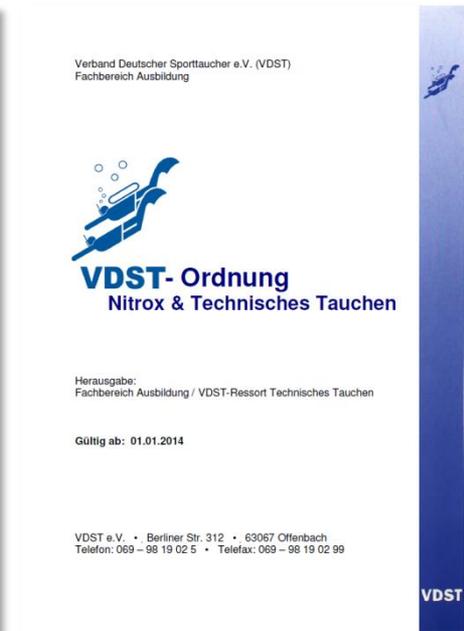
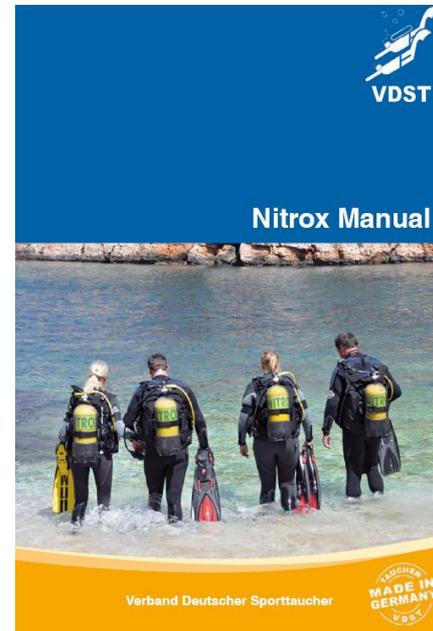


# Nitrox-Tauchen

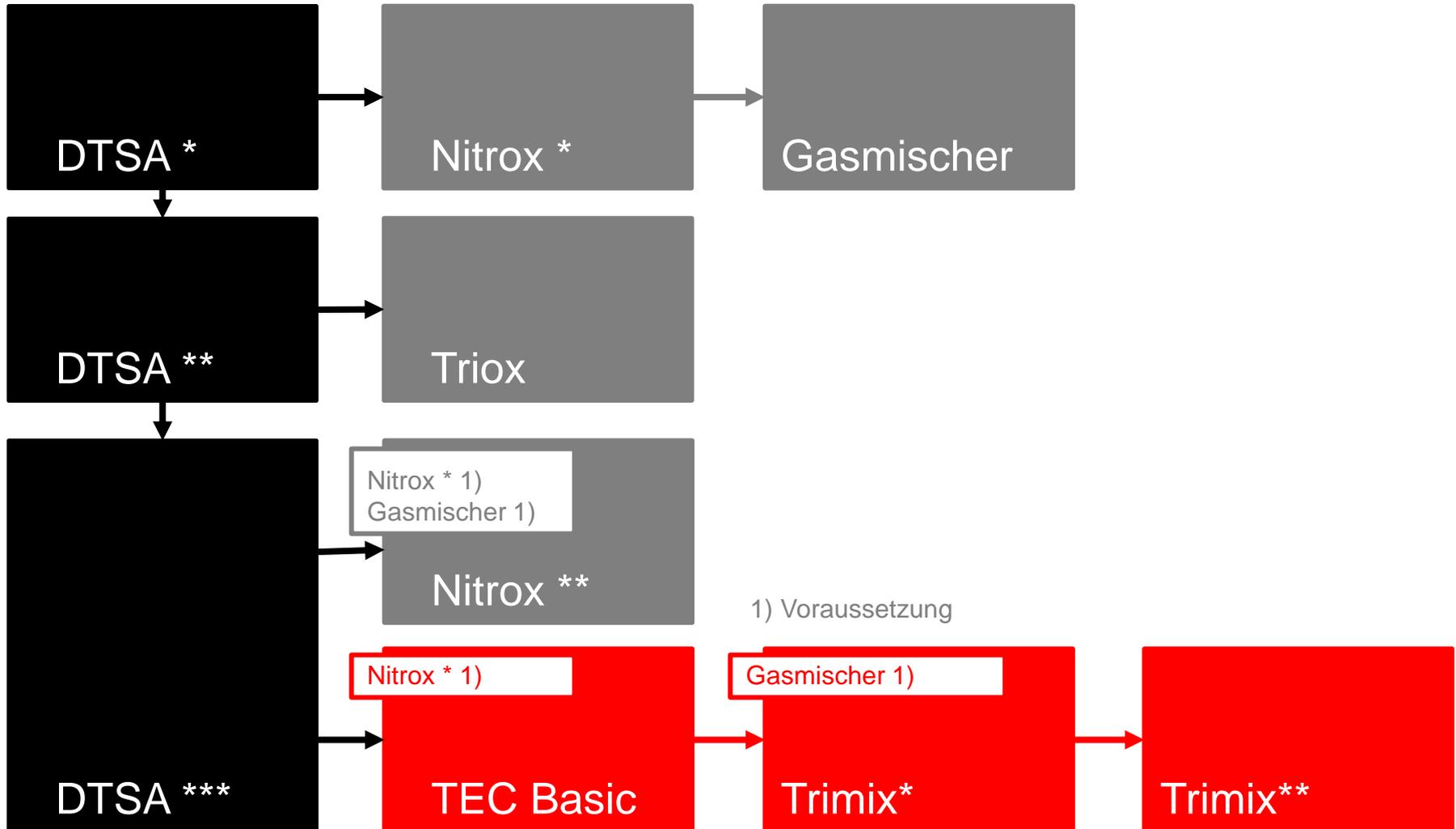
## Grundsätze und Basiswissen für TL1

Bernd Rose, VDST TL2



# Fachbereich Ausbildung

## DTSA Brevet-Struktur Nitrox / TEC





- **Grundlagen**
- Gasgrenzwerte und medizinische Risiken
- Dekompression und TG-Planung
- O<sub>2</sub>-Analyse
- Atemregler und Ventile

