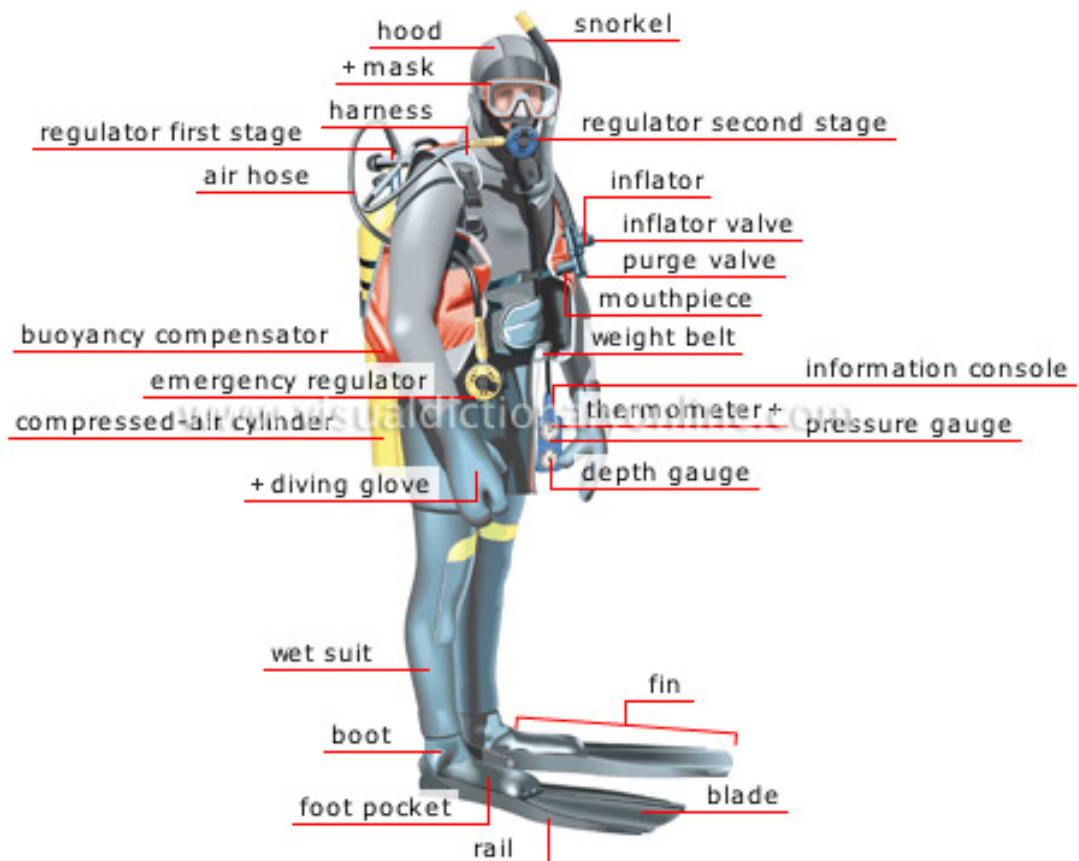


TECHNICAL DIVING



BASIC INFORMATIONS



Einführung [Technical Diving]

Grundlagen

Technisches Tauchen stellt die Extremsportvariante des Gerätetauchens dar, die erfahrene und qualifizierte Taucher viel weiter in die Tiefen der Unterwasserwelt vordringen lässt, als es gewöhnlichen Sporttauchern möglich ist. Technisches Tauchen zeichnet sich aus durch die Verwendung von weitaus mehr Tauchausrüstung und speziellen Trainingsanforderungen, um mit den zusätzlichen Risiken umgehen zu können, die diese Art des Tauchens mit sich bringt. Technisches Tauchen ist nicht für jedermann. Aber für all jene, die den Ruf einer neuen Herausforderung hören und spüren.



Unter technischem Tauchen versteht man Tauchen, das über die Grenzen des Sporttauchens hinausgeht, jedoch nicht zwingend Berufstauchen und Forschungstauchen ist. Zusätzlich definiert es sich über einen oder mehrere der folgenden Punkte:

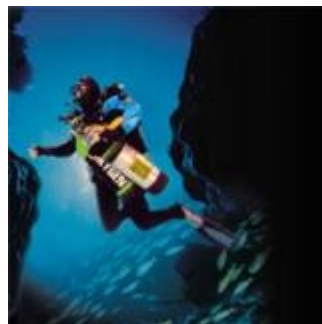
- Tauchen in über 40 Meter.
- Dekompressionsstufen sind erforderlich.
- Tauchen in einer geschlossenen Umgebung, wo der Zugang zur Oberfläche mehr als 40 lineare Meter beträgt.
- Beschleunigte Dekompression und / oder der Einsatz von unterschiedlichen Gasgemischen während des Tauchgangs.

