

Schnorcheltauchkurs 2013



Arten von Wassersportlern

0 m: Bootsgasten

- sehr schnell
- ignorieren U/W-Welt

0,5 m: Schwimmer

- schnell
- fürchten U/W-Welt

10 m (214 m): Apnoe- / Schnorcheltaucher

- schnell
- lieben U/W-Welt

60 m (>500 m): Scuba- / Gerätetaucher

- langsam
- lieben U/W-Welt

Apnoe = Atemstillstand
Scuba = self-contained
underwater breathing
apparatus

U/W – Die andere Sphäre

Eigenschaft	Wasser	Luft
Dichte	groß	klein, fast 0
Kompressibilität	klein, fast 0	groß
Schall-Leitung	x 5	1
Lichtabsorption und –streuung	groß	klein
Lichtbrechung	x 1,3	1
Wärmekapazität und –leitung	x 3000, x 23	1
Viskosität	groß	klein
Oberflächenspannung	groß	klein

Dichte – Archimedisches Prinzip

„Ein Körper verliert beim Eintauchen in eine Flüssigkeit scheinbar soviel an Gewichtskraft, wie die von ihm verdrängte Flüssigkeitsmenge wiegt.“

$$G = m \cdot g = \rho \cdot g \cdot V$$

$$G_W = 1 \frac{\text{kg}}{\text{l}} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot V[\text{l}] = 9,81 \cdot V \text{ N}$$

$$F_A = G - G_W = (\rho - \rho_W) \cdot \underbrace{g \cdot V}_{\text{konst.}}$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\Delta = \frac{\rho - \rho_W}{\rho_W}$$

$$F_A \approx \Delta$$

Dichte – relative Dichte

	Dichte [kg/l]	Relative Dichte	Tarierung
Süßwasser	1	0	neutral
Salzwasser	1,035	+ 3,5 %	negativ
Mensch ohne Luft	1.02	+ 2 %	negativ
Menschenfett	0,94	- 6 %	positiv
Neoprenanzug	0,1	- 90 %	positiv
Blei	11,3	+ 1130%	negativ
Luft	0,0006	- 100 %	positiv

Dichte - Tarierung

Tiefe für neutrale Tarierung:
$$t = 10,2 \cdot \left(\frac{V_{fest} + V_{Gas,0}}{m_{ges}} - 1 \right)$$

Faustformel:
$$t[m] = -\Delta[\%]/10$$

Mensch	t	Δ
ausgeatmet (1,5 l)	- 0,013 m	2 %
normal eingeatmet (3,5 l)	0,24 m	- 2,3 %
tief eingeatmet (7 l)	0,69 m	- 6,3 %
ausgeatmet + 5 mm Neo	1,12 m	- 11,7 %
normal eingeatmet + 5 mm Neo	1,37 m	- 13,6 %
tief eingeatmet + 5 mm Neo	1,81 m	- 14,1 %

5 mm Neo:
10 l Verdrängung
Eigenmasse: 1 kg
Differenz: 9 kg
=> Bleigurt!

Dichte - Druck

Dynamischer Druck: durch Bewegung – wird vernachlässigt.

