

## Lösungen für Übungsaufgaben

1. Ergänzen Sie die fehlenden Bezeichnungen und Rohrabmessungen in der Tabelle. (8)

Rohr	Bezeichnung	DN	Aussen- durchmesser (mm)	Innen- durchmesser (mm)	Wandstärke (mm)	Tab.B. Seite *
<b>Gewinderohr</b>	<b>R2 - M</b>	50	60,3	53,1	3,6	134
<b>Kupferrohr</b>	42 x 1,5	DN 40	42	<b>39</b>	1,5	147
<b>PVC-U PN 10</b>	40 x 1,9 PN 10	<b>DN 32</b>	40	36,2	1,9	154
<b>Gewinderohr</b>	R $\frac{3}{4}$ - S	DN 20	26,9	<b>20,5</b>	3,2	134

2. Rechnen Sie zwischen den Einheiten um. Vervollständigen Sie die Tabelle. (4)

m/s	km/h	l/s	m <sup>3</sup> /h	l/min	dm <sup>3</sup> /s
<b>5</b>	18	85	306	5100	<b>85</b>
9,72	<b>35</b>	0,5	1,8	<b>30</b>	0,5

3. Rechnen Sie zwischen den Einheiten um. Vervollständigen Sie die Tabelle. (5)

Pa	bar	m WS	N/m <sup>2</sup>	mbar	N/cm <sup>2</sup>
<b>35.000</b>	0,35	3,5	35.000	350	3,5
300.000	3	30	300.000	<b>3.000</b>	30

4. Ein senkrecht stehendes 15 m langes Cu-Rohr 108 x 2,5 ist oben offen und unten mit einem Blindflansch verschlossen. Das Rohr ist vollständig mit Wasser gefüllt. Wie groß ist der Wasserdruck am Flansch? (1)

$$15 \text{ m senkrecht Roh} = 15 \text{ mWS} = \underline{\underline{1,5 \text{ bar}}}$$

- Welche Kraft ( in N ) drückt auf den Flansch? (3)

$$F = p \cdot A$$

$$\text{mit } p = 15 \text{ mWS} = 15 \text{ N/cm}^2 = 0,15 \text{ N/mm}^2 \quad \text{und } d = 105 \text{ mm}$$

$$\text{und } A = \pi/4 \cdot d^2$$

$$F = p \cdot \pi/4 \cdot d^2 = 0,15 \text{ N/mm}^2 \cdot \pi/4 \cdot (105 \text{ mm})^2 = \underline{\underline{1.299 \text{ N}}} = 1,3 \text{ kN}$$

5. Ein Wasserturm hat einen kugelförmigen Trinkwasserspeicher mit 10m Innendurchmesser. Wie groß ist die gespeicherte Trinkwassermenge? (2)

$$V_{\text{Kugel}} = \pi/6 \cdot d^3 \quad (\text{Tab.-B. S. 13 *})$$

$$V_{\text{Kugel}} = \pi/6 \cdot (10 \text{ m})^3 = \underline{\underline{523,6 \text{ m}^3}}$$

Wie groß ist die Fließgeschwindigkeit in der abgehenden DN 125 – Leitung, wenn der Speicher sich ohne Zufluss in 24 h geleert hat? Gehen Sie von konstanter Wasserentnahme aus und geben Sie das Ergebnis in m/s an. (4)

$$\dot{V} = A \cdot v \quad (\text{Tab.-B. S. 15.4 *})$$

$$\dot{V} = \pi/4 \cdot d^2 \cdot v \rightarrow v = (4 \cdot \dot{V}) / (\pi \cdot d^2)$$

$$\dot{V} = V / t = 523,6 \text{ m}^3 / 24 \text{ h} = 52.360 \text{ dm}^3 / (24 \text{ h} \cdot 60 \text{ min/h} \cdot 60 \text{ s/min})$$

$$\dot{V} = \underline{\underline{6,06 \text{ dm}^3/\text{s}}}$$

$$v = (4 \cdot \dot{V}) / (\pi \cdot d^2) \quad \text{mit } d = 125 \text{ mm} = 1,25 \text{ dm}$$

$$v = (4 \cdot 6,06 \text{ dm}^3/\text{s}) / (\pi \cdot (1,25 \text{ dm})^2)$$

$$v = 4,94 \text{ dm}^3/\text{s} = \underline{\underline{0,494 \text{ m/s} \approx 0,5 \text{ m/s}}}$$