Weil beim Technischen Tauchen die Oberfläche in einem Notfall gewissermaßen unerreichbar ist, benötigen Technische Taucher umfangreiche Methoden und Technologien, sowie ein entsprechendes Training, um mit den zusätzlichen Risiken umgehen zu können. Auch wenn man diese beherrscht, beinhaltet Technisches Tauchen zugegeben mehr Risiko, potentielle Gefahren und geringere Fehlertoleranzen als Sporttauchen.

Geschichte

Höhlerntauchen wird von den meisten als eine Form von technischem Tauchen betrachtet. Das Höhlerntauchen entwickelte sich in den späten 1960er und 1970er und wurde Mitte der 1980er zu einer eigenen Disziplin, wie sie noch heute besteht. In den 1990er begannen mehrere Gruppen von Tauchern weltweit mit Technologien für das Tieftauchen (über die Grenzen des Sporttauchens hinaus) zu experimentieren, um sowohl Höhlen als auch Wracks erkunden zu können. Diese Gemeinschaften vereinten sich und begründeten das „Technische Tauchen“ oder „Tec Diving“ mit Publikation der Zeitschrift aquaCORPS (nicht mehr im Druck), die sich dieser Art des Tauchens widmete. Seit damals entwickelt sich das Technische Tauchen kontinuierlich weiter, sowohl bezüglich der Anwendungsbereiche wie auch der Technologien und der damit verbundenen Tauchgänge.

Technisches Tauchen beinhaltet nicht nur mehr Risiko, sondern erfordert auch deutlich mehr Einsatz, Disziplin und Ausrüstung. Es ist nicht für jedermann, du kannst dein ganzes Leben lang ein versierter, begeisterter und erstklassiger Taucher sein, ohne einen „Tec Dive“ zu machen. Dennoch gibt es einen kleinen Kreis von Menschen, der unter Wasser Orte besuchen möchte, welche nur wenigen Menschen vorbehalten sind. Viele spektakuläre, unberührte Wracks liegen in Tiefen weit über 40 Metern/130 Fuß. Tiefer gelegene Riffe beherbergen Organismen, welche man nicht im flachen Wasser findet. Einige Menschen finden Gefallen an der Herausforderung und dem Fokus, die das Technische Tauchen erfordert. Andere wiederum lieben den Einsatz innovativer Technologien, die auf dem neuesten Stand sind. All das sind Gründe, die das Technische Tauchen lohnenswert machen.



Ausrüstung

Technische Taucher verwenden wesentlich mehr Ausrüstung als Sporttaucher. Die Tauchausrüstung im Technischen Tauchen besteht üblicherweise aus zwei und mehr Atemreglern, einem Backup-Tauchcomputer und einigem weiteren Zubehör. Grundsätzlich ist die Ausrüstung redundant, d.h. neben den Atemreglern werden ein weiterer Tauchcomputer (alternativ Tiefenmesser **und** Zeitmesser), eine Maske, Dekoboje etc. als Backup mitgeführt.

Tauchflaschen

Hier wird fast immer auf Doppelflaschenpakete zurückgegriffen, da durch die erhöhten Tauchzeiten und die größeren Tiefen auch der Gasverbrauch steigt.

Eine typische Anfängergröße im technischen Tauchen ist das Doppel 12'er Paket, welches aus zwei langen 12 Liter Flaschen mit 171 mm Außendurchmesser, einem absperribaren Ventil / Brückenpaket und einem Schellensatz aus Edelstahl besteht. Diese Sache macht den Sinn, da man beim technischen Tauchen jederzeit in der Lage sein muss, den Gasvorrat einer Flasche im Notfall zu separieren, z.B. wenn ein Automat abbläst. Dazu muss man aber auch an die Ventile kommen, was bei kurzen Flaschen schlichtweg unmöglich wäre. Deswegen wird hier die lange Version verwendet im Gegensatz zu den kürzeren und dicken 12'er Flaschen mit 204 mm Außendurchmesser. Bei anspruchsvolleren technischen Tauchgängen kann man aber durchaus auch Doppel 15'er, Doppel 18'er oder auch Doppel 20'er Flaschenpakete antreffen, die dann auch mal locker über 40 kg wiegen können.

