerstoffs, der während der Verbrennung aufgenommen wird.

Sauerstoff stellt in der Erdhülle mit 49,4 Masse-% das häufigste, im Weltall das dritthäufigste Element dar.

Eine bedeutende Form des Sauerstoffs ist der molekulare Sauerstoff, eine Verbindung zweier Sauerstoffatome (chemische Summenformel: O<sub>2</sub>).

Unter Normalbedingungen handelt es sich um ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas. Es findet sich als Bestandteil der Luft und in Gewässern gelöst. Häufig kommt Sauerstoff aber auch in Verbindungen mit anderen Elementen als Oxid vor (z. B. als Sand (SiO<sub>2</sub>) oder Wasser (H<sub>2</sub>O)). Atomarer Sauerstoff, also Sauerstoff in Form freier, einzelner Sauerstoffatome, kommt unter natürlichen Bedingungen nicht oder nur sehr kurzfristig vor.

### Industriell hergestellter Sauerstoff kann auf zwei Arten gewonnen werden:

1. aus Luft mittels des Verfahrens der Luftverflüssigung nach Linde. Professor Dr. Carl Paul Gottfried von Linde entdeckte 1901, dass durch Ausnutzung des Joule-Thomson-Effekts mittels einer Drosseldüse und mit Hilfe eines nachgeschalteten Gegenströmers auf wirtschaftliche Weise Luft verflüssigt werden kann. Auf Grund der unterschiedlichen Siedepunkte der Luftbestandteile können diese durch eine fraktionierte Destillation der verflüssigten Luft voneinander getrennt und nacheinander abgepumpt werden. So kann nicht nur Sauerstoff sondern auch Stickstoff und Argon etc. aus der Luft gewonnen werden.
2. aus Wasser mittels Elektrolyse. Zur Aufspaltung von Wasser in seine Bestandteile Wasserstoff (H<sub>2</sub>) und Sauerstoff (O<sub>2</sub>) durch Elektrolyse wird Gleichstrom an Wasser angelegt. Dies geschieht mittels eines Minuspols aus Eisen (Katode) und eines Pluspols (Anode) aus Nickel und einer Erhöhung der Leitfähigkeit des Wassers durch Zugabe von Natrium- oder Kaliumhydroxid. Durch die anliegende Spannung scheiden sich der Wasserstoff an der Katode und der Sauerstoff an der Anode ab. Die beiden Gase müssen sehr sorgfältig getrennt werden, um eine so genannte Knallgasreaktion (Wasserstoff und Sauerstoff reagieren explosionsartig wieder zu Wasser) zu vermeiden.

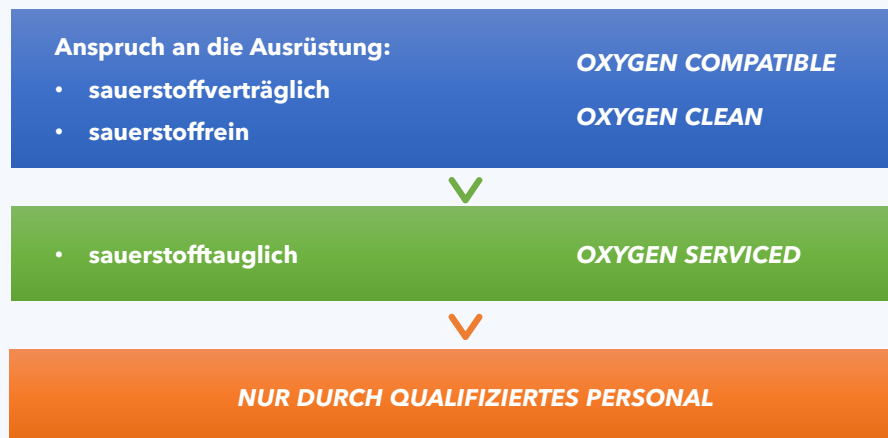
Sauerstoff ist ein stark oxidierendes, also ein Brand förderndes Gas. Materialien, die an atmosphärischer Luft brennen, brennen unter Sauerstoff-Einfluss um ein Vielfaches schneller. Dies gilt umso mehr, je höher der Sauerstoffpartialdruck und je höher die Temperatur ist. Sauerstoff ist aber selber nicht brennbar sondern es ist das Zusammenspiel von Brennstoff, Sauerstoff und einer Zündenergie nötig. Unter entsprechenden Voraussetzungen kann es dann nicht nur zur Verbrennung sondern auch zur Explosion kommen.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### TAUCHGASE - Sauerstoffbetrieb



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## EN ISO 13293:2012

### Sauerstoffbetrieb

System oder Systembestandteil, das bzw. der für die Verwendung zusammen mit Sauerstoff ausgelegt ist und als sauerstoffrein geprüft wurde und sauerstoffkompatibel ist

#### sauerstoffrein

nachweisbares Nichtvorhandensein von Schwebstoffen, Fasern, Ölen, Fetten und sonstigen Verunreinigungen

ANMERKUNG Jedes Gasgemisch kann Spurengase in Mengen enthalten, die die in der Umgebungsluft vorkommenden Mengen nicht überschreiten. Zulässige Werte für Spurengase können in nationalen, regionalen und/oder Internationalen Normen festgelegt sein.

#### sauerstoffkompatibel

die Fähigkeit, in Abhängigkeit vom maximalen Betriebsdruck und von der maximalen Betriebstemperatur eines Systems bei erhöhten Sauerstoffkonzentrationen und Vorhandensein einer potentiellen Zündquelle eingesetzt werden zu können, ohne zu entflammen

#### sauerstoffkompatible Luft

Atemluft mit einem verringerten Anteil an kondensierbarem Kohlenwasserstoffnebel oder -dampf

#### Sauerstoffauslegung

Auslegung, die für einen beabsichtigten Sauerstoffpartialdruck und eine beabsichtigte Temperatur eine Neigung zur Wärmeerzeugung, Entzündung von Schwebstoffen oder Ansammlung von Verunreinigungen minimiert



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### TAUCHGASE - Sauerstofftauglich

**sauerstofftauglich = sauerstoffverträglich + sauerstoffrein**

**O<sub>2</sub>-verträglich: Materialien, die unter Druck und Temperatur nicht mit Sauerstoff reagieren.**

Beispiele:           Messing, Edelstahl, Kupfer  
                           Viton-O-Ringe (FKM/FPM: Fluorkarbon-Elastomer)  
                           Spezielle Schmiermittel (Chistolube, Krytox GPL204)

**O<sub>2</sub>-rein: Alle verwendeten Gegenstände müssen frei von brennbaren Verunreinigungen sein.**

Beispiele:           Öle und Fette (auch normale Fingerabdrücke!)  
                           Reinigungsmittelrückstände, Rostpartikel, Farbe (Markierungsstifte)



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Laut **EN 13949** gilt als Grenzwert > 22% Sauerstoffanteil, in vielen anderen Ländern gilt ein Grenzwert von 40 % Sauerstoffanteil.

Alle Werkstoffe, die mit Sauerstoff oder Gemischen, die wie Sauerstoff gehandhabt werden müssen, in Berührung kommen, müssen sauerstofftauglich sein. Dies bedeutet, dass sie aus sauerstoffverträglichen Werkstoffen bestehen und sauerstoffrein sein müssen. Sauerstoffverträglich sind solche Materialien, die auch unter erhöhtem Druck und erhöhter Temperatur nicht mit Sauerstoff reagieren.

Dies sind:

- bei den Metallen z. B. Edelstahl, Kupfer und Messing
- bei den Kunststoffen z. B. Viton® (FKM/FPM (Fluor-Kautschuk)) und Hart-Teflon
- bei den Schmiermitteln z. B. Chistolube, Krytox Typ GPL 204 und Halocarbon Typ 25-10M

Normale O-Ringe aus NBR (Acrylnitril-Butadien-Kautschuk) sind nicht sauerstoff-verträglich, d. h. sie altern schneller und verspröden.

**Achtung:** Die Farbe eines O-Rings erlaubt keinen Rückschluss auf das Material!

Alle Materialien sind aber nur dann auch sauerstoffrein, wenn sie frei von jeglichen brennbaren Stoffen oder Verunreinigungen sind. Dies beinhaltet sowohl die meisten Öle und Fette, Reinigungsmittelrückstände, Farbpartikel oder auch völlig normale Fingerabdrücke, da die menschliche Haut immer von einem minimalen Fettfilm überzogen ist, selbst wenn gerade die Hände gewaschen wurden.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### TAUCHGASE - sauerstoffrein



**alle Kohlenwasserstoffverbindungen mit entsprechenden Reinigungsmitteln entfernen**



**alle brennbaren Reststoffe entfernen (z.B.: Rost, Metallspäne, Fussel, ...)**



**waschen und gründlich trocknen**



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Alle Ausrüstungsteile, die mit Sauerstoff in erhöhter Konzentration in Kontakt kommen, müssen sauerstoffrein, d.h. frei von Verunreinigungen sein.

#### Verunreinigungen:

- Öle und Fette
- Rostpartikel
- Seifenmittel
- Reinigungsmittel
- Farben

Je höher der Druck ist, desto wichtiger. D.h. im Hochdruckbereich (Flasche, Flaschenventil, 1. Stufe, Finimeter) erforderlich.

#### **Sauerstoffreinigung**

Um z. B. einen Automaten oder ein Ventil in einen sauerstoffreinen Zustand zu bringen, empfiehlt sich folgendes Vorgehen:

- Bauteile vollständig zerlegen
- Erst oberflächlich von grobem Fett reinigen, dann mit Aceton, Waschbenzin oder Silikonentferner gründlich entfetten.
- (Kalk-)Verkrustungen mit geeigneter Reinigungslösung z. B. mit Zitronensäurelösung oder 5%iger Essigsäurelösung im Ultraschallbad entfernen oder, falls kein Ultraschallgerät greifbar, einweichen und Verkrustungen mit Bürste entfernen.
- Danach alle Teile in heißer Waschmittel- oder Spülmaschinenreinigerlösung (ca. 60° C) im Ultraschallbad oder ebenfalls mit einer Bürste 10-15 min gründlich reinigen.
- Teile mehrfach nacheinander gründlich mit jeweils frischem Wasser abspülen, bis sich absolut keine Rückstände mehr auf den Bauteilen befinden. Zur Kontrolle kann das Wasserbad überprüft werden und die Bauteile können unter einer UV-Lampe auf Rückstände untersucht werden.
- Ersetzen der aus nicht sauerstoffverträglichen Materialien hergestellten Bauteile durch verträgliche (NBR- durch Viton-O-Ringe)
- Auftragen von sauerstoffverträglichem Schmiermittel auf den erforderlichen Teilen
- Zusammenbau

Generell gilt bei der Reinigung und beim Zusammenbau:

- Puderfreie Handschuhe anziehen!
- Bei Verwendung von Lappen oder Wattestäbchen zur Reinigung auf anschließende Fusselfreiheit der Bauteile achten!
- Erfolgt das Reinigen und Zusammenbauen zeitlich versetzt, alle Bauteile staubfrei Verpacken (z. B. Zipp-Lock-Beutel)!



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

TAUCHGASE - sauerstoffverträglich



### **Sauerstoffanteil und Sauerstoffkompatibilität**

**Grenzwerte erhöhter Sauerstoffkonzentrationen variieren je nach nationalen und regionalen Vorschriften**



### **USA**

Laut Norm der Behörde des US-Arbeitsministerium müssen Werkstoffe, die einer Sauerstoffkonzentration > 40 % ausgesetzt sind, sauerstoffkompatibel sein



### **EU**

nach dem Europäischen Übereinkommen (ADR) müssen Werkstoffe, die einer Sauerstoffkonzentration > 23,5 % ausgesetzt sind, sauerstoffkompatibel sein



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

TAUCHGASE - sauerstoffverträglich / sauerstoffkompatibel



**Silikonteile (z.B.: O-Ringe, Membranen,...) durch O<sub>2</sub>-verträgliche Materialien ersetzt**

- Nitrile
- Viton



**Fette (z.B.: Silikon) und Öle durch O<sub>2</sub>-verträgliche Schmiermittel ersetzt**

- Krytox
- Halocarbon



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

### Silikonteile

(z.B.: O-Ringe, Membranen,...) durch O<sub>2</sub>-verträgliche Materialien ersetzt

### Nitrile

### Viton

### Fette

(z.B.: Silikon) und Öle durch O<sub>2</sub>-verträgliche Schmiermittel ersetzt

### Krytox

### Halocarbon

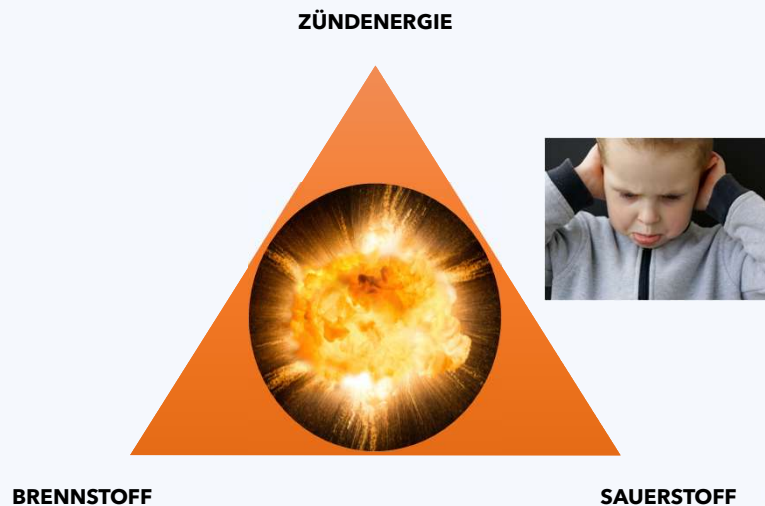


powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### TAUCHGASE - Feuerdreieck

Durch das **Zusammenwirken von drei Elementen** kommt es zur Verbrennung und Explosion



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Als **Brennstoff** im Sinne des Feuerdreiecks müssen alle nicht O<sub>2</sub>-kompatiblen Materialien und Verschmutzungen betrachtet werden. Je größer die Oberfläche der Materialien ist, desto größer ist die Fläche, die oxidiert werden kann und dementsprechend anfälliger ist das Material für eine Verbrennung.

Je **höher dann der herrschende Sauerstoff-Partialdruck** ist, desto heftiger fällt die Verbrennung aus.

Den eigentlichen **Startschuss** für die Verbrennungsreaktionen gibt aber die **Zündenergie**. Sie kann aus verschiedensten Quellen stammen: aus **Kompressionswärme, Druckstößen, Reibungswärme** in Folge hoher Strömungsgeschwindigkeiten, einer chemischen Reaktion, einer elektrostatischen Entladung oder Funkenflug z. B. durch das Anschlagen von Rostpartikeln an der Flaschenwandung.

Daher stellt die Verwendung sowohl von reinem Sauerstoff als auch von sauerstoff-angereicherten Gemischen besondere Anforderungen an die verwendete Ausrüstung.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### TAUCHGASE - Feuerdreieck

#### Ursachen für die Entstehung von Bränden (und Explosionen)

- adiabatische Kompression - **O<sub>2</sub> Ventile langsam öffnen**
- Zusammenprall von Teilchen
- Ansammlung von Verunreinigungen
- Reibungswärme
- ungeeignete Bestandteile
- Lichtbögen
- statische Entladung
- Korrosion



#### Adiabatische Kompression

Eine **adiabatische** oder **adiabate Zustandsänderung** ist ein thermodynamischer Vorgang, bei dem ein System von einem Zustand in einen anderen überführt wird, ohne Wärme mit seiner Umgebung auszutauschen. Adiabate wird synonym zu wärmedicht verwendet.

Die Zustandsänderung verläuft so schnell, dass in der kurzen Zeit wenig Wärme zu- oder abfließen kann (z. B. in einem Verbrennungsmotor, bei einer Luftpumpe oder bei der Schallausbreitung).

Beispiele:

##### Dieselmotor:

Bei ihm wird Luft so weit verdichtet, dass eine ausreichend hohe Temperatur erreicht wird, der eingespritzte Dieseldieselkraftstoff zündet.

Die Kompression der Luft in einer Luftpumpe ist näherungsweise eine adiabate Zustandsänderung.

Schnelles Öffnen des Ventils der Sauerstoffflasche und der damit verbundene Druckstoß kann die nötige Zündenergie liefern. Daher: **Ventile immer langsam öffnen!!!**



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### TAUCHGASE - Helium



chemisches Symbol He

einatomig

gasförmiger Aggregatzustand



nach Wasserstoff das chemische Element mit der geringsten Dichte

die einzige Substanz, die bei Normaldruck selbst am absoluten Nullpunkt nicht fest wird

Flaschenkennzeichnung RAL 8008 Braun



farb-, geschmack- und geruchloses Gas in der Luft zu 5,3 ppm enthalten

Dichte: 0,179 kg/m<sup>3</sup>

Siedepunkt: - **269°C**

Helium

**Schulterfarbe:**  
braun



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

### Helium

(engl. helium, griech. von helios = Sonne)

Erste Hinweise auf Helium wurden 1868 von dem französischen Astronomen Pierre Janssen entdeckt. Bei Untersuchungen des Lichtspektrums der Chromosphäre der Sonne fand er die bis dahin unbekannt gelbe Spektrallinie von Helium.

Helium ist nach Wasserstoff das zweithäufigste Element des Periodensystems im Universum. In der Erdatmosphäre befinden sich aber nur ca. 0,0005 Vol.-%.

Helium ist ein farbloses, geruchloses, geschmackloses, ungiftiges Edelgas, ist praktisch inert und liegt bei fast allen Bedingungen einatomar vor. Es ist nach Wasserstoff das chemische Element mit der geringsten Dichte. Es bleibt bis zu sehr tiefen Temperaturen gasförmig, erst bei Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt (0 K oder -273,15°C) wird es flüssig. Es ist die einzige Substanz, die bei Normaldruck selbst am absoluten Nullpunkt nicht fest wird!

Unter normalen Bedingungen verhält es sich fast wie ein ideales Gas und hat einen negativen Joule-Thomson-Koeffizienten, erwärmt sich also bei Ausdehnung. Helium weist nach Wasserstoff die größte thermische Leitfähigkeit unter allen Gasen auf.

Helium entsteht als Abfallprodukt der Kernfusion von Wasserstoff in Sternen. Auf der Erde entsteht es beim Zerfall verschiedener radioaktiver Elemente wie z. B. Uran oder Radium. Das so entstandene Helium sammelt sich in natürlichen Erdgas-Vorkommen in Konzentrationen von bis zu 7 Vol.-%. Aus Erdgas kann das Helium dann durch das Verfahren der fraktionierten Destillation extrahiert werden.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

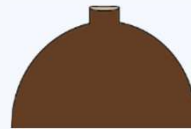
### TAUCHGASE - Helium



- geringes narkotisches Potential
- geringe Atemarbeit
- hohe Wärmeleitung
- Stimmverzerrung
- „umgekehrter“ Joule-Thomson-Effekt

Helium

Schulterfarbe:  
braun



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Wurde ein Raum versehentlich mit Helium geflutet, muss vor Betreten des Raumes gelüftet werden. Helium sammelt sich in Räumen zunächst unter der Decke, da es eine geringere Dichte als Luft aufweist. Das Einatmen von reinem Helium führt auf Grund des fehlenden Sauerstoffs zu sofortiger Bewusstlosigkeit und in kurzer Folge zum Tod.

Auf Grund seiner geringen Dichte stellt Helium einen hohen Anspruch an alle Dichtungen. Durch das Einatmen von Helium ändert sich die eigene Stimme deutlich hin zu einer Art Mickymaus-Piepsen. Das liegt daran, dass die Klangfarbe einer Stimme von der Lage der Resonanzfrequenzen im Mundraum abhängt. Die Lage dieser Resonanzfrequenzen ist wiederum abhängig von der Schallgeschwindigkeit ( $C_{\text{Luft}} = 350 \text{ m/s}$ ,  $C_{\text{Helium}} = 1030 \text{ m/s}$ ) und verschiebt sich unter Einfluss von Helium hin zu höheren Frequenzbereichen.

Hieraus ergibt sich das veränderte Stimmbild, das der Stimme von Mickymaus ähnelt. Je mehr Helium sich im eingeatmeten Gas befindet, desto "piepsiger" klingt die Stimme also. Dieser Umstand kann in Form eines Stimmtests zur Kontrolle eines Gas-Gemisches auf seinen Helium-Gehalt hin genutzt werden (siehe auch Kapitel "Gasanalyse").

Edelgas mit der Ordnungszahl 2 und dem Atomgewicht 4

Es ist in der Atmosphäre zu  $5,24 \cdot 10^{-4}$  Volumenprozent enthalten

Dichte 0,179g/l

7,24-fach leichter als Luft

Siedepunkt -269° C (4 Grad über absoluten Nullpunkt)

Wärmeleitfähigkeit 150mW/m\*K (sechs-mal höher als Luft)



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### TAUCHGASE - Argon



chemisches Symbol Ar

hohes narkotisches Potential (2-3 x höher als Luft)

niedrige Wärmeleitung



hohe Dichte

„experimentelles Dekogas“ - Comex

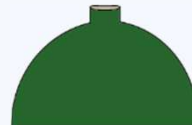
Flaschenkennzeichnung RAL 6001 Smaragdgrün



Argon ist mit etwa 0,933 Vol-% das am häufigsten in der Atmosphäre vorkommende Edelgas

Argon

**Schulterfarbe:**  
dunkelgrün



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

### Argon

(griechisch: das träge [Element])

Argon wurde im Jahre 1894 durch Lord Rayleigh und Sir William Ramsay entdeckt. Ihrer Entdeckung ging voraus, dass Henry Cavendish bereits im Jahre 1785 die Existenz dieses Elements vermutete.

Argon ist mit etwa 0,933 Vol-% das am häufigsten in der Atmosphäre vorkommende Edelgas. Es wird ebenfalls bei der fraktionierten Destillation verflüssigter Luft gewonnen.

Ebenfalls fällt Argon als Nebenprodukt bei der Ammoniak-Synthese an, da es sich mit ca. 10% im Gasmisch anreichert.

Argon kann als Inertgas betrachtet werden, da es unter fast keinen Umständen mit anderen Elementen reagiert. Als solches wird es zum Schweißen, in automatischen Feuerlöschanlagen und vielen weiteren Anwendungen, die eine Schutzgasatmosphäre erfordern, genutzt. Auf Grund seiner niedrigen Wärmeleitfähigkeit kommt Argon in Isolierglasscheiben und eben in Trockentauchanzügen zum Einsatz.

Wurde ein Raum versehentlich mit Argon geflutet, muss vor Betreten des Raumes gelüftet werden. Argon sammelt sich in Räumen zunächst in Bodennähe, da es eine höhere Dichte als Luft aufweist. Das Einatmen von reinem Argon führt auf Grund des fehlenden Sauerstoffs zu sofortiger Bewusstlosigkeit und in kurzer Folge zum Tod.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### TAUCHGASE - Gaseigenschaften

Gas	Relatives Narkotisches Potenzial	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ] (bei 1 bar, 0° C)
Helium	0,2	0,1785
Stickstoff	1,0	1,250
Sauerstoff	1,7	1,429
<b>Argon</b>	<b>2,3</b>	<b>1,784</b>
CO <sub>2</sub>	20,0	1,977

**Argon:** hohes narkotisches Potenzial  
 hohe Dichte (Atemarbeit!)  
**niemals als Atemgasbestandteil nutzen**

Gas	Wärmeleitfähigkeitskoeffizient (bei 1 bar, 20° C)
Helium	0,144
Stickstoff	0,026
Sauerstoff	0,026
<b>Argon</b>	<b>0,016</b>
CO <sub>2</sub>	0,016

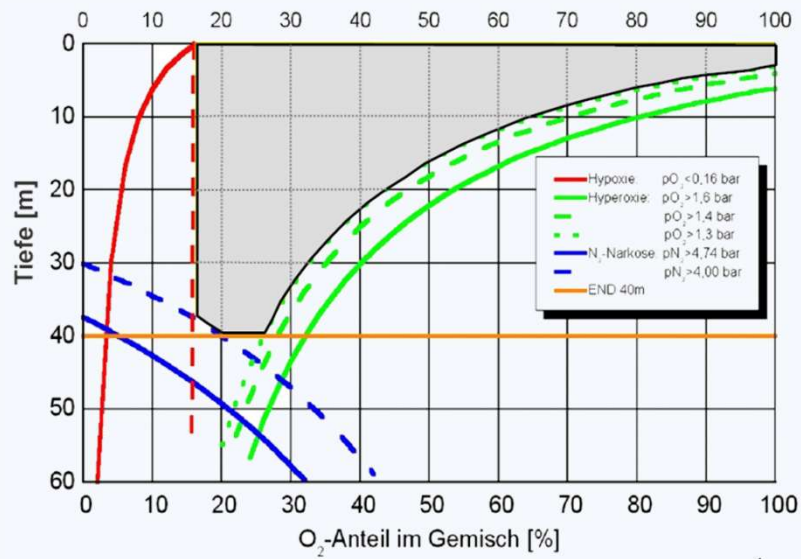
**Argon:** niedrige Wärmeleitfähigkeit  
 gutes Isolationsgas in Trockentauchanzügen

Unterschied:  
 Faktor 9 !



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### TAUCHGASE - Gasgrenzwerte



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### TAUCHGASE - Gasgrenzwerte

<b>3,16 bar</b>	<b>beim Technischen Tauchen</b>	<b>(entspricht Pressluft in 30 Meter Tiefe)</b>
<b>4 bar</b>	<b>beim Sporttauchen</b>	<b>(entspricht Pressluft in 40 Meter Tiefe)</b>
<b>4,74 bar</b>	<b>absolute Grenze nach NOAA*)</b>	<b>(entspricht Pressluft in 50 Meter Tiefe)</b>

\*) NOAA National Oceanic & Atmospheric Administration



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

### NOAA National Oceanic & Atmospheric Administration.

Nationales Amt für Ozeanographie und Klimatologie der USA. Die NOAA wurde im Oktober 1970 als Zusammenschluss verschiedener Forschungseinrichtungen und Wetterdienste gegründet, um deren Aktivitäten zu koordinieren.