(hydro) statischer Druck: durch Gewichtskraft

$$p = \frac{G}{A} = \frac{m \cdot g}{A} = \frac{\rho \cdot g \cdot V}{A}$$

Normaldruck: $p_0 \approx 1000 \text{ hPa} = 1 \text{ bar}$

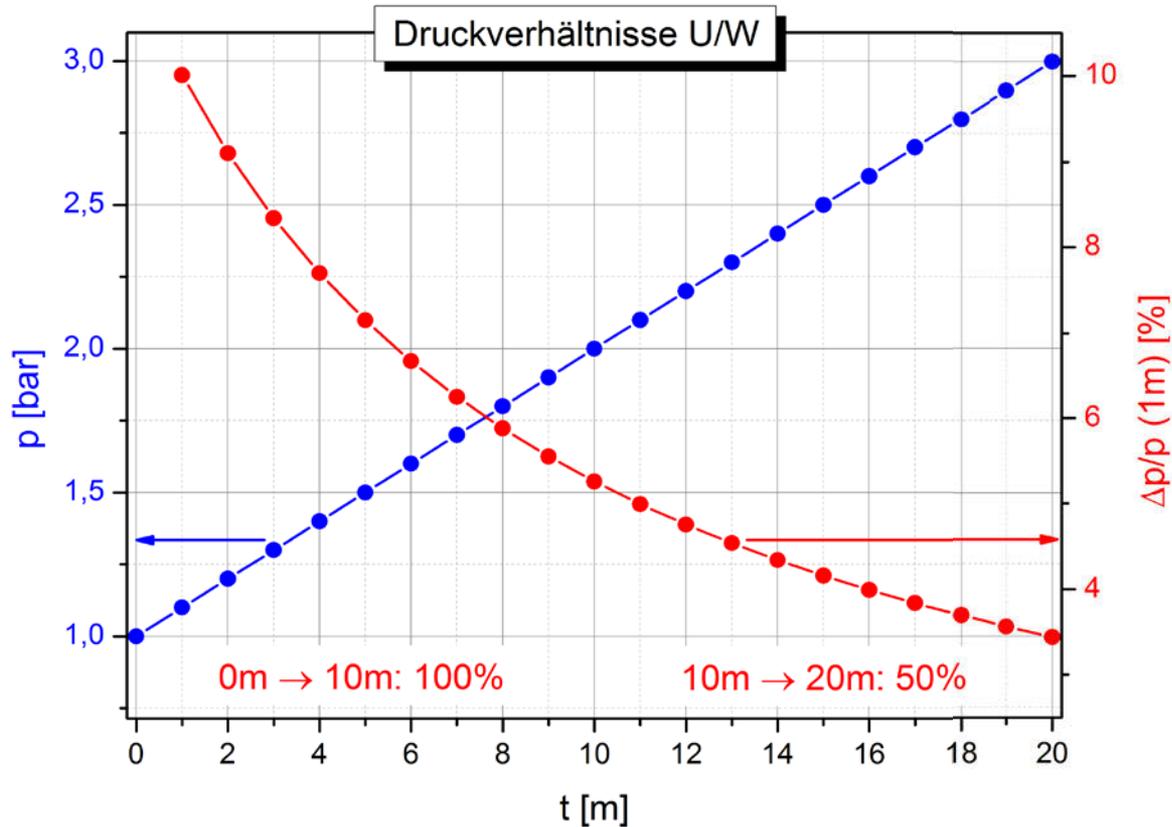
(abhängig vom Wetter $\pm 5\%$)

(abhängig von der Höhe $-\frac{0,1 \text{ bar}}{1000\text{m}}$)

Druck U/W:
$$p = p_0 + \frac{\rho \cdot g \cdot V}{A} = p_0 + \rho \cdot g \cdot t$$

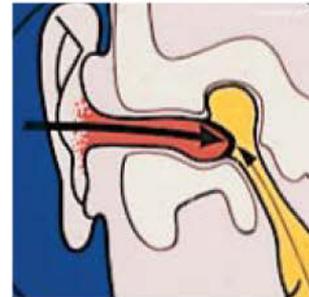
Faustformel:
$$p = 1 \text{ bar} + 0,1 \frac{\text{bar}}{\text{m}} \cdot t$$

Dichte - Druckausgleich



Druckausgleich bei $\Delta p = 20\%$
(starke Dehnung des Trommelfells)

- 2 m (+2,0 m)
- 4,4 m (+2,4 m)
- 7,3 m (+2,9 m)
- 10,7 m (+3,4 m)
- 14,8 m (+4,1 m)
- 20,0 m (+5,2 m)
- ...
- 40 m (+10 m)



Dichte - Schnorchellänge

Typischer Atemdruck: $\Delta p = \pm 3 \text{ kPa} = \pm 0,03 \text{ bar}$;

Normaldruck: $p_0 = 1 \text{ bar}$

Bis zu welcher Wassertiefe kann man Luft ansaugen?

$$p = p_0 + \Delta p = 1,03 \text{ bar}$$

$$t = \frac{p - 1 \text{ bar}}{0,1 \frac{\text{bar}}{\text{m}}} = 0,3 \text{ m}$$

Helmtaucher nutzen 10 ... 20 bar!

Kompressibilität

feste, flüssige Stoffe (Wasser, Ausrüstung, Mensch)

- (fast) nicht kompressibel

gasförmige Stoffe (Luft in der Ausrüstung (Maske), im Mensch (Lunge, Rachen...))