Backplate / Begurtung (Harness)

Das Backplate besteht aus Plastik, Aluminium oder Edelstahl, und ist nichts anderes als eine Rückenplatte mit Bohrungen und Schlitzen, die als zentrale Befestigung des restlichen Equipments dient. Das Edelstahl Backplate ist hier am ehesten zu empfehlen, da es die robusteste Variante darstellt. Außerdem hat es durch das Eigengewicht den Vorteil, dass man nicht so viel Blei benötigt.

Am Backplate wird das Doppelflaschenpaket mit zwei Flügelmuttern befestigt, die auf die Stehbolzen des Schellensatzes geschraubt werden. Alternativ gibt es hier auch Doppelflaschen-Spanngurte. Davor kommt dann noch das Wing bzw. der Auftriebskörper.

Meistens besteht die Begurtung aus steifem Gurtmaterial, wie man es vom herkömmlichen Bleigurt aus kennt. Dieses Band wird in einer bestimmten Anordnung durch die im Backplate vorhandenen Schlitzte geführt. Hier wird jedoch meistens durch die schweren Doppelpakete noch ein Schrittgurt benötigt, der ebenfalls am Backplate befestigt wird.

Auftriebskörper / Wing

Hierbei handelt es sich um eine Form des Auftriebskörpers, der seine Blase ausschließlich am Rücken hat im Gegensatz zu den herkömmlichen ADV-Jackets (Adjustable Divers West) bzw. BCD-Jackets (Buoyancy Control Device). Der Vorteil ist die bessere Lage unter Wasser, der Nachteil die schlechtere an der Oberfläche. Hier wird man gnadenlos mit dem Gesicht auf das Wasser gedrückt, aber diesen Effekt hat man auch schon bei den sogenannten Hybrid-ADV-Jackets beim Sporttauchen.

Das Auftriebsvolumen des Wing ist grundsätzlich abhängig vom Einsatzzweck sowie den mitgeführten Flaschen. Zur Redundanz eines Wing gibt es sogenannte Doppelblasensysteme, die zwei Blasen und zwei Inflatoren in einer Hülle vereinen. Zwitterlösungen, sogenannte Hybrid-Jackets, sind bei Doppelflaschenpaketen und eventuell mitgeführten Stageflaschen (Atemgas zur Dekompression) keine Alternative, da diese Sporttauch-Jackets hier schlichtweg überlastet sind.

Stageflaschen

Stageflaschen kommen ursprünglich aus dem Höhlentauchen, wo für den Rückweg einzelne Flaschen mit Atemregler "geparkt", also "staged" wurden. Es ist heute ein Synonym für Flaschen, die während des Tauchgangs an der Begurtung mitgeführt werden, und meistens die Dekompressionsgase wie Nitrox oder reinen Sauerstoff enthalten. Sie können aber auch bei langen Tauchgängen das normale Atemgas für die Tiefe enthalten, das sogenannte Bottom Mix. Die Flaschen auf dem Rücken dienen dann sozusagen als Redundanz. Die Deko-Gase werden in diesem Fall schon auf die entsprechenden Deko Stufen gehangen. Das erfordert natürlich eine entsprechende Logistik. Stageflaschen werden komplett mit Atemregler und Finimeter konfiguriert.

Atemregler

Hier benötigt man mindestens zwei komplette erste und zweite Stufen für das Doppelflaschenpaket, da man ja Redundanz haben will. Man sollte auf eine gute Luftlieferleistung in der Tiefe und einen guten Vereisungsschutz der Regler achten. Die Luftlieferleistung ist bei Verwendung von Trimix nicht ganz so wichtig, da Helium eine geringere Dichte als Luft hat, und sich so auch leichter atmen lässt. Wichtig ist auch der sogenannte Long Hose (langer Schlauch). Dieser Schlauch ist an einer der zweiten Stufen befestigt und dient als Oktopus. Der Schlauch ist üblicherweise zwischen 1,50 bis 2,10 Meter lang. Die klassischen 0,90 Meter-Schläuche am Oktopus sind hier für eine Ohne-Luft-Situation nicht geeignet. Der Tauchpartner muss sich in dieser Notsituation frei bewegen können.

Und denke **immer** daran:



Computer

Man benötigt zum technischen Tauchen ein Computerprogramm, welches die Tabelle mit den nötigen Dekostops / Run-Times und die entsprechen Gase ausrechnet. Der mitgeführte Tauchcomputer muss für Mischgase (Air, EAN, He) konzipiert sein. Als Redundanz wird ein zweiter Computer oder alternativ ein Tiefenmesser **und** ein Zeitmesser mitgeführt.