Sie ist eine Einrichtung des US-Handelsministeriums und betreibt u. a. Forschung und Ausbildung im Bereich Tauchen.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Luft - Bestandteile

#### SAUERSTOFF PARTIALDRUCK

<b>0,16 bar</b>	als absolute Untergrenze in allen Situationen
<b>&gt;= 0,5 bar</b>	beginnt Sauerstoff - abhängig von der Zeit der Einwirkung - den menschlichen Körper zu schädigen
<b>1,3 bar</b>	als Grundgemisch bei Tauchgängen mit Gaswechsel
<b>1,4 bar</b>	TSVÖ Limit Nitrox-Tauchen
<b>1,6 bar</b>	auf Dekompressionsstopps



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### TAUCHGASE - Reinheitsgrade

Nomenklatur:

Helium **4.6** = Helium mit **99,996** % Reinheit

Letzte Stelle

Anzahl der Neunen

### Beispiele:

Gas **1.8** = Gas mit **98,0** % Reinheit

Gas **2.5** = Gas mit **99,5** % Reinheit



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### TAUCHGASE - Reinheitsgrade

#### Anforderung

- Sauerstoff medizinisch (2.5)
  
- Helium            4.6
  
- Argon             4.6



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Aus rechtlicher Sicht ist für die Herstellung von Atemgemischen medizinischer Sauerstoff zu nutzen. Medizinischer Sauerstoff hat zwar nur einen Reinheitsgrad von 2.5, also von mind. 99,5 %. Es wird aber garantiert, dass der medizinische Sauerstoff weniger als 5 ppm Kohlenmonoxid (CO), 300 ppm Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), 67 ppm Wasser und keine Kohlenwasserstoffe enthält.

Von manchen Tauchern wird technischer Sauerstoff mit einem Reinheitsgrad von mind. 3.5 (also 99,95 %) verwendet. Bei technischem Sauerstoff ist aber die Restgaszusammensetzung nicht garantiert. Aus Sicherheitsgründen ist die Verwendung daher unzulässig.

Helium und Argon werden nicht in medizinischer Qualität angeboten. Daher muss zwangsläufig auf technische Gase zurückgegriffen werden. Um hierbei das Risiko zu minimieren, die Gase aber trotzdem bezahlbar zu halten, sollten Gase mit einem Reinheitsgrad von mind. 4.6 genutzt werden.

Im Hinblick auf die ökonomische Nutzung ist ein Bezug der Gase in 300 bar Speicherflaschen sehr empfehlenswert, da so länger hohe Vordrücke in den Speicherflaschen zur Verfügung stehen.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

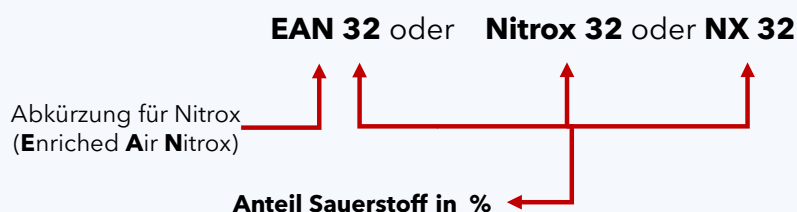
## TSVÖ/CMAS Gasblender

### TAUCHGASE - Nitrox



**Nitrox** ist ein **Gemisch aus Sauerstoff und Stickstoff**

**Schemata zur Bezeichnung verschiedener Nitrox-Gemische:**



Sonderstellung des reinen Sauerstoffs: EAN 100 oder Oxy 100



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

### Nitrox

Die Bezeichnung "Nitrox" ist ein Kunstwort, das sich aus den wissenschaftlichen Bezeichnungen für Stickstoff (Nitrogenium) und Sauerstoff (Oxygenium) zusammensetzt.

Laut **EN13949** gilt Atemgas mit mehr als 22% Sauerstoff als Nitrox. Beim Gerätetauchen werden Gasmischungen so bezeichnet, die aus Stickstoff und Sauerstoff in verschiedenen Mengenanteilen bestehen. Die Höhe des Sauerstoffanteils wird variabel gewählt in Abhängigkeit von Einsatztiefe und Einsatzdauer. Nitrox wird eingesetzt, um längere Nullzeiten zu erzielen oder um mit einer höheren Sicherheit innerhalb der Nullzeitgrenzen von Luft zu tauchen. Zudem wird es als Dekogas für eine effizientere Dekompression genutzt.

Durch die in etwa gleiche Narkosewirkung von Sauerstoff und Stickstoff ist Nitrox aber keine Lösung für das Problem des Tiefenrausches!

Reiner Sauerstoff zur Dekompression nimmt, was die Bezeichnung angeht, eine Sonderstellung ein: Er kann (z. B. auf Analyse-Etiketten) mit EAN 100, mit Oxy 100 oder mit Oxygen bezeichnet werden.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

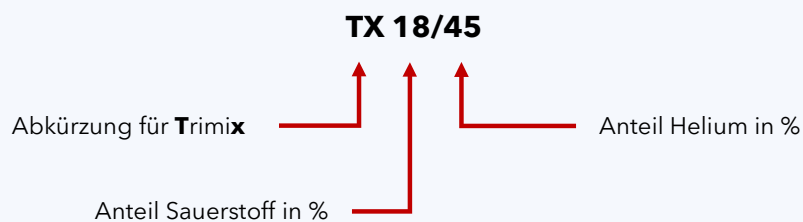
## TSVÖ/CMAS Gasblender

### TAUCHGASE - Trimix



**Trimix** ist ein **Gemisch aus Helium, Sauerstoff und Stickstoff**

**Schemata zur Bezeichnung verschiedener Trimix-Gemische:**



Manchmal werden Sauerstoff- und Heliumgehalt vertauscht angegeben, deshalb:

Alle Gemische vor dem Tauchgang selbst analysieren !



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

### Trimix

Als Trimix wird im Bereich des Tauchens ein Gemisch aus Sauerstoff, Helium und Stickstoff bezeichnet. Trimix wird eingesetzt, da durch den Einsatz von Helium die Narkosewirkung des Atemgases deutlich reduziert wird, also ohne Tiefenrausch auch auf größeren Tiefen getaucht werden kann.

Das Trimix-Gemisch muss aber hinsichtlich der **Narkosetiefe (END)** und des **Sauerstoffpartialdrucks  $pO_2$**  auf die jeweilige Tiefe "eingestellt" werden.



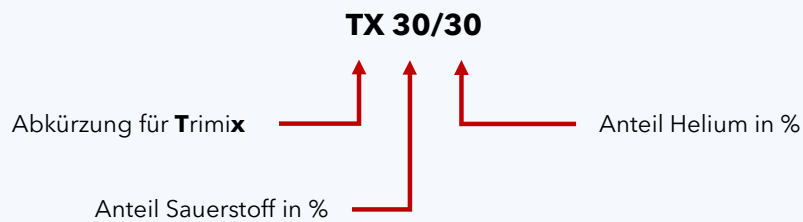
powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### TAUCHGASE - Triox



**Triox** ist ein Trimix mit einem Sauerstoffgehalt von **mindestens 21 %**



Triox = normoxisches oder hyperoxisches Trimix,  
Bezeichnung im Sporttauchbereich



### Triox

Das gleiche Bezeichnungsschema wie es für Trimix gültig ist gilt auch für das so genannte Triox.

Die Bezeichnung Triox wird üblicherweise für Trimix-Gemische verwendet, die im Sporttauchbereich zum Einsatz kommen und einen Sauerstoffgehalt von mindestens **21% (norm- und hyperoxisches Trimix)** haben.



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### TAUCHGASE - Exoten



**Heli-Air** Gemisch aus Helium und Luft (Trimix)

**Heliox** Gemisch aus Helium und Sauerstoff

**Hydreliox** Gemisch aus Helium, Wasserstoff und Sauerstoff (<4%)

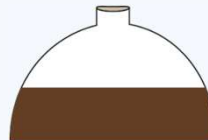


**Neox** Gemisch aus Neon und Sauerstoff

**Argox** Gemisch aus Argon und Sauerstoff

Sauerstoff/  
Helium

Schulterfarbe:  
weiss und braun



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

**HeliAir** ist ein Gemisch aus Helium und Luft und damit eine Sonderform des Trimix, das aber in der Herstellung von den üblichen Trimix-Gemischen abweicht. Die Herstellung von HeliAir erfolgt durch das Mischen von Helium mit Luft, es wird also kein zusätzlicher reiner Sauerstoff beigemischt. Da hierdurch zu keiner Zeit mit einer Sauerstoffmischung über 21% umgegangen wird, stellt dieses Verfahren keinerlei Anspruch auf Sauerstoffreinheit oder Sauerstoffverträglichkeit. Allerdings lassen sich mit diesem Verfahren nur Gemische mit einem sehr geringen Heliumgehalt in Relation zum Sauerstoffgehalt herstellen, da der enthaltene Sauerstoff ausschließlich durch die Luft zugeführt wird. Dadurch führt das Tauchen mit HeliAir zu Tauchgängen mit inakzeptabler Narkosetiefe.

**Heliox** ist ein Gasgemisch, das nur aus Sauerstoff und Helium besteht. Dieses Gasgemisch ist auf Grund des hohen Helium-Preises recht teuer und wird daher eher selten, hauptsächlich für sehr tiefe Tauchgänge mit langen Grundzeiten eingesetzt, bei denen der Einfluss der geringen Dichte des Heliums auf die Atemarbeit der Taucher unerlässlich ist.

**Hydreliox** ist ein Gasgemisch aus Helium, Wasserstoff und Sauerstoff. Auf Grund der sehr geringen Dichte von Wasserstoff, ist dieses Gas besonders in großen Tiefen leichter zu atmen als alle anderen Gase. Die geringe Dichte stellt aber auch extrem hohe Ansprüche an die Dichtung von jeglichen Behältern. Zudem sollte der Sauerstoffgehalt einer Hydreliox-Mischung aus Sicherheitsgründen 4 % nicht überschreiten, da ansonsten mit einer sehr heftigen explosionsartigen Reaktion gerechnet werden muss.

**Neox** wurde ebenfalls von der COMEX getestet. Es fand seinen Einsatz bei Tests jenseits der 400 m, da Neon eine ähnlich niedrige Narkosewirkung hat, wie Helium. Aber auch hier klagten die Probanden über verschiedene Beschwerden, die mal auftraten, mal nicht und es wurde von weiteren Tests abgesehen. Zusätzlich ist Neon in der Beschaffung extrem teuer.

Vorteil: kein HPNS, keine Stimmverzerrung

**Argox**, ein Gemisch aus Argon und Sauerstoff. Wegen der hohen Narkosewirkung von Argon, wurde mit Argox nur als Dekogas experimentiert. Allerdings stellte die COMEX Versuche mit Argox als Dekogas ein, nachdem bei einigen Probanden nicht erklärbare Effekte auftraten und eine Verbesserung der Dekoqualität gegenüber anderen Gasen



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

nicht feststellbar war.



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### TAUCHGASE - Standardgemische

MOD [m]	Gas	fO <sub>2</sub> [%]	fHe [%]	fN <sub>2</sub> [%]	Einsatz als
90	Tx 12/60	12	60	28	Grundgemisch
75	Tx 15/55	15	55	30	
60	Tx 18/45	18	45	37	
45	Tx 21/35	21	35	44	
36	Tx 30/30	30	30	40	
36	Tx 35/35	35	35	30	Dekogemisch
21	Tx 50/15	50	15	35	
6	Oxy 100	100	0	0	



## **TSVÖ/CMAS Gasblender**

### **TAUCHGASE - Zusammenfassung**

**Welche Eigenschaften und Farbkennzeichnung hat Luft?**

**Welche Eigenschaften und Farbkennzeichnung hat Sauerstoff?**

**Welche Eigenschaften und Farbkennzeichnung hat Helium?**

**Welche Eigenschaften und Farbkennzeichnung hat Argon?**

**Welche Gase gelten als unerwünscht?**

**Was versteht man unter sauerstoffrein?**

**Was versteht man unter sauerstoffverträglich / sauerstoffkompatibel?**

**Was versteht man unter sauerstofftauglich?**

**Welche Teile der Ausrüstung müssen sauerstofftauglich sein?**

**Erkläre das Feuerdreieck!**

**Welche Standardgemische zum Tauchen kennst du und für welche Tiefenbereiche sollten sie verwendet werden?**

**Welche Grenzwerte der Tauchgase kennst du?**

**Welchen Reinheitsgrad beschreibt die Kennzeichnung 2.5?**



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



## 02 Physikalische Grundlagen

*Gasgesetze idealer Gase*

*Boyle-Mariotte*

*Gay-Lussac*

*Gesetz von Dalton*

*Ideale / Reale Gase, Joule-Thomson-Effekt*



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Physikalische Grundlagen

#### Gesetz von Boyle-Mariotte



Sir Robert Boyle  
1627-1691



Edmé Mariotte  
1666 - 1684

Das Produkt aus dem Druck ( $p$ ) und dem spezifischen Volumen ( $V$ ) einer abgeschlossenen Gasmenge ist bei gleichbleibender Temperatur konstant

$$p \cdot V = konst. \Rightarrow p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

#### Das Gasgesetz von Boyle-Mariotte

Ende des 17. Jahrhunderts entdeckten kurz hintereinander und voneinander unabhängig der Engländer Robert Boyle und der Franzose Edmé Mariotte, dass

**das Produkt aus dem Druck ( $p$ ) und dem spezifischen Volumen ( $V$ ) einer abgeschlossenen Gasmenge bei gleich bleibender Temperatur konstant ist.**

Einfacher ausgedrückt bedeutet dies, dass sich das Volumen einer bestimmten Gasmenge, unter der Bedingung, dass die Temperatur gleich bleibt, im gleichen Ausmaß verändert, wie sich der Druck verändert. Und zwar indirekt proportional. Indirekt proportional bedeutet, dass sich bei verdoppelten Druck, das Volumen auf die Hälfte reduziert, bei Verdreifung des Drucks das Volumen auf ein Drittel reduziert, bei Vervielfachung des Drucks auf ein Viertel des Volumens reduziert, etc.

$V_1$	= Anfangsvolumen
$p_1$	= Anfangsdruck
$V_2$	= Endvolumen
$p_2$	= Enddruck
$T$	= Temperatur

Bei vorgegebenem Anfangszustand und Bestimmung eines End-Parameters bleibt eine Unbekannte über. Gemäß der mathematischen Berechnung einer Gleichung mit einer Unbekannten kann die obige Formel so umgeformt werden, dass die Unbekannte auf einer Seite der Gleichung hervorgehoben wird:

$$V_1 \times p_1 / p_2 = V_2 \quad (\text{in diesem Fall wird } p_2 \text{ vorgegeben und } V_2 \text{ errechnet})$$

Dieses so genannte **ideale Gasgesetz** gilt nur exakt für ideale Gase (Gase, deren Moleküle keinen Raum einnehmen, nicht miteinander agieren und keinen Verflüssigungspunkt besitzen). Bei realen Gasen weichen die Eigenschaften nahe ihrer Verflüssigungspunkte stark von den Eigenschaften idealer Gase ab.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Physikalische Grundlagen

#### Gesetz von Gay-Lussac



Joseph Gay-Lussac  
1778-1850

Französischer  
Chemiker  
geb: 1778 in Saint  
Leonard de Noblat  
† 1850 in Paris  
1802 Gesetz von Gay-  
Lussac

Bei konstantem Druck ( $p$ ) wächst das Volumen ( $V$ ) einer gegebenen Gasmenge im gleichen Verhältnis, wie die absolute Temperatur

$$\frac{p}{T} = konst. \Rightarrow \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$



Der Franzose Joseph Gay-Lussac untersuchte Anfang des 19. Jht. die Volumenänderung eines Gases bei unterschiedlichen Temperaturen. **Den Druck** hielt er bei diesen Experimenten immer gleich (=konstant). Das erreichte er dadurch, dass er das Gas einschloss und erhitze oder abkühlte.

Bei seinen Versuchen benutzte er verschiedene Gase, wie z.B. Sauerstoff ( $O_2$ ), Wasserstoff ( $H_2$ ) oder Stickstoff ( $N_2$ ). Als Ergebnis stellte er fest, dass das Volumen bei diesen Gasen die gleiche Abhängigkeit von der Temperatur hat. Erhitzt man das Gas um einen bestimmten Faktor, so wurde auch das Volumen des Gases um einen bestimmten Faktor vergrößert. Beim Abkühlen dagegen wurde das Volumen kleiner.

Durch Setzung einer Beziehung mit einem Anfangszustand zu  $\theta$  (Theta) =  $0^\circ$  Celsius und Umrechnung dieses Wertes in die absolute Temperatur Kelvin fand er heraus, dass sich das Volumen ( $V$ ) bei gleichbleibenden Druck, proportional zur Temperatur ( $\theta$ ) verändert.

Das heißt, dass sich das Volumen verdoppelt, wenn sich die Temperatur verdoppelt; bzw. verdreifacht, wenn die Temperatur auf das 3-fache erhöht wurde.

Unter dem 2. Gesetz von Gay-Lussac wird eigentlich eine Entdeckung von Guillaume Amontons verstanden, der herausfand, dass bei konstantem Volumen für eine bestimmte Gasmenge der Druck im gleichen Verhältnis steigt, wie die absolute Temperatur. Daher, verdoppelt sich die Temperatur, verdoppelt sich der Druck, verdreifacht sich die Temperatur, verdreifacht sich der Druck.



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Physikalische Grundlagen

#### Gesetz von Dalton



John Dalton  
1766 - 1844

Engländer,  
Naturforscher und  
Lehrer  
Erstes Atommodell  
Einheit der  
Atommasse: Dalton

Der Gesamtdruck ( $p$ ) eines Gasgemisches ist gleich der Summe der Teildrücke  $p_{\text{Gas}}$  (= Partialdrücke) seiner Gaskomponenten

$$p = p_{\text{Gas},1} + p_{\text{Gas},2} + \dots + p_{\text{Gas},n} = \sum_{i=1}^n p_{\text{Gas},i}$$

$$p = p_{\text{O}_2} + p_{\text{He}} + p_{\text{N}_2}$$



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Anfang des 19. Jahrhunderts formulierte der englische Naturforscher John Dalton das für ideale Gase geltende Gesetz, dass die Summe aller Partialdrücke gleich dem Gesamtdruck des Gemisches ist.

Der **Partialdruck** ist der Druck, der in einem Gasgemisch wie z.B. der Luft, einem bestimmten Gas zugeordnet werden kann. Der Partialdruck entspricht dabei dem Gesamtdruck, den die Komponente beim alleinigen Ausfüllen des gesamten Volumens ausüben würde.

Dieses so genannte **ideale Gasgesetz** gilt nur exakt für ideale Gase (Gase, deren Moleküle keinen Raum einnehmen, nicht miteinander agieren und keinen Verflüssigungspunkt besitzen). Bei realen Gasen weichen die Eigenschaften nahe ihrer Verflüssigungspunkte stark von den Eigenschaften idealer Gase ab.



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Physikalische Grundlagen

#### Gesetz von Dalton

Der Gesamtdruck ( $p$ ) eines Gasmisches ist gleich der Summe der Teildrücke  $p_{\text{Gas}}$  (= Partialdrücke) seiner Gaskomponenten

$$200\text{bar}_{\text{Tx}21/35} = 42\text{bar}_{\text{O}_2} + 70\text{bar}_{\text{He}} + 88\text{bar}_{\text{N}_2}$$

$$200\text{bar}_{\text{EAN}36} = 72\text{bar}_{\text{O}_2} + 128\text{bar}_{\text{N}_2}$$



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Physikalische Grundlagen

#### Gesetz von Dalton

Damit gilt umgekehrt:

Der Partialdruck  $p_{\text{Gas}}$  ist gleich dem Gesamtdruck  $p$  mal dem Anteil  $f_{\text{Gas}}$  (= Fraktion) des Gases:

$$p_{\text{Gas}} = p \cdot f_{\text{Gas}}$$

$$p_{\text{O}_2} = p_{\text{Trimix}} \cdot f_{\text{O}_2}$$



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Physikalische Grundlagen - IDEALE GASE



Teilchen ohne eigenes Volumen und  
ohne sich gegenseitig beeinflussender Kräfte



IDEALE GASGLEICHUNG

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

<b>p</b>	Druck
<b>n</b>	Stoffmenge
<b>V</b>	Volumen
<b>R</b>	Gaskonstante
<b>T</b>	Absolute Temperatur



### Ideale Gase (Autor: Dr. Martin Steiner)

Im Gegensatz zur geordneten Kristallstruktur eines Festkörpers besteht zwischen den einzelnen Atomen oder Molekülen eines Gases keine geordnete räumliche Anordnung. Sie bewegen sich, ebenfalls anders als bei einer Flüssigkeit, überwiegend ohne direkten Kontakt geradlinig durch das von ihnen eingenommene Volumen. Man nennt diesen Zustand auch den dritten Phasen- oder Aggregatzustand eines Stoffes, bei dem dieser eine relativ hohe innere Energie (ungefähr gleichbedeutend mit der Temperatur) hat. Ein Gas nimmt dabei immer den ihm maximal zur Verfügung stehenden Raum ein.

In einer ersten Näherung kann man davon ausgehen, dass die Teilchen, aus denen das Gas besteht, selbst keine räumliche Ausdehnung besitzen und zwischen ihnen, bis auf die Kollisionen bei direktem Kontakt, keine Kräfte wirken. Man spricht dann von einem idealen Gas (da es aus "idealen", punktförmigen Teilchen besteht).

Der Zustand einer bestimmten Menge eines solchen Gases unter einer bestimmten Temperatur, in einem bestimmten Volumen, bei einem bestimmten Druck lässt sich mit der Gleichung  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$  exakt bestimmen.

Dies ist die so genannte ideale Gasgleichung. Kennt man die Größe von drei der notwendigen Variablen so kann man mit ihr sehr einfach den fehlenden Parameter berechnen. Hält man zwei Parameter konstant und verändert einen dritten um einen bekannten Wert, dann kann man die Änderung des vierten exakt berechnen.



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Physikalische Grundlagen - REALE GASE

#### Van Der Waals



Johannes Diderik  
van der Waals  
1837 - 1923

Niederländischer  
Physiker  
Teilchen mit  
Eigenvolumen und mit  
sich gegenseitig  
beeinflussenden  
Kräften

#### Van Der Waals Gleichung für reale Gase

$$(p + p_B) \cdot (V - V_E) = n \cdot R \cdot T$$

$p$	Druck	$R$	Gaskonstante
$n$	Stoffmenge	$T$	Absolute Temperatur
$V$	Volumen		
$p_B$	Binnendruck	$p_B = \frac{a \cdot n^2}{V^2}$	
$V_E$	Kovolumen	$V_E = b_{Vol} \cdot n$	



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

#### Reale Gase

Während das ideale Gas als so genanntes "Billiardkugelmodell" aus Teilchen besteht, die untereinander ausschließlich über elastische Stöße wechselwirken und keine Ausdehnung besitzen (Punktmasse), sind diese Idealisierungen bei real vorkommenden Gasen nicht mehr haltbar. Es zeigen sich unter bestimmten Bedingungen zum Teil erhebliche Abweichungen vom Verhalten, welches nach der idealen Gasgleichung zu erwarten wäre, bzw. einige Effekte aus unserer ‚normalen‘ Umwelt würden bei idealen Gasen gar nicht stattfinden, z.B. die Kondensation von Wasserdampf zu Wasser, also der Phasenübergang zur Flüssigkeit.

Bei der Beschreibung des Verhaltens von realen Gasen wird deshalb berücksichtigt, dass reale Gasmoleküle oder -atome über eine eigene Ausdehnung verfügen und dass häufig zwischen ihnen durch Ladungen oder Massen hervorgerufene anziehende oder abstoßende elektrische oder gravitatische Kräfte wirken.

Dass wir im Normalfall trotzdem mit der idealen Gasgleichung das Verhalten von Gasen ausreichend genau beschreiben können, liegt vor allem daran, dass die Dichte eines Gases bei Normalbedingungen (20° C und 1,013 bar) so gering ist, dass ihr eigenes Volumen nur einen Bruchteil des Gesamtvolumens ausmacht und die Moleküle des Gases die meiste Zeit relativ weit voneinander entfernt umherfliegen und somit die Einflüsse von Eigenvolumen und zwischenmolekularen Kräften vernachlässigbar ist. Dies ändert sich aber, sobald man z.B. die Dichte der Gase massiv erhöht.

#### Van-der-Waals Korrektur

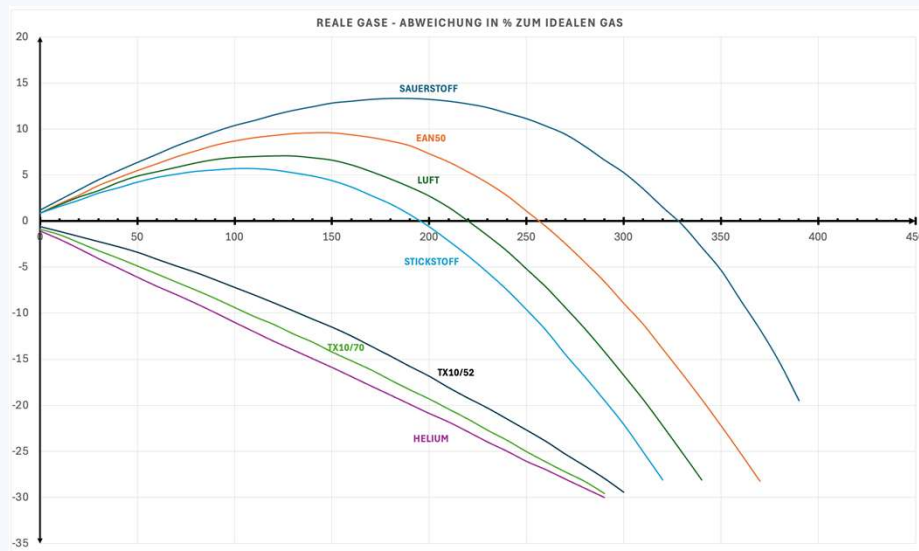
Ein Ansatz, um die ideale Gasgleichung in Hinblick auf das reale Verhalten von Gasen anzupassen, wurde von Johannes Diderik van der Waals (1873) gemacht. Er berücksichtige das Eigenvolumen der Gasteilchen in Form des sog. Kovolumens  $V_E$  und die zwischenmolekularen Kräfte in Form des sog. Binnendrucks  $p_B$ . Eingesetzt in die ideale Gasgleichung ergibt dies die Van-der-Waals-Gleichung realer Gase.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Physikalische Grundlagen - REALE GASE



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Positive Abweichung: die reale Gasmenge ist größer als das rechnerische Produkt aus „angezeigtem Druck x Flaschenvolumen“

Negative Abweichung: die reale Gasmenge ist kleiner als das rechnerische Produkt aus „angezeigtem Druck x Flaschenvolumen“

- Sauerstoff hat bis zu einem Druck von ca. 340 bar, eine positive Abweichung
- Stickstoff hat bis zu einem Druck von ca. 210 bar, eine positive Abweichung
- Helium hat immer eine negative Abweichung
- Atemluft hat bis zu einem Druck von ca. 230 bar, eine positive Abweichung
- Nitrox hat abhängig vom O<sub>2</sub> Gehalt eine positive Abweichung ähnlich wie Atemluft
- Trimix hat abhängig vom O<sub>2</sub> und He Gehalt normalerweise eine negative Abweichung



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Physikalische Grundlagen - REALE GASE vs. Gesetz von Boyle-Mariotte

Fülldruck (Luft)	Realer Inhalt 10 l-Flasche	Idealer Inhalt 10 l-Flasche	Abweichung
100 bar	1050 l	1000 l	+ 5 %
200 bar	2000 l	2000 l	± 0 %
300 bar	2700 l	3000 l	- 10 %



Höhere Fülldrücke sinnlos!