## Warum Mischgastauchen?



- Luft hat einen hohen Inertgasanteil (79%)
  - Inertgase nehmen nicht am Stoffwechsel teil, sie werden im Gewebe gelöst (Sättigung)
  - Sättigungs- und Entsättigungsprozesse von Inertgasen haben hinsichtlich der Risiken eines Tauchgangs und der Auftrauchregeln höchste Bedeutung
- ⇒ Beim Mischgastauchen, werden die Inertgase optimal reduziert

# Fachbereich Ausbildung

## Definition



**NITROX** = **NITRO**GEN + **OX**YGEN

Stickstoff-/Sauerstoffgemisch mit  $O_2 > 21\%$

Standardgase (Grundgemisch)	Internationale Bezeichnung	Sauerstoff	Inertgase (v.a. Stickstoff)
Pressluft	Air	21%	79%
Nitrox 32	EAN32	32%	68%
Nitrox 36	EAN36	36%	64%
Nitrox 40	EAN40	40%	60%

**EAN** = **ENRICHED AIR NITROX**

# Fachbereich Ausbildung

## Vorteile (im Vgl. zu Luft)



- + Geringere Stickstoffsättigung im Körpergewebe
- + Längere Nullzeiten, kürzere Dekompressionszeiten
- + Mikroblasenlast wird vermindert (v.a. bei Shunt-Problematik)
- + Wiederholungstauchgänge unkritischer (z.B. Urlaubstauchen und Fliegen)
- + Geringere Belastung in der Tauchausbildung (Aufstiegsübungen ...)
- + Risikogruppen (PFO, hohes Alter, Übergewicht, ...)

⇒ **Gesünderes Tauchen, bei gleichem Tauchprofil wie mit Luft!**

# Fachbereich Ausbildung

## Nachteile (im Vgl. zu Luft)



- Maximal zulässige Tauchtiefe zu bestimmen/beachten
- Sauerstofftoxizität (gewissenhafte Gasanalyse)
- Besonderheiten der Nitrox-Ausrüstung
- Sorgfältiger Umgang mit Ausrüstung durch erhöhten O<sub>2</sub>-Gehalt
- Zusätzliche Ausbildung
- Mehr Tauchdisziplin

⇒ **Nachteile wiegen die Vorteile nicht auf**

# Fachbereich Ausbildung

## Nitrox\* (Nx1)



- Voraussetzungen

- **ab 14 Jahre** (Minderjährige mit Einverständniserklärung der Eltern etc.)
- **DTSA\*** (auch während der Ausbildung zum DTSA\* möglich)
- **gültige TTU** (nach den Regeln der GTÜM)
- **Sicheres Tauchverhalten**

- Ziele

- Sichere Planung, Durchführung und Vorbereitung von Nitrox-Tauchgängen **bis max. 40m Tiefe**
- Tauchen mit einem Mischgas **bis zu max. 40% O<sub>2</sub>** (nur Stickstoff-/Sauerstoff-Gemische)

### Ausbilder

TL mit Abnahmeberechtigung Nx1

Min. TL1 mit Nitrox\*-Brevet und min. 20 Nitrox-Tauchgängen

# Fachbereich Ausbildung

## Nitrox\*\* (Nx2)



- Voraussetzungen
  - ab 18 Jahre
  - DTSA\*\*\* und Nitrox\* und Gasmischer
  - gültige TTU (nach den Regeln der GTÜM)

### Ausbilder

### Nitrox-TL

Min. TL1 mit Nitrox\*\*-  
Brevet und separate  
Ausbildung zum Nitrox-TL

- Ziele
  - Sichere Planung, Durchführung und Vorbereitung von Nitrox-Tauchgängen bis max. 40m Tiefe
  - Tauchen mit zwei Mischgasen (nur Stickstoff-/Sauerstoff-Gemische) im Grund-Gas und Deko-Gas bis zu max. 100% O<sub>2</sub>



- Grundlagen
- **Gasgrenzwerte und medizinische Risiken**
- Dekompression und TG-Planung mit Nitrox
- O<sub>2</sub>-Analyse
- Atemregler und Ventile



- Partialdrücke der Gase beachten  
Partialdruck (bar) = Anteil Gas (%) x Umgebungsdruck (bar)
- O<sub>2</sub><sup>\*)</sup> und N<sub>2</sub> wirken narkotisch (nicht tiefer als 40m ⇔ 5bar)
  - Narkotische Wirkung
  - Tiefenrauschgefahr
- O<sub>2</sub> wirkt ab einem bestimmten Druck toxisch
  - Schädigung des ZNS (Sauerstoffkrampfs) / Paul Bert
  - Schädigung der Lunge / Lorraine Smith

\*) narkotische Wirkung von Sauerstoff ist umstritten

# Fachbereich Ausbildung

## Gefahren bei Über-/Unterschreitung



Gas	Grenze Partialdruck	Verletzung	Folge
$pO_2$	$\leq 0,16\text{bar}$	<b>kurzzeitige Unterschreitung</b>	Hypoxie / Anoxie, Bewusstlosigkeit fehlende Sauerstoffversorgung der Zellen
$pO_2$	$\leq 0,50\text{bar}$	<b>langzeitige Überschreitung</b>	Langzeitwirkung hoher $pO_2 > 0,5\text{bar}$ schädigt das Lungengewebe (Alveolen)
Nitrox* $pO_2$	$\leq 1,40\text{bar}$	<b>kurzzeitige Überschreitung</b>	Sauerstoffvergiftung, $O_2$ wirkt auf die Zellmembrane (s. Paul Bert) <b>Sauerstoffkrampf / akute Lebensgefahr unter Wasser</b>
$pO_2 + pN_2$	$\leq 5,00\text{bar}$	<b>kurzzeitige Überschreitung</b>	Narkosewirkung, Tiefenrausch