Reel / Dekoboje (Hebesack)

Das Reel (Rolle) hat die Aufgaben, beim Freiwassertauchen eine Dekoboje (Hebesack) an die Oberfläche zu schießen, so dass man sich bei der Dekompression bequem daran-hängen kann. Auch beim Strömungstauchen (Drift Diving) wird ein Reel zur Befestigung der Leine für die Signal- oder Dekoboje verwendet.

Mischgastauchen

Trimix

Für einen Tieftauchgang ist Luft (AIR = 21% O₂, 78% N₂, 1% Edelgase) durch den hohen Narkosefaktor ungünstig. Nitrox ist durch die Tiefengrenze des pO₂ völlig ungeeignet.

Der Körper benötigt ausschließlich Sauerstoff, der Stickstoff hat lediglich eine verdünnende Funktion. Warum also nicht den nachteiligen Stickstoff gegen ein anderes Gas austauschen. Hier bieten sich diverse Edelgase an. Argon hat einen höheren Narkosewert als Stickstoff, scheidet also aus. Neon hat nur einen sehr geringen Narkosewert, ist aber sehr teuer.

Somit ist Helium das adäquate Gas. Ein um den Faktor vier geringerer Narkosewert gegenüber Stickstoff und eine wesentlich geringere Molekulardichte zeichnen dieses Gas aus. Helium ist somit unter Druck um ein Vielfaches leichter zu atmen als Stickstoff. Somit wäre im ersten Schritt ein Mischgas aus Sauerstoff und Helium (Heliox) geeignet.

Helium hat aber auch Nachteile. Es sättigt sich im Gewebe schneller auf als Stickstoff und auch schneller wieder ab, was bedeutet, dass die Blasenbildung stärker sein kann. Man muss also seine Aufstiegs geschwindigkeit konservativer planen. Zum anderen bewirkt Helium, unter Druck geatmet, das HPNS (High Pressure Nervous Syndrome), welches sich durch krampfartige Anfälle in großen Tiefen bemerkbar macht.

Das erkannte auch früh das Militär, welches schon in den 60'er Jahren mit Heliox tauchte, und entwickelte eine Lösung, die auch dem privaten Taucher entgegenkam. Man setzte wieder Stickstoff hinzu, der zwar die bekannten Nachteile mit sich brachte, jedoch war die Narkosewirkung durch die Dosierung im Gas besser kontrollierbar, und das HPNS des Heliums wieder unter Kontrolle. Das Trimix war geboren.

Beim Mischen der Gase (Gas blending) verwendet man als Basis Pressluft, toppt mit Sauerstoff und füllt zum Schluss Helium auf. Da Helium relativ teuer ist, wäre ein Heliox-Gemisch auch um ein vielfaches kostspieliger aufgrund des fehlenden Stickstoffanteil. Ein Gasblender-Kurs vermittelt die nötigen Fähigkeiten.

Äquivalente Narkosetiefe

Trimix besteht also aus Sauerstoff, Stickstoff und Helium. Die Bezeichnung von Trimix leitet sich von seinen Bestandteilen ab. Ein Trimix 21/40 hätte somit 21% Sauerstoff und 40% Heliumanteil. Der Rest, hier 39%, ist der Stickstoffanteil.

Da ein Teil des im Atemgas enthaltenen Stickstoffs durch Helium ersetzt wird, kann man auch hier die äquivalente Narkosetiefe ausrechnen, also wie tief man mit Luft tauchen müsste, um den gleichen Narkoseeffekt zu haben als mit dem Trimix auf der geplanten Tiefe.

Nehmen wir an, wir wollen mit einem Trimix 21/40 einen 55 Meter Tauchgang durchführen:

Druck in 55 Metern:	$1 \text{ bar} + (55 \text{ Meter} / 10 \text{ Meter/bar}) = 6,5 \text{ bar}$
Stickstoffanteil :	$100\% - 21\% - 40\% = 39\%$
N2 Partialdruck:	$6,5 \text{ bar} \times 0,39 \text{ bar} = 2,54 \text{ bar}$
N2 Partialdruck Luft:	$2,54 \text{ bar} / 0,79 = 3,22 \text{ bar}$
Druck in Tiefe:	$(3,22 \text{ bar} - 1 \text{ bar}) \times 10 \text{ Meter/bar} = 22,2 \text{ Meter}$

Diesen Stickstoffpartialdruck hätte also Pressluft auf einer Tiefe von 22,2 Metern.

