

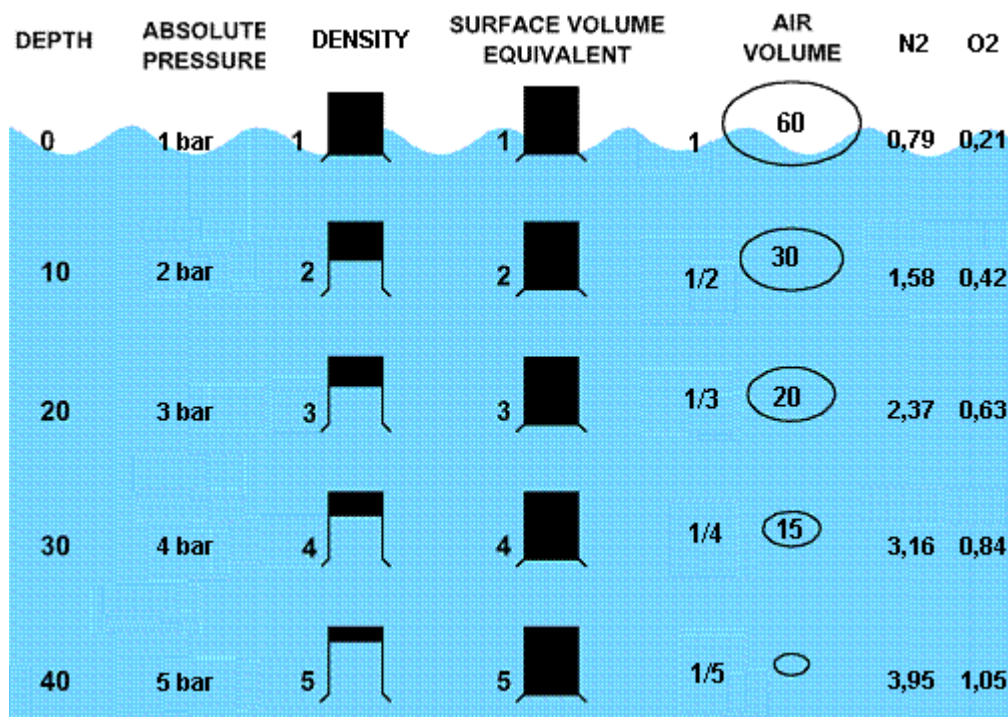


Workbook Tauchphysik I

Inhalt

1. Druck
2. Allgemeine Gasgleichung fürs Tauchen
3. Das Gesetz von Boyle
4. Tank: Druck, Volumen und wann ist die Tauchflasche leer
5. Luftverbrauch

1. Druck



Größte Veränderung im Bereich zwischen Oberfläche und 10 Metern!





a) Berechnung

Atmosphärischer Druck
+ Hydrostatischer Druck (Wasserdruck, Messdruck)
= Absoluter Druck (Gesamtdruck, Totaler Druck)

b) Atmosphärischer Druck

Atmosphärischer Druck
= 1 Bar auf Meereshöhe
= 1/2 Bar auf ca. 5500 Metern (5000 auch richtig)

c) Hydrostatischer Druck

	Süßwasser	Salzwasser
Gewicht	1 ℓ = 1 Kg	1 ℓ = 1,025 Kg
Druck	1 m = 0,098 bar 10 m = 0,98 bar (10,2 m) = 1 bar	1 m = 0,1 bar 10 m = 1 bar

Beispiel I: (einfach)

Wie hoch ist der Absolute Druck auf 30 Meter bei Chumphon Pinnacle?

Beispiel II: (schwer)

Wir möchten in einem Bergsee in 5.500 Meter Höhe tauchen gehen.
Wie hoch ist der Absolute Druck auf 38 Meter?