\*) Hinweis für Nitrox\*\*

$pO_2 \leq 1,30\text{bar}$   
 $pO_2 \leq 1,60\text{bar}$

für Grundgemisch  
für Deko-Gase



- **Maximum Operating Depth (MOD)**
- Zwei Grenzwerte definieren die max. Tiefe / den maximalen Druck
  1. Umgebungsdruck darf 5bar (= 40m) nicht überschreiten (narkotische Wirkung)
  2. O<sub>2</sub>-Partialdruck darf max. 1,4bar / 1,3bar \*) nicht überschreiten (ZNS-Schädigung)

\*) pO<sub>2</sub>max für Nx1 = 1,4bar und Nx2 = 1,3bar für das Grundgemisch und 1,6bar für das Dekogas

# Fachbereich Ausbildung

## MOD (Sauerstoffgrenze)



$$p_{max} = \frac{p_{O_2max}}{f_{O_2}}$$

$p_{max}$  = maximaler Umgebungsdruck (bar)

$p_{O_2max}$  = maximaler  $O_2$ -Partialdruck (bar)

$f_{O_2}$  = Anteil (%)  $O_2$  im Gas

$$MOD = (p_{max} - 1bar) \times 10^m / bar$$

Nitrox 32 (Nx1)

$$p_{max} = 4,375 bar = \frac{1,4 bar}{0,32}$$

$$MOD = 3,3bar * 10 m/bar$$

$$MOD = 33m (gerundet)$$

In Beispielen ist der  $p_{O_2max}$  für Nx1 = 1,4bar und Nx2 = 1,3bar

# Fachbereich Ausbildung

## O<sub>2</sub>-Partialdruck und Limits (Nx1)



Tiefe (m)	Anteil O <sub>2</sub> % im Atemgas																													
	21%	22%	23%	24%	25%	26%	27%	28%	29%	30%	31%	32%	33%	34%	35%	36%	37%	38%	39%	40%										
0	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39	0,40										
2	0,25	0,26	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,40	0,41	0,42	0,43	0,44	0,46	0,47	0,48										
4	0,29	0,31	0,32	0,34	0,35	0,36	0,38	0,39	0,41	0,42	0,43	0,45	0,46	0,48	0,49	0,50	0,52	0,53	0,55	0,56										
6	0,34	0,35	0,37	0,38	0,40	0,42	0,43	0,45	0,46	0,48	0,50	0,51	0,53	0,54	0,56	0,58	0,59	0,61	0,62	0,64										
8	0,38	0,40	0,41	0,43	0,45	0,47	0,49	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,59	0,61	0,63	0,65	0,67	0,68	0,70	0,72										
10	0,42	0,44	0,46													0,72	0,74	0,76	0,78	0,80										
12	0,46	0,48	0,51	<p style="text-align: center;"><b>Zulässiger Tauchbereich (Nx1)</b></p> <p style="text-align: center;"><b>pO<sub>2</sub> ≤ 1,4bar</b></p> <p style="text-align: center;"><b>(pO<sub>2</sub>+pN<sub>2</sub>) ≤ 5,0bar</b></p>										0,79	0,81	0,84	0,86	0,88												
14	0,50	0,53	0,55											0,86	0,89	0,91	0,94	0,96												
16	0,55	0,57	0,60											0,94	0,96	0,99	1,01	1,04												
18	0,59	0,62	0,64											1,01	1,04	1,06	1,09	1,12												
20	0,63	0,66	0,69											1,08	1,11	1,14	1,17	1,20												
22	0,67	0,70	0,74											1,15	1,18	1,22	1,25	1,28												
24	0,71	0,75	0,78											0,82	0,85	0,88	0,92	0,95	0,99	1,02	1,05	1,09	1,12	1,16	1,19	1,22	1,26	1,29	1,33	1,36
26	0,76	0,79	0,83											0,86	0,90	0,94	0,97	1,01	1,04	1,08	1,12	1,15	1,19	1,22	1,26	1,30	1,33	1,37	1,40	1,44
28	0,80	0,84	0,87											0,91	0,95	0,99	1,03	1,06	1,10	1,14	1,18	1,22	1,25	1,29	1,33	1,37	1,41	1,44	1,48	1,52
30	0,84	0,88	0,92											0,96	1,00	1,04	1,08	1,12	1,16	1,20	1,24	1,28	1,32	1,36	1,40	1,44	1,48	1,52	1,56	1,60
32	0,88	0,92	0,97	1,01	1,05	1,09	1,13	1,18	1,22	1,26	1,30	1,34	1,39	1,43	1,47	1,51	1,55	1,60	1,64	1,68										
34	0,92	0,97	1,01	1,06	1,10	1,14	1,19	1,23	1,28	1,32	1,36	1,41	1,45	1,50	1,54	1,58	1,63	1,67	1,72	1,76										
36	0,97	1,01	1,06	1,10	1,15	1,20	1,24	1,29	1,33	1,38	1,43	1,47	1,52	1,56	1,61	1,66	1,70	1,75	1,79	1,84										
38	1,01	1,06	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,34	1,39	1,44	1,49	1,54	1,58	1,63	1,68	1,73	1,78	1,82	1,87	1,92										
40	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00										
42	1,09	1,14	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,46	1,51	1,56	1,61	1,66	1,72	1,77	1,82	1,87	1,92	1,98	2,03	2,08										
44	1,13	1,19	1,24	1,30	1,35	1,40	1,46	1,51	1,57	1,62	1,67	1,73	1,78	1,84	1,89	1,94	2,00	2,05	2,11	2,16										
46	1,18	1,23	1,29	1,34	1,40	1,46	1,51	1,57	1,62	1,68	1,74	1,79	1,85	1,90	1,96	2,02	2,07	2,13	2,18	2,24										
48	1,22	1,28	1,33	1,39	1,45	1,51	1,57	1,62	1,68	1,74	1,80	1,86	1,91	1,97	2,03	2,09	2,15	2,20	2,26	2,32										

