

TAUCHER AN BOHRPLATTFORM (IDEALES GASGESETZ)

An einer Bohrplattform kommen für Unterwasserarbeiten Taucher zum Einsatz. In 30 m Wassertiefe perlt die Atemluft aus dem Atemgerät (Bläschengröße $V_{30} = 1 \text{ cm}^3$) und wird auf dem Weg nach oben - im Gedankenexperiment - verfolgt.

- a) Welcher Druck herrscht an der Wasseroberfläche?
- b) Welcher Druck herrscht in 30 m Wassertiefe?
- c) Welche wichtigen Zustandsänderungen mit konst. Randbedingungen sind bei den Gasgesetzen der Thermodynamik relevant?
- d) Wie lautet das allgemeine (universelle) Gasgesetz für ein ideales Gas?
- e) Wie groß ist das Volumen der Gasblase direkt unter der Wasseroberfläche wenn $T_0 = T_{30} = \text{konst.}$ ist?
- f) Was ändert sich, wenn $T_0 = 25^\circ\text{C}$ und $T_{30} = 15^\circ\text{C}$ sind?
- g) Bei kugelförmigen Blasen: Wie groß ist das Verhältnis der Radien unter der Bedingung *isothermer Blasenauftstieg*?

GASFLASCHE AUF EINER BAUSTELLE

In einem Rohbau lagert eine Stahlflasche, vollgefüllt mit 50 Litern Helium (ideales Gas). Ein Brand bricht aus und setzt die Flasche einer erhöhten Temperatur aus. Die Flasche hat ein Sicherheitsventil, welches bei dem doppelten Abfülldruck (vollgefüllte Gasflasche) anspricht.

Betrachten Sie die Zustandsänderungen des Gases unter der Annahme, dass die thermische Ausdehnung der Stahlwand der Flasche vernachlässigt werden kann.

Teil 1:

- a) Welches thermodynamische Gesetz ist hier relevant?
- b) Geben Sie dies formelmäßig an?
- c) Welche Variable bleibt bis zum Ansprechen des Sicherheitsventils konstant?
- d) Welche Variable bleibt nach Ansprechen des Sicherheitsventils konstant?
- e) Bei welchem Temperaturverhältnis zu T_0 spricht das Sicherheitsventil an?
- f) Wieviel °C herrschen dann, wenn $T_0 = 0\text{ °C}$ ist?

Teil 2:

Der Brand geht weiter und die Temperatur steigt um weitere 546,3 K an.

- g) Wieviel Prozent der ursprünglichen Gasmenge wird abgeblasen?

Hinweis: Denken Sie sich zur Ermittlung des Verlustvolumens zur max. Temperatur einen virtuellen Behälter (z.B. Ballon), der gegen den vorliegenden Druck gefüllt wird.

AUFSTIEG AUF DEM MOUNT EVEREST

Beim Aufstieg auf den Mount Everest (Höhe = 8850m) wird von den Bergsteigern oft zusätzlich Sauerstoff über Atemmasken verwendet.

- a) Was versteht man unter dem „Standardatmosphärenmodell“?
- b) Was bedeutet die „Skalenhöhe“ in der Aerostatik?
- c) Warum fällt es in einer Höhe von 8850m aus aerostatischer Sicht schwer zu atmen?
- d) Welcher aerostatische Zusammenhang beschreibt diesen Sachverhalt bei gleichbleibender Temperatur?
- e) Welcher Druck herrscht auf dem Mount Everest im Verhältnis zur Meereshöhe (Bezug NN) bei gleichbleibender Temperatur? Welcher absolute Druck liegt in 8850m Höhe über NN vor?

MODELL	$p(z)$	$\rho(z)$	$T(z)$
Gleichförmige Atm. $\rho = \rho_0 = \text{const}$ $n \longrightarrow \infty$	$\frac{\rho(z)}{\rho_0} = 1 - \frac{z}{H_0}$	$\rho = \rho_0$	$\frac{dT}{dz} = -\frac{T_0}{H_0}$
Isotherme Atm. $T = T_0$ $n = 1$	$\frac{\rho(z)}{\rho_0} = e^{-\frac{z}{H_0}}$	$\frac{\rho(z)}{\rho_0} = e^{-\frac{z}{H_0}}$	$T = T_0$
Standardatmosphäre $n = 1,235$ $\frac{dT}{dz} = -0,0065 \frac{K}{m}$	$\frac{\rho(z)}{\rho_0} = \left(1 - \frac{n-1}{n} \frac{z}{H_0}\right)^{\frac{n}{n-1}}$	$\frac{\rho(z)}{\rho_0} = \left(1 - \frac{n-1}{n} \frac{z}{H_0}\right)^{\frac{1}{n-1}}$	$\frac{T(z)}{T_0} = 1 - \frac{n-1}{n} \frac{z}{H_0}$ $\frac{dT}{dz} = -\frac{n-1}{n} \frac{T_0}{H_0}$
Isentrope Atm. $n = \kappa = 1,4$ $\frac{dT}{dz} = -0,0098 \frac{K}{m}$	$\frac{\rho(z)}{\rho_0} = \left(1 - \frac{\kappa-1}{\kappa} \frac{z}{H_0}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}}$	$\frac{\rho(z)}{\rho_0} = \left(1 - \frac{\kappa-1}{\kappa} \frac{z}{H_0}\right)^{\frac{1}{\kappa-1}}$	$\frac{T(z)}{T_0} = 1 - \frac{\kappa-1}{\kappa} \frac{z}{H_0}$

