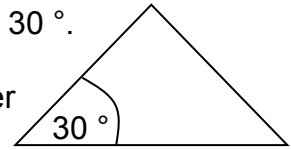


## 1. Aufgabe (6 Punkte $\hat{=}$ 15,0 %)

Für die Errichtung eines Wohnhauses wird eine Baugrube mit dem Maßen  $14 \text{ m} \times 12 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$  ausgehoben. Der Aushub (Dichte  $\rho = 1700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ) wird zunächst neben der Grube kegelförmig aufgeschüttet. Der Böschungswinkel des Kegels beträgt  $30^\circ$ .

Bestimmen Sie die hierzu erforderliche Hubarbeit in kWh.

Hinweis: Der Schwerpunkt eines Kegels befindet sich in  $\frac{1}{4}$  seiner Gesamthöhe.



$$V = 14 \text{ m} \cdot 12 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ m} = 420 \text{ m}^3$$

$$m = \rho \cdot V = 1700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 420 \text{ m}^3 = 714000 \text{ kg} \quad \checkmark$$

$$\frac{h}{r} = \tan 30^\circ \Rightarrow r = 1,732h \quad \checkmark$$

$$V = \frac{1}{3} r^2 \pi h = \frac{1}{3} (1,732h)^2 \pi h = 3,14h^3$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{V}{3,14}} = \sqrt[3]{\frac{420}{3,14}} = 5,11 \text{ m} \quad \checkmark$$

Schwerpunktsabstand: halbe Tiefe bis Viertel Höhe:

$$h = \frac{1}{2} \cdot 2,5 \text{ m} + \frac{1}{4} \cdot 5,11 \text{ m} = 2,53 \text{ m} \quad \checkmark$$

$$W = mgh = 714000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2,53 \text{ m} = 17720980 \text{ J} \quad \checkmark$$

$$W = \frac{17720980 \text{ J}}{3600000 \frac{\text{J}}{\text{kWh}}}$$

$$\underline{\underline{W = 4,9 \text{ kWh} \quad \checkmark}}$$

## 2. Aufgabe (6 Punkte $\hat{=}$ 15,0 %)

Zum Abtransport des Erdreichs wird ein Baustellenkipper mit einer Eigenmasse von 6300 kg, der Fahrwiderstandszahl  $\mu = 0,04$  und einer Ladekapazität von 20,4 t verwendet. Wie hoch ist der Dieserverbrauch des Motors, der einen Wirkungsgrad von 45 % besitzt, für eine Fahrt von 50 km Länge? Runden Sie das Ergebnis auf ganze Liter.

Hinweis: Die Stoffwerte von Diesel betragen  $H_u = 43 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$  und  $\rho = 820 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

$$m = 6300 \text{ kg} + 20400 \text{ kg} = 26700 \text{ kg} \quad \checkmark$$

$$W = \mu \cdot m \cdot g \cdot s = 0,04 \cdot 26700 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 50000 \text{ m} \quad \checkmark$$

$$W = 523854000 \text{ J} = 523,85 \text{ MJ} \quad \checkmark$$

$$Q = \frac{W}{\eta} = \frac{523,85 \text{ MJ}}{0,45} = 1164 \text{ MJ} \quad \checkmark$$

$$m = \frac{Q}{H} = \frac{1164 \text{ MJ}}{43 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}} = 27,1 \text{ kg} \quad \checkmark$$

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{27,1 \text{ kg}}{0,82 \frac{\text{kg}}{\text{l}}}$$

$$\underline{\underline{V = 33 \text{ l}}} \quad \checkmark$$

### 3. Aufgabe (6 Punkte $\hat{=}$ 15,0 %)

Auf dem Rückweg zur Baustelle beschleunigt der unbeladene LKW mit einer Eigenmasse von 6300 kg am Ortsausgang von  $45 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  auf  $78 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ . Die Motorkraft beträgt 5 kN,

Reibung bleibt unberücksichtigt.

Berechnen Sie

– die zurückgelegte Strecke sowie

– die benötigte Zeit

für diesen Beschleunigungsvorgang.

$$F = m \cdot a \Rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{5000 \text{ N}}{6300 \text{ kg}} = 0,794 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad \checkmark$$

$$v_a = 12,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad v_e = 21,7 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \checkmark$$

$$s = \frac{v_e^2 - v_a^2}{2 \cdot a} = \frac{\left(21,7 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 - \left(12,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \cdot 0,794 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \quad \checkmark$$

$$\underline{\underline{s = 198 \text{ m}}} \quad \checkmark$$

$$t = \frac{2s}{v_e + v_a} = \frac{2 \cdot 198 \text{ m}}{21,7 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 12,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \quad \checkmark$$

$$\underline{\underline{t = 11,6 \text{ s}}} \quad \checkmark$$

#### 4. Aufgabe (8 Punkte $\hat{=}$ 20,0 %)

Durch die Wände eines Zimmers geht ein Wärmeverluststrom von  $\Phi = 0,82 \text{ kW}$ . In dem Raum befindet sich ein Warmwasserheizkörper, der von Wasser der Temperatur  $45 \text{ }^\circ\text{C}$  durchströmt wird. Die Raumtemperatur beträgt  $23 \text{ }^\circ\text{C}$ .

- a) Welche Wärme abgebende Oberfläche muss der Heizkörper haben, um die Raumtemperatur konstant zu halten?