Umgebungsdruck > 5bar

pO<sub>2</sub> > 1,4bar

## O<sub>2</sub>-Exposition des ZNS



- Der pO<sub>2</sub>-Grenzwert (1,4bar) funktioniert nicht wie ein Schalter
- pO<sub>2</sub>-Drücke >1,4bar führen zu einer beschleunigten O<sub>2</sub>-Aufsättigung des ZNS und der Taucher erreicht schnell die Maximaldosis von 100%
- Der **CNSO<sub>2</sub>%-Wert** gibt an, um wieviel % das ZNS pro Minute von der **Maximaldosis O<sub>2</sub> (100%)** belastet wird

Bei 1,4bar sind das 0,7%/min, nach 154 Minuten sind 100% erreicht

PO <sub>2</sub>	CNS O <sub>2</sub> % in %/min	max. Tauch- zeit in min.	Tiefe (m) mit Nx32
0,60	0,1	714	8
0,70	0,2	556	11
0,80	0,2	455	15
0,90	0,3	357	18
1,00	0,3	303	21
1,10	0,4	238	24
1,20	0,5	213	27
1,30	0,6	179	30
<b>1,40</b>	<b>0,7</b>	<b>154</b>	<b>33</b>
1,50	0,8	120	36
1,60	2,2	45	40
1,70	10,0	10	43
1,80	50,0	2	46
1,82	100,0	1	46

# Fachbereich Ausbildung

## CNSO<sub>2</sub>-Aufsättigungstabelle (NOAA)



pO <sub>2</sub> [bar]	CNS O <sub>2</sub> % [%/min]	Tauchzeit [min]	pO <sub>2</sub> [bar]	CNS O <sub>2</sub> % [%/min]	Tauchzeit [min]	pO <sub>2</sub> [bar]	CNS O <sub>2</sub> % [%/min]	Tauchzeit [min]
0,50	0,00		1,02	0,35	286	1,42	0,68	147
0,60	0,14	714	1,04	0,36	278	1,44	0,71	141
0,64	0,15	667	1,06	0,38	263	1,46	0,74	135
0,66	0,16	625	1,08	0,40	250	1,48	0,78	128
0,68	0,17	588	1,10	0,42	238	1,50	0,83	120
0,70	0,18	556	1,12	0,43	233	1,52	0,93	108
0,74	0,19	526	1,14	0,43	233	1,54	1,04	96
0,76	0,20	500	1,16	0,44	227	1,56	1,19	84
0,78	0,21	476	1,18	0,46	217	1,58	1,47	68
0,80	0,22	455	1,20	0,47	213	1,60	2,22	45
0,82	0,23	435	1,22	0,48	208	1,62	5,00	20
0,84	0,24	417	1,24	0,51	196	1,65	6,25	16
0,86	0,25	400	1,26	0,52	192	1,67	7,69	13
0,88	0,26	385	1,28	0,54	185	1,70	10,00	10
0,90	0,28	357	1,30	0,56	179	1,72	12,50	8
0,92	0,29	345	1,32	0,57	175	1,74	20,00	5
0,94	0,30	333	1,34	0,60	167	1,76	25,00	4
0,96	0,31	323	1,36	0,62	161	1,78	31,25	3
0,98	0,32	313	1,38	0,63	159	1,80	50,00	2
1,00	0,33	303	1,40	0,65	154	1,82	100,00	1

<b>Oberflächenintervallzeit</b>	0:30	1:00	1:30	2:00	2:30	3:00	<b>Stunden</b>
<b>Multiplikator für CNS O<sub>2</sub>%</b>	0,8	0,63	0,5	0,4	0,31	0,25	<b>x CNS O<sub>2</sub>%</b>
<b>Oberflächenintervallzeit</b>	3:30	4:00	4:30	5:00	6:00	9:00	<b>Stunden</b>
<b>Multiplikator für CNS O<sub>2</sub>%</b>	0,2	0,16	0,13	0,1	0,06	0	<b>x CNS O<sub>2</sub>%</b>



**NOAA**  
NATIONAL OCEANIC AND  
ATMOSPHERIC ADMINISTRATION  
UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE



- Das Atmen von hohen O<sub>2</sub>-Konzentrationen (Partialdrücken) schädigt das Lungengewebe
- Die Lungenschädigung beginnt ab einem pO<sub>2</sub> von > 0,5bar
- Die Lungenexposition wird über OTU (Oxygen Toxic Units) bestimmt. OTU ist eine Sauerstoffdosis pro Minute, die einen Tagesgrenzwert nicht übersteigen darf

# Fachbereich Ausbildung

## OTU (NOAA)



pO <sub>2</sub> [bar]	OTU [OTU/min]	Maximale Tauchzeit pro Tag bei aufeinanderfolgenden Tauchtagen [Stunden/Tag]						
		1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag	6. Tag	7. Tag
maximale		850	700	620	525	460	420	380
0,5	0,00	-	-	-	-	-	-	-
0,6	0,27	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	23,50
0,7	0,47	24,00	24,00	22,00	18,50	16,25	15,00	13,50
0,8	0,66	21,50	17,75	15,75	13,25	11,50	10,50	9,50
0,9	0,84	16,75	14,00	12,25	10,50	9,25	8,25	7,50
1,0	1,00	14,25	11,75	10,25	8,75	7,75	7,00	6,25
1,1	1,17	12,00	10,00	8,75	7,50	6,50	6,00	5,50
1,2	1,33	10,75	8,75	7,75	6,50	5,75	5,25	4,75
1,3	1,48	9,50	8,00	7,00	6,00	5,25	4,75	4,25
1,4	1,63	8,75	7,25	6,25	5,25	4,75	4,25	4,00
1,5	1,78	8,00	6,50	5,75	5,00	4,25	4,00	3,50
1,6	1,93	7,25	6,00	5,25	4,50	4,00	3,75	3,25
1,7	2,01	7,00	5,75	5,00	4,25	3,75	3,50	3,00
1,8	2,20	6,50	5,25	4,75	4,00	3,50	3,25	2,75

- Belastung des Lungengewebes abhängig vom pO<sub>2</sub>
- Die maximale Tagesdosis darf nicht überschritten werden
  - max. 850 OTU am 1. Tag
  - max. 700 OTU am 2. Tag
  - ...