- sehr stark kompressibel

Ideales Gas (Punktmasse, keine Wechselwirkungen zwischen den Teilchen)

- linear kompressibel

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

Kompressibilität – ideales Gasgesetz

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

Druck Volumen Teilchenmenge Konstante Temperatur $T/K = \vartheta/^\circ\text{C} + 273$

Δp ... durch Abtauchen, Auftauchen

ΔV ... durch Abtauchen, Auftauchen, Einatmen, Ausatmen

Δn ... durch Einatmen, Ausatmen

ΔT ... durch Abtauchen, Auftauchen

$$n \cdot R \cdot T = \text{const}$$

$$\frac{n \cdot R}{V} = \text{const}$$

$$\frac{n \cdot R}{p} = \text{const}$$

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

$$p_1/T_1 = p_2/T_2$$

$$V_1/T_1 = V_2/T_2$$

Boyle-Mariotte'sches Gesetz

Gay-Lussac'sches Gesetz

Amonton's Gesetz

Kompressibilität – Boyle-Mariotte

$$p \cdot V = \text{const}$$

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

Abtauchen mit gefüllter Lunge: < 7 l Luft an der Oberfläche
in 10 m Tiefe $p = 2 \cdot p_0 \Rightarrow$ < 3,5 l Luft
 \rightarrow Aber: $n = \text{const} \Rightarrow$ gleiche O_2 -Menge für Vitalfunktion

Neoprenanzug: 5 mm Dicke an der Oberfläche
In 10 m Tiefe $p = 2 \cdot p_0 \Rightarrow$ 2,5 mm Dicke \Rightarrow schlechtere Isolation

Tauchermaske: 100 ml an der Oberfläche
In 10 m Tiefe $p = 2 \cdot p_0 \Rightarrow$ - 50 ml
 \Rightarrow Druckausgleich, sonst Augenschaden



Schall-Leitung – Hören U/W

Schallwellen = mechanische Wellen, an Teilchen gekoppelt

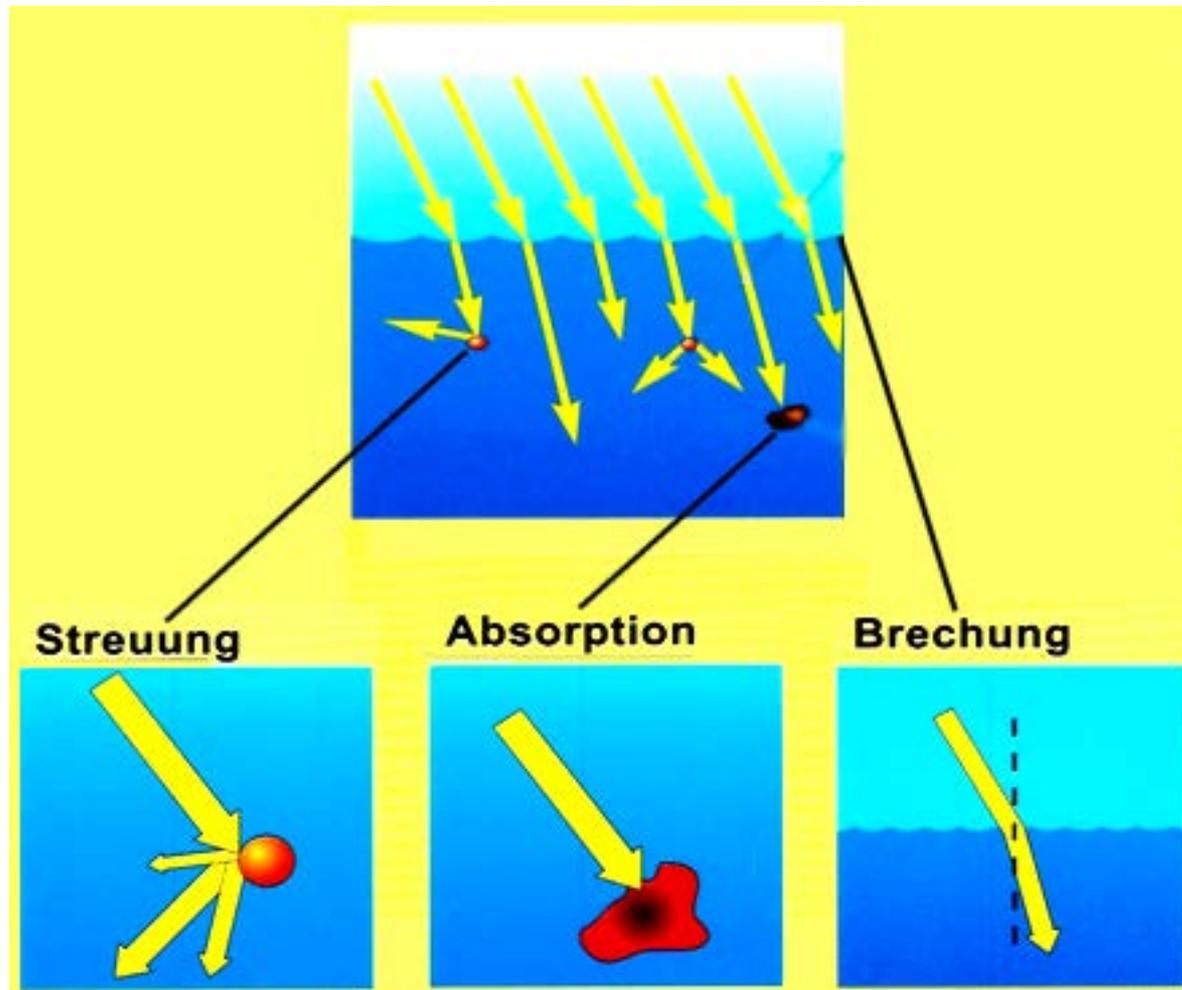
- mehr Teilchen im dichteren Wasser als in der Luft