#### Aufgaben – Wärmemenge, Wärmeleistung

1. Was ist Heizwert und was ist Brennwert?

Heizwert ist die bei einer vollständigen Verbrennung frei werdende Wärmeenergie, ohne dass dabei der bei der Verbrennung entstehende Wasserdampf kondensiert (Abgastemperatur > 100°C)

Brennwert wie Heizwert aber mit Kondensation des Wasserdampfes (Abgastemperatur < 100°C)

Heizwert < Brennwert  
 Gas: Brennwert ( $H_S$ )  $\approx 1,11 \cdot$  Heizwert ( $H_I$ )  
 Öl: Brennwert ( $H_S$ )  $\approx 1,06 \cdot$  Heizwert ( $H_I$ )

2. Welche Wärmeenergiemenge entsteht bei der Verbrennung von 300 Litern Heizöl EL a) in einem normalen Heizkessel, b) in einem Brennwertkessel?

Energieinhalt von Heizöl Tab.-B. S. 440.1 \*

Heizöl EL  $H_I = 10,08 \text{ kWh/l}$   $H_S = 10,68 \text{ kWh/l}$

$$Q_i = m_B \cdot H_i \quad \text{bzw.} \quad Q_S = m_B \cdot H_S \quad \text{Tab.-B. S. 28.1 *}$$

a)  $Q_i = 300 \text{ l} \cdot 10,08 \text{ kWh/l} = \underline{\underline{3.024 \text{ kWh}}}$

b)  $Q_S = 300 \text{ l} \cdot 10,68 \text{ kWh/l} = \underline{\underline{3.204 \text{ kWh}}}$

3. Eine Familie benötigt jeden Tag 100 Liter Warmwasser mit  $\vartheta_W = 42^\circ\text{C}$ .  
( Kaltwassertemperatur  $\vartheta_K = 12^\circ\text{C}$ . )

- a) Wieviel Energie wird für die Wassererwärmung je Tag und je Jahr benötigt?

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta$$

Tab.-B. S. 26.1 \*

mit  $100 \text{ l} = 100 \text{ kg}$  (Wasser) und  $\Delta\vartheta = \vartheta_W - \vartheta_K = 42^\circ\text{C} - 12^\circ\text{C} = 30 \text{ K}$

und  $c = 1,163 \text{ Wh}/(\text{kg} \cdot \text{K})$  Tab.-B. S. 100.2 \*

$$Q_{\text{Tag}} = 100 \text{ kg} \cdot 1,163 \text{ Wh}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot 30 \text{ K} = 3.489 \text{ Wh} = \underline{\underline{3,5 \text{ kWh}}} \text{ je Tag}$$

$$Q_{\text{Jahr}} = Q_{\text{Tag}} \cdot 365 \text{ Tage/Jahr} = 3.489 \text{ Wh} \cdot 365 = 1.273.485 \text{ Wh} = \underline{\underline{1.273 \text{ kWh}}} \text{ je Jahr}$$

- b) Welcher Menge Heizöl EL entspricht das, wenn nur der Heizwert des Öls genutzt wird? Geben Sie den Heizölverbrauch je Tag und je Jahr an.

$$Q_i = m_B \cdot H_i$$

Tab.-B. S. 28.1 \*

$$m_B = Q_i / H_i \quad m_{B,\text{Tag}} = Q_{i,\text{Tag}} / H_i = 3.489 \text{ kWh} / 10,08 \text{ kWh/l} = \underline{\underline{0,346 \text{ l}}} \text{ je Tag}$$

$$m_{B,\text{Jahr}} = Q_{i,\text{Jahr}} / H_i = 1.273 \text{ kWh} / 10,08 \text{ kWh/l} = \underline{\underline{126,3 \text{ l}}} \text{ je Jahr}$$