Im Mischgasbereich Probleme durch Diffusionsgradienten und unterschiedliche Ausdehnung (bei Helium besonders hohe Abweichung)

Bei realen Gasen besteht kein direkter linearer Zusammenhang zwischen Fülldruck und Inhalt der Tauchflasche



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

### Auswirkungen der Realgasfaktoren

Die Berücksichtigung des Kovolumens eines realen Gases bedeutet im Prinzip nichts anderes, als dass dieses bei der gleichen Teilchenanzahl, gleicher Temperatur und gleichem Druck ein größeres Volumen als ein ideales Gas einnimmt. Andersherum ausgedrückt ist der Druck eines realen Gases mit einer bestimmten Teilchenzahl im gleichen Volumen bei der gleichen Temperatur eingesperrt, größer als bei einem idealen Gas, da den Teilchen weniger Platz für ihre Bewegung zur Verfügung steht.

Der Binnendruck, also die Kräfte, die zwischen den Teilchen des realen Gases wirken, hebt sich im Gas selbst auf, da die Kräfte hier von allen Seiten auf das Teilchen wirken. Erst an der Oberfläche des Gases am Gefäßrand haben die Kräfte eine gerichtete Wirkung.

Sind die Kräfte anziehend, so erniedrigt sich der von außen messbare Druck, da die Teilchen zurückgehalten werden und nicht so stark gegen die Außenwand prallen als es ihrer inneren Geschwindigkeit entspricht. Sind die Kräfte abstoßend, so werden die Teilchen am Rand sogar noch beschleunigt. Genauso könnte man sagen, dass es bei sich abstoßenden Teilchen schwieriger ist, weitere Atome oder Moleküle der Gasmenge hinzuzufügen.

### Füllmengen

Immer höhere Fülldrücke bei den Tauchflaschen machen keinen Sinn! Auch wenn nach idealer Rechnung der Luftvorrat in der Flasche linear mit dem Fülldruck steigt, ist das bei einem realen Gas nicht der Fall (Abbildungen Folgefolien).

In Wirklichkeit hat man in einem 10 l PTG schon bei einem Fülldruck von 300 bar im Vergleich zu 200 bar nicht das 1,5 fache (2000 : 3000 l) an Luftmenge, sondern nur noch ca. das 1,4 fache (2000 : 2700 l), also 10% weniger als erwartet.

Dieser Verlust wird mit höheren Fülldrücken noch größer, so dass mit 300 bar eine sinnvolle Obergrenze erreicht und mit 200 bar Systemen eine optimale Ausnutzung des Flaschenvolumens gegeben ist.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Physikalische Grundlagen

#### Joule - Thomson Effekt



James Prescott Joule  
1818 - 1889



William Thomson  
1824 - 1907

1852 zeigten die beiden Forscher, dass ein Gas, welches sich ungestört ausdehnen kann, abkühlt. Dieser Joule-Thomson-Effekt war ein Beweis für die Annahme, dass zwischen den Gasmolekülen schwache Kräfte wirksam sind. Anwendung fand der Satz bei der Gasverflüssigung und in der Kältetechnik.

#### Auswirkungen

- Blockieren des Atemreglers!
- Lindeverfahren zur Herstellung von Reingasen



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

#### Joule-Thomson-Effekt

Verändert man das Volumen eines idealen Gases und gibt den Teilchen somit mehr freien Raum, so verlängert man den Weg, den sich die Teilchen voneinander entfernen können. Dabei wird sich aber ihre Geschwindigkeit, also die Temperatur des Gases, nicht ändern.

Macht man das Gleiche mit einem realen Gas, so ergibt sich eine Energiedifferenz, wenn man die Teilchen mit den abstoßenden oder gegen die anziehenden Kräfte voneinander weg bewegt. Das ist vergleichbar mit dem Versuch, zwei Magneten weiter auseinander zu ziehen. Die Energie die für diese Arbeit notwendig ist (und bei den Magneten aus unserer Armmuskulatur kommt), wird bei einem Gas aus seiner Temperatur entnommen, was dazu führt, dass sich ein reales Gas bei Volumenvergrößerung (z. B. beim Abströmen aus einer Flasche) abkühlt und bei Volumenverkleinerung aufheizt. Sind die Kräfte abstoßend und nicht anziehend, so ist es genau andersherum.

Man nennt dieses Phänomen auch den Joule-Thomson-Effekt, der erstmalig von James Prescott Joule und Sir William Thomson (später Lord Kelvin) 1852 beschrieben wurde. Diese Eigenschaft von realen Gasen ist der Hauptgrund für die Vereisung von Atemreglern beim Tauchen, da am Ventil Sitz des Druckminderers (1. Stufe) ein Gas (z.B. Luft) mit meist anziehenden zwischenmolekularen Kräften stark entspannt wird. Es kommt hierbei zu Temperaturdifferenzen von bis zu  $-50^{\circ}\text{C}$ , die evtl. vorhandenes Wasser gefrieren lassen und somit die beweglichen Teile im Atemregler blockieren können.

Außerdem wird der Effekt der Abkühlung eines Gases bei Entspannung im sog. Lindeverfahren zur technischen Herstellung von Reingasen angewendet.

Der Joule-Thomson-Koeffizient, also der Wert, um wie viel Grad sich die Temperatur eines Gases bei einer bestimmten Druck- oder Volumenänderung verändert, kann auch positiv sein. z.B. wird Helium, wenn man es von 200 bar auf 15 bar entspannt (!), um  $11^{\circ}\text{C}$  wärmer und nicht kälter.



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Physikalische Grundlagen - Joule-Thomson-Effekt

Der **Joule-Thomson-Effekt** beschreibt einen zusätzlichen Effekt der Temperaturänderung realer Gase bei Druckänderung.

Gas	Anfangsdruck bei 0° C	Enddruck	Endtemperatur	Abkühlung um
Luft	100 bar	15 bar	- 23 ° C	23 ° C
Luft	100 bar	1 bar	- 26 ° C	26 ° C
Luft	200 bar	15 bar	- 49 ° C	49 ° C
Luft	200 bar	1 bar	- 53 ° C	53 ° C
Helium	200 bar	15 bar	11 ° C	- 11 ° C
Helium	200 bar	1 bar	12 ° C	- 12 ° C



## **TSVÖ/CMAS Gasblender**

### **Physikalische Grundlagen - Zusammenfassung**

**Was besagt das Gesetz von Boyle-Mariotte?**

**Was besagt das Gesetz von Gay-Lussac?**

**Was besagt das Gesetz von Dalton?**

**Was impliziert die „ideale“ Gasgleichung?**

**Wie verhalten sich Gase „real“**

**Was machte Van der Waals?**

**Weshalb sind Drücke über 232 bar nicht sinnvoll?**

**Welche „reale“ Gasabweichung hat Sauerstoff?**

**Was versteht man unter dem Joule-Thomson-Effekt?**

**Was versteht man unter dem Linde-Verfahren?**



# 03 Berechnungsmethoden

*Berechnungsformel*

*PC-Programme z.B. VDST, ...*

*TOP UP-Tabellen (Nitrox, Trimix)*

*APPs für Android und iOS-Handys*



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Berechnungsmethoden - Nitrox

#### Nitrox (aus Sauerstoff und Luft)

$$\Delta p_{O_2, \text{Reingas}} = \frac{f_{O_2} - 0,21}{0,79} * p_{\text{End}}$$

#### Beispiel: Mischen von EAN 32 mit 220 bar Enddruck

$$\Delta p_{O_2} = \frac{0,32 - 0,21}{0,79} \cdot 220 \text{ bar} = 30,6 \text{ bar} \sim 31 \text{ bar}$$

1. Flasche mit 31 bar reinem Sauerstoff vorfüllen
2. mit Luft bis 220 bar auffüllen



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Da Nitrox nur aus einem Reingas und Luft gemischt wird, gestaltet sich die Berechnung um einiges einfacher als die Berechnung von Trimix- Gemischen. Soll eine leere Flasche mit einem Nitrox gefüllt werden, kann dies mit Hilfe nur einer Formel berechnet werden:

Diese Gleichung erhält man aus der Überlegung, dass beim Mischen von Nitrox ein Teil des Sauerstoffs über die Luft mit gefüllt wird. Daher gestaltet sich die Herleitung der obigen Gleichung zur Bestimmung des als Reingas zu füllenden Sauerstoffs auf den ersten Blick etwas kompliziert:

1. Berechnen, wie viel bar Sauerstoff hinterher im fertig gemischten Nitrox sind.

$$p_{O_2, \text{gesamt}} = P_{\text{gesamt}} \cdot f_{O_2}$$

2. Berechnen, wie viel hiervon aus der Luft kommt. Hier ist ein Umweg über den enthaltenen Stickstoff nötig: Der Partialdruck des Stickstoffs im fertig gemischten Nitrox ergibt den Sauerstoffpartialdruck aus der Luft.

$$p_{O_2, \text{Luft}} = p_{N_2} \cdot 0,21/0,79$$

3. Der Sauerstoff, der als Reingas gefüllt werden muss, ergibt sich aus dem Gesamt Sauerstoffdruck (Punkt 1) minus dem Sauerstoffpartialdruck aus der Luft (Punkt 2.):

$$p_{O_2, \text{Reingas}} = p_{O_2, \text{gesamt}} - p_{O_2, \text{Luft}}$$

4. Fasst man jetzt diese Schritte zusammen und setzt die Gleichungen ineinander ein erhält man obige Gleichung.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Berechnungsmethoden - Trimix

#### Trimix (aus Sauerstoff, Helium und Luft)

$$\Delta p_{O_2, \text{Reingas}} = \frac{f_{O_2} - 0,21 \cdot (1 - f_{He})}{0,79} \cdot p_{\text{End}}$$

**Beispiel:** Mischen von TX 30/30 mit 220 bar Enddruck:

$$\Delta p_{O_2} = \frac{0,30 - 0,21 \cdot (1 - 0,30)}{0,79} \cdot 220 \text{ bar} = 42,6 \text{ bar} \sim 43 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{He} = 0,30 \cdot 220 \text{ bar} = 66 \text{ bar}$$

1. Flasche mit 43bar reinem Sauerstoff vorfüllen
2. mit 66bar Helium (bis 43 bar + 66 bar = 109 bar) vorfüllen
3. mit Luft bis 220 bar auffüllen



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

### Trimix

Auch beim Mischen von Trimix wird ein Teil des Sauerstoffs über die Luft mitgefüllt. Daher ist die Berechnung des als Reingas zu füllenden Sauerstoffs etwas komplizierter als die Berechnung des benötigten Heliums (Die Herleitung der Formel zur Berechnung des Sauerstoffs aus Reingas ist analog zur Herleitung der Formel unter dem Kapitel Nitrox)



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Berechnungsmethoden - Mischgasprogramm VDST

#### Das Mischprogramm „Mischgas VDST“

- Erhältlich über den VDST
- Zum Mischen von Nitrox und Trimix nach Partialdruckmethode
- Alle Berechnungen beruhen auf Gesetz der idealen Gase
- Eigens für den VDST von Dr. Martin Steiner



Mischgas VDST ist so geschrieben worden, das eine möglichst einfache Bedienung und eine gute Übersichtlichkeit der wichtigen Werte gewährleistet ist. Man hat fünf verschiedene Ansichten zur Auswahl, deren Funktion in den einzelnen, folgenden Abschnitten erklärt werden. Anwählen kann man die Funktionsfenster durch einen Mausklick auf die Karteireiter oder über die Funktionstasten F1 bis F5.

Allen Funktionsfenstern gemeinsam ist, dass durch die einzelnen Eingabefelder entweder per Maus oder aber auch mit der TABULATOR Taste navigiert werden kann. Um eine Eingabe in die einzelnen Felder zu machen, kann man aus den aufklappbaren Listen einen der Vorschläge auswählen oder die Werte direkt per Tastatur in die Felder eingeben. Das Programm berechnet bei jeder veränderten Eingabe sofort automatisch neu und setzt die entsprechenden Ergebnisse in die Felder ein.

Da hier teilweise Querbezüge nicht zu vermeiden sind, gibt es immer eine bestimmte Rangfolge der Vorgabewerte, so dass einige Eingaben auch bestimmte Vorgabewerte verändern dürfen, um ein sicheres Gemisch zu berechnen. Diese Reihenfolge wird in den einzelnen Abschnitten näher erläutert. Obwohl im Normalfall ein geeignetes Gasmisch für die jeweilige Tiefe vorgeschlagen wird, ist es natürlich auch möglich eigene Wünsche einzugeben und somit die momentan anerkannten Grenzen für Tauchtiefen und Partialdrücke von Atemgasen zu überschreiten.

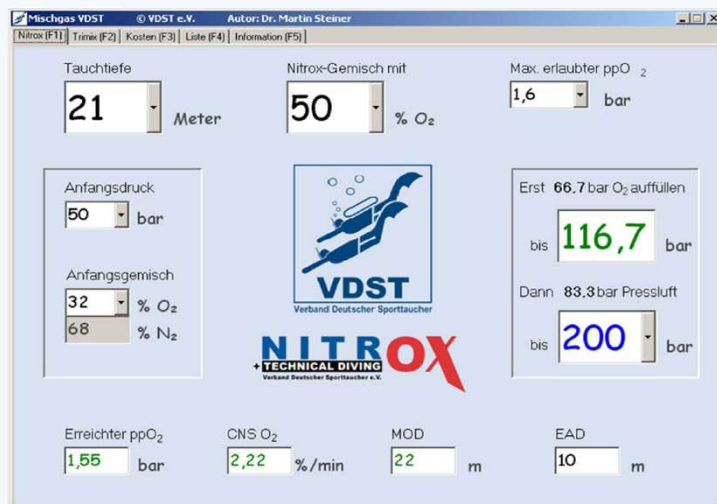
Deshalb sei hier noch einmal ausdrücklich darauf hingewiesen, dass dieses Programm nur eine Hilfestellung bieten soll und nicht den gesunden Menschenverstand und die entsprechende Ausbildung des Benutzers ersetzen kann!

Das Programm weist auf diesen Fall immer durch eine ROTE Schrift in dem jeweiligen Feld hin. Liegen die Werte in den heute üblichen Grenzen, ist die Schrift GRÜN. Schließen kann man das Programm entweder wie üblich mit einem Klick auf das Kreuz in der rechten oberen Ecke oder man drückt die Taste ESCAPE.



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Berechnungsmethoden - Mischgasprogramm VDST



© 2005 Verband Deutscher Sporttaucher



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Auf dieser Seite kann man sich die Werte für ein Nitrox-Gemisch ausrechnen lassen.

#### Vorgehensweise:

Man wählt die gewünschte maximale Tauchtiefe oben links. Das Programm schlägt automatisch abhängig vom gewählten maximal zulässigen Sauerstoff-Partialdruck ein geeignetes Gemisch vor.

Man wählt im linken Kasten den noch vorhandenen Restdruck und Sauerstoffgehalt in der Tauchflasche. Man gibt im rechten Kasten den End Druck an, bis zu welchem die Tauchflasche letztendlich aufgefüllt wird.

Nach jeder Eingabe sollte das Programm die Werte neu berechnet haben und im rechten Kasten anzeigen, bis zu welchem Druck man um wie viel Bar reinen Sauerstoff vorfüllen muss, damit man durch Restfüllung mit Pressluft das gewünschte Gemisch erreicht. Das Programm geht davon aus, dass zum Herstellen des Nitrox-Gemisches nur reiner Sauerstoff und Pressluft benutzt werden. Bei den Berechnungen werden aus Effizienzgründen nur die idealen Gasgesetze berücksichtigt und keinerlei Auswirkungen realer Gase. Der maximale hieraus resultierende Fehler liegt im ungünstigsten Falle bei knapp 1 % und ist somit vertretbar. Außerdem zeigt die Praxis, dass selbst bei vorsichtiger und möglichst genauem Füllen die auftretenden Fehler von Equipment und Benutzer weitaus höher liegen. Und natürlich ist es Pflicht jedes Gemisch vor seinem Einsatz mittels eines geeigneten Analysegeräts auf seine Zusammensetzung hin zu kontrollieren!

#### Weitere Daten

In der unteren Felder-Zeile werden die weiteren Eckdaten für dieses Gemisch bzw. diesen Tauchgang angezeigt.

**Erreichter  $pO_2$**  ist der auf der angegebenen Tiefe erreichte Sauerstoff-Partialdruck.

**CNS  $O_2$**  ist der Multiplikator (nach der NOAA-Tabelle), um mit der Tauchzeit multipliziert die neuronale Sauerstoffbelastung nach dem Tauchgang auszurechnen.

**MOD** (Maximum Operating Depth, Maximale Einsatztiefe) ist die für dieses Gemisch maximal zulässige Einsatztiefe bezüglich der Gefahr eines Sauerstoffkrampfes, entsprechend des gewählten maximal zulässigen Sauerstoffpartialdrucks.

**EAD** (Equivalent Air Depth, Äquivalente Lufttiefe) beschreibt die Tauchtiefe, die man mit Pressluft haben müsste, um denselben Stickstoffpartialdruck, wie mit der gewählten Tiefe und dem entsprechenden Gemisch, zu haben.

#### Hierarchie

Eine Eingabe der Tauchtiefe ändert die Auswahl des Gemisches und schlägt je nach Tiefe und maximalem  $pO_2$  übliche Nitrox-Gemische für diese Tiefe vor (EAN 28, EAN 32, EAN 36 oder EAN 40).

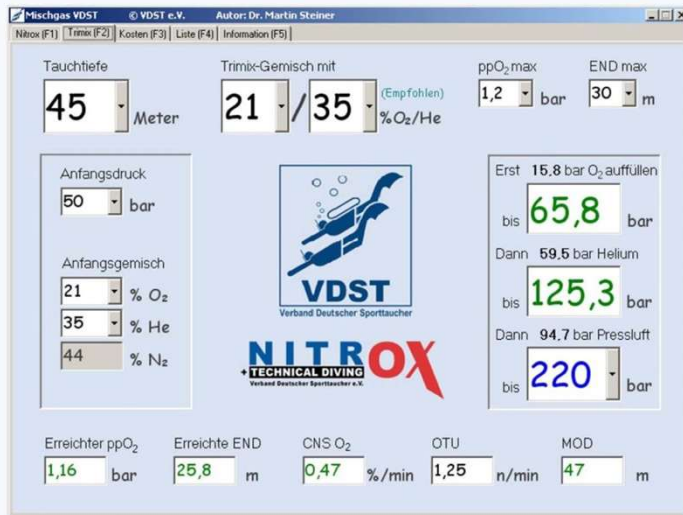
Eine Eingabe des maximalen  $pO_2$  ändert die Auswahl des Gemisches und schlägt ein nach dem 'Best-Mix-Verfahren' berechnetes Gemisch vor.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Berechnungsmethoden - Mischgasprogramm VDST




Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Auf dieser Seite kann man sich die Werte für ein Nitrox-Gemisch ausrechnen lassen.

#### Vorgehensweise:

Man wählt die gewünschte maximale Tauchtiefe oben links. Das Programm schlägt automatisch abhängig vom gewählten maximal zulässigen Sauerstoff-Partialdruck ein geeignetes Gemisch vor.

Man wählt im linken Kasten den noch vorhandenen Restdruck und Sauerstoffgehalt in der Tauchflasche. Man gibt im rechten Kasten den End Druck an, bis zu welchem die Tauchflasche letztendlich aufgefüllt wird.

Nach jeder Eingabe sollte das Programm die Werte neu berechnet haben und im rechten Kasten anzeigen, bis zu welchem Druck man um wie viel Bar reinen Sauerstoff vorfüllen muss, damit man durch Restfüllung mit Pressluft das gewünschte Gemisch erreicht. Das Programm geht davon aus, dass zum Herstellen des Nitrox-Gemisches nur reiner Sauerstoff und Pressluft benutzt werden. Bei den Berechnungen werden aus Effizienzgründen nur die idealen Gasgesetze berücksichtigt und keinerlei Auswirkungen realer Gase. Der maximale hieraus resultierende Fehler liegt im ungünstigsten Falle bei knapp 1 % und ist somit vertretbar. Außerdem zeigt die Praxis, dass selbst bei vorsichtigerem und möglichst genauem Füllen die auftretenden Fehler von Equipment und Benutzer weitaus höher liegen. Und natürlich ist es Pflicht jedes Gemisch vor seinem Einsatz mittels eines geeigneten Analysegeräts auf seine Zusammensetzung hin zu kontrollieren!

#### Weitere Daten

In der unteren Felder-Zeile werden die weiteren Eckdaten für dieses Gemisch bzw. diesen Tauchgang angezeigt.

**Erreichter  $pO_2$**  ist der auf der angegebenen Tiefe erreichte Sauerstoff-Partialdruck.

**CNS  $O_2$**  ist der Multiplikator (nach der NOAA-Tabelle), um mit der Tauchzeit multipliziert die neuronale Sauerstoffbelastung nach dem Tauchgang auszurechnen.

**MOD** (Maximum Operating Depth, Maximale Einsatztiefe) ist die für dieses Gemisch maximal zulässige Einsatztiefe bezüglich der Gefahr eines Sauerstoffkrampfes, entsprechend des gewählten maximal zulässigen Sauerstoffpartialdrucks.

**EAD** (Equivalent Air Depth, Äquivalente Lufttiefe) beschreibt die Tauchtiefe, die man mit Pressluft haben müsste, um denselben Stickstoffpartialdruck, wie mit der gewählten Tiefe und dem entsprechenden Gemisch, zu haben.

#### Hierarchie

Eine Eingabe der Tauchtiefe ändert die Auswahl des Gemisches und schlägt je nach Tiefe und maximalem  $pO_2$  übliche Nitrox-Gemische für diese Tiefe vor (EAN 28, EAN 32, EAN 36 oder EAN 40).

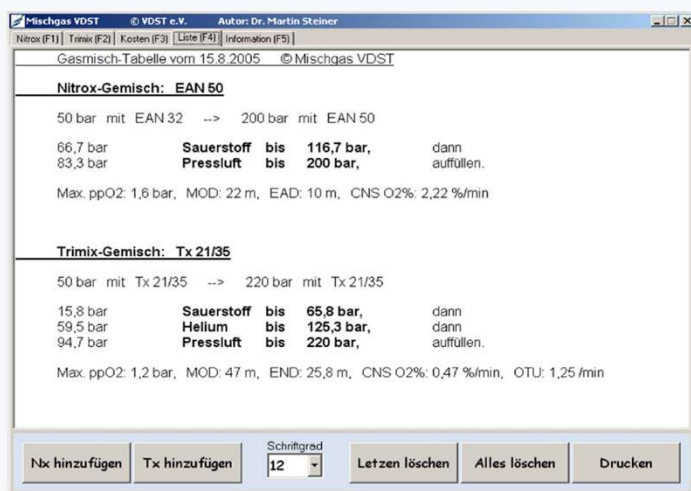
Eine Eingabe des maximalen  $pO_2$  ändert die Auswahl des Gemisches und schlägt ein nach dem 'Best-Mix-Verfahren' berechnetes Gemisch vor.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Berechnungsmethoden - Mischgasprogramm VDST



Mischgas VDST © VDST e.V. Autor: Dr. Martin Steiner

Nitrox (F1) | Trimix (F2) | Kosten (F3) | Liste (F4) | Information (F5)

Gasmisch-Tabelle vom 15.8.2005 © Mischgas VDST

**Nitrox-Gemisch: EAN 50**

50 bar mit EAN 32 --> 200 bar mit EAN 50

66,7 bar **Sauerstoff bis 116,7 bar,** dann  
 83,3 bar **Pressluft bis 200 bar,** auffüllen.

Max ppO<sub>2</sub>: 1,6 bar, MOD: 22 m, EAD: 10 m, CNS O<sub>2</sub>%, 2,22 %/min

**Trimix-Gemisch: Tx 21/35**

50 bar mit Tx 21/35 --> 220 bar mit Tx 21/35

15,8 bar **Sauerstoff bis 65,8 bar,** dann  
 59,5 bar **Helium bis 125,3 bar,** dann  
 94,7 bar **Pressluft bis 220 bar,** auffüllen.

Max ppO<sub>2</sub>: 1,2 bar, MOD: 47 m, END: 25,8 m, CNS O<sub>2</sub>%, 0,47 %/min, OTU: 1,25 /min

Nx hinzufügen Tx hinzufügen Schriftgrad 12 Letzen löschen Alles löschen Drucken



Auf dieser Seite kann man die ausgerechneten Gemische eintragen und danach ausdrucken lassen.

### Vorgehensweise

Man klickt auf die Knöpfe "Nx hinzufügen" oder "Tx hinzufügen". Das Programm trägt die aktuellen Gemische in die Liste ein.

Man klickt auf den Knopf "Drucken". Das Programm gibt einem eine Auswahlmöglichkeit der auf dem System vorhandenen Drucker und druckt nach der Bestätigung die Liste.

Man kann jederzeit die letzte Eingabe ("Letzten Löschen") oder das gesamte Blatt ("Alles Löschen") widerrufen.

Um ein besseres Druckergebnis zu erzielen, kann durch das mittlere Auswahlmengü die Schriftgröße nahezu beliebig verändert werden.

Zusätzlich kann der Benutzer in dem Textfeld auch Änderungen vornehmen bzw. Kommentare einfügen, die natürlich auch so mit ausgedruckt werden.