- Grundlagen
- Gasgrenzwerte und medizinische Risiken
- **Dekompression und TG-Planung mit Nitrox**
- O<sub>2</sub>-Analyse
- Atemregler und Ventile



1. Ziel-Tiefe und Grundzeit festlegen
2. Wähle die richtige Gasmischung (O<sub>2</sub>-Anteil)  
(z.B. Best-Mix, besser Standardgemisch)
3. Bestimme die Dekompressionspflichten
4. Bestimme die MOD und halte sie ein
5. Bestimme die CNSO<sub>2</sub>-Sättigung und OTUs.  
Bleibe deutlich unter den Grenzwerten

# Fachbereich Ausbildung

## Standardgemische $\Rightarrow$ Sicherheitsgewinn



- Gleiche Planungsgrundlagen für alle in der Tauchgruppe (MOD / EAD)
- Routine in der Planung
- Tauch-Team mit gleichen Gasen und Anforderungen
- Einfachere Gaslogistik

Gas	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Einsatz	MOD (m) mit pO <sub>2</sub> max			N <sub>2</sub> -Ratio zu Luft
				1,3	1,4	1,6	
Luft	21%	79%	Grund-Gas	40	40	40	1,00
EAN 32	32%	68%	Grund-Gas	31	34	40	0,86
EAN 36	36%	64%	Grund-Gas	26	29	34	0,81
EAN 40	40%	60%	Grund-Gas	23	25	30	0,76
EAN 50	50%	50%	Deko-Gas ab 21m	16	18	22	0,63
OXY	100%	0%	Deko-Gas ab 6m	3	4	6	-



- EAD (Equivalent Air Depth) ist die äquivalente Lufttiefe eines Gases
- Ursächlich für die Dekompression ist der Stickstoff. Weniger Stickstoff ( $f_{N_2}$ ) im Gas (zu Gunsten von  $f_{O_2}$ ) senkt faktisch den für die Dekompression wichtigen Parameter „Umgebungsdruck“ bezogen auf die Lufttabelle