- c) Was kostet die Wassererwärmung mit Heizöl, wenn der Liter Heizöl 90 ct. kostet? Geben Sie die Kosten je Tag und je Jahr an.

$$\text{Kosten} = m_B \cdot \text{Preis je Liter}$$

$$\text{Kosten} = 0,346 \text{ l} \cdot 0,90 \text{ €/l} = \underline{\underline{0,31 \text{ €}}} \text{ je Tag}$$

$$\text{Kosten} = 126,3 \text{ l} \cdot 0,90 \text{ €/l} = \underline{\underline{113,67 \text{ €}}} \text{ je Jahr}$$

- d) Was würde die Wassererwärmung kosten, wenn man das Wasser elektrisch erwärmen würde? 1 kWh Elektroenergie kostet 25 ct. Geben Sie die Kosten je Tag und je Jahr an.

$$\text{Kosten} = Q \cdot \text{Preis kWh}$$

$$\text{Kosten} = 3,489 \text{ kWh} \cdot 0,25 \text{ €/kWh} = \underline{\underline{0,87 \text{ €}}} \text{ je Tag}$$

$$\text{Kosten} = 1.273 \text{ kWh} \cdot 0,25 \text{ €/kWh} = \underline{\underline{318,25 \text{ €}}} \text{ je Jahr}$$

- e) Wieviel Liter Wasser müssen auf 60°C erwärmt werden, um daraus täglich 300 Liter Warmwasser mit 42°C für die Familie mischen zu können?

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta$$

Tab.-B. S. 26.1 \*

logische Herleitung: ( egal, ob wenig Wasser stark von 12 auf 60°C oder mehr Wasser weniger stark von 12 auf 42°C erwärmt wird, die Energie ist dieselbe. )

$$Q_1 (12^\circ\text{C} \Rightarrow 60^\circ\text{C}) = m_1 \cdot c \cdot \Delta\vartheta_1 = Q_2 (12^\circ\text{C} \Rightarrow 42^\circ\text{C}) = m_2 \cdot c \cdot \Delta\vartheta_2 \quad | : c$$

$$m_1 \cdot \Delta\vartheta_1 = m_2 \cdot \Delta\vartheta_2 \quad | : \Delta\vartheta_1$$

$$m_1 = m_2 \cdot [ \Delta\vartheta_2 / \Delta\vartheta_1 ]$$

$$m_1 = 300 \text{ kg} \cdot [ ( 42^\circ\text{C} - 12^\circ\text{C} ) / ( 60^\circ\text{C} - 12^\circ\text{C} ) ] = \underline{\underline{187,5 \text{ l}}}$$

- f) Wie groß muss die Leistung des Heizkessels bzw. des elektrischen Heizstabes sein, um die für einen Tag benötigte Wassermenge in 2 Stunden von 12°C auf 60°C aufzuheizen?

$$\dot{Q} = Q / t$$

Tab.-B. S. 26.2 \*

$$\dot{Q} = Q_{\text{Tag}} / t = 3.5 \text{ kWh} / 2 \text{ h} = \underline{\underline{1,75 \text{ kW}}} \rightarrow 2 \text{ kW Kesselleistung bzw. 2 kW Heizstab}$$

4. Aus der Mischbatterie einer Badewanne strömen bei voll geöffnetem Warmwasserventil 0,07 l/s 55°C heißes Wasser aus. Wie groß muss die Leistung des elektrischen Durchlauferhitzers sein, wenn die Kaltwassertemperatur 10°C beträgt?

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta$$

| : t

Tab.-B. S. 26.1 \*

$$Q / t = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta / t = ( m / t ) \cdot c \cdot \Delta\vartheta$$

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta\vartheta$$

mit 0,07 l/s = 0,07 kg/s = 252 kg/h (Wasser)