Hier kann man also erkennen, dass man mit einem Trimix 21/40 auf 55 Metern Tauchtiefe so narkotisiert ist wie mit Pressluft auf 22 Metern. Diese Narkosetiefe ist durch den variablen Stickstoffanteil frei wählbar, wird aber zumeist mit max. 30 Metern geplant, um einen Tiefenrausch (Stickstoff-Narkose) in Grenzen zu halten.

Sauerstoffanteil

Beim Sauerstoffanteil ändert sich nicht viel im Gegensatz zum Nitrox. Da man Trimix zumeist zum Tieftauchen verwendet, wird hier der Sauerstoffanteil nahezu nie über 21% liegen, eher darunter. Gemische mit 18 - 21% Sauerstoffanteil werden auch normoxische Gase genannt. Gemische mit einem Sauerstoffanteil unter 18% werden hypoxische Gase genannt, da dieses Gasmisch erst ab einer bestimmten Tiefe für den Taucher atembar ist. Hier muss zunächst ein entsprechender pO₂ aufgebaut werden.

Bei dem Beispiel von oben hätten wir folgenden PO₂ auf 55 Meter:

$$\text{PO}_2: 0,21 \text{ bar} \times 6,5 \text{ bar} = 1,365 \text{ bar}$$

Hier würde man noch locker unter dem Maximum von 1,6 bar pO₂ bleiben.

Nehmen wir an, man will einen Tieftauchgang auf 90 Meter zu einem Wrack in kaltem Wasser machen. Mit dem Erreichen der 66 Meter Marke würde man mit einem normoxischen Gas (21% O₂) unseren höchsten pO₂ von 1,6 bar erreichen. Dazu sind hier noch die Umgebungsbedingungen aufgrund der Wassertemperatur alles andere als optimal, so dass man hier lieber mit einem geringeren pO₂ tauchen sollte.

Was liegt also näher, als den Sauerstoffanteil im Gas zu reduzieren. Wenn man auf der Tiefe einen maximalen pO₂ von 1,4 bar haben will, so muss man den Sauerstoffanteil wie folgt berechnen:

Druck in 90 Meter:	$1 \text{ bar} + (90 \text{ Meter} / 10 \text{ Meter/bar}) = 10 \text{ bar}$
Gewünschter O ₂ Anteil:	$1,4 \text{ bar} / 10 \text{ bar} = 0,14 \Rightarrow 14\% \text{ O}_2 \text{ Anteil}$

Der Sauerstoffanteil im Atemgas muss also 14% betragen, um auf 90 Meter Tauchtiefe einen pO₂ von 1,4 bar zu haben.

Auch hier gilt selbstredend:

PLAN THE DIVE AND DIVE THE PLAN

Minimale Einsatztiefe

Hier wirft sich ein neues Problem auf. Alle Atemgase, die einen Sauerstoffanteil unter 16% haben, sind an der Oberfläche nicht mehr atembar. Es handelt sich hierbei um sogenannte hypoxische Gemische, man würde ganz einfach Atemnot verspüren und ersticken, falls man das Gas an der Oberfläche atmen würde. Bergsteiger haben in großen Höhen ganz ähnliche Probleme, siehe die Besteigungen des Mount Everest mit Sauerstoffmasken.

Wenn das Gas an der Oberfläche bei einem Umgebungsdruck von 1 bar nicht mehr atembar ist, bei welcher Wassertiefe ist es dann, bedingt durch den höheren pO₂ unter Wasser, wieder zu atmen? Das kann man natürlich auch ausrechnen. Man nennt die ganze Sache minimale Einsatztiefe und geht hier meistens von einem pO₂ aus, der mindestens bei 0,21 bar liegt, also wie bei Luft an der Oberfläche.

Benötigter Druck: $0,21 \text{ bar} / 0,14 = 1,5 \text{ bar}$

Druck in Tiefe: $(1,5 \text{ bar} - 1 \text{ bar}) \times 10 \text{ Meter/bar} = 5 \text{ Meter}$

Man müsste also auf mindestens 5 Meter Tauchtiefe sein, um an dem gewählten Gas nicht zu ersticken. Hier taucht man in der Praxis mit dem schwächsten Nitrox ab, das man ja für die Dekompression mit sich führt, und wechselt dann später auf das Trimix.