$$EAP = \frac{f_{N_2}}{0,79} \times p_{Umgebung}$$

$$EAD = (EAP - 1bar) \times 10^m / bar$$

Tauche ich mit  
EAN32 auf 30m

$$f_{N_2} = (1 - 0,32) = 0,68$$

$$Faktor = \frac{0,68}{0,79} = 86\%$$

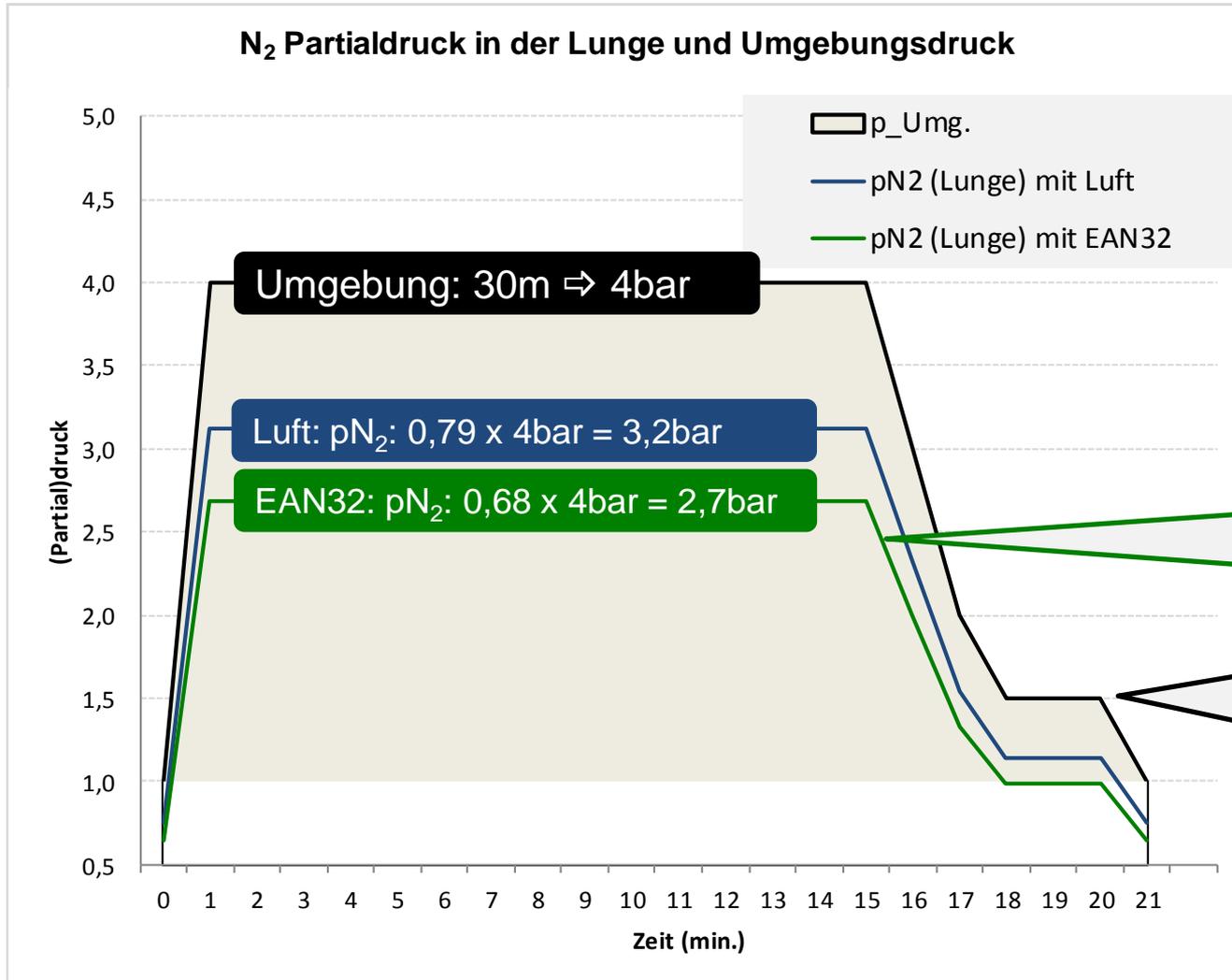
$$EAP = 86\% \times 4bar = 3,5bar$$

$$EAD = 25m$$

Für den Körper wirkt Nx32 auf 30m physiologisch so, als wenn ich mit Luft auf 25m tauche

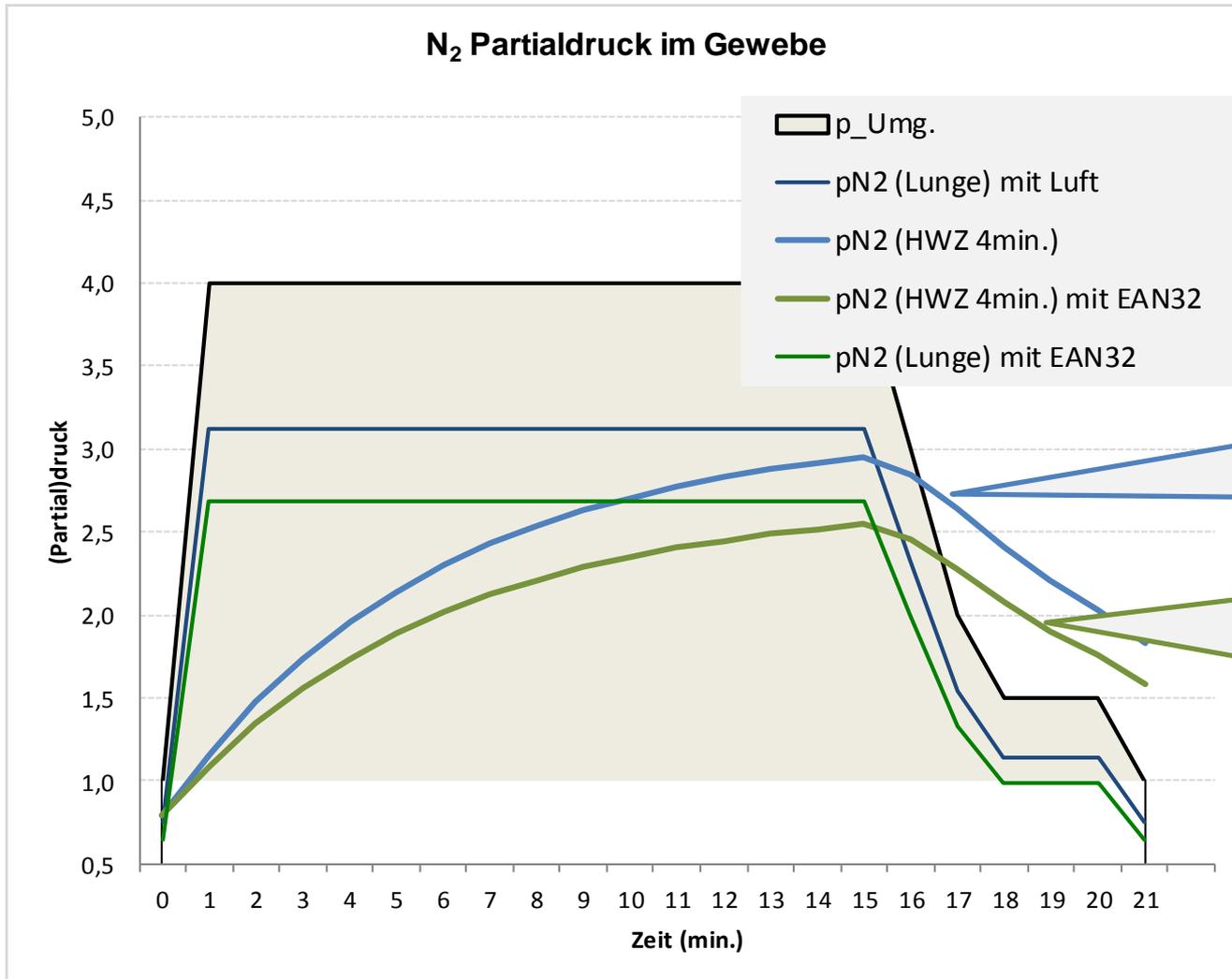
# Fachbereich Ausbildung

## Druckprofil eines 30m TG (GZ = 30min)



$p_{N_2}$  mit EAN32 um Faktor 0,86 geringer

Sicherheitsstopp  
3min @ 5m



# Fachbereich Ausbildung

## EAD (Anwendungsnutzen)



- Verdeutlichung des dekompressionsphysiologischen Sicherheitsvorteils von Mischgasen bezogen auf Lufttauchgänge
- Verwendung von Lufttabellen zur Bestimmung der Dekompressionsstufen und –pausen
  - Bestimmung der EAD
  - Weitere Planung mit der EAD anstatt mit der tatsächlichen Tiefe



# Fachbereich Ausbildung

## Gaswechsel beim **Nitrox\*\***



### Gaswechsel auf 21m

von Luft (Rückengerät) auf EAN50 (Stage)