⇒ Schallgeschwindigkeit in Luft: 330 m/s; im Wasser: 1500 m/s

⇒ kein Richtungshören möglich (Auswertung Laufzeitdifferenz rechtes – linkes Ohr)

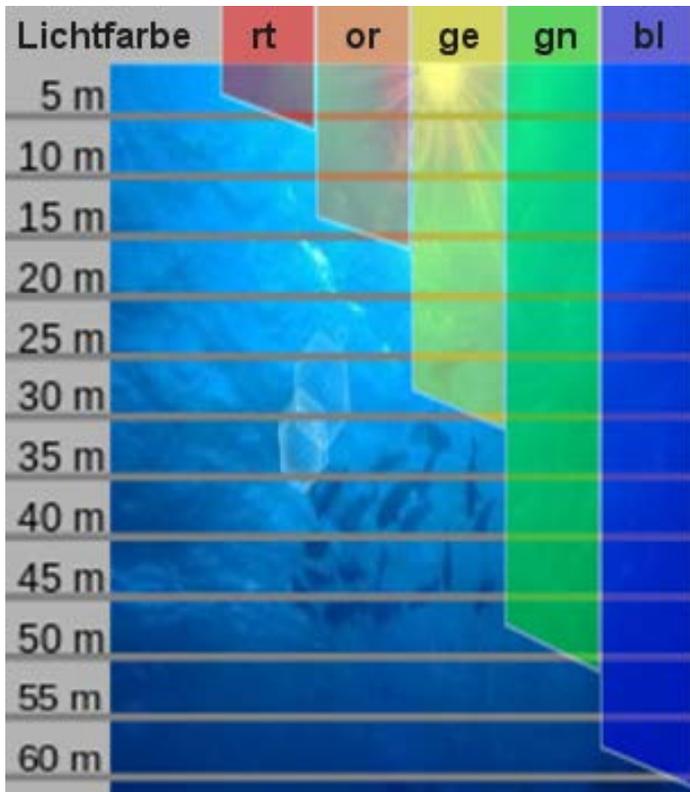
⇒ viel weiter entfernte Geräusche hörbar, besonders bei tiefen Frequenzen, wie z. B. Schiffsschraube