# TSVÖ/CMAS Gasblender

## Berechnungsmethoden - TOP UP-Tabellen

Sauerstoff-anteil	MOD ppO <sub>2</sub> max = 1,3 bar	MOD ppO <sub>2</sub> max = 1,4 bar	Füllung in bar																												
			30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230								
			21%	22%	23%	24%	25%	26%	27%	28%	29%	30%	31%	32%	33%	34%	35%	36%	37%	38%	39%	40%	41%	42%	43%	44%	45%	46%	47%	48%	49%
21%	51 m	56 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22%	49 m	53 m	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	
23%	46 m	50 m	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	
24%	44 m	48 m	1	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	8	9	9	9	9	
25%	42 m	46 m	2	2	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12	12	
26%	40 m	43 m	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	11	11	12	13	13	14	14	15	15	16	16	16	
27%	38 m	41 m	2	3	4	5	5	6	7	7	8	8	9	9	10	11	11	12	13	14	14	15	16	16	17	17	18	18	19	19	
28%	36 m	40 m	3	4	4	5	6	6	7	8	8	9	10	10	11	12	12	13	14	15	15	16	17	18	18	19	20	20	21	21	
29%	34 m	38 m	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	13	13	14	15	16	17	18	19	19	20	21	22	22	23	23	24	24	
30%	33 m																														
31%																															
32%																															
33%																															
34%																															
35%																															
36%																															
37%																															
38%																															
39%																															
40%																															
41%																															
42%																															
43%																															
44%																															
45%																															
46%																															
47%																															
48%																															
49%																															
50%	16 m																														

Sauerstoff-anteil	Helium-anteil	max. Einsatz-tiefe	Füllung in bar																								Einsatz als				
			10		20		30		40		50		60		70		80		90		100		110		120						
			O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He		O <sub>2</sub>	He		
12%	60%	90 m	0	6	1	12	1	18	2	24	2	30	3	36	3	42	4	48	4	54	5	60	5	66	5	72					
15%	55%																				7	55	8	61	8	66					
18%	45%																				8	45	9	50	10	54					
21%	35%																				9	35	10	39	11	42					
30%	30%																				19	30	21	33	23	36					
32%	0%																				14	0	15	0	17	0					
35%	35%																				27	35	30	39	32	42					
50%	0%																				37	0	40	0	44	0					
50%	15%																				43	15	45	17	49	18					
50%	25%																				43	25	48	28	52	30					

Sauerstoff-anteil	Helium-anteil	max. Einsatz-tiefe	Füllung in bar																								Einsatz als				
			130		140		150		160		170		180		190		200		210		220		230		240						
			O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He		O <sub>2</sub>	He		
12%	60%	90 m	6	78	6	84	7	90	7	96	8	102	8	108	9	114	9	120	10	126	10	132	10	138	11	144					

**Top Up Tabelle Nitrox & Trimix:**

- Berechnungen beruhen auf Gesetz der idealen Gase
- Sowohl zum Befüllen leerer Flaschen geeignet als auch
- Zum Auftoppen von Flaschen mit Restdrücken des gleichen oder eines anderen Gases



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

### Top Up Tabellen Nitrox und Trimix

Die folgenden Top Up Tabellen für Nitrox- und Trimix- Gemische wurden mit Sorgfalt erstellt.

Die Verfasser übernehmen aber für die Werte keine Gewähr und es entbindet den Gasmischer auch nicht davon, die fertigen Mischungen bezüglich des Sauerstoff- bzw. Heliumgehaltes zu überprüfen.

Die Top Up Tabellen beruhen auf Berechnungen zur Anwendung mit der Partialdruckmethode auf Basis der idealen Gasgleichung. Sie können sowohl zum Befüllen von leeren Flaschen als auch zum Auftoppen von Restgemischen genutzt werden.



# TSVÖ/CMAS Gasblender

## Berechnungsmethoden - NITROX

Top Up Tabelle Nitrox

Sauerstoffanteil	MOD ppO <sub>2</sub> max = 1,3 bar	MOD ppO <sub>2</sub> max = 1,4 bar	Füllung in bar																				
			30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230
21%	51 m	56 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22%	49 m	53 m	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3
23%	46 m	50 m	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6
24%	44 m	48 m	1	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	8	8	8	9
25%	42 m	46 m	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12
26%	40 m	43 m	2	3	3	4	4	5	6	6	7	8	8	9	9	10	11	11	12	13	13	14	15
27%	38 m	41 m	2	3	4	5	5	6	7	8	8	9	10	11	11	12	13	14	14	15	16	17	17
28%	36 m	40 m	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20
29%	34 m	38 m	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
30%	33 m	36 m	3	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26
31%	31 m	35 m	4	5	6	8	9	10	11	13	14	15	16	18	19	20	22	23	24	25	27	28	29
32%	30 m	33 m	4	6	7	8	10	11	13	14	15	17	18	19	21	22	24	25	26	28	29	31	32
33%	29 m	32 m	5	6	8	9	11	12	14	15	17	18	20	21	23	24	26	27	29	30	32	33	35
34%	28 m	31 m	5	7	8	10	12	13	15	16	18	20	21	23	25	26	28	30	31	33	35	36	38
35%	27 m	30 m	5	7	9	11	12	14	16	18	19	21	23	25	27	28	30	32	34	35	37	39	41
36%	26 m	28 m	6	8	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	28	30	32	34	36	38	40	42	44
37%	25 m	27 m	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	41	43	45	47
38%	24 m	26 m	6	9	11	13	15	17	19	22	24	26	28	30	32	34	37	39	41	43	45	47	49
39%	23 m	25 m	7	9	11	14	16	18	21	23	25	27	30	32	34	36	39	41	43	46	48	50	52
40%	22 m	25 m	7	10	12	14	17	19	22	24	26	29	31	34	36	38	41	43	46	48	51	53	55
41%	21 m	24 m	8	10	13	15	18	20	23	25	28	30	33	35	38	41	43	46	48	51	53	56	58
42%	20 m	23 m	8	11	13	16	19	21	24	27	29	32	35	37	40	43	45	48	51	53	56	58	61
43%	20 m	22 m	8	11	14	17	19	22	25	28	31	33	36	39	42	45	47	50	53	56	58	61	64
44%	19 m	21 m	9	12	14	17	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47	49	52	55	58	61	64	67
45%	18 m	21 m	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	43	46	49	52	55	58	61	64	67	70
46%	18 m	20 m	9	13	16	19	22	25	28	32	35	38	41	44	47	51	54	57	60	63	66	70	73
47%	17 m	19 m	10	13	16	20	23	26	30	33	36	39	43	46	49	53	56	59	63	66	69	72	76
48%	17 m	19 m	10	14	17	21	24	27	31	34	38	41	44	48	51	55	58	62	65	68	72	75	79
49%	16 m	18 m	11	14	18	21	25	28	32	35	39	43	46	50	53	57	60	64	67	71	74	78	82
50%	16 m	18 m	11	15	18	22	26	29	33	37	40	44	48	51	55	59	62	66	70	73	77	81	84



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

### Top Up Tabellen Nitrox und Trimix

Die folgenden Top Up Tabellen für Nitrox- und Trimix- Gemische wurden mit Sorgfalt erstellt.

Die Verfasser übernehmen aber für die Werte keine Gewähr und es entbindet den Gasmischer auch nicht davon, die fertigen Mischungen bezüglich des Sauerstoff- bzw. Heliumgehaltes zu überprüfen.

Die Top Up Tabellen beruhen auf Berechnungen zur Anwendung mit der Partialdruckmethode auf Basis der Idealen Gasgleichung. Sie können sowohl zum Befüllen von leeren Flaschen, als auch zum Auftoppen von Restgemischen genutzt werden.



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Berechnungsmethoden - NITROX

Beispiel 1: Eine leere Flasche soll auf ein **EAN 50** mit **220 bar** aufgefüllt werden...

Sauerstoff- anteil	MOD ppO <sub>2</sub> max = 1,3 bar	MOD ppO <sub>2</sub> max = 1,4 bar	Füllung in bar												
			30	40	50	60	70	80	90	...	200	210	220	230	
21%	51 m	56 m	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
31%	31 m	35 m	4	5	6	8	9	10	11	...	25	27	28	29	
32%	30 m	33 m	4	6	7	8	10	11	13	...	28	29	31	32	
33%	29 m	32 m	5	6	8	9	11	12	14	...	30	32	33	35	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
49%	16 m	18 m	11	14	18	21	25	28	32	...	71	74	78	82	
→ 50%	16 m	18 m	11	15	18	22	26	29	33	...	73	77	81	84	

Ablesen bei **220 bar** und **50% Sauerstoffanteil** ergibt den Wert **81**.

1. **Leere Flasche mit 81 bar reinem Sauerstoff vorfüllen.**
2. **Bis 220 bar mit Luft auffüllen.**



### Für Flaschen ohne Restdruck

Soll eine leere Flasche gefüllt werden, sucht man die Zeile mit dem gewünschten Gemisch und die Spalte mit dem gewünschten Zieldruck und erhält den Wert des Sauerstoffs, der in die Flasche gefüllt werden muss, bevor mit Luft aufgetoppt werden kann.

Die Zeile "Sauerstoffanteil 50 %" und Spalte „220 bar“ ergeben den Wert 81 bar.

D. h. die Flasche muss mit reinem Sauerstoff bis 81 bar gefüllt und dann mit Luft bis 220 bar aufgetoppt werden.

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Berechnungsmethoden - NITROX

Beispiel 2: Eine Flasche mit **EAN 32** und **50 bar** Restdruck soll auf ein **EAN 50** mit **200 bar** aufgefüllt werden...

Sauerstoffanteil	MOD ppO <sub>2</sub> max = 1,3 bar	MOD ppO <sub>2</sub> max = 1,4 bar	Füllung in bar											
			30	40	50	60	70	80	90	...	200	210	220	230
21%	51 m	56 m	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
31%	31 m	35 m	4	5	6	8	9	10	11	...	25	27	28	29
→ 32%	30 m	33 m	4	6	7	8	10	11	13	...	28	29	31	32
33%	29 m	32 m	5	6	8	9	11	12	14	...	30	32	33	35
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
49%	16 m	18 m	11	14	18	21	25	28	32	...	71	74	78	82
→ 50%	16 m	18 m	11	15	18	22	26	29	33	...	73	77	81	84

Ablesen bei **50 bar** und **32% Sauerstoffanteil** ergibt den Wert **7**.

Ablesen bei **200 bar** und **50% Sauerstoffanteil** ergibt den Wert **73**.

1. Flasche mit **73 bar - 7 bar = 66 bar reinem Sauerstoff** vorfüllen, also bis zu einem Druck von **50 bar + 66 bar = 116 bar**.
2. Bis **200 bar mit Luft** auffüllen.



### Für Flaschen mit Restdruck

Soll ein bestehendes Gemisch aufgefüllt werden, müssen zwei Werte beachtet werden: Zunächst sucht man in der Tabelle nach der schon in der Flasche befindlichen Gemisch-/Druck-Paarung (Ist-Wert), dann nach dem gewünschten Gemisch inkl. Zieldruck (= Ziel-Wert). Vom Ziel-Wert wird der Ist-Wert abgezogen und ergibt damit die aufzufüllende Gasmenge.

Der Sauerstoffgehalt von 32 % und der Restdruck von 50 bar ergeben abgelesen einen Wert von 7 bar und der Zielwert Nitrox 50 bei 200 bar, einen Wert von 73 bar. D. h. die Flasche muss mit  $73 \text{ bar} - 7 \text{ bar} = 66 \text{ bar}$  reinem Sauerstoff auf einen Druck von  $116 \text{ bar}$  (=  $50 \text{ bar}$  Restdruck +  $66 \text{ bar}$  O<sub>2</sub>) und dann mit Luft auf 200 bar aufgefüllt werden.

# TSVÖ/CMAS Gasblender

## Berechnungsmethoden - TRIMIX

Sauerstoff-anteil	Helium-anteil	max. Einsatz-tiefe	Füllung in bar																								Einsatz als
			10		20		30		40		50		60		70		80		90		100		110		120		
			O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	
12%	60%	90 m	0	6	1	12	1	18	2	24	2	30	3	36	3	42	4	48	4	54	5	60	5	66	5	72	Bottom-gas
15%	55%	75 m	1	6	1	11	2	17	3	22	4	28	4	33	5	39	6	44	6	50	7	55	8	61	8	66	
18%	45%	60 m	1	5	2	9	2	14	3	18	4	23	5	27	6	32	7	36	7	41	8	45	9	50	10	54	
21%	35%	45 m	1	4	2	7	3	11	4	14	5	18	6	21	7	25	7	28	8	32	9	35	10	39	11	42	
30%	30%	36 m	2	3	4	6	6	9	8	12	10	15	12	18	14	21	15	24	17	27	19	30	21	33	23	36	
32%	0%	30 m	1	0	3	0	4	0	6	0	7	0	8	0	10	0	11	0	13	0	14	0	15	0	17	0	
35%	35%	33 m	3	4	5	7	8	11	11	14	14	18	16	21	19	25	22	28	24	32	27	35	30	39	32	42	Deko-gas
50%	0%	21 m	4	0	7	0	11	0	15	0	18	0	22	0	26	0	29	0	33	0	37	0	40	0	44	0	
50%	15%	21 m	4	2	8	3	12	5	16	8	20	8	24	9	28	11	33	12	37	14	41	15	45	17	49	18	
50%	25%	21 m	4	3	9	5	13	8	17	10	22	13	26	15	30	18	35	20	39	23	43	25	48	28	52	30	

Sauerstoff-anteil	Helium-anteil	max. Einsatz-tiefe	Füllung in bar																								Einsatz als
			130		140		150		160		170		180		190		200		210		220		230		240		
			O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	
12%	60%	90 m	0	78	6	84	7	90	7	96	8	102	8	108	9	114	9	120	10	126	10	132	10	138	11	144	Bottom-gas
15%	55%	75 m	9	72	10	77	11	83	11	88	12	94	13	99	13	105	14	110	15	116	15	121	16	127	17	132	
18%	45%	60 m	11	59	11	63	12	68	13	72	14	77	15	81	16	86	16	90	17	95	18	99	19	104	20	108	
21%	35%	45 m	12	46	13	49	14	53	15	56	16	60	17	63	18	67	19	70	20	74	20	77	21	81	22	84	
30%	30%	36 m	25	39	27	42	29	45	31	48	33	51	35	54	37	57	39	60	41	63	43	66	45	69	46	72	
32%	0%	30 m	18	0	19	0	21	0	22	0	24	0	25	0	26	0	28	0	29	0	31	0	32	0	33	0	
35%	35%	33 m	35	48	38	49	41	53	43	56	46	60	49	63	51	67	54	70	57	74	59	77	62	81	85	84	Deko-gas
50%	0%	21 m	48	0	51	0	55	0	59	0	62	0	66	0	70	0	73	0	77	0	81	0	84	0	88	0	
50%	15%	21 m	53	20	57	21	61	23	65	24	69	26	73	27	77	29	81	30	85	32	90	33	94	35	98	36	
50%	25%	21 m	58	33	61	35	65	38	69	40	74	43	78	45	82	48	87	50	91	53	95	55	100	58	104	60	



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

### Top Up Tabellen Nitrox und Trimix

Die folgenden Top Up Tabellen für Nitrox- und Trimix- Gemische wurden mit Sorgfalt erstellt.

Die Verfasser übernehmen aber für die Werte keine Gewähr und es entbindet den Gasmischer auch nicht davon, die fertigen Mischungen bezüglich des Sauerstoff- bzw. Heliumgehaltes zu überprüfen.

Die Top Up Tabellen beruhen auf Berechnungen zur Anwendung mit der Partialdruckmethode auf Basis der Idealen Gasgleichung. Sie können sowohl zum Befüllen von leeren Flaschen, als auch zum Auftoppen von Restgemischen genutzt werden.



# TSVÖ/CMAS Gasblender

## Berechnungsmethoden - TRIMIX

Sauerstoff-anteil	Helium-anteil	max. Einsatz-tiefe	Füllung in bar																								Einsatz als
			10		20		30		40		50		60		70		80		90		100		110		120		
			O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	
12%	60%	90 m	0	6	1	12	1	18	2	24	2	30	3	36	3	42	4	48	4	54	5	60	5	66	5	72	Bottom-gas
15%	55%	75 m	1	6	1	11	2	17	3	22	4	28	4	33	5	39	6	44	6	50	7	55	8	61	8	66	
18%	45%	60 m	1	5	2	9	2	14	3	18	4	23	5	27	6	32	7	36	7	41	8	45	9	50	10	54	
21%	35%	45 m	1	4	2	7	3	11	4	14	5	18	6	21	7	25	7	28	8	32	9	35	10	39	11	42	
30%	30%	36 m	2	3	4	6	6	9	8	12	10	15	12	18	14	21	15	24	17	27	19	30	21	33	23	36	
32%	0%	30 m	1	0	3	0	4	0	6	0	7	0	8	0	10	0	11	0	13	0	14	0	15	0	17	0	
35%	35%	33 m	3	4	5	7	8	11	11	14	14	18	16	21	19	25	22	28	24	32	27	35	30	39	32	42	Deko-gas
50%	0%	21 m	4	0	7	0	11	0	15	0	18	0	22	0	26	0	29	0	33	0	37	0	40	0	44	0	
50%	15%	21 m	4	2	8	3	12	5	16	8	20	8	24	9	28	11	33	12	37	14	41	15	45	17	49	18	
50%	25%	21 m	4	3	9	5	13	8	17	10	22	13	26	15	30	18	35	20	39	23	43	25	48	28	52	30	

Sauerstoff-anteil	Helium-anteil	max. Einsatz-tiefe	Füllung in bar																								Einsatz als
			130		140		150		160		170		180		190		200		210		220		230		240		
			O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	
12%	60%	90 m	0	78	6	84	7	90	7	96	8	102	8	108	9	114	9	120	10	126	10	132	10	138	11	144	Bottom-gas
15%	55%	75 m	9	72	10	77	11	83	11	88	12	94	13	99	13	105	14	110	15	116	15	121	16	127	17	132	
18%	45%	60 m	11	59	11	63	12	68	13	72	14	77	15	81	16	86	16	90	17	95	18	99	19	104	20	108	
21%	35%	45 m	12	46	13	49	14	53	15	56	16	60	17	63	18	67	19	70	20	74	20	77	21	81	22	84	
30%	30%	36 m	25	39	27	42	29	45	31	48	33	51	35	54	37	57	39	60	41	63	43	66	45	69	46	72	
32%	0%	30 m	18	0	19	0	21	0	22	0	24	0	25	0	26	0	28	0	29	0	31	0	32	0	33	0	
35%	35%	33 m	35	48	38	49	41	53	43	56	46	60	49	63	51	67	54	70	57	74	59	77	62	81	85	84	Deko-gas
50%	0%	21 m	48	0	51	0	55	0	59	0	62	0	66	0	70	0	73	0	77	0	81	0	84	0	88	0	
50%	15%	21 m	53	20	57	21	61	23	65	24	69	26	73	27	77	29	81	30	85	32	90	33	94	35	98	36	
50%	25%	21 m	58	33	61	35	65	38	69	40	74	43	78	45	82	48	87	50	91	53	95	55	100	58	104	60	



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

### Top Up Tabellen Nitrox und Trimix

Die folgenden Top Up Tabellen für Nitrox- und Trimix- Gemische wurden mit Sorgfalt erstellt.

Die Verfasser übernehmen aber für die Werte keine Gewähr und es entbindet den Gasmischer auch nicht davon, die fertigen Mischungen bezüglich des Sauerstoff- bzw. Heliumgehaltes zu überprüfen.

Die Top Up Tabellen beruhen auf Berechnungen zur Anwendung mit der Partialdruckmethode auf Basis der Idealen Gasgleichung. Sie können sowohl zum Befüllen von leeren Flaschen, als auch zum Auftoppen von Restgemischen genutzt werden.



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Berechnungsmethoden - TRIMIX

Beispiel 1: Eine leere Flasche soll auf ein **TX 18/45** mit **200 bar** aufgefüllt werden...

Sauerstoff-anteil	Helium-anteil	max. Einsatz-tiefe	50		200		210		220		Einsatz als		
			O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He			
12%	60%	90 m	...	2	30	...	9	120	10	126	10	132	Bottom-gas
15%	55%	75 m	...	4	28	...	14	110	15	116	15	121	
18%	45%	60 m	...	4	23	...	16	90	17	95	18	99	
21%	35%	45 m	...	5	18	...	19	70	20	74	20	77	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	

Ablesen bei **200 bar** und **18%** Sauerstoff und **45%** Heliumanteil ergibt die Werte **16** für Sauerstoff und **90** für Helium.

1. Leere Flasche mit **16** bar reinem Sauerstoff vorfüllen.
2. Mit **90** bar reinem Helium bis 106 bar Flaschendruck vorfüllen.
3. Bis 200 bar mit Luft auffüllen.



### Ein leeres Doppel-12 I Gerät soll mit Trimix 21/35 auf 200 bar gefüllt werden.

Die Zeile "Sauerstoffanteil 21 % und Heliumanteil 35 %" und die Spalte „200 bar“ ergibt einen Sauerstoffdruck von 19 bar und einen Heliumdruck von 70 bar.

D. h. das Doppel-12 I Gerät wird zunächst bis 19 bar mit Sauerstoff gefüllt und dann 70 bar Helium zugefügt, also bis zu einem Gesamtdruck von 89 bar (Sauerstoff plus Helium). Danach wird das Gerät bis 200 bar mit Luft aufgefüllt.

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Berechnungsmethoden - TRIMIX

Beispiel 2: Eine Flasche mit **TX 21/35** und **50 bar** Restdruck soll aufgefüllt werden auf ein **TX 21/35** mit einem Enddruck von **220 bar**

Sauerstoff-anteil	Helium-anteil	max. Einsatz-tiefe	50		200		210		220		Einsatz als		
			O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He	O <sub>2</sub>	He			
12%	60%	90 m	...	2	30	...	9	120	10	126	10	132	Bottom-gas
15%	55%	75 m	...	4	28	...	14	110	15	116	15	121	
18%	45%	60 m	...	4	23	...	16	90	17	95	18	99	
→21%	35%	45 m	...	5	18	...	19	70	20	74	20	77	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	

Ablesen bei **50 bar** und **21% O<sub>2</sub>** und **35% Helium** ergibt die Werte **5** für Sauerstoff und **18** für Helium.

Ablesen bei **220 bar** und **21% O<sub>2</sub>** und **35% Helium** ergibt die Werte **20** für Sauerstoff und **77** für Helium.

1. Flasche mit  $(20 - 5) = 15$  bar reinem O<sub>2</sub> bis 65 bar Flaschendruck vorfüllen.
2. Mit  $(77 - 18) = 59$  bar reinem Helium bis 124 bar Flaschendruck vorfüllen.
3. Bis 220 bar mit Luft auffüllen.



### Ein Doppel-7 | Gerät mit Trimix 21/35 und einem Restdruck von 50 bar soll mit einem Trimix 21/35 auf 220 bar gefüllt werden.

In der Tabelle abgelesen Trimix 21/35 bei 50 bar ergibt für Sauerstoff den Wert 5 bar, für Helium 18 bar.

Trimix 21/35 bei 220 bar abgelesen ergibt 20 bar für Sauerstoff und 77 bar für Helium.

Das Gerät muss also zunächst mit  $(20 - 5)$  bar = 15 bar Sauerstoff auf 65 bar (= 50 bar Restdruck + 15 bar O<sub>2</sub>) End Druck gefüllt werden. Danach werden  $(77 - 18)$  bar = 59 bar Helium bis zu einem End Druck von 124 bar gefüllt und das Ganze dann mit Luft bis zum Zieldruck von 220 bar aufgefüllt.

## TSVÖ/CMAS Gasblender

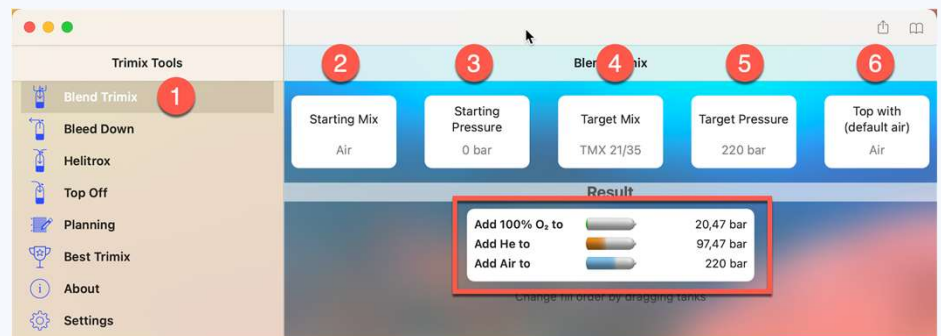
### Berechnungsmethoden - TRIMIX

Mittlerweile sind für mobile Endgeräte zahlreiche Applikationen entwickelt worden, die das Blenden von Gasgemischen erleichtern können.

Ist man in die Bedienung einmal eingearbeitet, so können hier schnell und effektiv beliebige Methoden für das Gasblenden angewendet werden.

z.B. „Trimix Tools für iOS/Android“

- 1. Option auswählen**
- 2. Anfangsgemisch**
- 3. Anfangsdruck**
- 4. Zielgemisch**
- 5. Zieldruck**
- 6. TOP Up GAS auswählen**



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### *Berechnungsmethoden - Zusammenfassung*

**Welche Größen muss ich kennen, um die MOD zu errechnen?**

**Berechne die MOD mit einem EAN 32 bei einem max. ppo<sub>2</sub> von 1,4 bar?**

**Berechne das Mischen eines EAN 50 mit 200 bar in eine leere Flasche!**

**Berechne das Mischen eines TXS 21/35 mit 230 bar in eine leere Flasche!**

**Eine 12 Liter Flasche mit EAN 40 und Restdruck 50 bar soll auf 220 bar EAN 32 gefüllt werden. Wieviel Sauerstoff und wieviel Luft sind zu füllen? Verwende die TOP UP - Tabelle!**

**Eine Doppel 12 Liter Flasche mit TX 18/45 und Restdruck 50 bar soll auf 230 bar TX 21/35 gefüllt werden. Wieviel Sauerstoff, Helium und Luft sind zu füllen? Verwende die TOP UP - Tabelle!**



# 04 Mischverfahren

*Benötigtes Material: Auswahl, Verwendung und  
Wartung*



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## **TSVÖ/CMAS Gasblender**

### **Mischverfahren - Inhalt**

**Ventile**

**Manometer**

**Rückschlagventile**

**Verteiler, Füllschläuche und Anschlüsse**

**Adapter**

**Analysatoren**

**Speicherflaschen/-bänke**

**Filter**

**Schmiermittel**

**Gasdurchflussregler**



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## **TSVÖ/CMAS Gasblender**

### *Mischverfahren - Arten*

#### ***Partialdruck- bzw. Überströmverfahren***

#### ***Verwendung von Boosterpumpen***

#### ***Molekular- bzw. Membranverfahren***

#### ***Konstantbeimischungsverfahren (continuous flow)***

#### ***Gravimetrisches Verfahren (Gewicht)***

#### ***Premix-Verfahren***



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Mischverfahren - Partialdruck

#### Mischung durch den Füllvorgang mit Einzelgasen

#### mit hohem O<sub>2</sub>-Druck

#### Atemluftkompressor mit Personal Filter

#### Gasgemische aller Art möglich



### Partialdruck-Verfahren

Bei diesem Verfahren wird der Druckanstieg in der zu füllenden Tauchflasche während und nach der Zugabe jeder Gemisch Komponente mittels eines Manometers gemessen. Dies sollte immer bei der gleichen Temperatur geschehen. Die Menge eines jeden Gases im Gemisch entspricht der gemessenen Druckdifferenz. Dieses Verfahren ist gut geeignet zur Herstellung von allen Gemisch Arten.