⇒ Verkürzung der Dekompressionsphase



# Fachbereich Ausbildung

## Einsatz von Dekompressionsgasen (Nx2)



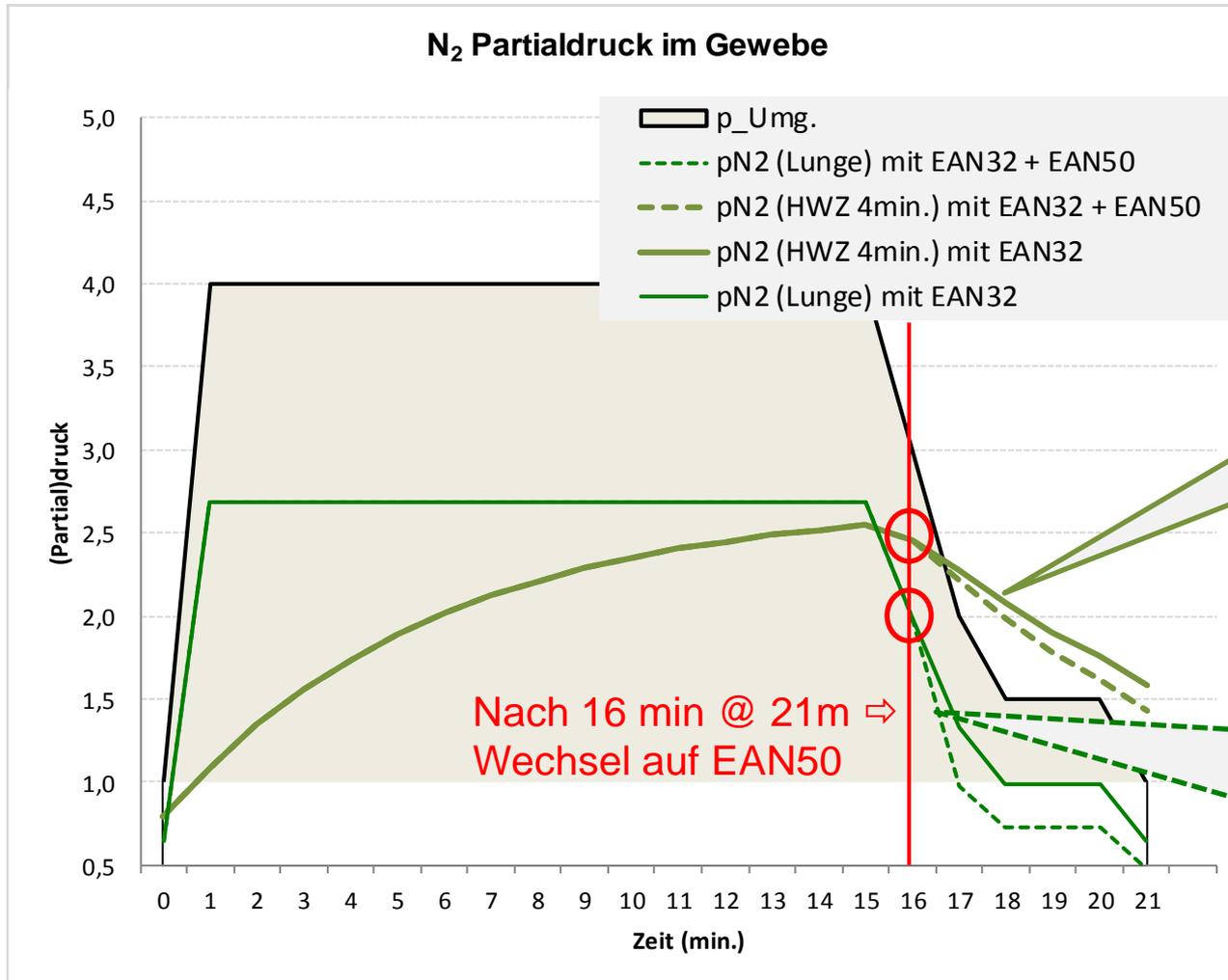
Standardgase Dekompression	Internationale Bezeichnung	Sauerstoff	Stickstoff
Nitrox 50	EAN50	50%	50%
Oxygen	OXY	100%	0%

Deutliche Reduktion des Stickstoffs ab 21m durch Gaswechsel (**nur bei Nx2**)

- Deutliche Reduktion / Abbruch der weiteren Aufsättigung in der Dekompressionsphase
- Nutzung des „Sauerstoff-Fensters“

30min@40m (mit V-Planner gerechnet)

mit Luft: 64 min Deko  
mit Gw. EAN50: 29 min Deko



pN<sub>2</sub> (4min-Gewebe) mit Luft

pN<sub>2</sub>(Lunge) und pN<sub>2</sub> (4min-Gewebe) fällt nach Wechsel auf EAN50 deutlich schneller ab

# Fachbereich Ausbildung

## Methoden der Dekoberechnung



- Deco 2000 + EAD
- Software (V-Planner, ...)
- Tauchcomputer (Nitrox\* fast alle, Nitrox\*\* viele)
- Nitrox-Dekompressionstabellen



TAUCHPLANNER NITROX		Gasanalyse		Nitrox (% O <sub>2</sub> )	
Ermittlung Gasvorrat		Ermittlung Gasvorrat		Ermittlung Gasvorrat	
Ermittlung Tauchzeit		Ermittlung Tauchzeit		Ermittlung Tauchzeit	
Ermittlung MOD		Ermittlung MOD		Ermittlung MOD	
Ermittlung EAD		Ermittlung EAD		Ermittlung EAD	
Ermittlung Nullzeit/Zeltzuschlag nach Ausatmabelle		Ermittlung Nullzeit/Zeltzuschlag nach Ausatmabelle		Ermittlung Nullzeit/Zeltzuschlag nach Ausatmabelle	
Ermittlung CNS Belastung		Ermittlung CNS Belastung		Ermittlung CNS Belastung	
Etikettierung Tauchgerät		Etikettierung Tauchgerät		Etikettierung Tauchgerät	