Licht– Sehen U/W



Lichtabsorption / -streuung – Sehen U/W

Absorption/Streuung durch klares Wasser



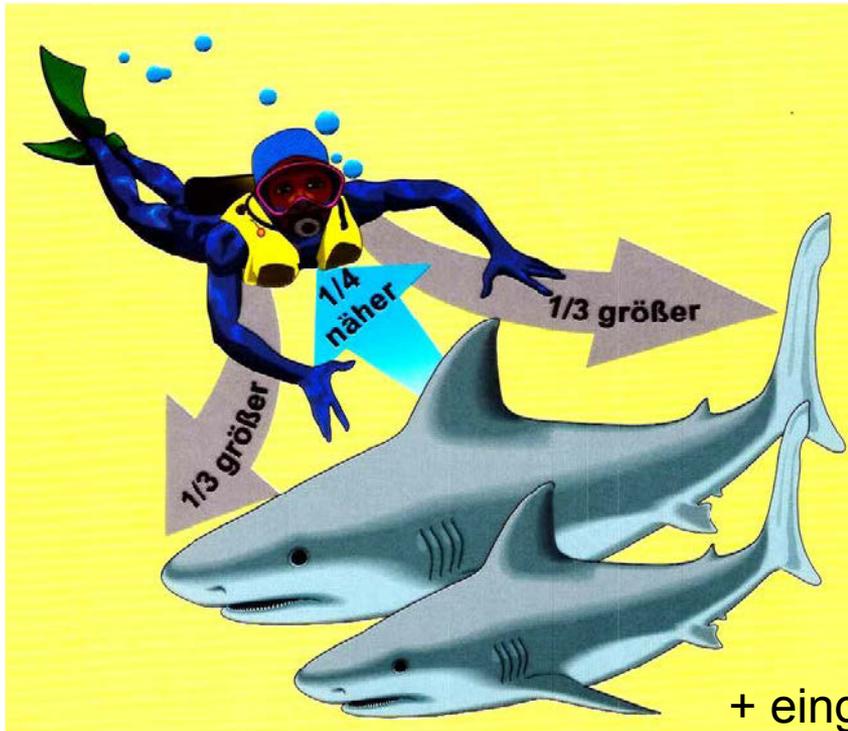
Farbe	λ [nm]	t_{50} [m]	Abs	Str
li	400	-8,7	55%	45%
bl	450	-17,3	44%	56%
bl	500	-18,2	61%	39%
gn	550	-14,7	79%	21%
ge	600	-3,5	96%	4%
or	650	-2,2	98%	2%
rt	700	-1,2	99%	1%

1 m: 50% + Absorption durch dunklen Grund
 10 m: 85% + Streuung an Schwebstoffen
 25 m: 95%

Lichtbrechung – Sehen U/W

Luft: optisch dünneres Medium $n = 1,0$

Wasser: optisch dichteres Medium $n = 1,33$



+ eingeschränktes Gesichtsfeld
⇒ Rundumblick durch Kopfdrehung

Wärmekapazität und -leitung

Wärmekapazität $c = \frac{Q}{x \cdot T}$ $x \dots m, n, V$

$c(\text{Wasser}) = 4200 \text{ kJ/m}^3\text{K}$ $\leftarrow \frac{\times 3000}{\text{---}}$ $c(\text{Luft}) = 1,3 \text{ kJ/m}^3\text{K}$

Wärmeleitfähigkeit $\lambda = \frac{Q}{t \cdot l \cdot T}$

$\lambda(\text{Wasser}) = 0,604 \text{ W/mK}$ $\leftarrow \frac{\times 23}{\text{---}}$ $\lambda(\text{Luft}) = 0,0263 \text{ W/mK}$

- ⇒ im Wasser schnellere Auskühlung als in der Luft
- ⇒ relativ konstante Temperaturen im Wasser

Streckentauchen



Hamburg, 3. Juli 2008: Der gebürtige Hamburger Tom Sietas hat seinen Anspruch, der **weltbeste Apnoe-Taucher** zu sein, erneut eindrucksvoll untermauert. Nachdem er Anfang Juni 2008 in Athen bereits als erster Mensch der Welt die Luft **mehr als 10 Minuten lang angehalten** hatte, hat er am 2. Juli 2008 erneut eine historische Bestmarke aufgestellt: Der 31-jährige verbesserte den **Weltrekord in der Disziplin Streckentauchen ohne Flossen** von bisher 186 Meter auf bis dato für nahezu unmöglich gehaltene **213 Meter**.