Soll Nitrox nach der Partialdruckmethode gemischt werden, wird zunächst eine vorher berechnete Menge reinen Sauerstoffs aus einer Speicherflasche in die Tauchflasche übergeströmt und dann die Flasche mit Luft aufgefüllt. Theoretisch könnte Nitrox auch aus reinem Sauerstoff und reinem Stickstoff gemischt werden, dies ist aber deutlich teurer und aufwändiger, da der Stickstoff ebenfalls flaschenweise gekauft werden müsste, während ein Atemluftkompressor meist schon vorhanden ist oder über eine Füllstation in der Nähe verfügbar ist.

Soll Trimix nach der Partialdruckmethode gefüllt werden, wird nacheinander zunächst reiner Sauerstoff, dann reines Helium in die Tauchflasche gefüllt und diese dann mit Luft aufgefüllt.



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Mischverfahren - Partialdruck

#### VORTEILE



- mit einfachen, kostengünstigen Mitteln anwendbar
- mit Erfahrung ausreichend genau

#### NACHTEILE



- Gasgemisch nicht sofort verwendbar
- Zeitaufwändig bei großen Flaschenmengen



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Der größte Vorteil der Partialdruckmethode ist, dass sie mit sehr einfachen Mitteln angewendet werden kann und das Mischen von Gasen so für jeden Taucher durchführbar ist. Sollen allerdings große Mengen an Tauchflaschen gefüllt werden, ist dies mit relativ hohem Zeitaufwand verbunden.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

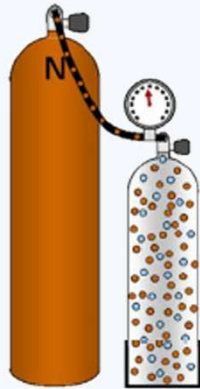
## TSVÖ/CMAS Gasblender

Mischverfahren - Partialdruck

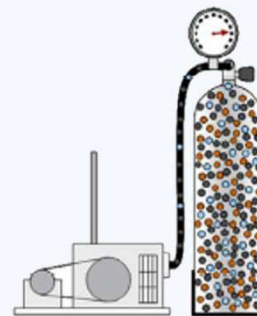
1. Überströmen von reinem Sauerstoff



2. Überströmen von reinem Helium



3. Auffüllen mit Pressluft

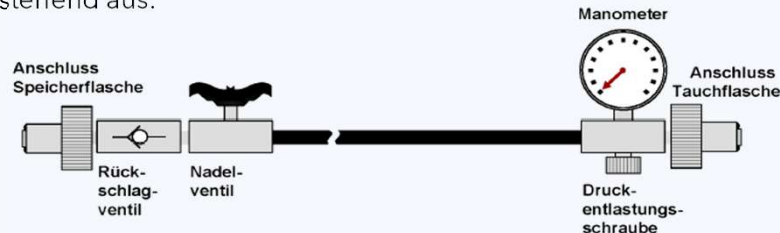


Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Mischverfahren - Partialdruck

Überströmschlauch, bestehend aus:



- Schlauch mit Gewindeanschlüssen und Entlastungsschraube
- Rückschlagventil
- Nadelventil
- Manometer mit hoher Genauigkeitsklasse (1.6) und guter Ablesbarkeit

**Alle Komponenten müssen sauerstofftauglich sein**



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

In der einfachsten Variante wird lediglich ein Füllschlauch benötigt, der sauerstofftauglich ist und über folgende, natürlich ebenfalls sauerstofftaugliche Komponenten verfügt:

#### Rückschlagventil

Das Rückschlagventil verhindert, dass ein bereits in der Tauchflasche befindliches Gasgemisch in die Speicherflasche zurückströmt und das Reingas verunreinigt. Dies sollte zwar bereits durch die Verwendung von Speicherflaschen mit ausreichend hohem Druck vermieden werden, das Rückschlagventil stellt aber eine zusätzliche Sicherheit dar.

#### Nadelventil

Mit dem Nadelventil wird die Strömungsgeschwindigkeit des Gases reguliert. Zudem verringert es das Risiko von sich fortpflanzenden Druckstößen auf den Füllschlauch und die Tauchflasche, da es bei schwergängigen Speicherflaschenventilen dazu kommen kann, dass sich das Ventil erst gar nicht und dann sehr plötzlich öffnen lässt. Ist ein Nadelventil installiert, wird der entstehende Druckstoß hierdurch abgefangen bzw. verringert.

#### Manometer

Das Manometer dient u. a. dem Ablesen des Druckes der Tauchflasche während des Füllvorgangs. Um ein genaues Mischen gewährleisten zu können, muss daher ein Manometer mit hoher Genauigkeitsklasse, also geringer Messwert-Abweichung, verwendet werden. Aber auch die Ablesegenauigkeit sollte beachtet werden. Als Genauigkeitsklasse wird 1.6 oder besser empfohlen. Die Genauigkeitsklasse wird in Prozent des Messbereichsendwertes angegeben. Je kleiner also die Zahl der Genauigkeitsklasse ist, desto höher ist die Genauigkeit.

Ein Manometer mit einem Messbereichsendwert von 300 bar mit einer Genauigkeitsklasse 1.6 hat über den gesamten Messwertbereich eine maximale Messwertabweichung von 300 bar.  $1,6\% = 4,8$  bar.

Schlussfolgernd sollte im Sinne der Messgenauigkeit der Messbereichsendwert des verwendeten Manometers nicht überproportional über dem maximal zu handhabenden Druck liegen.

#### Druckentlastungsschraube

Es sollte immer darauf geachtet werden, dass der Überströmschlauch und auch eventuelle Einzelkomponenten mit einer Druckentlastungsschraube statt mit einem Druckentlastungsdruckknopf ausgestattet sind. Mit einer Druckentlastungsschraube kann der Druck langsam und dosiert abgelassen werden, während mit einem Druckknopf nur eine schlagartige Entlastung möglich ist. Beim Kauf eines Überströmschlauches sollte zusätzlich darauf geachtet werden, dass der angeschlossene Schlauch vom Speicherflaschenventil bis zu einer liegenden Tauchflasche reicht. Er sollte ca. 2 m lang sein.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Mischverfahren - Partialdruck

Gas Misch Set, bestehend aus:



- Überströmschlauch (Edelstahl)
  - Sauerstoffmanometer Genauigkeitsklasse 0,5
  - Rückschlagventil
  - Regel- und Absperrventil
- Personal Filter
- Adapter
  - Sauerstoff - Luft
  - Nitrox - Luft
  - Edelgas - Luft



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

**Überströmschlauch:** Die Einheit besteht aus einem 2m langen Edelstahlringwellenschlauch, zugelassen für medizinischen Sauerstoff bis 350 bar, mit 2x G5/8 DIN 200/300 bar Anschlüssen, einem digitalen Kobold Sauerstoffmanometer bis 400 bar mit 4 stellige LCD- Anzeige, 9V Blockbatterie, Bat. Lebensdauer 2000h bei Dauerbetrieb, Genauigkeitsklasse 0,5, Rückschlagventil, Kugelsitz, Regel- und Absperrventil, Entlüftungsventil;

**Personal Filter:** NITROX-Clean Filter als Personal-Filter oder Reinigungsfilter zum sauberen und ölfreien Aufbereiten von Druckluft. Der Personal Filter wird zwischen Kompressor und Flasche eingesetzt.

Inhaltsvolumen 0,3 Liter

Luftdurchlass max. 250 l/min

Standzeit bei 100 l/min = 10 h

Eingang 5/8"

Ausgang 5/8" (passend für 200 und 300 bar Ventile)

max. Arbeitsdruck 225 bar, auch als 300 bar Version erhältlich

Adapter:

- Fülladapter von Sauerstoff 3/4" innen auf Luft 5/8" innen, die Sauerstoffseite ist mit einem O-Ring abgedichtet
- Adapter Helium/Argon auf Luft: 5/8"i-W21,8x1/14"i
- 5/8"aussen-3/4" außen

Das neue Sauerstoffventil M26/2 wird hier auf den M5/8 Regler adaptiert. M26/2 Männlich außen auf G5/8 Weiblich innen.

Einteiliger Adapter für Speicherflaschen 300bar Sauerstoff auf 300 bar Luft. Auch das Gleiche von 300 bar Edelgas auf 300 bar Luft (G5/8" ).



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Mischverfahren - Partialdruck



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

**Überströmschlauch:** Die Einheit besteht aus einem 2m langen Edelstahlringwellenschlauch, zugelassen für medizinischen Sauerstoff bis 350 bar, mit 2x G5/8 DIN 200/300 bar Anschlüssen, einem digitalen Kobold Sauerstoffmanometer bis 400 bar mit 4 stellige LCD- Anzeige, 9V Blockbatterie, Bat. Lebensdauer 2000h bei Dauerbetrieb, Genauigkeitsklasse 0,5, Rückschlagventil, Kugelsitz, Regel- und Absperrventil, Entlüftungsventil;

**Personal Filter:** NITROX-Clean Filter als Personal-Filter oder Reinigungsfilter zum sauberen und ölfreien Aufbereiten von Druckluft. Der Personal Filter wird zwischen Kompressor und Flasche eingesetzt.

Inhaltsvolumen 0,3 Liter

Luftdurchlass max. 250 l/min

Standzeit bei 100 l/min = 10 h

Eingang 5/8"

Ausgang 5/8" (passend für 200 und 300 bar Ventile)

max. Arbeitsdruck 225 bar, auch als 300 bar Version erhältlich

Adapter:

- Fülladapter von Sauerstoff 3/4" innen auf Luft 5/8" innen, die Sauerstoffseite ist mit einem O-Ring abgedichtet
- Adapter Helium/Argon auf Luft: 5/8"i-W21,8x1/14"i
- 5/8"aussen-3/4" außen

Das neue Sauerstoffventil M26/2 wird hier auf den M5/8 Regler adaptiert. M26/2 Männlich außen auf G5/8 Weiblich innen.

Einteiliger Adapter für Speicherflaschen 300bar Sauerstoff auf 300 bar Luft. Auch das Gleiche von 300 bar Edelgas auf 300 bar Luft (G5/8" ).



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Mischverfahren - Füllen mit Boosterpumpe

#### Sinn und Zweck eines Boosters

- Ausnutzen der Gasflaschen
- Toppen mit niedrigen Restdrücken z.B. von 50 auf 200 bar
- Füllen von Argon oder O<sub>2</sub> bis 200 bar



#### Ergänzung der Partialdruckanlage durch:

- Niederdruckkompressor für den Betrieb des Boosters
- Sauerstofftauglichen Booster
- Druckerhöhung je nach Booster um den Faktor 6 - 10
- notwendiger Grunddruck je nach Booster 20 - 50 bar



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Der Booster wird durch Pressluft angetrieben. Dies kann entweder aus einer Tauchflasche erfolgen oder durch einen Niederdruckkompressor, wo allerdings die Luft gereinigt werden muss.

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Mischverfahren - Füllen mit Boosterpumpe



Helium 4.6  
300 bar



Argon 4.6 mit 200  
bar / Tariergas



Füllstelle mit Leiste und  
Booster



Notaus für Kompressor &  
Booster



medizinischer Sauerstoff 2.5 / 200 bar



Booster mind. Vordruck 50 bar  
Druckerhöhung um Faktor 6

Oben: Gaseingang über Leiste  
Unten: Abgang zur Füllstelle  
Rechts: Gas Eingang für ND-Gas vom  
ND-Kompressor  
Links: Abgasabgang für Rest ND Gas

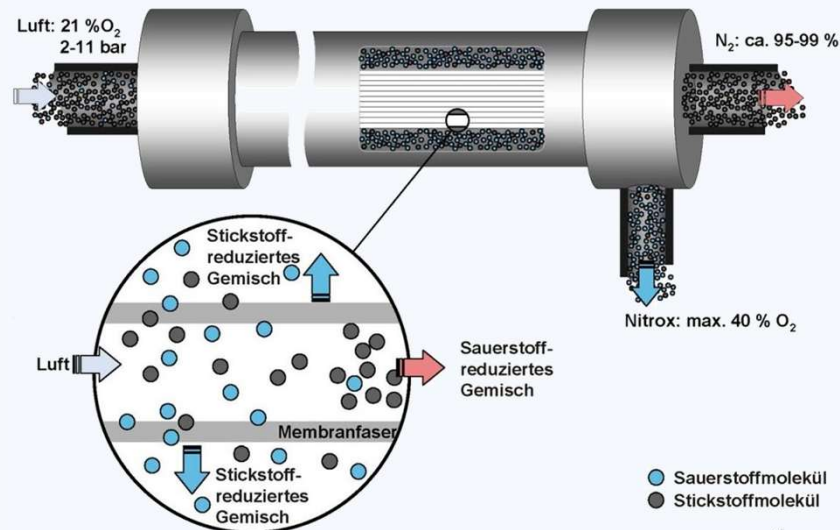


Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Der Booster wird durch Pressluft angetrieben. Dies kann entweder aus einer Tauchflasche erfolgen oder durch einen Niederdruckkompressor, wo allerdings die Luft gereinigt werden muss.

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Mischverfahren - Molekular Membran



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

### Nitrox-Membran-Verfahren

Wie der Name schon sagt, kann mit diesem Verfahren Nitrox hergestellt werden. Da es sich um ein Verfahren zur Trennung von Stickstoff aus Luft handelt, eignet es sich nicht zur Herstellung von Trimix.

Die generelle Funktionsweise einer Nitrox-Membran sieht so aus, dass vorkomprimierte Luft (je nach Membrantyp auf einen Vordruck von 2-11 bar) durch ein Bündel aus teildurchlässigen (semipermeablen) Hohlfasermembranen geleitet wird.

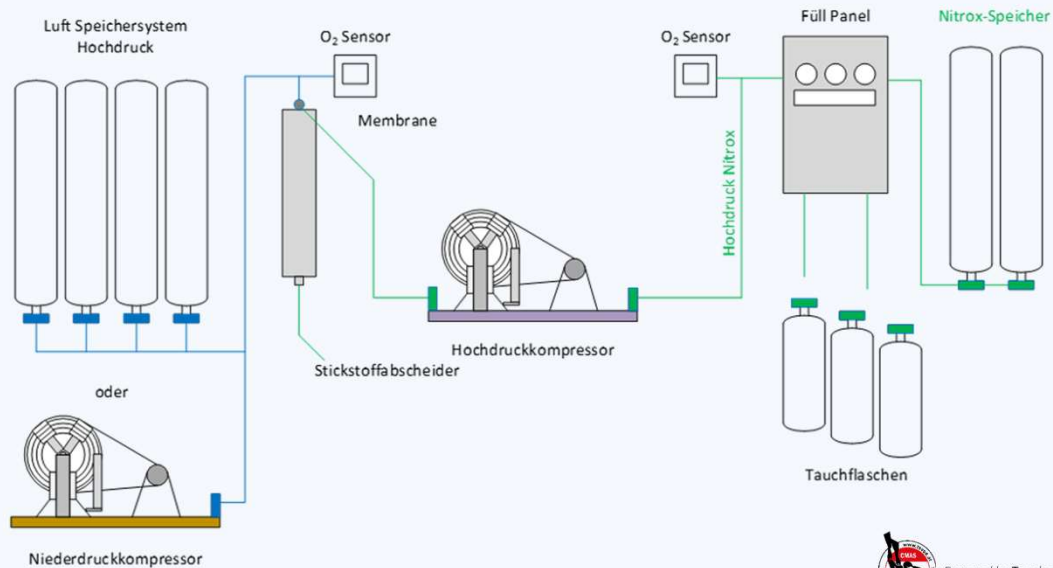
Sauerstoff diffundiert schneller durch diese Membranen als Stickstoff. So bildet sich im Inneren der Hohlfasern ein sauerstoffreduziertes Gemisch (Stickstoffanteil: ca. 95- 99 %) während sich außen ein stickstoffreduziertes Gemisch (Sauerstoffanteil: max. 40 %) ansammelt. Diese Gemische können getrennt abgeleitet und weiter komprimiert werden.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Mischverfahren - Molekular Membrananlage



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Die Funktionsweise der Nitrox-Membran macht bereits deutlich, dass zum Betreiben dieser Membran eine komplette Anlage nötig ist.

Diese besteht aus:

#### **Niederdruckkompressor**

Dieser liefert die auf den Arbeitsdruck der Nitrox-Membran vorkomprimierte Luft.

#### **Vorfilter**

Da die Nitrox-Membran sehr sensibel auf Verunreinigungen reagiert, wird die vorkomprimierte Luft aus dem Niederdruckkompressor nochmals gefiltert.

#### **Pressluft-Speicherbank (optional)**

Speicher für die vorkomprimierte Luft, um nicht für jeden Füllvorgang den Kompressor starten zu müssen.

#### **Nitrox-Membran**

Diese befindet sich in Form eines Hohlfaser-Bündels in einem Gehäuse, das es erlaubt, den Sauerstoffanteil des stickstoffreduzierten Nitrox-Gemisches über ein Regelventil stufenlos von 21 % bis ca. 40 % einzustellen und direkt mit dem integrierten Analysegerät zu analysieren.

#### **Nitrox-geeigneter Hochdruckkompressor**

Hiermit wird das erzeugte Nitrox-Gemisch vom Arbeitsdruck der Membran auf den Zieldruck (z. B. 200 bar) komprimiert.

#### **Füllpanel**

Fest mit der Anlage verbundene Analyse- und Abfüllstation - hier wird das fertige Gemisch noch mal analysiert (integriertes Analysegerät) und dann entweder in Tauchflaschen oder in einen angeschlossenen Nitrox-Speicher gefüllt.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Mischverfahren - Molekular Membranmethode



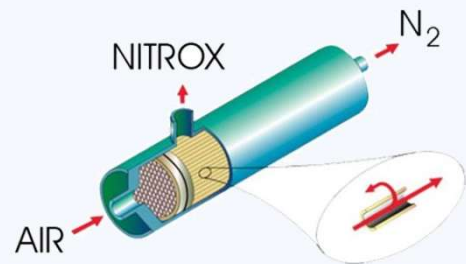
#### VORTEILE

- kein Umgang mit reinem Sauerstoff
- einfach anwendbar
- sehr genaue Gemische (Abweichung ca. 0,3 %)
- große Flaschenmengen schnell befüllbar
- Membran-Lebensdauer von ca. 30 Jahren



#### NACHTEILE

- hohe Anschaffungskosten
- Nitrox geeigneter Kompressor notwendig
- nur Nitrox-Gemische bis 40 % O<sub>2</sub> herstellbar



#### Molekularmethode (Membranverfahren):

Ein Niederdruck-Atemluftkompressor pumpt gefilterte Luft mit 6 - 12 bar durch eine Membran über den Molekularfilter. In langen Gaszylindern sind unzählige Fiberglas-Schläuche verpackt, die winzige Durchmesser haben. Jeder von ihnen bildet eine halbdurchlässige (semipermeable) Membran, in die die Luft geleitet wird.

Diese „Schlauch-Membranen“ lassen einen Teil des Stickstoffs der Luft nach außen dringen, halten aber den Sauerstoff zurück. Das Mischverhältnis kann mit einem Nadelventil, über das der Stickstoff abgeleitet wird, gesteuert werden. Am Ende kommt ein mit Sauerstoff angereichertes Nitrox-Gasgemisch unter Umgebungsdruck heraus. Der Sauerstoffanteil wird über den vor der Membran anstehenden Niederdruck gesteuert.

Dieses Sauerstoffgemisch wird anschließend auf den gewünschten Enddruck mit einem sauerstoffverträglichen Kompressor komprimiert (nie 100 % Sauerstoff).

Bis 40 % Sauerstoffanteil stimmt für die am Markt angebotenen Geräte, theoretisch ist damit aber jeder Wert erreichbar (wird Großindustriell für Eisen- und Stahlgewinnung verwendet).



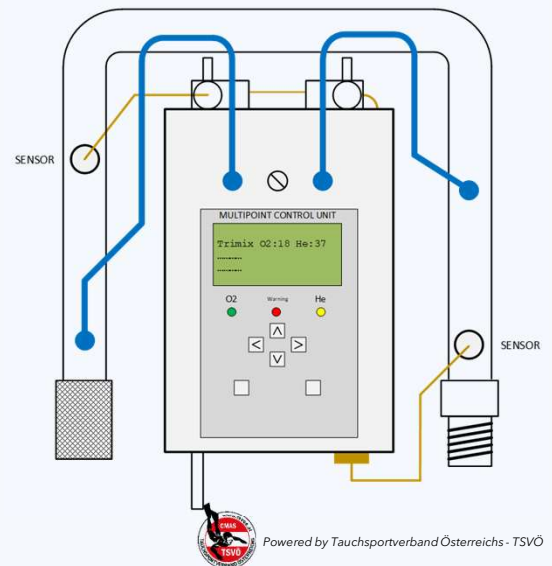
## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Mischverfahren - Konstantbeimischung

#### Konstant-Beimischungsverfahren (Continuous Flow)

#### Ablauf:

1. Mischen von Reingasen und Luft bei Umgebungsdruck
2. Verdichten der fertigen Mischung auf den Zieldruck



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Mittels eines computergesteuerten Injektionssystems und Verwirbelungsspiralen werden bei Umgebungsdruck im richtigen Verhältnis die benötigten Reingase (Sauerstoff und/oder Helium) mit Luft gemischt und direkt analysiert. Die fertige Mischung wird dann auf den Zieldruck verdichtet, noch mal analysiert und über ein Füllpanel abgefüllt.

Die Vorteile dieses Mischverfahrens sind:

- Kein Umgang mit reinem Sauerstoff unter hohem Druck
- Einfach anwendbar
- Sehr genaue Gemische
- Auch große Flaschenmengen sind schnell befüllbar
- Füllen mit sehr niedrigem Vordruck der Reingase möglich.

Damit können Speicherflaschen fast vollständig entleert werden bzw. in Ländern, in denen nur Speicherflaschen mit niedrigem Druck erhältlich sind, können trotzdem alle Gemische hergestellt werden.

Nachteile sind

- die hohen Anschaffungskosten für die Füllanlage und
- die Notwendigkeit eines Nitrox-geeigneten Kompressors, da Gemische mit mehr als 22% O<sub>2</sub>-Anteil komprimiert werden müssen



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Mischverfahren - Konstantbeimischung



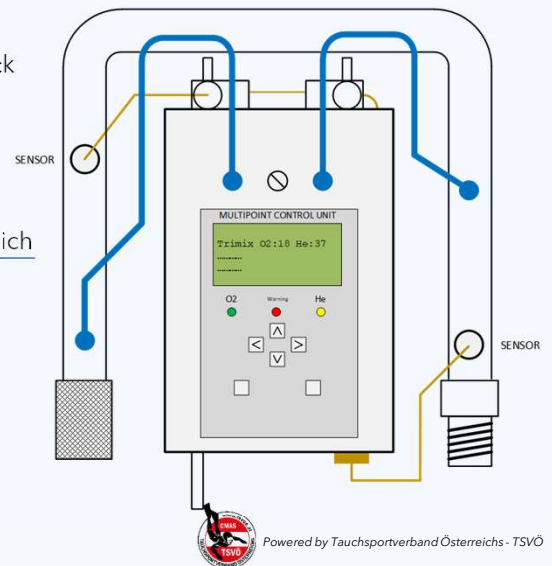
#### VORTEILE

- kein Umgang mit reinem Sauerstoff unter hohem Druck
- einfach anwendbar
- sehr genaue Gemische
- große Flaschenmengen schnell befüll bar
- füllen mit sehr niedrigem Vordruck der Reingase möglich



#### NACHTEILE

- hohe Anschaffungskosten
- Nitrox geeigneter Kompressor notwendig



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Mittels eines computergesteuerten Injektionssystems und Verwirbelungsspiralen werden bei Umgebungsdruck im richtigen Verhältnis die benötigten Reingase (Sauerstoff und/oder Helium) mit Luft gemischt und direkt analysiert. Die fertige Mischung wird dann auf den Zieldruck verdichtet, noch mal analysiert und über ein Füllpanel abgefüllt.

Die Vorteile dieses Mischverfahrens sind:

- Kein Umgang mit reinem Sauerstoff unter hohem Druck
- Einfach anwendbar
- Sehr genaue Gemische
- Auch große Flaschenmengen sind schnell befüll bar
- Füllen mit sehr niedrigem Vordruck der Reingase möglich.

Damit können Speicherflaschen fast vollständig entleert werden bzw. in Ländern, in denen nur Speicherflaschen mit niedrigem Druck erhältlich sind, können trotzdem alle Gemische hergestellt werden.