Tiefe (m)	26	27	28	31	32	35	36	40	41	45	50	52	54	58	60	66
9	8	8	7	7	6	5	5	4	3	2	2	0	0	0	0	0
10	9	9	8	7	7	6	5	4	3	2	2	0	0	0	0	0
11	10	10	9	8	8	7	6	5	4	3	3	2	0	0	0	0
12	11	11	10	9	9	8	7	6	4	4	3	2	0	0	0	0
13	12	12	11	10	9	9	8	6	5	4	4	3	2	0	0	0
14	13	13	12	11	10	10	9	8	7	6	5	4	3	2	0	0
15	14	14	13	12	11	11	9	9	8	6	5	4	3	2	0	0
16	15	14	13	13	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2	0	0
17	16	15	14	14	13	12	11	9	8	7	6	5	4	3	2	0
18	17	16	15	15	13	12	11	9	8	7	6	5	4	3	2	0
19	18	17	16	15	14	13	12	11	9	8	7	6	5	4	3	2
20	19	18	17	16	15	13	11	9	8	7	6	5	4	3	2	0
21	20	19	18	17	16	14	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2
22	20	20	18	17	16	14	13	11	10	9	8	7	6	5	4	3
23	21	21	19	18	17	15	13	11	10	9	8	7	6	5	4	3
24	22	22	21	20	20	18	16	14	13	11	10	9	8	7	6	5
25	23	23	22	21	21	19	17	15	14	13	11	10	9	8	7	6
26	24	24	23	22	21	20	18	17	16	15	13	12	11	10	9	8
27	25	25	24	23	22	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10
28	26	26	25	24	23	22	21	19	18	17	16	15	14	13	12	11
29	27	27	26	25	24	23	22	20	19	18	17	16	15	14	13	12
30	28	27	27	26	25	24	23	21	20	19	18	17	16	15	14	13
31	29	28	28	27	26	24	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15
32	30	29	29	27	27	25	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
33	31	30	30	28	28	26	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17
34	32	31	31	29	29	27	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18
35	33	32	32	30	29	27	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18
36	34	33	33	31	30	28	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19
37	35	34	34	32	31	29	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20
38	36	35	35	33	32	30	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21
39	37	36	36	34	33	31	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22
40	37	37	36	34	33	31	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22
41	38	37	37	35	34	32	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23
42	38	38	37	35	34	32	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23
43	39	38	38	36	35	33	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24
44	41	40	40													
45	42	41	41													

pO <sub>2</sub> (bar)	CNS O <sub>2</sub> % (P <sub>max</sub> )	Tauchzeit (min)	pO <sub>2</sub> (bar)	CNS O <sub>2</sub> % (P <sub>max</sub> )	Tauchzeit (min)
0,96	0,31	323	1,34	0,60	107
1,00	0,33	303	1,36	0,62	101
1,04	0,36	278	1,40	0,65	104
1,06	0,38	263	1,44	0,71	141
1,10	0,42	238	1,48	0,74	135
1,14	0,43	233	1,58	0,83	129
1,16	0,44	227	1,54	1,04	68
1,20	0,47	213	1,56	1,19	64
1,24	0,51	196	1,60	2,22	46
1,28	0,52	192			

CNS O <sub>2</sub> % - Tabelle (NOAA)
0 - 700 m ü. N.N.



- Grundlagen
- Gasgrenzwerte und medizinische Risiken
- Dekompression und TG-Planung mit Nitrox
- **O<sub>2</sub>-Analyse**
- Atemregler und Ventile

# Fachbereich Ausbildung

## Gasanalyse



### Falsche Annahme zum Gas ist ein Hauptrisikofaktor!

- Jedes Gas wird vom Taucher vor dem Tauchgang analysiert
- Geräte kalibrieren
- Bei Nitrox\*\* nach dem 4-Augenprinzip
- Bei Doppelgeräten feststellen, ob die Brücke geöffnet ist



# Fachbereich Ausbildung

## Etikettierung an der Flasche



MOD	33
Zielgemisch (EANx)	EAN 32
Analyseergebnis	32,0%
Datum	03.10.2010
Name	Mustermann



- Grundlagen
- Gasgrenzwerte und medizinische Risiken
- Dekompression und TG-Planung mit Nitrox
- O<sub>2</sub>-Analyse
- **Atemregler und Ventile**



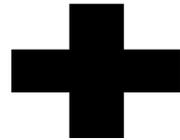
- Sauerstoff ist ein stark oxidierendes Gas
- Grundsätzlich, aber v.a. unter hohen Drücken und Temperaturen, ist die Reaktionsgefahr sehr hoch
  - Brand wird durch Sauerstoff stark beschleunigt
  - Ein Entflammen kann viel leichter entstehen
  - Materialien können brennen, die unter Luft nur schwer entzündbar sind (z.B. Stahl)

# Fachbereich Ausbildung

## Sauerstofftaugliche Ausrüstung



sauerstoff-  
verträglich



sauerstoff-  
rein



sauerstoff-  
tauglich

Materialien, die nicht  
mit O<sub>2</sub> reagieren

- Kupfer, V4A, Messing  
(kein Zink)
- Viton-O-Ringe  
(kein Gummi)
- Teflon
- Spezienschmiermittel  
(kein Silikonfett)

Frei von Verunreinigung

- Keine Öle , Fette
- Keine Schmutz-/Rost-  
partikel
- Keine Farben
- Keine Reinigungs-  
mittelrückstände

# Fachbereich Ausbildung

## Nitrox - Ausrüstung

### Nitrox-Ventilgewinde M26x2



Ventil mit zwei einzeln  
absperrbaren Abgängen



Ventil mit einem Abgang

*Bei Nitrox-Ventilen sind alle Bauteile  
sauerstofftauglich!*

DIN EN 144-3: Atemschutzgeräte - Gasflaschenventile - Teil 3: Gewindeverbindungen am  
Ausgangsstutzen für die Tauchgase Nitrox und Sauerstoff

# Fachbereich Ausbildung

## Nitrox-Atemregler



Bei Nitrox-Atemreglern sind alle Bauteile sauerstofftauglich!