Im Schwimmbecken des Hamburger Fitness-Centers „Holmes Place“ **benötigte er für diese Strecke 4:19 Minuten**. Zwar ist die Zeit für die Wertung des Rekords nicht von Bedeutung. Sie veranschaulicht die Einzigartigkeit der Leistung des Lehramtsstudenten aber in beeindruckender Weise.

Streckentauchen

Voraussetzungen:

1. viel Luft haben
2. wenig Luft verbrauchen

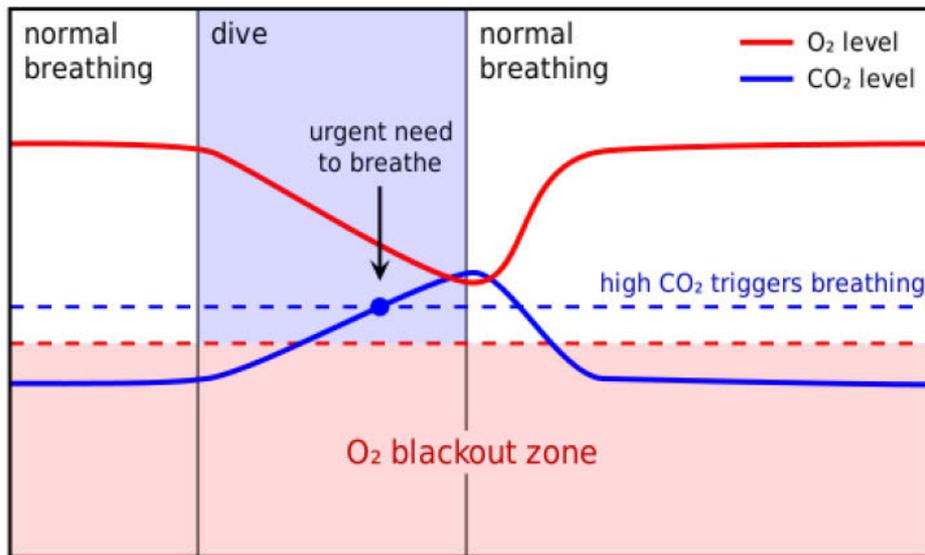
Ausführung:

1. 2 – 3 tiefe Atemzüge, keine Hyperventilation
2. körperlich und seelisch
 - effizient schwimmen
 - gleiten
 - trainieren
 - ruhig sein, evtl. geistig ablenken
 - Atemreiz durch Abatmen reduzieren

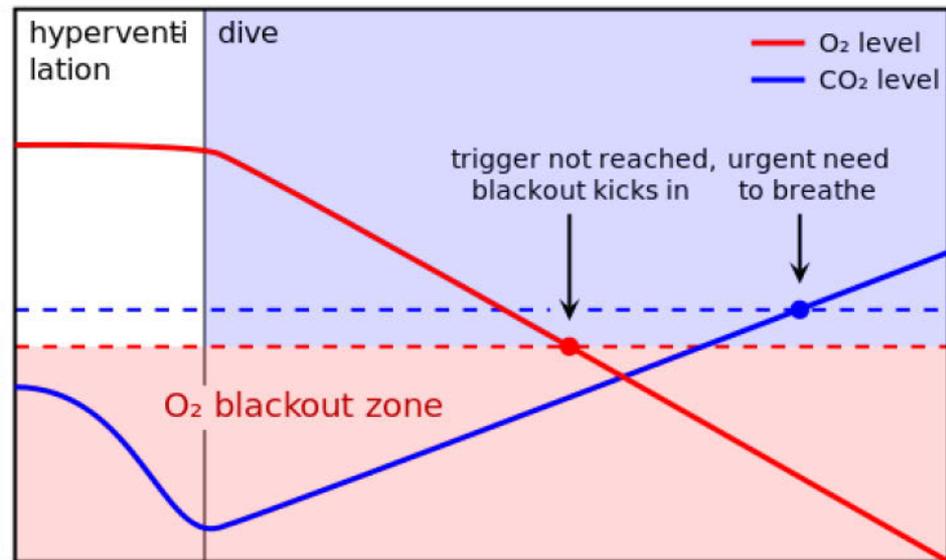
Streckentauchen

Hyperventilation vermeiden!

Normal dive



Dive with hypocapnia



Maske ausblasen