Nachteile sind

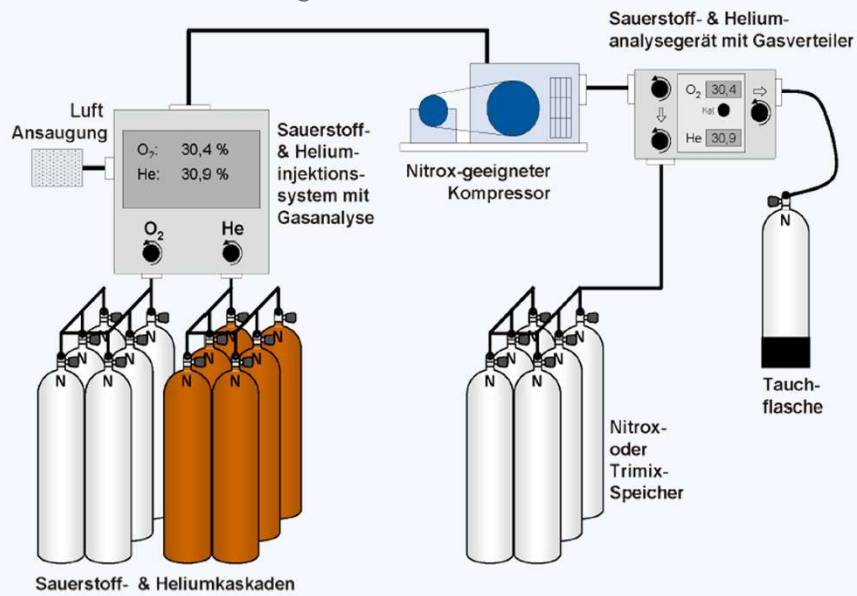
- die hohen Anschaffungskosten für die Füllanlage und
- die Notwendigkeit eines Nitrox-geeigneten Kompressors, da Gemische mit mehr als 22% O<sub>2</sub>-Anteil komprimiert werden müssen



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

Mischverfahren - Konstant Beimischung



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Mischverfahren - Gravimetrische Methode

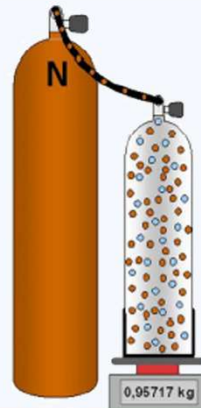
#### 1. Schritt (Nitrox & Trimix):

Überströmen von reinem Sauerstoff



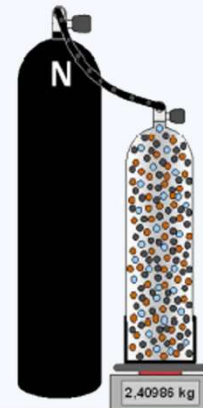
#### 2. Schritt (Trimix):

Überströmen von reinem Helium



#### 3. Schritt (Nitrox & Trimix):

Auffüllen mit Stickstoff



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

### Gravimetrisches Verfahren

Das gravimetrische Verfahren ist dem Partialdruckverfahren nicht unähnlich. Die zu füllende Gasmenge wird aber nicht anhand des Druckes sondern während und nach dem Füllen durch Wägung also anhand des Gasgewichtes bestimmt.

#### Vorteil:

- Mit der richtigen Ausrüstung sind sehr genaue Gemische auch in großen Mengen herstellbar, da bei dieser Methode die Auswirkungen der realen Gase nicht ins Gewicht fallen.

#### Nachteil:

- Sehr genaue (= teure) Wiegeeinrichtung erforderlich
- Nur für industrielle Anwendung sinnvoll



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

Mischverfahren - Gravimetrische Methode



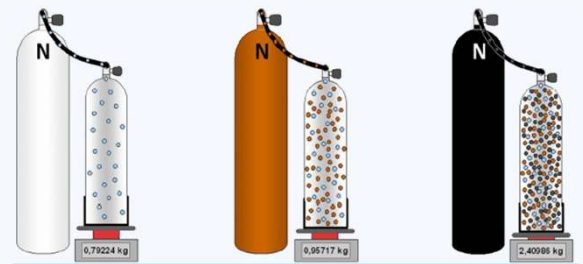
### VORTEILE

- sehr genaue Gemische
- bei industriellen Anwendungen sinnvoll



### NACHTEILE

- sehr aufwendig
- teure Waage notwendig
- fürs Sporttauchen nicht verwendet



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Mischverfahren - Premix Verfahren

#### VORTEILE



- Gase können mit beliebiger Reinheit und Genauigkeit gekauft werden

**Premix-Verfahren**  
 Überströmen aus fertig gemischten  
 Speicherflaschen  
 (z.B. EAN 32, EAN 36, EAN 40 und EAN 60)

#### NACHTEILE



- aufwendig
- teuer



### Premix-Verfahren

Das Premix-Verfahren ist nur bedingt als Methode zum Herstellen von Mischgasen zu betrachten, da es darauf beruht, bereits fertige Gasgemische in Speicherflaschen zu kaufen und in Tauchflaschen überzuströmen.

Erhältlich sind verschiedene Nitrox-Gemische, z. B. EAN 32, EAN 36, EAN 40 und EAN 60. Diese fertigen Nitrox-Gemische können aber natürlich auch mit Luft verdünnt werden, um andere Nitrox-Gemische herzustellen.

Anstelle von reinem Sauerstoff, Helium und Luft können diese Gemische auch zur Herstellung von Trimix-Gemischen genutzt werden. Hierbei gestaltet sich dann aber die Berechnung der Gemische etwas komplizierter als bei den anderen Verfahren.



## **TSVÖ/CMAS Gasblender**

### **Mischverfahren - Zusammenfassung**

**Welche Möglichkeiten der Mischung von Gasen kennst du?**

**Welche Mischungsverfahren werden am häufigsten verwendet?**

**Was sind die Vor- und Nachteile der Partialdruckmethode?**

**Welche Materialien benötigst du für die Partialdruckmethode?**

**Wozu braucht man einen Booster?**

**Was ist ein „Air Cooler“?**

**Welche Gemische können mit der Molekular-/Membranmethode erzeugt werden?**

**Wie funktioniert das „continuous flow“ Mischungsverfahren?**

**Was sind die Vorteile des „continuous flow“ Mischungsverfahrens?**

**Was sind die Vorteile des Premix-Verfahrens?**



# 05 Mischpraxis

*Genaueres methodisches Verhalten  
Vorbereitung der Speicherflaschen  
Definition der Zielgase*



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Mischpraxis

#### Genaueres methodisches Verhalten

- Gasanalyse
- Restdruck
- Fülletikett
- füllen und abhaken
- Analyse
- Beschriftung der Tauchflasche und der Entnahmeflaschen

#### Vorbereitung der Speicherflaschen

#### Definition der Zielgase



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Mischpraxis - Gasdurchfluss

Beim Mischen von Gasen muss der Gasdurchfluss in Bezug auf folgende Punkte berücksichtigt und überwacht werden:

- **Erwärmung der Gase (Brandgefährdung)**
- **Endergebnis der Mischung (Brauchbarkeit des Gases)**
- **allgemeine Sicherheit beim Umgang mit Sauerstoff oder sauerstoffreichen Gemischen**

**Sauerstoffventile immer „langsam“ öffnen**



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Mischpraxis - Beschriftungen

- **jede** Flasche bekommt ein Fülletikett
- jeder abgeschlossene Schritt wird auf dem Fülletikett abgehakt
- **Füllgeschwindigkeit bei Sauerstoff 70 Liter/min** (max. 100)
- Fülletikett nur durch Analyseetikett ersetzen
- vor dem Füllvorgang Speicherflasche kontrollieren
- Restdruck auf Speicherflasche vermerken
- NUR leere Flaschen haben kein Etikett



### Achtung:

Viele **Manometern** sind für den Gebrauch mit Sauerstoff nur bis 200 bar zugelassen, auch wenn der zulässige Arbeitsdruck 300 bar beträgt.

Werden mehrere Speicherflaschen eines Gases für die Füllvorgänge verwendet ("Kaskadieren von Speicherflaschen") ist es hilfreich nach jedem Füllvorgang auf jeder Speicherflasche mittels eines Etiketts den aktuellen Restdruck zu vermerken. Dies erleichtert beim nächsten Füllvorgang die Auswahl der geeigneten Speicherflasche.

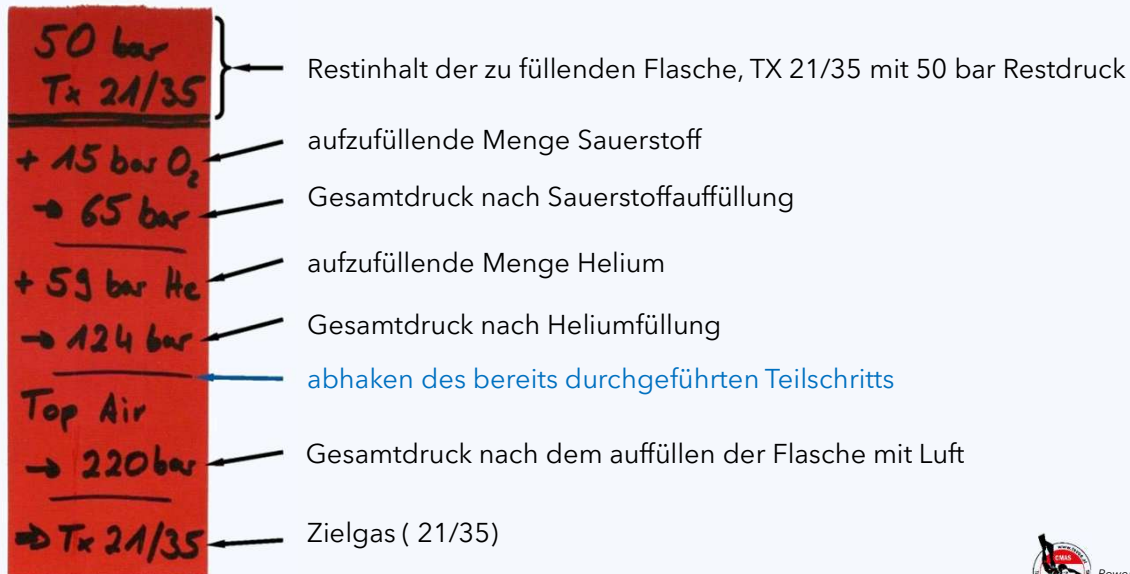
Es wird immer wieder über eine Art Schichtung der Gase in der Flasche berichtet, die direkt nach dem Füllen zu unsinnigen Analyseergebnissen führt. Daher empfiehlt es sich, bei allen Füllvorgängen die Flasche liegend zu lagern, da dies zu einer schnelleren, besseren Durchmischung der Gase beiträgt, und sie nach dem letzten Füllvorgang zu bewegen.

**Füllgeschwindigkeit** bei Sauerstoff empfohlen werden 70 Liter/min als Gasdurchflussmenge. Laut EN ISO 13293:2013 sollte die max. Gasdurchflussmenge von 100 Liter/min nicht überschritten werden.



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Mischpraxis - Fülletikett



**Das Fülletikett** dient dem Gasmischer dazu, seinen Füllplan schriftlich festzuhalten, und stellt so während des gesamten Füllvorgangs eine klare, eindeutige Referenz dar. Durch das Abhaken der erfolgten Schritte ermöglicht es auch nach einer eventuellen Ablenkung oder Pause, das sichere und richtige Weiterführen des Füllvorganges. Wenn das Mischen und das Auftoppen mit Luft nicht am selben Ort und am selben Tag durchgeführt werden oder mehrere Flaschen parallel gefüllt werden, ist der Status der Flasche jederzeit auf jedem Fülletikett ablesbar. Daher sollte vor jedem Füllvorgang jede Flasche als erstes mit einem entsprechenden Fülletikett versehen werden, auch wenn in mehrere Flaschen das gleiche Gemisch gefüllt werden soll.

Das Fülletikett wird erst entfernt, wenn es durch ein Analyse-Etikett ersetzt wird. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass immer der aktuelle Status der Flasche schriftlich auf dieser fixiert ist und keine undefinierten Gemische/Gemisch Reste herumstehen. Um Verwechslungen zu vermeiden ist es hilfreich, Fülletiketten und Analyseetiketten aus unterschiedlich farbigem Klebeband zu nutzen,

Bevor Gas von einer Speicherflasche in eine Tauchflasche übergeströmt wird, muss sichergestellt sein, dass die Speicherflasche einen höheren Startdruck aufweist als die Tauchflasche. Hiermit wird vermieden, dass ein Gasgemisch aus der Tauchflasche in die Speicherflasche zurückströmt und diese damit verunreinigt. Prinzipiell soll dieses durch ein Rückschlagventil am Füllschlauch vermieden werden, das beschriebene Vorgehen dient aber der zusätzlichen Sicherheit.

Bei der Verwendung von 300 bar Speicherflaschen müssen unbedingt die maximal zulässigen Arbeitsdrücke aller zum Füllen verwendeten Komponenten (Überströmschlauch, Nadelventil, etc.) überprüft werden.



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Mischpraxis - Herstellung von Nitrox

1. Startdruck und -gemisch (analysieren) der zu füllenden Tauchflasche ermitteln
2. Füll-plan festlegen (Berechnen oder mittels Top Up Tabelle ermitteln)
3. Flasche mit Fülletikett versehen
4. Sauerstoff-Speicherflaschendruck ermitteln
5. Tauchflasche mit der Sauerstoff-Speicherflasche, die den geringsten nutzbaren Druck hat, verbinden und Tauchflaschenventil ganz öffnen.
6. Sauerstoff langsam bis zum Zieldruck gemäß Fülletikett überströmen. Das Speicherflaschenventil dabei sehr langsam und vorsichtig öffnen, um Druckstöße im System zu vermeiden.
7. Ggf. Speicherflasche wechseln, falls der Druck der ersten Speicherflasche nicht ausreicht
8. Füllschritt auf dem Fülletikett abhaken
9. Beschriften der Sauerstoff-Speicherflasche(n) mit dem neuen Restdruck
10. Auffüllen der Tauchflasche mit Luft auf berechneten Enddruck



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

### Mischen von Nitrox

Hier wird der Ablauf und das methodische Vorgehen beim Mischen von Nitrox bzw. im darauf folgenden Abschnitt auch von Trimix vorgestellt. Exemplarisch wird jeweils das Mischen mittels Überströmschlauch erläutert, da dies die einfachste Installation darstellt und von vielen Tauchern privat so genutzt wird.

Kommt eine Mischkonsole oder ein mobiler Mischkoffer zum Einsatz, ist das prinzipielle Vorgehen identisch, allerdings werden die Speicherflaschen fest mit der Mischkonsole verbunden, die benötigten Manometer und häufig auch ein Analysegerät sind in die Konsole integriert. Da jeder Hersteller seine Mischkonsole etwas anders aufbaut, muss die Bedienungsanleitung sorgfältig gelesen und befolgt werden.

Nitrox-Gemische lassen sich relativ exakt auftoppen, d. h. befindet sich ein Rest einer Nitrox-Mischung in der Flasche, muss diese nicht zwangsläufig abgelassen werden, bevor die Flasche erneut gefüllt wird. Dies gilt auch, wenn ein von der vorigen Mischung abweichendes Nitrox-Gemisch hergestellt werden soll. Sicherer ist es aber generell beim Mischen von Gasen mit einer leeren Flasche zu beginnen.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Mischpraxis - Herstellung von Nitrox

1. Startdruck und -gemisch (analysieren) der zu füllenden Tauchflasche ermitteln
2. Füll-plan festlegen (Berechnen oder mittels Top Up Tabelle ermitteln)
3. Flasche mit Fülletikett versehen
4. Sauerstoff-Speicherflaschendruck ermitteln
5. Tauchflasche mit der Sauerstoff-Speicherflasche, die den geringsten nutzbaren Druck hat, verbinden und Tauchflaschenventil ganz öffnen.
6. Sauerstoff langsam bis zum Zieldruck gemäß Fülletikett überströmen. Das Speicherflaschenventil dabei sehr langsam und vorsichtig öffnen, um Druckstöße im System zu vermeiden.
7. Ggf. Speicherflasche wechseln, falls der Druck der ersten Speicherflasche nicht ausreicht
8. Füllschritt auf dem Fülletikett abhaken
9. Beschriften der Sauerstoff-Speicherflasche(n) mit dem neuen Restdruck
10. Auffüllen der Tauchflasche mit Luft auf berechneten Enddruck



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

### Mischen von Nitrox

Hier wird der Ablauf und das methodische Vorgehen beim Mischen von Nitrox bzw. im darauf folgenden Abschnitt auch von Trimix vorgestellt. Exemplarisch wird jeweils das Mischen mittels Überströmschlauch erläutert, da dies die einfachste Installation darstellt und von vielen Tauchern privat so genutzt wird.

Kommt eine Mischkonsole oder ein mobiler Mischkoffer zum Einsatz, ist das prinzipielle Vorgehen identisch, allerdings werden die Speicherflaschen fest mit der Mischkonsole verbunden, die benötigten Manometer und häufig auch ein Analysegerät sind in die Konsole integriert. Da jeder Hersteller seine Mischkonsole etwas anders aufbaut, muss die Bedienungsanleitung sorgfältig gelesen und befolgt werden.

Nitrox-Gemische lassen sich relativ exakt auftoppen, d. h. befindet sich ein Rest einer Nitrox-Mischung in der Flasche, muss diese nicht zwangsläufig abgelassen werden, bevor die Flasche erneut gefüllt wird. Dies gilt auch, wenn ein von der vorigen Mischung abweichendes Nitrox-Gemisch hergestellt werden soll. Sicherer ist es aber generell beim Mischen von Gasen mit einer leeren Flasche zu beginnen.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Mischpraxis - Herstellung von Trimix

1. Startdruck und -gemisch (analysieren) der zu füllenden Tauchflasche ermitteln
2. Füllplan festlegen (Berechnen oder mittels Top Up Tabelle ermitteln)
3. Flasche mit Fülletikett versehen
4. Sauerstoff-Speicherflaschendruck ermitteln
5. Tauchflasche mit der Sauerstoff-Speicherflasche, die den geringsten nutzbaren Druck hat, verbinden und Tauchflaschenventil ganz öffnen.
6. Sauerstoff langsam bis zum Zieldruck gemäß Fülletikett überströmen. Das Speicherflaschenventil dabei sehr langsam und vorsichtig öffnen, um Druckstöße im System zu vermeiden.
7. Ggf. Speicherflasche wechseln, falls der Druck der ersten Speicherflasche nicht ausreicht
8. Füllschritt auf dem Fülletikett abhaken
9. Beschriften der Sauerstoff-Speicherflasche(n) mit dem neuen Restdruck
10. Druck der Helium-Speicherflasche bestimmen
11. Tauchflasche mit der Helium-Speicherflasche, die den geringsten nutzbaren Fülldruck hat, verbinden
12. Helium bis zum Zieldruck gemäß Fülletikett überströmen
13. Ggf. Speicherflasche wechseln, falls der Druck der ersten Speicherflasche nicht ausreicht
14. Füllschritt auf dem Fülletikett abhaken
15. Beschriften der Helium-Speicherflasche(n) mit dem neuen Restdruck
16. Auffüllen der Flasche mit Luft auf berechneten Enddruck



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

### Mischen von Trimix

Hier wird der Ablauf und das methodische Vorgehen beim Mischen von Trimix vorgestellt. Exemplarisch wird jeweils das Mischen mittels Überströmschlauch erläutert, da dies die einfachste Installation darstellt und von vielen Tauchern privat so genutzt wird.

Die ersten Schritte (1.-9.) zum Mischen von Trimix sind analog zur Herstellung von Nitrox, danach kommt dann zusätzlich zum Sauerstoff noch das zweite Reingas Helium mit ins Spiel.

Es sollte immer in der Reihenfolge: zuerst Sauerstoff dann Helium gefüllt werden. Auf diese Weise wird generell nur mit relativ niedrigen Sauerstoffdrücken gearbeitet. Dies bedeutet einen deutlichen Sicherheitsgewinn beim Füllen, da ja die Brennbarkeit von Materialien unter Sauerstoffeinfluss mit dem Druck (und der Temperatur) deutlich ansteigt.

Wird allerdings mit Hilfe eines manuellen Manometers gemischt und soll zudem ein Gasgemisch hergestellt werden, das nur einen geringen Anteil an reinem Sauerstoff erfordert, sollte die Reihenfolge getauscht werden: Da die Ablesegenauigkeit gerade im unteren Bereich einer 300 bar Skala relativ schlecht ist, würde ansonsten die gefüllte Sauerstoffmenge eher der Schätzung als einer exakten Messung unterliegen.



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Mischpraxis - Herstellung von Trimix

#### Trimix mischen ist komplexer als Nitrox mischen

O<sub>2</sub> und He haben starke Differenzen in der Realgasabweichung

einfacher sind leere Flaschen zu befüllen

langsam befüllen, Flaschen ev. abkühlen lassen

Temperaturen beachten

Gasreihenfolge beachten, wegen Realgasabweichung

- 5% O<sub>2</sub> und + 10% He zur Idealgasberechnung

**exakte Werte sind nur durch viel Praxis möglich**



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

#### Mischen von Trimix

Trimix-Gemische auf zu toppen gestaltet sich um einiges schwieriger, als dies bei Nitrox-Gemischen der Fall ist. Dies hängt mit der doch recht großen Abweichung vom idealen Gasverhalten der Trimix-Gemische zusammen und erfordert daher sehr viel Erfahrung und das Analysieren von Helium- und Sauerstoffanteil, sowohl im Start- als auch im fertigen Zielgemisch. Zudem wird jede Abweichung bei Gasen, die für tiefe Tauchgänge eingesetzt werden sollen, um einiges kritischer als bei Gasen, die im Bereich bis 40 m zum Einsatz kommen. Es wird daher dringend dazu geraten, vor dem Mischen von Trimix, die zu füllende Flasche vollständig zu leeren!

Alle im Kapitel "Mischungsberechnung" vorgestellten Verfahren zur Berechnung eines Gasgemisches beruhen auf dem Gesetz der idealen Gase, da so eine einfachere Berechnung möglich ist und diese Berechnungen im Allgemeinen hinreichend genau sind. Beim Mischen von Trimix merkt man aber schnell, dass je nach Füllgeschwindigkeit und damit einhergehender Erwärmung des Gases, das erzeugte Gasgemisch nur bedingt mit der Berechnung übereinstimmt. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, gibt es zwei Möglichkeiten:

Es wird sehr langsam gefüllt und dem Gas zwischen den einzelnen Füllschritten Zeit zum Abkühlen gegeben. Der Druck wird jeweils nach dem Abkühlen nochmals kontrolliert und bei Bedarf Gas nachgefüllt.

Es wird etwas schneller gefüllt (unter Beachtung der Sicherheitsaspekte im Umgang mit Sauerstoff) und dem Gas keine Zeit zum Abkühlen gelassen. Zum Ausgleich wird mit so genannten Korrekturfaktoren gearbeitet. D. h. es wird nicht exakt die berechnete Gasmenge gefüllt sondern bis zu einem um einen gewissen Faktor höheren Druck. Diese Korrekturfaktoren sind aber abhängig von:

- der jeweiligen Füllgeschwindigkeit und der daraus resultierenden Temperaturänderung des Gases
- der Umgebungstemperatur
- der Reihenfolge in der die Gase Sauerstoff und Helium gefüllt werden.

Mit anderen Worten, jeder muss seine persönlich funktionierenden Korrekturfaktoren selber herausfinden. Als Startwerte, wenn Sauerstoff zuerst gefüllt wird, kann mit folgenden Werten experimentiert werden:

Für Sauerstoff 5 % mehr als der nach idealer Gasgleichung berechnete Wert vorgibt und für Helium 10 % mehr als der nach idealer Gasgleichung berechnete Wert vorgibt.

Im Grundsatz gilt für das Mischen von Trimix, dass der durch die Tauchgangsplanung festgelegte Sauerstoff- und Heliumanteil so genau wie möglich stimmen sollte.

Ein abweichender Sauerstoffanteil (> 1 %-Punkt) im Gas hat bei tiefen Tauchgängen eine erhebliche Auswirkung auf den geplanten Tauchgangsverlauf, was maximale Tauchtiefe und Dekoplanung angeht. In der Tauchpraxis kann dagegen ein geringfügig nach oben abweichender Heliumanteil (5 %-Punkte) toleriert werden, da die Verschiebung der Dekompression nicht signifikant ist.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Mischpraxis - Umgang mit dem Personal Filter

- Gebrauchsanweisung beachten
- Rückschlagventil verwenden
- Maximal zulässige Durchflussmenge nicht überschreiten
- Vom Filter benötigten Mindestdruck einhalten

### Filter

- Filternutzung protokollieren (Etikett auf Filter)
- Filterstandzeit immer einhalten!
- Bei feuchter oder warmer Luft: Filter früher wechseln



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Wenn nicht sichergestellt werden kann, dass ein Kompressor saubere Luft liefert, muss mit einem Zusatzfilter, dem so genannten Personal Filter, gefüllt werden. Dies gilt natürlich nicht nur dann, wenn ein hoch sauerstoffhaltiges Gemisch mit Luft aufgefüllt werden soll, sondern generell, da die Tauchflasche ja prinzipiell sauerstoffrein gehalten werden soll. Aber auch im Umgang mit einem Zusatzfilter müssen gewisse Maßnahmen getroffen werden, um ein einwandfreies Funktionieren des Filters zu gewährleisten.

Die handelsüblichen Filter werden direkt in das Ventil der Tauchflasche geschraubt und auf der anderen Seite mit dem Füllschlauch des Kompressors verbunden. Da hier ebenfalls die Gefahr des Rückströmens von hoch sauerstoffhaltigen Gasen aus der Tauchflasche in den u. a. mit Aktivkohle gefüllten Filter (Explosionsgefahr) besteht, sollte ein Rückschlagventil zwischen Filter und Tauchflasche zum Einsatz kommen.

Zudem muss wieder darauf geachtet werden, dass der von der Kompressor Seite anliegende Druck immer höher ist als der aktuelle Flaschendruck.

Ein Zusatzfilter kann nur dann einwandfrei funktionieren, also Feuchtigkeit etc. aus der Pressluft herausfiltern, wenn die vom Hersteller angegebene maximale Durchflussmenge nicht überschritten wird. Es muss also überprüft werden, ob der verwendete Kompressor eine unter der Durchflussmenge des Filters liegende Luftlieferleistung aufweist. Ist dies nicht der Fall muss mit einer geeigneten Drossel sichergestellt werden, dass die maximal zulässige Durchflussmenge nicht überschritten wird.

**Achtung:** Wenn die maximal zulässige Durchflussmenge überschritten wird, kann es passieren, dass Aktivkohlestaub aus dem Filter in die Tauchflasche gelangt. In Kombination mit Sauerstoff ergibt das ein hochentzündliches Gemisch.

Jeder Filter braucht einen gewissen Mindestdruck, um ordnungsgemäß zu arbeiten. Soll also eine leere oder fast leere Flasche mit Hilfe eines Filters mit Luft gefüllt werden, muss sichergestellt sein, dass der Filter immer unter einem Mindestdruck von ca. 70-80 bar steht. Dieser Mindestdruck kann (durch Ablesen des Druckes am Manometer des Füllschlauches) über das Tauchflaschenventil oder aber über ein geeignetes Nadelventil geregelt werden, das zwischen Filter und Flasche installiert ist.