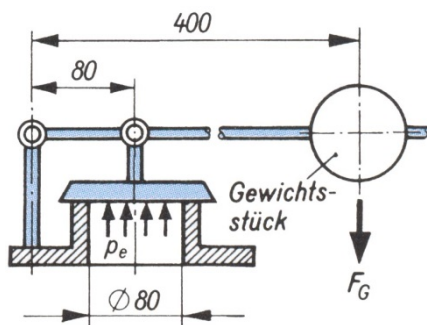
und  $\Delta\vartheta = \vartheta_W - \vartheta_K = 55^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} = 45 \text{ K}$

und  $c = 1,163 \text{ Wh}/(\text{kg} \cdot \text{K})$  Tab.-B. S. 100.2 \*

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta\vartheta = 252 \text{ kg/h} \cdot 1,163 \text{ Wh}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot 45 \text{ K} = 13.188 \text{ W} = \underline{\underline{13,2 \text{ kW}}}$$

## Aufgabe – Druck

1.



Es gibt federbelastete Sicherheitsventile. Sicherheitsventile können aber auch mit einem Hebel mit verschiebbarem Gewicht aufgebaut sein.

Wie groß muss die Kraft  $F_G$  ( in N ) und wie groß muss die Masse des Gewichtes ( in kg ) sein, wenn das Sicherheitsventil bei 5 bar öffnet?

Druckkraft  $F$  aus  $p_e$

$$F = p \cdot A \quad \text{mit} \quad A = \pi/4 \cdot d^2 \quad \text{und} \quad p_e = 5 \text{ bar} = 50 \text{ mWS} = 50 \text{ N/cm}^2 = 0,5 \text{ N/mm}^2$$

$$F_e = 0,5 \text{ N/mm}^2 \cdot \pi/4 \cdot (80 \text{ mm})^2 = = \underline{\underline{2.513 \text{ N}}} = 2,5 \text{ kN}$$

Hebelkraft aus Hebelgesetz

$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2 \quad \text{Tab.-B. S. 17.3}^*$$

$$F_e \cdot l_e = F_G \cdot l_G \quad | : l_G$$

$$F_G = F_e \cdot (l_e / l_G) = 2.513 \text{ N} \cdot (80 \text{ mm} / 400 \text{ mm}) = \underline{\underline{502,6 \text{ N}}}$$

Gewichtskraft und Masse

$$F_G = m \cdot g \quad | : g \quad \text{Tab.-B. S. 16.2}^*$$

$$\text{mit } g = 9,81 \text{ m/s}^2 = 9,81 \text{ N/kg} \quad \text{Tab.-B. S. 16.2}^*$$

$$m = F_G / g = 502,6 \text{ N} / 9,81 \text{ N/kg} = \underline{\underline{51,2 \text{ kg}}}$$

## Aufgaben – Volumenstrom

1. Durch ein Kupferrohr 35x1,5 fließen 2,5 l/s Wasser. Wie groß ist die Strömungsgeschwindigkeit  $v$  in m/s ? (rechnerische Ermittlung) (3)

$$\dot{V} = A \cdot v \quad (\text{Tab.-B. S. 15.4 *}) \quad \text{mit} \quad A = \pi/4 \cdot d^2$$

$$\dot{V} = \pi/4 \cdot d^2 \cdot v \rightarrow v = (4 \cdot \dot{V}) / (\pi \cdot d^2)$$

$$v = (4 \cdot \dot{V}) / (\pi \cdot d^2) \quad \text{mit} \quad d = 32 \text{ mm} = 0,032 \text{ m} \quad \text{und} \quad 2,5 \text{ l/s} = 2,5 \text{ dm}^3/\text{s}$$

$$v = (4 \cdot 2,5 \text{ dm}^3/\text{s}) / (\pi \cdot (0,032 \text{ m})^2)$$

$$v = 31,08 \text{ dm}^3/\text{s} = \underline{\underline{3,2 \text{ m/s}}}$$

2. Durch ein Kupferrohr sollen 1,5 l/s Wasser strömen. Dabei soll die Strömungsgeschwindigkeit unter 2 m/s bleiben.  
Wählen Sie mit Hilfe des Tabellenbuches das passende Rohr aus. (2)

Tab.-B. S. 229 \* (Rohrreibungsverluste Kupferrohr)

für Kupferrohr DN 32 = Cu 35 x 1,5 ergibt sich eine Fließgeschwindigkeit von  $v = 1,85 \text{ m/s}$