Beim Heliumanteil im Trimix sollte man sich an Standardgemische halten wie 10/70, 15/55 oder 21/35, da hier entsprechende Erfahrungswerte vorliegen. Später kann man sich ja auch seine Lieblingsgemische aussuchen, um die Gaslogistik und die Dekotabellen irgendwann auswendig zu können. Dies ist natürlich auch in Abhängigkeit zum jeweiligen Buddy zu sehen.

Fazit zu Mischgasen

Es ist nicht primär das Atemgas, was das technische Tauchen ausmacht. Es ist eher die Art, an einen Tauchgang heranzugehen. Ad hoc einen 70 m Mischgas-Tauchgang zu machen ist nicht zweckdienlich und sinnvoll, das hat schon vielen Tauchern das Leben gekostet. Dazu gehört eine vernünftige Planung, eine konservative Herangehensweise, Erfahrung, entsprechende Ausbildung und Übung bei der Durchführung solcher Tauchgänge.

Die meisten Tauchverbände bieten entsprechende Kurse in verschiedenen Stufen an, wobei die jeweiligen Teilnahmevoraussetzungen variieren können.



Lernziel:

Markiere während des Lesens die Antworten auf folgende Fragen:

1. Die Gasgrenzwerte
2. Die Bedeutung des Begriffs MOD
3. END beim Tauchen mit heliumhaltigen Mischungen
4. Die 3 Formeln, die sich aus dem „T im Kreis“ ergeben

Begriffe, Formeln und Abkürzungen

EAD	=	Equivalent Air Depth	=	äquivalente Lufttiefe
ENP	=	Equivalent Narcotic Pressure	=	äquivalenter narkotischer Druck
END	=	Equivalent Narcotic Depth	=	äquivalente narkotische Tiefe
MOD	=	Maximum Operation Depth	=	maximale Einsatztiefe
p_a	=	Umgebungsdruck		
p_p	=	Partialdruck		
p_{O_2}	=	Partialdruck O_2		
f	=	Gasanteil		
f_{O_2}	=	Anteil O_2		
f_{N_2}	=	Anteil N_2		
f_{He}	=	Anteil He		

Gasgrenzwerte

Maximal zulässiger p_{O_2} für	
Deko-Gase	1,6 bar
für Grundgemische	
- ohne Gaswechsel	1,4 bar
- mit Gaswechsel	1,3 bar
Minimal zulässiger p_{O_2}	0,16 bar
Beginn Tiefenrausch bei p_a	4,2 bar
ENP bei Nitrox	5 bar
ENP bei He-Mischungen	4 bar

Best-Mix

Das Ziel ist es, auf einer bestimmten Tiefe den maximalen p_{O_2} zu erhalten.

Beispiel:

Wir planen einen Tauchgang an der Donator in Südfrankreich, wir wollen den Decksbereich erkunden. Die Tiefe beträgt 40m. Welches ist die optimale Nitrox-Mischung?

$$\begin{array}{l} p_{O_{2max}} \quad 1,4 \text{ bar} \\ p_a \quad 5 \text{ bar} \end{array}$$

$$f_{O_2} = \frac{p_{O_{2max}}}{p_a} = \frac{1,4 \text{ bar}}{5 \text{ bar}} = 0,28$$

Best-Mix wäre dann ein Nx28

EAD

Dieser Begriff beschreibt die sogenannte äquivalente Lufttiefe, d.h. die Tiefe, bei der der Körper mit der gleichen Stickstoffmenge belastet wird, als wenn mit Luft getaucht würde. Die EAD muss immer geringer sein als die tatsächliche Tiefe mit Nitrox, da weniger Stickstoff im Gas enthalten ist.

Die Formel lautet:

$$EAD = (p_a * \frac{fN_2 \text{ Nitrox}}{fN_2 \text{ Luft}} - 1) * 10 \quad (1)$$

Beispiel:

Nitrox 40, Tauchtiefe 20m. Wie groß ist die EAD?

p_a	3 bar
$fN_2 \text{ Nitrox}$	0,6
$fN_2 \text{ Luft}$	0,79

$$EAD = (3 \text{ bar} * \frac{0,6}{0,79} - 1 \text{ bar}) * 10 \text{ m/bar} = 12,8 \text{ m}$$

Die EAD beträgt also 12,8 m

ENP/END

Hiermit wird die maximal zulässige Belastung durch narkotisch wirkende Gase beschrieben.

$$ENP = p_a * (fO_2 + fN_2)$$

Für das Tauchen mit Nitrox gilt als Grenzwert:

$$ENP \leq 5 \text{ bar}$$

Dies entspricht einer **END** von 40m

Bei der Verwendung von Trimix wird über die Vorgabe der ENP-Grenzwerte die erforderliche He-Mischung bestimmt.