Exkurs (kurze Abschweifung):

2. Allgemeine Gasgleichung fürs Tauchen

$$P_1 \times V_1 / T_1 = P_2 \times V_2 / T_2$$

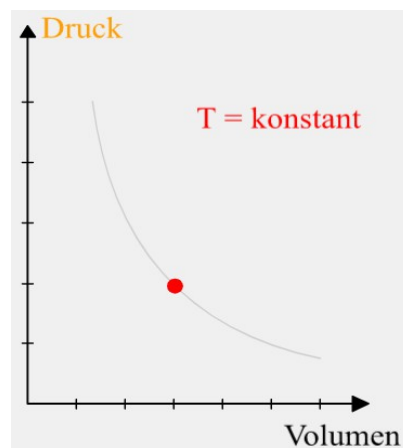
P = Absoluter Druck

V = Volumen

T = Absolute Temperatur

3. Das Gesetz von Boyle (Temperatur konstant, Behälter flexibel)

Jedes Mal wenn sich der Druck verdoppelt, verringert sich das Volumen um die Hälfte.
Oder anders: Druck und Volumen eines Gases verhalten sich umgekehrt proportional zueinander.



Formel: $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$ [$P_1 \times V_1 / T_1 = P_2 \times V_2 / T_2$]

Wie betrifft es uns beim Tauchen?

- Körper: Ohren, Nebenhöhlen, Lunge
- Equipment: Maske, BCD, Wetsuit, Drysuit





Rechnung ist (fast) immer: Es ist eine ursprüngliche Tiefe und ein ursprüngliches Volumen gegeben. Gefragt wird nach dem neuen Volumen auf einer ebenfalls gegebenen neuen Tiefe.

Wichtig: Das gilt nur für flexible Behälter. Z. B. nicht für den Tank!

Rechenweg:

1. Druck in der ursprüngliche Tiefe berechnen (P1)
2. Volumen an der Oberfläche berechnen (Objekt nach oben bringen)
= Volumen ursprüngliche Tiefe (V1) x Druck auf der ursprüngliche Tiefe (P1)
3. Neuen Druck berechnen (P2)
4. Neues Volumen berechnen (V2)
= Volumen an der Oberfläche / Neuen Druck

oder die Formel nach V2 umstellen und alles einsetzen:

$$P1 \times V1 / \cancel{T1} = P2 \times V2 / \cancel{T2}$$
$$V2 = P1 \times V1 / P2$$

Ich empfehlen den Rechenweg: Man schließt eher Leichtsinnsfehler aus und man braucht den gleichen Rechenweg auch später wieder für die Atemminutenvolumenberechnung.

Beispiel III: (einfach)

Ein Taucher hat auf 5 Metern im Meer einen Ballon dabei. Der Ballon hat auf dieser Tiefe ein Volumen von 2 Litern. Wie viel Liter Luft befinden sich auf 10 Meter im Ballon?

Beispiel IV: (schwer)

Ein flexibler Container hat ein Volumen von 45 Litern in der Tiefe von 49 Metern im Meer. Was für eine Volumen wird er auf 25 Metern im Süßwasser haben?





4. Tank (fester Behälter, bei konstanter Temperatur)

a) Tankinhalt

Formel: Innenvolumen des Tanks x Druck = Inhalt in Litern

Beispiel V: (einfach)

Ein Tank hat ein Innenvolumen von 12 Liter und ist mit 200 bar gefüllt.
Wie viel Liter Luft befinden sich im Tank?

Beispiel VI: (mittel)

In einem Tank befinden sich 1050 Liter Luft. Es handelt sich um ein 15 Liter Tauchflasche.
Wie viel Bar zeigt das Manometer an?

b) Wann ist die Tauchflasche leer?

Ein Tank gibt solange Luft ab, bis der Innendruck dem Außendruck entspricht.

Beispiel: (müsst ihr nicht rechnen)

Ein Tank 15 l befindet sich in 20 Meter Tiefe und man kann nicht mehr von ihm atmen.
Wie viel Liter kann man wieder atmen, wenn man auf 10 Meter auftaucht?