Um auch beim Zusatzfilter die Standzeit der Filterpatrone nicht zu überschreiten, muss die Filternutzung gewissenhaft protokolliert werden. Dies geschieht am besten nach jedem Füllvorgang mittels eines Etiketts auf dem Filter selber, da so alle relevanten Informationen fest mit dem Filter verbunden sind.

Auch bei einem Zusatzfilter gilt: Bei feuchter und/oder warmer Luft verringert sich die Standzeit des Filters massiv. Daher immer die Herstellerangaben zum Thema lesen und einhalten.

Da ein Personal Filter u. a. mit so genanntem Molekularsieb zur Bindung der Feuchtigkeit der Pressluft gefüllt ist; muss der Filter immer mit gut dichtenden Endkappen/-stopfen gelagert werden, um ein Auf-sättigen des Molekularsiebs mit der Feuchtigkeit der Umgebungsluft während der Lagerung zu vermeiden. Nur so kann eine korrekte Funktion auch nach längerer Lagerzeit gewährleistet werden. Im Zweifelsfall sollte die Filterpatrone gewechselt werden, wenn der Filter lange nicht genutzt wurde.



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Mischpraxis - Flaschenbeschriftung

- Analyseergebnisse müssen gut sichtbar auf der Flasche angebracht werden!
- gute Position für Einzel-u. Doppelflaschen: „hinten links“ auf Flaschenschulter.
- MOD für Tauchpartner gut sichtbar = überprüfbar!

**MOD** (Maximale Tauchtiefe)

---

**Art des Gasgemisches (Nennwert zB.NX32)**

**gemessener O<sub>2</sub>-Anteil in Prozent**

**(immer mit Kommastelle)**

---

**Datum**

**Name / Unterschrift des Prüfers**

**ev. Flaschendruck**



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



**Atemgase müssen vor dem Tauchgang IMMER analysiert und etikettiert werden !**

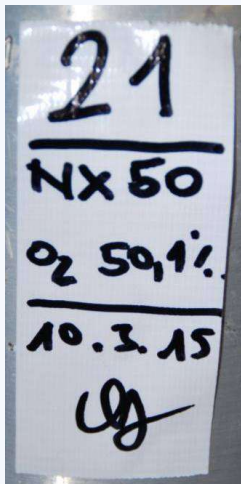
CMAS Gasblender | 97



## TSVÖ/CMAS Gasblender

Mischpraxis - Flaschenbeschriftung

NITROX Etikett



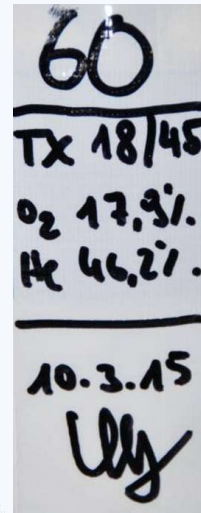
**MOD** (Maximale Tauchtiefe)

**Art des Gasgemisches (Nennwert zB.NX32)**  
gemessener O<sub>2</sub>-Anteil in Prozent  
(immer mit Kommastelle)

**Datum**

**Name / Unterschrift des Prüfers**  
**ev. Flaschendruck**

TRIMIX Etikett



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

MOD in großen Ziffern.

Das Analyseergebnis wird immer mit Kommastelle geschrieben!

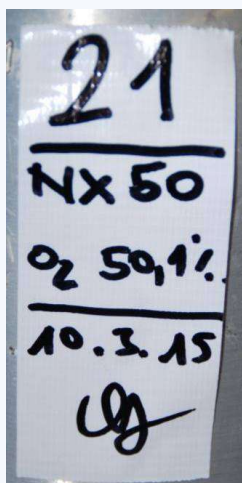


powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Mischpraxis - Flaschenbeschriftung

#### NITROX Etikett



MOD (Maximale Tauchtiefe)

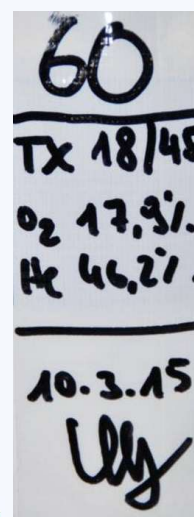
Art des Gasgemisches (z.B. Nitrox 32)  
gemessen (O<sub>2</sub> Prozent  
(Komma-Stelle))

**Atemgase müssen vor dem  
Tauchgang IMMER analysiert und  
etikettiert werden!**

Datum

Name / Unterschrift des Prüfers  
ev. Flaschendruck

#### TRIMIX Etikett



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

MOD in großen Ziffern.

Das Analyseergebnis wird immer mit Kommastelle geschrieben!

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### *Mischpraxis - Füllprotokoll*

Führen eines Füllprotokolls (Logbuch), folgende Punkte sollten protokolliert werden:

- Gasbesteller (Brevetierung prüfen), Unterschrift
- Gasblender
- gewünschtes Gas und Einsatzzweck
- Füllvorgang (Fülletikett) oder Verbrauchsmengen
- Analysetikett



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Der Verwender (Besteller) des Tauchgases muss unterschreiben, dass er die Zusammensetzung des Mischgases eigenhändig analysiert hat und die MOD der Gasmischung kennt.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## **TSVÖ/CMAS Gasblender**

### *Mischpraxis - Zusammenfassung*

**Wie ist beim Herstellen einer Gasmischung methodisch genau vorzugehen?**

**Warum ist die Gasdurchfluss-geschwindigkeit zu kontrollieren?**

**Wie müssen Sauerstoffventile immer geöffnet werden?**

**Was ist auf dem Fülletikett zu vermerken?**

**Worauf ist bei der Herstellung von Nitrox-Gemischen zu achten?**

**Worauf ist bei der Herstellung von Trimix-Gemischen zu achten?**

**Worauf ist bei der Verwendung von „Personal Filtern“ zu achten?**

**Wo ist das Analyseetikett anzubringen?**

**Wie ist das Analyseetikett zu schreiben?**

**Wer muss das Füllprotokoll unterschreiben?**



# 06 Gasanalyse

*Sinn und Zweck, Kalibrierung, Vorgangsweise  
Geräte*



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Gasanalyse - Sinn und Zweck

**Analysegerät muss auf Funktionsfähigkeit kontrolliert werden (Toleranz  $\pm 1\%$ )**

**jedes Atemgas-Gemisch muss selbst vor dem Gebrauch analysiert werden.**

**Kennzeichnung O<sub>2</sub> und He Gehalt auf der Tauchflasche.**

**Berechnung der MOD**

**O<sub>2</sub> und He Prozentanteil bei Übernahme bestätigen**



### Lebenswichtige Partialdrücke:

Sauerstoff ist bereits bei einem Partialdruck von unter 0,2 bar schädlich, der menschliche Körper fängt die zellschädigenden Sauerstoffmoleküle jedoch mit Hilfe von Vitaminen und Enzymen ab.

Ist der Sauerstoffpartialdruck zu hoch kann es zu ZNS -Beeinträchtigungen (Paul Bert Effekt) und bei längerer Einwirkung zu pulmonalen Schädigungen kommen (Lorraine Smith Effekt).

Der Sauerstoffpartialdruck darf folgende Grenzen nicht überschreiten:

- im Wasser 1,6 bar
- an der Oberfläche 2,2 bar
- in der Druckkammer: 2,8 bar

Zu geringer Sauerstoffpartialdruck führt andererseits zu Problemen beziehungsweise zum Tod.

- ab 0,2 bar: Atemprobleme bei längerer Einwirkung
- 0,16 - 0,2 bar: lebenserhaltend
- Tod: < 0,16 bar



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Gasanalyse - Kalibrierung

Notwendig da:

- beschränkte Lebensdauer des Sensors
- Messergebnis abhängig vom Luftdruck
- Messergebnis abhängig von Luftfeuchtigkeit
- Messergebnis abhängig von Temperatur

Einstellen auf:

- 20,9 % O<sub>2</sub> bei Luft
- 100 % O<sub>2</sub> bei reinem Sauerstoff



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Kalibrierung: notwendig, da

die Bleianode im Sensor verbraucht wird. Je höher die Sauerstoffkonzentration der gemessenen Gasgemische ist, desto kürzer ist die Lebensdauer. Diese wird von Hitze und Trockenheit weiter reduziert. Maximal ein bis zwei Jahre.

der Luftdruck den Messwert beeinflusst. Erfolgt die Kalibrierung auf Meereshöhe auf 20,9 % und wird anschließend die Höhe geändert, so wird je höher man geht, desto weniger angezeigt, obwohl sich der prozentuelle Sauerstoffanteil nicht ändert. Die Anzahl der Sauerstoffmoleküle zur Gesamtmenge der Gasmoleküle ändert sich nicht, aber die Distanz zwischen den Molekülen wird größer. Der gemessene Strom ist abhängig von der Anzahl der Sauerstoff-Moleküle pro Volumen und somit vom Partialdruck. Der Sauerstoffprozentsatz bleibt zwar gleich, aber das Analysegerät zeigt einen niedrigeren Wert an. Es wird nur der Partialdruck und nicht der Sauerstoffprozentsatz gemessen.

auf Meeresebene 1 bar -->  $1 * 0,21$  bar Partialdruck, 21 % = 21 % Sauerstoff

auf 1000 m 0,9 bar -->  $0,9 * 0,21 = 0,189$  bar Partialdruck = 18,9 % Sauerstoff

Das Gerät zeigt den Sauerstoffprozentsatz an. D.h. bei Kalibrierung auf Meeresebene wird bei einem Partialdruck von 0,21 bar 21 % Sauerstoff angezeigt. Geht man dann auf 1000 m, so wird beim gleichen Gasgemisch nur 18,9 % Sauerstoff angezeigt, obwohl der Partialdruck eigentlich genau die 21 % wären.

die Luftfeuchtigkeit den Messwert beeinflusst: höhere Luftfeuchtigkeit senkt die Sauerstoffkonzentration.

der Temperatur den Messwert beeinflusst: trotz des eingebauten Thermoelementes kann es zu Messschwankungen kommen.

Einstellen des Analysegerätes: 21% bei Luft, 100 % bei reinem Sauerstoff.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Gasanalyse - Vorgehensweise

- einschalten und Sauerstoffsensor mindestens eine Minute in die Luft halten
- kalibrieren des Analysegerätes
- Anschluss des Analysegerätes an die Flasche
- Flaschenventil langsam öffnen und leichten Durchfluss über den Sensor einstellen (zirka 2 l / min)



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Gasanalyse - Vorgehensweise

- warten bis sich die Anzeige stabilisiert hat (~ 1 min)
- Wert ablesen
- festhalten des O<sub>2</sub> und He Anteils auf der Flasche
- Messergebnis schriftlich dokumentieren
- Flaschenventil abkleben
- Analysegeräte reinigen und versorgen
- Tauchcomputer für O<sub>2</sub> und He Anteil konfigurieren



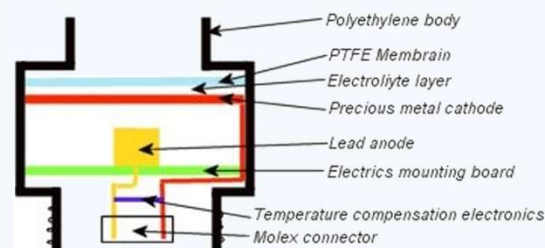
Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Es gibt Gasanalysegeräte von unterschiedlichen Herstellern. Die Bauformen unterscheiden sich zwar etwas, aber die generelle Funktionsweise ist bei allen für den Tauchsport angebotenen Geräten gleich.

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Gasanalyse - Sauerstoffanalysegeräte

- Galvanische Zelle / elektrochemisches Element
- Prüfröhrchen - ungeeignet, da zu ungenau
- andere im Tauchsport unübliche Techniken:
  - Massenspektroskopie
  - Gaschromatografie
  - Wärmeleitverhalten der Gase
  - Sauerstoff - Paramagnetismus



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Aufbau und Funktionsweise von galvanischen Sensoren

<http://www.sauerstoffsensoren.de/>

Die im Tauchsport eingesetzten Sensoren sind galvanische Sensoren. Diese funktionieren ähnlich einer Batterie. Über eine Membran kann das Elektrolyt mit dem Sauerstoff aus der Umgebung reagieren und es entsteht ein Spannungsabfall zwischen der Anode (Blei) und der Kathode. Dieser Spannungsabfall wird dann über den Anschluss (in diesem Fall ein Molex) gemessen. Dieser Spannungsabfall verläuft linear zum Sauerstoffgehalt und Druck der Umgebungsluft.

Die Funktionsweise des O<sub>2</sub>-Sensors beruht auf einem elektro-chemischen Verfahren. Er stellt eine vom Sauerstoff-Partialdruck abhängige Stromquelle dar, benötigt also keine eigene Stromversorgung. Der Strom wird erzeugt durch Oxidations- und Reduktionsvorgänge innerhalb des Sensors. Je höher der Sauerstoffanteil des gemessenen Gases, desto höher ist der erzeugte Strom. Dieser wird über einen Widerstand in eine Spannung umgewandelt, von einer Elektronik gemessen und in einen Sauerstoffprozentsatz umgerechnet und angezeigt.

Ein Nachteil dieses Sensorprinzips ist die Abhängigkeit der Messung von Temperatur und Staudruck vor dem Sensor (max. Durchflussgeschwindigkeit beachten). In den meisten Analysegeräten ist zwar eine Temperaturkompensation eingebaut, diese funktioniert aber nur dann, wenn die Temperaturkompensation (realisiert mit Widerständen) und das zu messende Gas die gleiche Temperatur haben. Ist die Temperaturkompensation im Inneren des Sensors untergebracht, stellt dies kein Problem dar, ist sie aber in einem vom Gasstrom getrennten Gehäuse muss das Analysegerät auf die gleiche Temperatur wie das Gas gebracht werden, z. B. durch Lagerung des Gerätes am gleichen Ort wie die Tauchflaschen. Aber Achtung im Winter: viele O<sub>2</sub>-Analysegeräte funktionieren nicht unterhalb einer Temperatur von ca. 4°C.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Gasanalyse - Sauerstoffanalysegeräte

- ausreichende Messwert-Auflösung (mind. Eine Nachkommastelle)
- einfache Bedienbarkeit
- einfache Kalibrierbarkeit
- Temperaturkompensation



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Beim Kauf eines Sauerstoff-Analysegerätes ist auf folgende Punkte zu achten, es sollte:

- über eine ausreichende Messwertauflösung von mindestens einer Nachkommastelle verfügen
- einfach bedienbar und
- einfach kalibrierbar sein und
- über eine Temperaturkompensation (möglichst in Sensornähe) verfügen.

Da ein Sauerstoff-Sensor eine begrenzte Lebensdauer hat (er verbraucht sich ähnlich wie eine Batterie), muss vor jedem Analysevorgang ein Funktionstest in Form einer Kalibrierung mit einem Gas bekannter Zusammensetzung durchgeführt werden. Üblicherweise wird hierfür Umgebungsluft verwendet, zum Teil aber auch reiner Sauerstoff. Das Ende der Sensor-Lebensdauer kündigt sich meist dadurch an, dass es länger als gewöhnlich dauert, bis sich das Analysegerät auf den Endwert einpendelt bzw. der automatische Kalibriervorgang länger als normal dauert.

Die Lebensdauer beträgt üblicherweise 1-2 Jahre (siehe jeweilige Herstellerangabe). Feuchtigkeit wirkt sich Lebensdauer verkürzend auf den Sensor aus. Er sollte daher immer trocken gelagert werden.



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Gasanalyse - Helium- und Sauerstoffanalysegerät

- gleichzeitige Analyse von Sauerstoff- und Heliumgehalt
- ausreichende Messwertauflösung von mindestens einer Nachkommasteile
- einfache Bedienbarkeit
- einfache Kalibrierbarkeit
- Temperaturkompensation



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Helium-Analysegeräte werden entweder als separates Gerät oder als kombiniertes Helium- und Sauerstoff-Analysegerät angeboten. Letzteres bietet den Vorteil, dass jede Flasche nur einmal angeschlossen werden muss, um beide Gase zu analysieren, und die Messwerte auf einen Blick zur Verfügung stehen, Kombigeräte sind zudem kaum teurer als ein reines Helium-Analysegerät.

Helium-Sensoren basieren auf einem anderen Prinzip als die oben beschriebenen Sauerstoffsensoren. Der Heliumsensors liefert ein Signal, das proportional zu der Wärmeleitfähigkeit des Gasmisches ist. Dieses Signal wird von einem Mikroprozessor mit gespeicherten Daten verglichen und umgerechnet in einen Heliumprozentsatz. Da sich ein Heliumsensors nicht verbraucht, wie ein Sauerstoffsensors, hat er eine sehr hohe Lebensdauer.

Für die Eigenschaften, die ein Heliumanalysegerät erfüllen sollte, gilt aber das gleiche wie für ein Sauerstoff-Analysegerät:

- ausreichende Messwertauflösung von mindestens einer Nachkommasteile
- einfache Bedienbarkeit
- einfache Kalibrierbarkeit
- Temperaturkompensation



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## **TSVÖ/CMAS Gasblender**

### ***Gasanalyse - Zusammenfassung***

***Warum müssen Mischgase immer analysiert werden?***

***Wer muss das Mischgas analysieren?***

***Wann muss das Mischgas analysiert werden?***

***Welche Größen muss ich kennen, um die MOD zu errechnen?***

***Wie funktioniert ein Sauerstoffsensor?***

***Worauf ist bei der Gasanalyse zu achten?***



# 07 Kompressoren

*Aufbau, Funktion, Wartung*



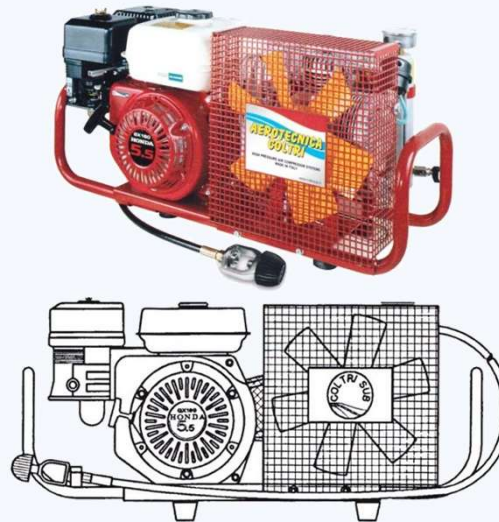
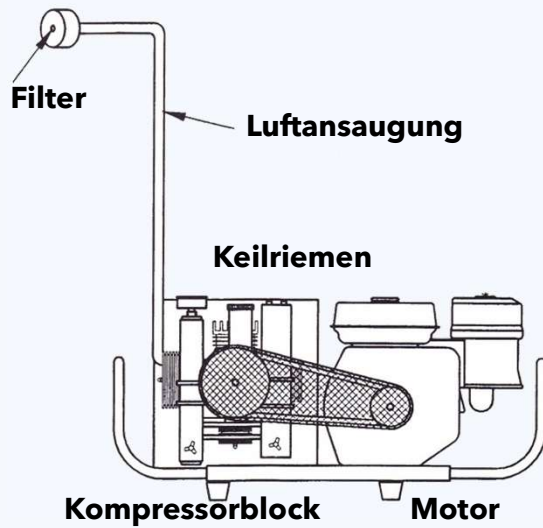
Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

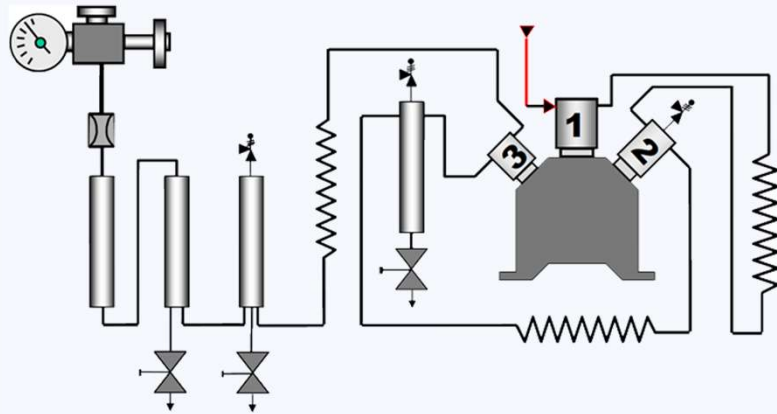
### Kompressor - Aufbau



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Kompressor - Aufbau

1. Stufe verdichtet auf ca. 5 bar
2. Stufe verdichtet auf ca. 45 bar
3. Stufe verdichtet auf max. 330 bar



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Das angesaugte Gas wird in mehreren Schritten verdichtet und gekühlt und auf den Enddruck gebracht. Das dabei anfallende Kondensat muss regelmäßig (alle 10 - 15 Minuten) entleert werden. Zum Schluss ist noch ein Filter mit Aktivkohle und Trocknungsgranulat eingebaut.



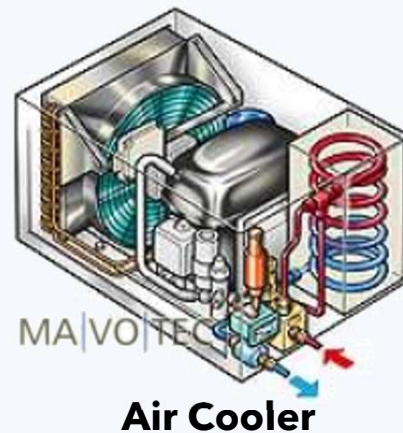
powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Kompressor - AIR COOLER

#### „Air Cooler“ bei großen Anlagen

- bessere Kondensation (Öl- und Wasserabscheidung)
- erhöht die Lebenszeit der Filterpatrone



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

Bei großen Anlagen kann noch ein „Air Cooler“ zwischengeschaltet werden. Dies führt zu einer besseren Kondensation (Öl- und Wasserabscheidung) und erhöht die Lebenszeit der Filterpatrone.

z.B. Bauer AIR-COOL, 365bar, das Hochdruck - Kühlsystem

Das BAUER Hochdruck-Kühlsystem AIR - KOOL bewirkt eine erhebliche Verlängerung der Filterpatronen-Standzeit und erlaubt somit einen wirtschaftlicheren Betrieb des Filtersystems. AIR - KOOL ist eine Kühleinheit, die aus einem Kälteaggregat und einem Wärmetauscher besteht. Die komprimierte Luft durchströmt den Wärmetauscher und wird bis nahe zum Nullpunkt abgekühlt, so dass ein Großteil der Feuchtigkeit schon im Abscheider ausfällt. Das Filtersystem wird dadurch merklich entlastet wird. So verlängert sich die Standzeit der Filterpatrone beispielsweise bei +35° C Umgebungstemperatur um das bis 6-fache. Das Kältemittel ist selbstverständlich FCKW-frei.

Technische Daten:

Abmessungen: L 66 cm x B 38 cm x H 36 cm

Gewicht: 46 kg



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### *Kompressor - Technische Daten*

- Luftlieferleistung in Liter / Minute
- Antrieb
- Kondensat-automatik
- Abschaltautomatik
- 3- oder 4-stufige Verdichtung
- Öl- und Wasserabscheider
- Drehrichtung
- Entlüftung des Füllhahns



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Kompressor - Füllbetrieb

- Kompressor waagrecht aufstellen (+/- 5°)
- ausreichend Frischluft - keine Verbrennungsmotoren
- Drehrichtung und Laufgeräusche beobachten
- Überprüfung der Tauchflaschen
- zuerst Füllschlauch an Flasche montieren - erst dann Flaschenventil öffnen
- Bedienungspersonal darf den Kompressor während des Betriebes niemals verlassen
- alle 10 - 15 Minuten Kondensat entleeren
- maximal erlaubten Fülldruck beachten (z.B. 232 bar bei 15° C)
- immer zuerst das Flaschenventil und danach den Füllhahn schließen



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Kompressor - Füllbetrieb

- gemäß BGBL 211/92 Kesselgesetz darf nur geschultes Personal füllen
- 1 x jährlich Schulung durch den Betreiber (dokumentieren)
- Alle 3 Jahre Kompressor-Neuzulassung
- Schriftliche Dokumentation des Füllbetriebes (Qualitätskontrolle)
- wer füllt
  - Datum des Füllvorganges
  - welche Flasche (Eigentümer, Erzeugernummer, letzte TPA / TÜV)
  - eventueller Mängelbericht
  - Unterschrift Füllpersonal




## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Versandbehälterverordnung 2011

#### ■ Beispiel für ein geeignetes Qualitätsmanagementsystem einer Füllstelle:

- Ernennung einer füllstellenverantwortlichen Person
- QS-Erklärung
- Qualitätssicherungshandbuch
- Nachweisliche jährliche Schulung des Füllpersonals
- Aufzeichnung der befüllten Tauchflaschen

Wasserrettung Mödling 

**7 Aufzeichnungen der Füllungen**

Datum	Uhrzeit		Betriebsstunden		Anzahl Stück	Volumen [Liter]	Unterschrift
	Anfang	Ende	Anfang	Ende			

TPA/KKS  
Austriatische Tauchtauglichkeitsprüfstelle  
nach EN 12062/EN 12063 | Prüfzettel  
DIN EN 12062 | Austriatische Prüfstelle  
für Atemschutzgeräte | Werkstoffprüfung

**QS-Erklärung für Füllstellen**

Ich erkläre hiermit im Namen                       
 und in Bezug auf die Füllstelle  
 FS                       
 Standort                       
 die folgende qualitätssichernde Maßnahmen eingeführt wurden, angewendet werden und dokumentiert sind:

1. **Geschultes Personal:**  
Die im Prüfzettel für Füllstellen angeführten Personen wurden nachweislich geschult und werden mindestens einmal jährlich einer Nachschulung unterzogen.
2. **Bedienungsvorschriften:**  
Für die Füllstelle existiert eine Bedienungsvorschrift vom Hersteller der Füllstelle.
3. **Füllvorschriften:**  
Für die Füllstelle existiert eine Füllvorschrift vom Anlagenbetreiber.
4. **Verantwortlichkeiten:**  
Für die Füllstelle ist                      geboren                       
 Stellvertreter für die Verantwortlichkeit                      geboren                       
 Die Verantwortlichen sorgen dafür, dass nur geschultes Personal, welches nach den Bedienungsvorschriften und Füllvorschriften arbeitet, eingesetzt wird.
5. **Mängelbericht:**  
Über die Mängel an der Füllstelle, den Flaschen und Ventilen werden schriftliche Aufzeichnungen geführt und mindestens bis zum nächsten Besuch der Erstprüfstelle aufbewahrt.