Formelsammlung Nitrox und Technisches Tauchen

MOD

Auf Grund der giftigen Wirkungen von Sauerstoff darf ein mit Sauerstoff angereichertes Gas nur bis zu einem bestimmten Umgebungsdruck eingesetzt werden. Hieraus ergibt sich eine maximale Einsatztiefe.

Diese nennt man MOD (=Maximum Operating Depth). Sie kann mit folgender Formel errechnet werden:

$$\text{MOD} = \left(\frac{\text{O}_2\text{-Grenzwert}}{\text{O}_2\text{-Anteil im Gemisch}} - 1 \right) * 10 \quad (2)$$

Beispiel:

Nitrox 40, maximal zulässiger $p\text{O}_2$: 1,4 bar. Wie groß ist die MOD?

$p\text{O}_{2\text{max}}$	1,4 bar
$f\text{O}_2$	0,4

$$\text{MOD} = \left(\frac{1,4 \text{ bar}}{0,4} - 1 \text{ bar} \right) * 10 \text{ m/bar} = 25 \text{ m}$$

Bei der Verwendung heliumhaltiger Mischungen wird zusätzlich die narkotische Tiefe (END) mit überprüft. Es wird der kleinere Wert aus der obigen MOD-Formel (2) und folgender Formel ermittelt.

$$\text{MOD} = \left(\frac{\text{ENP}}{(1-f\text{He})} - 1 \right) * 10 \quad (3)$$

Beispiel:

Ein Triox-Tauchgang (ohne Gaswechsel) mit Tx30/30
Wie groß ist die MOD?

$p\text{O}_{2\text{max}}$	1,4 bar
ENP_{max}	4,0 bar
$f\text{O}_2$	0,3
$f\text{He}$	0,3

$$\text{Formel (2): } \text{MOD} (\text{O}_2) = \left(\frac{1,4 \text{ bar}}{0,3} - 1 \text{ bar} \right) * 10 \text{ m/bar} = 36 \text{ m}$$

$$\text{Formel (3): } \text{MOD} (\text{END}) = \left(\frac{4,0 \text{ bar}}{(1-0,3)} - 1 \text{ bar} \right) * 10 \text{ m/bar} = 47 \text{ m}$$

Wir könnten also auf Grund der narkotischen Wirkung bis 47 m tief tauchen, der Sauerstoffanteil lässt jedoch nur eine Tiefe von 36 m zu. Die zulässige MOD ist daher 36m.

T im Kreis

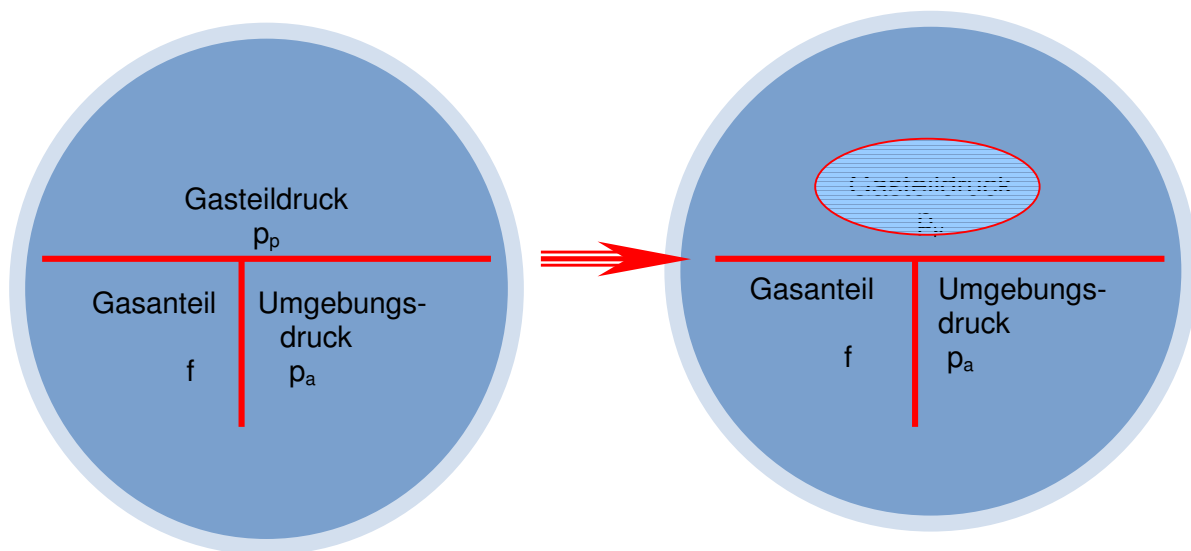
Dies ist eine grafische Darstellung des Zusammenhanges zwischen Umgebungsdruck, Gasanteil und Gasteildruck.