Standardatmosphäre: $H_0 = \frac{p_0}{\rho_0 * g} = 8434m$

STANDARDATMOSPHERE

Definition:

Die Standardatmosphäre ist bis zur Höhe von 11 km (Troposphäre) eine polytrope Atmosphäre mit folgenden Daten:

$$n = 1,235$$

$$\frac{dT}{dz} = -0,0065 \text{ K/m}$$

$$p_0 = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

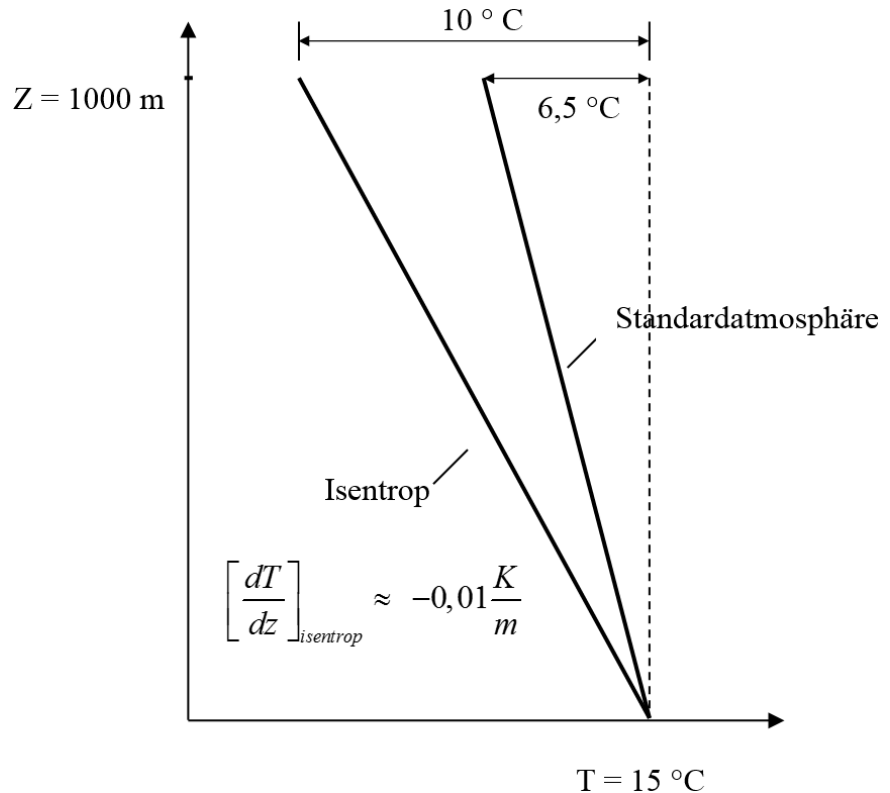
$$\rho_0 = 1,225 \text{ kg/m}^3$$

$$T_0 = 288,15 \text{ K}$$

$$g = 9,8067 \text{ m/s}^2$$

$$H_0 = 8434 \text{ m}$$

$$0K = -273,15 \text{ }^\circ\text{C}$$



Oberhalb 11 km ist die Temperatur der Standardatmosphäre bis 20 km Höhe konstant (bei $-56,5 \text{ }^\circ\text{C}$)

z [km]	p [Pa]	ρ [kg/m ³]	T [K]
0	$1,01325 \cdot 10^5$	1,2250	288,15
1	$8,988 \cdot 10^4$	1,112	281,7
2	$7,950 \cdot 10^4$	1,007	275,2
3	$7,012 \cdot 10^4$	0,909	268,7
4	$6,166 \cdot 10^4$	0,819	262,2
5	$5,405 \cdot 10^4$	0,736	255,7
6	$4,722 \cdot 10^4$	0,660	249,2
7	$4,111 \cdot 10^4$	0,590	242,7
8	$3,565 \cdot 10^4$	0,526	236,2
9	$3,080 \cdot 10^4$	0,467	229,7
10	$2,650 \cdot 10^4$	0,414	223,3
11	$2,270 \cdot 10^4$	0,365	216,8