Ort, Datum                                                 
Ort, Datum      Unterschrift des Füllstellen Verantwortlichen

CMAS FS 08/06 08-Änderung 03

Quelle - Formular: <https://www.tpa-kks.at/druckgeraete/fuellstellen/>



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

# TSVÖ/CMAS Gasblender


## Versandbehälterverordnung 2011

### Beispiel für ein Qualitätssicherungshandbuch und Liste der füllberechtigten Personen\*

#### Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>ALLGEMEINE FÜLLBEDINGUNGEN FÜR DEN BETRIEB DER FÜLLSTATION .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>ARBEITSANWEISUNG FÜR DAS FÜLLEN VON TAUCHGERÄTEN .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>BESCHREIBUNG DER KOMPRESSORANLAGE.....</b>	<b>4</b>
3.1	FUNKTIONSPRINZIP.....	4
3.2	SCHEMA DER KOMPRESSORANLAGE.....	4
<b>4</b>	<b>BESCHREIBUNG DER NITROX/TRIMIX - MISCHANLAGE .....</b>	<b>6</b>
4.1	EINLEITUNG .....	6
4.2	ANLEITUNG ZUM NITROXMISCHEN.....	7
4.3	ANLEITUNG ZUM TRIMIXMISCHEN.....	8
4.4	SCHEMA DER NITROX/TRIMIX - MISCHANLAGE .....	9
<b>5</b>	<b>WARTUNGSANLEITUNG DER KOMPRESSORANLAGE.....</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>AUFZEICHNUNG DER WARTUNGEN UND FILTERWECHSEL .....</b>	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>AUFZEICHNUNGEN DER FÜLLUNGEN .....</b>	<b>16</b>

Quelle - Formular: <https://www.tpa-kks.at/druckgeraete/fuellstellen/>


 Arbeitsbereichs-Kostenstellenverteilungssysteme  
 nach Druckgeräten | Aufbereitungsanlagen  
 für Tauchergasgeräte | Veranschlagung

### Liste der füllberechtigten Personen

Folgende, angeführte Personen wurden nachweislich in der Bedienung der Füllstation Nr. **FD 2222MM** | **Abschrift** durch den Füllberechtigten **FD 2222MM** | **Abschrift** (Titel) Vor- und Nachname, geboren **TTMMJJJJ** geschult:

Nr.	Kenn-Nr.	Titel Vorname Nachname	Geburtsdatum
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			

1. falls vorhanden  
 2. falls vorhanden  
 3. falls vorhanden  
 4. falls vorhanden  
 5. falls vorhanden  
 6. falls vorhanden  
 7. falls vorhanden  
 8. falls vorhanden  
 9. falls vorhanden  
 10. falls vorhanden  
 11. falls vorhanden  
 12. falls vorhanden  
 13. falls vorhanden  
 14. falls vorhanden  
 15. falls vorhanden  
 16. falls vorhanden  
 17. falls vorhanden  
 18. falls vorhanden  
 19. falls vorhanden  
 20. falls vorhanden  
 21. falls vorhanden  
 22. falls vorhanden  
 23. falls vorhanden  
 24. falls vorhanden  
 25. falls vorhanden

GEL Datum: \_\_\_\_\_ Unterschrift des Füllenden Verantwortlichen: \_\_\_\_\_

GM-FS-28-25-TS-Formular\_01



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## **TSVÖ/CMAS Gasblender**

### ***Kompressor - Zusammenfassung***

***Woraus besteht ein Kompressor?***

***Wie sind die Wege der Luft in einem Kompressor?***

***Was ist ein „Air Cooler“?***

***Welche technische Daten sind für den Gasblender interessant?***

***Worauf ist beim Betrieb eines Kompressors zu achten?***

***Was versteht man unter Qualitätskontrolle?***

***Wer darf am Kompressor füllen?***

***Welche Aufzeichnungen über den Füllbetrieb sind zu führen?***



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Kompressor - Zusammenfassung



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

*Kompressor - Zusammenfassung*



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

# TSVÖ/CMAS Gasblender

Kompressor - Zusammenfassung



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

# TSVÖ/CMAS Gasblender

*Kompressor - Zusammenfassung*



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Kompressor - Zusammenfassung



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

# 08 Normen, Vorschriften



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Normen und Vorschriften

- Vielzahl von Vorschriften und Normen für Lagerung, Transport und Verwendung von Druckbehältern und Gasen
- regelmäßige Überarbeitung und Aktualisierung der Vorschriften und Normen -> ständige Informationspflicht des Nutzers
- viele Vorschriften für Privatpersonen nicht bindend
- ÖNORM EN 13949 -Alle Gasgemische mit mehr als 22% O<sub>2</sub>-Anteil sind wie 100 % Sauerstoff zu behandeln



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Normen und Vorschriften

- in Österreich keine gesetzliche Regelung für Nitrox im Sporttauchen
- es werden Normen, mangels gesetzlicher Vorschriften, bei Gerichtsverfahren herangezogen
- weiters gibt es Standards von Verbänden, Firmen, ...

**TSVÖ orientiert sich an den Normen!**



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Normen und Vorschriften - Transport

- für den Transport von Tauch- und Speicherflaschen wird empfohlen:
- Ladesicherung (kann von der Polizei abgestraft werden)
- Ventilschutz
- korrekte Kennzeichnung der Flaschen
- bei grenzüberschreitendem Verkehr:
  - Informationen über Vorschriften des Ziellandes einholen!
- ADR gilt nicht für Privatpersonen



### Transport von Druckbehältern

Der Transport von Druckbehältern ist durch die ADR geregelt. Aber: "Die Vorschriften des ADR gelten nicht für: Beförderungen gefährlicher Güter, die von Privatpersonen durchgeführt werden, sofern diese Güter einzelhandelsgerecht abgepackt sind und für den persönlichen oder häuslichen Gebrauch oder für Freizeit und Sport bestimmt sind, vorausgesetzt, es werden Maßnahmen getroffen, die unter normalen Beförderungsbedingungen ein Freiwerden des Inhalts verhindern." (Quelle: ADR - Ziffer 1.1.3.1, 1.1.2005)

Die ADR wird aber alle 2 Jahre unter Einbeziehung der die neuesten technischen und juristischen Erkenntnisse überarbeitet. Die Gültigkeit für Privatpersonen kann sich also auch schnell ändern.

Für den Transport von Tauch- und Speicherflaschen wird empfohlen:

- eine Ladungssicherung
  - Z. B. Verzurren der Flaschen mittels Spanngurten
- ein Ventilschutz
  - Z. B. Ventilschutzkappe bei Speicherflaschen, u. a. gasdichter Blindstopfen bei Tauchflasche
- eine korrekte Kennzeichnung der Flaschen

Gefahrgutaufkleber und Farbkennzeichnung nach DIN EN 1089 Teile 2 & 3



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Normen und Vorschriften - Transport

#### ■ Die Vorschriften des ADR gelten nicht für:

- a) Beförderungen gefährlicher Güter, die von **Privatpersonen** durchgeführt werden, sofern diese **Güter einzelhandelsgerecht abgepackt** sind und für den persönlichen oder häuslichen Gebrauch oder für **Freizeit und Sport** bestimmt sind, **vorausgesetzt**, es werden **Maßnahmen** getroffen, die unter **normalen Beförderungsbedingungen ein Freiwerden des Inhalts verhindern**. Wenn diese Güter entzündbare flüssige Stoffe sind, die in wieder-befüllbaren Behältern befördert werden, welche durch oder für Privatpersonen befüllt werden, darf die Gesamtmenge 60 Liter je Behälter und 240 Liter je Beförderungseinheit nicht überschreiten. Gefährliche Güter in Großpackmitteln (IBC), Großverpackungen oder Tanks gelten nicht als einzelhandelsgerecht verpackt;



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

### Transport von Druckbehältern

Der Transport von Druckbehältern ist durch die ADR geregelt. Aber: "Die Vorschriften des ADR gelten nicht für: Beförderungen gefährlicher Güter, die von Privatpersonen durchgeführt werden, sofern diese Güter einzelhandelsgerecht abgepackt sind und für den persönlichen oder häuslichen Gebrauch oder für Freizeit und Sport bestimmt sind, vorausgesetzt, es werden Maßnahmen getroffen, die unter normalen Beförderungsbedingungen ein Freiwerden des Inhalts verhindern." (Quelle: ADR - Ziffer 1.1.3.1, 1.1.2005)

Die ADR wird aber alle 2 Jahre unter Einbeziehung der die neuesten technischen und juristischen Erkenntnisse überarbeitet. Die Gültigkeit für Privatpersonen kann sich also auch schnell ändern.

Für den Transport von Tauch- und Speicherflaschen wird empfohlen:

- eine Ladungssicherung z. B. Verzurren der Flaschen mittels Spanngurten
- ein Ventilschutz z. B. Ventilschutzkappe bei Speicherflaschen, u. a. gasdichter Blindstopfen bei Tauchflasche
- eine korrekte Kennzeichnung der Flaschen Gefahrgutaufkleber und Farbkennzeichnung nach DIN EN 1089 Teile 2 & 3



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Normen und Vorschriften - für Gasflaschen

ÖNORM EN 1089 -1, ersetzt durch

**ÖNORM EN ISO 13769; 2006:** Ortsbewegliche Gasflaschen - Stempelung

ÖNORM EN 1089 -2, ersetzt durch

**ÖNORM EN ISO 7225; 2007:** Ortsbewegliche Gasflaschen - Gefahrgutaufkleber

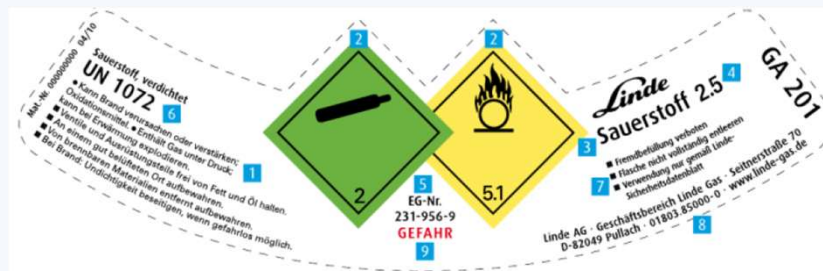
**ÖNORM EN 1089 -3; 2004:** Ortsbewegliche Gasflaschen - Gasflaschenkennzeichnung  
- Teil 3: Farbcodierung



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Normen und Vorschriften - für Gasflaschen

einzig verbindliche Kennzeichnung des Gasinhaltes = Gefahrengutaufkleber gemäß **ÖNORM EN ISO 7225**



- |  |  |
|--|--|
| 1. Gefahren- und Sicherheitshinweise                               | 6. UN-Nummer und Benennung des Stoffes               |
| 2. Gefahrzettel nach ADR/RID                                       | 7. Hinweise des Gasherstellers                       |
| 3. Handelsname des Gasherstellers                                  | 8. Name, Anschrift und Telefonnummer des Herstellers |
| 4. Zusammensetzung des Gasgemisches oder Reinheitsangabe des Gases | 9. Signalwort  |
| 5. EG-Nummer bei Einzelstoffen. Entfällt bei Gasgemischen.         |  |



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

#### Risiko- und Sicherheitssätze:

Feuergefahr bei Berührung mit brennbaren Stoffen!

Von brennbaren Stoffen fernhalten!

Bei der Arbeit nicht rauchen!

#### Beschriftungen laut Norm:

UN-Nummer: 1002

Name und Beschreibung: LUFT, VERDICHET (DRUCKLUFT)

Klasse: 2

Klassifizierungscode: 1A

UN-Nummer: 1072

Name und Beschreibung: SAUERSTOFF, VERDICHET

Klasse: 2

Klassifizierungscode: 1O

UN-Nummer: 3156

Name und Beschreibung: VERDICHETES GAS, OXIDIEREND, N.A.G.  
 ("nicht anderweitig genannt")

Klasse: 2

Klassifizierungscode: 1O

bitte beachten: gilt für NITROX



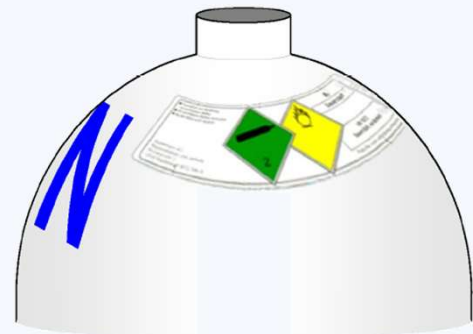
powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Normen und Vorschriften - für Gasflaschen

#### Farbkennzeichnung gemäß EN 1089-3

- zusätzliche Informationen über Eigenschaften der Gase (giftig, oxidierend usw.)
- auf größere Entfernung erkennbar als Gefahrenaufkleber



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

#### Risiko- und Sicherheitssätze:

Feuergefahr bei Berührung mit brennbaren Stoffen!

Von brennbaren Stoffen fernhalten!

Bei der Arbeit nicht rauchen!

#### Beschriftungen laut Norm:

UN-Nummer: 1002

Name und Beschreibung: LUFT, VERDICHTET (DRUCKLUFT)

Klasse: 2

Klassifizierungscode: 1A

UN-Nummer: 1072

Name und Beschreibung: SAUERSTOFF, VERDICHTET

Klasse: 2

Klassifizierungscode: 1O

UN-Nummer: 3156

Name und Beschreibung: VERDICHTETES GAS, OXIDIEREND, N.A.G.  
 ("nicht anderweitig genannt")

Klasse: 2

Klassifizierungscode: 1O

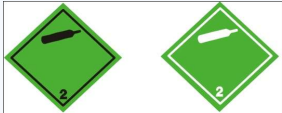

bitte beachten: gilt für NITROX



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Normen und Vorschriften - für Gasflaschen

Gefahrzettel und Großzettel	Gefahreneigenschaften	Zusätzliche Hinweise
Nicht entzündbare, nicht giftige Gase  2.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstickungsgefahr</li> <li>• Kann unter Druck stehen</li> <li>• Kann Erfrierungen hervorrufen</li> <li>• Umschließungen können unter Hitzeeinwirkung bersten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schutz suchen</li> <li>• Nicht in tief liegenden Bereichen aufhalten</li> </ul>
Entzünden (oxidierend) wirkende Stoffe  5.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gefahr heftiger Reaktion, Entzündung und Explosion bei Berührung mit brennbaren oder entzündlichen Stoffen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermischen mit entzündbaren oder brennbaren Stoffen (z.B. Sägespäne) vermeiden</li> </ul>



#### Risiko- und Sicherheitssätze:

Feuergefahr bei Berührung mit brennbaren Stoffen!

Von brennbaren Stoffen fernhalten!

Bei der Arbeit nicht rauchen!

#### Beschriftungen laut Norm:

UN-Nummer: 1002

Name und Beschreibung: LUFT, VERDICHET (DRUCKLUFT)

Klasse: 2

Klassifizierungscode: 1A

UN-Nummer: 1072

Name und Beschreibung: SAUERSTOFF, VERDICHET

Klasse: 2

Klassifizierungscode: 1O

UN-Nummer: 3156

Name und Beschreibung: VERDICHETES GAS, OXIDIEREND, N.A.G.  
 ("nicht anderweitig genannt")

Klasse: 2

Klassifizierungscode: 1O

bitte beachten: gilt für NITROX

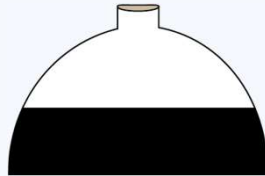


## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Normen und Vorschriften - Farbgebung für Inhalationsgase

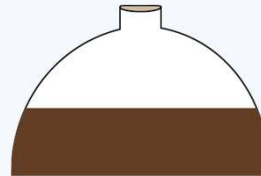
Synthetische  
Luft/Druckluft für  
Atemzwecke

Schulterfarbe:  
weiss und schwarz



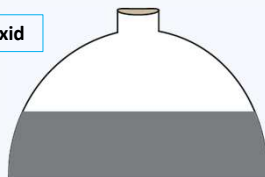
Sauerstoff /  
Helium

Schulterfarbe:  
weiss und braun



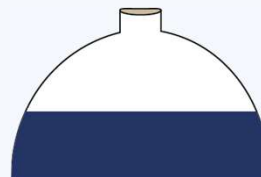
Sauerstoff / Kohlendioxid

Schulterfarbe:  
weiss und grau



Sauerstoff / Lachgase

Schulterfarbe:  
weiss und blau



Diese Schulterfarben gelten ausschließlich für  
Inhalationsgase, sind also für industrielle Gase gleichen  
Inhaltes nicht zulässig!



## TSVÖ/CMAS Gasblender

Normen und Vorschriften - Farbkennzeichnung gebr. Gase

### Sauerstoff

Schulterfarbe:  
weiß



### Helium

Schulterfarbe:  
braun



### Argon

Schulterfarbe:  
dunkelgrün



### Acetylen

Schulterfarbe:  
kastanienbraun



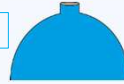
### Stickstoff

Schulterfarbe:  
schwarz



### Lachgas

Schulterfarbe:  
blau



### Kohlendioxid

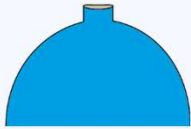
Schulterfarbe:  
grau



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

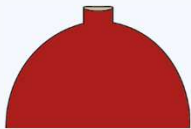
## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Normen und Vorschriften - Farbkennzeichnung allgemein



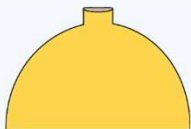
**oxidierend**

**Schulterfarbe:**  
hellblau



**brennbar**

**Schulterfarbe:**  
rot



**Giftig / korrosiv**

**Schulterfarbe:**  
gelb



**inert**

**Schulterfarbe:**  
Leuchtendes grün  
(nicht zulässig für Inhalations-gase)

Farbe des Flaschenkörpers in EN 1089-3 nicht festgelegt

Vereinbarung der deutschen Gase Industrie:

**Medizin/Inhalationsgase:** weiß lackierte Flaschenkörper

**Industriegase:** grau oder in Schulterfarbe lackierte Flaschenkörper



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Normen und Vorschriften - Prüffristen für Tauchflaschen

#### **Versandbehälterverordnung 2011**

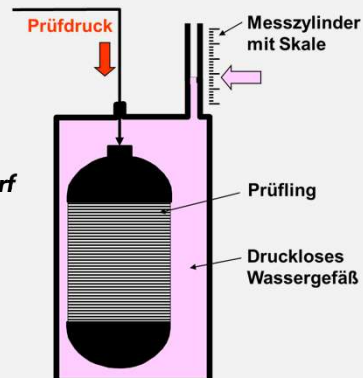
- Wiederkehrende Überprüfung, gem. §5
- Tauchgeräte, einschließlich der Flaschen für Rettungs- und Tarierwesten, sind von einer akkreditierten Prüfstelle alle 10 Jahre und jeweils im vierten und siebenten Jahr des zehnjährigen Prüfintervalls, ohne der Flüssigkeitsdruckprüfung, gemäß Unterabschnitt 6.2.1.6.1 ADR zu prüfen
- Prüfung des äußeren Zustands des Druckgefäßes und Überprüfung der Ausrüstung und der äußeren Kennzeichen;
- Prüfung des inneren Zustands des Druckgefäßes (z.B. innere Prüfung, Überprüfung der Mindestwanddicke)
- Prüfung der Gewinde, sofern Anzeichen von Korrosion vorliegen oder die Ausrüstungsteile entfernt werden;
- Flüssigkeitsdruckprüfung und gegebenenfalls Prüfung der Werkstoffbeschaffenheit durch geeignete Prüfverfahren;
- Prüfung der Bedienungsausrüstung, anderer Zubehörteile und Druckentlastungseinrichtungen bei der Wiederinbetriebnahme.



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Normen und Vorschriften - Prüfzeiten für Verbundflaschen

- Eventuell begrenzte Nutzungsdauer von 15 Jahren!
- Prüfintervall 3 - 5 Jahre, gibt der Flaschenhersteller an
- Prüfverfahren z.B. mit der Jacket - Methode
  - Wird der Prüfling unter Druck gesetzt, dehnt er sich aus und verdrängt das Wasser im Wassergefäß, am Messzylinder steigt der Wasserspiegel.
  - Nach der Druckentlastung darf die bleibende Verformung maximal 4% betragen!



Quelle: Fa. Worthington Cylinders  
(Carbon Dive 300)



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

*Normen und Vorschriften - Norm für Ventelseitenstutzen*

### **ÖNORM EN ISO 12209; 2001:**

Ortsbewegliche Gasflaschen - Ventelseitenstutzen für Gasflaschenventile für verdichtete Atemluft

Teil 1: Bügelanschluss - INT

Teil 2: Gewindeanschlüsse

Teil 3: Adapter für 230 bar-Ventil



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

*Normen und Vorschriften - Norm für Gasflaschenventile*

### **ÖNORM EN 144: Atemschutzgeräte - Gasflaschenventile**

Teil 1, 2005: Gewindeverbindung am Einschraubstutzen (konsolidierte Fassung)

Teil 2, 1999: Gewindeverbindungen am Ausgangsstutzen

Teil 3, 2003: Gewindeverbindungen am Ausgangsstutzen für die Tauchgase Nitrox und Sauerstoff



## TSVÖ/CMAS Gasblender

### *Normen und Vorschriften - Norm für Gewindeverbindungen*

**ÖNORM EN 144-3** regelt die Gewindeverbindung für 200 (250) bar und 300 (350) bar Nenndruck (Fülldruck) zwischen Gasflaschenventil und Druckminderer

Innengewinde M 26 x 2 ISO

Übergangsfrist bis von 5 Jahren (von 2003 - 2008) für neu in den Verkehr gebrachte Flaschen.



## TSVÖ/CMAS Gasblender

Normen und Vorschriften - Norm für Gewindeverbindungen

Flaschenventile - **NEU:** Innengewinde M 26 x 2 ISO

200 bar und 300 bar Nenndruck

ab 2003 (2008) für neue Ventile Dichtsitze, O-Ringe und Schmiermittel sauerstoffverträglich



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

*Normen und Vorschriften - Norm für Gewindeverbindungen*

**Flaschenventile - ALT:** Außengewinde

Industrienorm für Sauerstoff G 3/4" (bleibt für reinen Sauerstoff)

M 24 x 2 (Produktion eingestellt, kann aber weiter verwendet werden)



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Normen und Vorschriften - Norm für Atemgeräte

**Norm für Atemgeräte ÖNORM EN 250, 2006:** Atemschutzgeräte - Autonome Leichttauchgeräte mit Druckluft, Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung definiert den Aufbau eines autonomen Leichttauchgerätes

- Druckbehälter
- Atemregler
- Sicherheitseinrichtung
- Tragegestell oder Flaschenhalterung
- Tragevorrichtung
- Atemanschluss
- Gebrauchsanleitung



## TSVÖ/CMAS Gasblender

*Normen und Vorschriften - Norm für Atemgeräte*

### ÖNORM EN 250

Prüfvorschriften auch für Nitrox-Geräte

- Aufbau des Tauchgerätes
- Beständigkeit gegenüber Temperaturen

Abweichungen bei Druckbehältern

- Flasche
- Flaschenventil

**Geregelt in ÖNORM EN 13949**



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

*Normen und Vorschriften - Norm für Atemgeräte NITROX*

### ÖNORM EN 13949; 2003

Atemgeräte - Autonome Leichttauchgeräte mit Nitrox-Gasgemisch und Sauerstoff - Anforderungen

Prüfung und Kennzeichnung



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Normen und Vorschriften - Norm für Atemgeräte NITROX

**ÖNORM EN 13949; 2003** der sichere Betrieb des Nitrox-Tauchgerätes bis zur MOD des verwendeten Nitrox-Gasgemisches soll gewährleistet werden

- definiert Nitrox als atembare N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>-Mischung mit mehr als 22% O<sub>2</sub>-Anteil
- alle Gasgemische mit mehr als 22% O<sub>2</sub>-Anteil sind wie 100 % Sauerstoff zu behandeln
- zusätzliche Anforderungen zur EN 250 bei Anwendung von Nitrox
- Nitrox-Tauchgerät muss die Anforderungen der EN 250 erfüllen. Ausnahme:
  - Flasche: muss nationalen Vorschriften für den Gebrauch mit erhöhten O<sub>2</sub>-Anteil entsprechen
  - Flaschenventil: muss nationalen beziehungsweise europäischen Vorschriften (EN 144-3) entsprechen



## TSVÖ/CMAS Gasblender

*Normen und Vorschriften - Norm für Atemgeräte NITROX*

### ÖNORM EN 13949; 2003

Hochdruckteile müssen für 100 % O<sub>2</sub> kompatibel sein

- 1. Stufe
- Finimeter
- Hochdruckschlauch

Hoch- und Mitteldruckteile müssen sauerstoffrein sein

Zusätzliche Kennzeichnung mit „Nitrox“

- Flasche
- Atemregler
- Sicherheitseinrichtungen (Finimeter)



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

## **TSVÖ/CMAS Gasblender**

*Normen und Vorschriften - Zusammenfassung*

**Welche Kennzeichnung von Gasflaschen kennst du?**

**Wie sind Tauchflaschen zu transportieren?**

**Wie sind die Prüf Fristen für Tauchflaschen in Österreich?**

**Welche Farbkennzeichnung für Inhalationsgase kennst du?**

**Welche Gewindeverbindung zwischen Gasflaschenventil und Druckminderer kennst du (breathing gas, Oxygen, Nitrox)?**

**Welche Teile der Ausrüstung müssen 100% sauerstofftauglich sein?**



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ

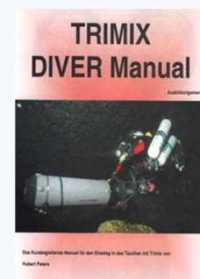
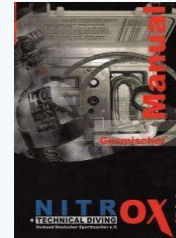
## TSVÖ/CMAS Gasblender

### Empfohlene Literatur

VDST Gasmischer Manual (Jutta Arens und Steffen G. Scholz)

Die Technik „des Gasemischens“ (Markus Voigt)

Trimix Diver Manual SUSV (Hubert Peters)





**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit**



Powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ



powered by Tauchsportverband Österreichs - TSVÖ