Den Querstrich des T kann man sich als Bruchstrich vorstellen, den senkrechten Balken als Multiplikationszeichen.

Wird der gewünschte Formelwert abgedeckt, so kann an der sichtbaren Darstellung die Formel abgelesen werden.

Die Formel für den Gasteildruck p_p bei einem gegebenen Umgebungsdruck lautet somit:

$$p_p = f_{\text{Gas}} * p_a$$



Der Umgebungsdruck p_a lässt sich mit der Formel

$$p_a = p_p / f$$

errechnen und

der Gasanteil f durch:

$$f = p_p / p_a$$

Empfehlung für Standardgase des VDST

Gasgrenzwerte:

Der VDST gibt für die verwendeten Gasmischungen folgende Gasgrenzwerte vor:

Sauerstoffpartialdruck (pO_2):

- 0,16 bar absolute Untergrenze in allen Situationen
- 1,30 bar Obergrenze für Grundgemische bei Tauchgängen **mit** Gaswechsel
- 1,40 bar Obergrenze bei allen Tauchgängen **ohne** Gaswechsel
- 1,60 bar Obergrenze für Dekompressionsgemische

END - Equivalent Narcotic Depth (Äquivalente Narkosetiefe):

Ab 30 m Tauchtiefe ist bei der Verwendung von Pressluft als Atemgas mit Tiefenrauschsymptomen zu rechnen. Für die Gasgrenzwerte der Inertgase gelten folgende Empfehlungen:

Bei weniger anspruchsvollen Tauchgängen sollt die END maximal 40m entsprechen, bei anspruchsvollen Tauchgängen (gilt auch für Deko-Tauchgänge!) soll die END maximal 30m betragen

Vorteile bei der Verwendung von Standardgasen:

Allgemein hat sich die Verwendung von standardisierten Gasgemischen beim technischen Tauchen durchgesetzt. Die Vorteile hiervon sind:

- es wird mit der Zeit ein abrufbares Wissen über das Mischen dieser Gase angesammelt
- jedes Team-Mitglied taucht mit den selben Gasen – bei Problemen kann unter Gasspende mit Beibehaltung des Dekompressionsplanes ausgetaucht werden
- die erstellten Dekompressionspläne können gesammelt und wieder verwendet werden. Dies bedeutet eine Vereinfachung und Verbesserung der Tauchgangsplanung

Die empfohlenen Standardgase sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt. Gegenüber der letzten Version wurden die Gemische TX 10/70 und TX 50/25 neu aufgenommen. TX 10/70 ist als Standardgas für größere Tiefen weit verbreitet, TX 50/25 kann für eine bessere Dekompression eingesetzt werden.

VDST Nitrox-Standardgemische

MOD [m]	pO ₂ max [bar]	Gas	fO ₂ [%]	fHe [%]	fN ₂ [%]	Einsatz als	Anmerkung
40		Luft	21	0	79	Grund- gemisch	DTSA Nitrox*
33	1,4	EAN 32	32	0	68		
28	1,4	EAN 36	36	0	64		
25	1,4	EAN 40	40	0	60		
21	1,6	EAN 50	50	0	50	Deko- gemisch	DTSA Nitrox**
6	1,6	OXY 100	100	0	0		

VDST Trimix-Standardgemische

MOD [m]	pO ₂ max [bar]	Gas	fO ₂ [%]	fHe [%]	fN ₂ [%]	Einsatz als	Anmerkung
90	1,3	Tx 12/65	12	65	23	Grund- gemisch	Achtung: hypoxisch!
90	1,3	Tx 10/70	10	70	20		
75	1,3	Tx 15/55	15	55	30		
60	1,3	Tx 18/45	18	45	37		DTSA Triox
45	1,3	Tx 21/35	21	35	44		
33	1,3	Tx 30/30	30	30	40		
36	1,6	Tx 35/35	35	35	30	Deko- gemisch	Alternativ
21	1,6	Tx 50/25	50	25	25		
21	1,6	Tx 50/15	50	15	35		
6	1,6	Oxy 100	100	0	0		