Wie hoch ist der Druck auf 20 Meter? $1 \text{ bar} + 20 \text{ m} \times 0,1 \text{ bar} = 3 \text{ bar}$

Wie viel Liter Luft sind noch im Tank? $15 \text{ l} \times 3 \text{ bar} = 45 \text{ Liter}$

Wie hoch ist der Druck auf 10 Meter? $1 \text{ bar} + 10 \text{ m} \times 0,1 \text{ bar} = 2 \text{ bar}$

Bei wie viel Litern wäre der Tank auf 10 m leer? $15 \text{ l} \times 2 \text{ bar} = 30 \text{ Liter}$

=> aus dem Tank kann man jetzt wieder $45 \text{ l} - 30 \text{ l} = 15 \text{ Liter}$ atmen





5. Luftverbrauch

Hier empfehle ich wieder alles Schritt für Schritt zu berechnen und nicht die Formel zu verwenden. Aber zunächst ein Blick auf die Formel.

AMV = Atemminutenvolumen

AMV in bar = Luftverbrauch in bar / Zeit / Druck

Dies ergibt den Verbrauch in bar pro Minute an der Oberfläche.

Möchte man den Verbrauch auch noch in Liter haben muss man mit dem Tankinnenvolumen multiplizieren.

AMV in Liter = Luftverbrauch in bar / Zeit / Druck x Volumen

Beispiel:

Ein Taucher braucht 100 bar in 10 Minuten auf 10 Meter Tiefe im Meer. Wie viel verbraucht er auf 30 Meter in Liter? Er benutzt einen 10 Liter Tank.

Mit der Formel geht es zwar wesentlich kürzer, aber ich finde es fast unmöglich alles richtig einzusetzen ohne einen Fehler zu machen. Man muss auch ganz genau aufpassen, was eigentlich als Ergebnis genau gefragt ist. (und die Formel muss man sich ja auch erstmal richtig merken ;-)):

AMV = 100 bar / 10 min / (1 bar + 10 m x 0,1 bar) x 10 l = 50 Liter

Verbrauch in der Tiefe = AMV x Druck = 50 l x (1 bar + 30 m x 0,1 bar) = 200 Liter

Da habe ich schon viele sagen hören: "Ist ja easy mit der Formel"
... im Test war das Ergebnis dann fast immer falsch.

Daher lieber zum Rechenweg:

1. Immer zunächst den Verbrauch pro Minute berechnen. In so gut wie allen Aufgaben ist die Angabe erstmal ein Verbrauch über mehrere Minuten gegeben. Dies muss man erstmal durch die Minuten teilen. Danach braucht man die Minutenangabe für die weitere Berechnung nicht mehr.

Z. B. Ein Taucher braucht 100 bar in 10 Minuten auf

Einfach 100 bar / 10 Minuten = 10 bar pro Minute

2. Nun bringen wir den Taucher wieder an die Oberfläche

a) Druck in der Tiefe berechnen:

Z. B ... 10 Meter Tiefe im Meer...

1 bar + 10 m x 0,1 bar = 2 bar





b) Wie viel verbraucht er dann an der Oberfläche?

Z. B. 10 bar pro Minute auf 10 Meter / 2 bar = 5 bar

Dies ist jetzt schon das AMV in bar.

3. Jetzt muss man schauen, was in der Aufgabe denn gesucht ist:

Z. B. Wie viel verbraucht er auf 30 Meter? (alternatives Beispiel)

a) Druck in der neuen Tiefe berechnen:

$$1 \text{ bar} \times 30 \text{ m} \times 0,1 \text{ bar} = 4 \text{ bar}$$

b) Verbrauch in er neuen Tiefe berechnen:

$$\text{AMV} \times \text{Druck} = 5 \text{ bar} \times 4 \text{ bar} = 20 \text{ bar}$$

c) Sollte nun noch nach dem Verbrauch in Litern gefragt sein, dann einfach das Ergebnis mit dem Tankvolumen multiplizieren. Vorher braucht man das Tankvolumen nie für die Berechnung:

Z. B. Wie viel verbraucht er auf 30 Meter in Liter? Er benutzt einen 10 Liter Tank.

$$\text{Verbrauch in der Tiefe} \times \text{Tankvolumen} = 20 \text{ bar} \times 10 \text{ l} = 200 \text{ Liter}$$

Beispiel VII:

Ein Taucher verbraucht 44,46 bar in 15 Minuten auf 15 Meter in einem See.
Wie viel bar wird er auf 30 Metern für 10 Minuten benötigen?