Hinweis: Wärmeleitzahl  $\lambda_{\text{Heizkörper}} = 60 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$ , Wandstärke  $d_{\text{Heizkörper}} = 3 \text{ mm}$ ,

Wärmeübergangszahlen  $\alpha_i = 580 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$ ,  $\alpha_a = 7 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$ .

$$R = \frac{1}{580 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}} + \frac{0,003 \text{ m}}{60 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}} + \frac{1}{7 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}} = 0,1446 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \quad \checkmark$$

$$U = \frac{1}{R} = 6,91 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \quad \checkmark$$

$$\Phi = U \cdot A \cdot \Delta T \Rightarrow A = \frac{\Phi}{U \cdot \Delta T} = \frac{820 \text{ W}}{6,91 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot 22 \text{ K}} \quad \checkmark$$

$$\underline{\underline{A = 5,39 \text{ m}^2}} \quad \checkmark$$

- b) Die Außenwände des Zimmers haben eine Masse von 8,2 t und eine spezifische Wärmekapazität von  $c = 0,84 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ .

Wie lange dauert es bei einer Außentemperatur von  $-12 \text{ }^\circ\text{C}$ , bis die Raumtemperatur um ein Grad Celsius gesunken ist, falls die Heizungsanlage ausfällt?

Da die Wandaußentemperatur unverändert bleibt, sinkt die Temperatur der Wand im Mittel um  $\Delta T = 0,5 \text{ K}$ . ✓

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T = 0,84 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 8200 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ K} = 3444 \text{ kJ} \quad \checkmark$$

$$\Phi = \frac{Q}{t} \Rightarrow t = \frac{Q}{\Phi} = \frac{3444 \text{ kJ}}{0,82 \text{ kW}} = 4200 \text{ s} \quad \checkmark$$

$$\underline{\underline{t = 1 \text{ h } 10 \text{ min}}} \quad \checkmark$$

## 5. Aufgabe (14 Punkte $\hat{=}$ 35,0 %)

Überprüfen Sie auf dem beigefügten  $p(s_d)$ -Vordruck, ob und ggf. wo sich in der Außenwand Tauwasser bildet. Die Wandtemperaturen und relativen Luftfeuchtigkeiten innen (i) und außen (e) betragen  $T_i = 22 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_i = 60 \%$  sowie  $T_e = -8 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_e = 35 \%$ .

Der Wandaufbau von innen nach außen ist folgendermaßen gegeben:

Kalkzementmörtel-IP:  $\lambda_1 = 0,87 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$ ,  $d_1 = 1 \text{ cm}$ ,  $\mu_1 = 35$

Lochziegel:  $\lambda_2 = 0,58 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$ ,  $d_2 = 49 \text{ cm}$ ,  $\mu_2 = 5$

Wärmedämmung:  $\lambda_3 = 0,035 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$ ,  $d_3 = 5 \text{ cm}$ ,  $\mu_3 = 30$

Kalkmörtel-AP:  $\lambda_4 = 0,87 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$ ,  $d_4 = 2 \text{ cm}$ ,  $\mu_4 = 15$

Beachten Sie bitte auch die beigefügte Tabelle der Wasserdampf-sättigungsdrücke.

$$T_i = 22 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\varphi_i = 60 \%$$

$$p_{si} = 2645 \text{ Pa} \quad (\text{Tabelle})$$

$$p_i = \varphi_i \cdot p_{si} = 1587 \text{ Pa} \quad \checkmark$$

$$T_e = -8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\varphi_e = 35 \%$$

$$p_{se} = 310 \text{ Pa} \quad (\text{Tabelle})$$

$$p_e = \varphi_e \cdot p_{se} = 109 \text{ Pa} \quad \checkmark$$

$$\text{mit } R_i = \frac{d_i}{\lambda_i} :$$

$$R_1 = 0,01 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

$$R_2 = 0,84 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

$$R_3 = 1,43 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$

$$R_4 = 0,02 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \quad \checkmark$$

$$R_{ges} = 2,30 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \quad \checkmark$$

$$\text{mit } s_{d,i} = \mu_i \cdot d_i :$$

$$s_{d,1} = 35 \text{ cm}$$

$$s_{d,2} = 245 \text{ cm}$$

$$s_{d,3} = 150 \text{ cm}$$

$$s_{d,4} = 30 \text{ cm} \quad \checkmark$$

$$s_{d,ges} = 460 \text{ cm} \quad \checkmark$$

$$s_d \text{ kumuliert:}$$

$$s_{k,1} = 35 \text{ cm}$$

$$s_{k,2} = 280 \text{ cm}$$

$$s_{k,3} = 430 \text{ cm}$$

$$s_{k,4} = 460 \text{ cm}$$

$$\text{Temperaturunterschiede in den Schichten mit } \Delta T = R \cdot \frac{\Delta T_{ges}}{R_{ges}} = R \cdot \frac{30 \text{ K}}{2,30 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}} \quad \checkmark$$

$$T_0 = 22 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 21,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 10,9 \text{ }^\circ\text{C} \quad \checkmark$$

$$T_3 = -7,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_4 = -8 \text{ }^\circ\text{C} \quad \checkmark$$

$$p_{s,0} = 2645 \text{ Pa} \quad (\text{Tabelle})$$

$$p_{s,1} = 2629 \text{ Pa}$$

$$p_{s,2} = 1304 \text{ Pa} \quad \checkmark$$

$$p_{s,3} = 315 \text{ Pa}$$

$$p_{s,4} = 310 \text{ Pa} \quad \checkmark$$

Es bildet sich kein Tauwasser.

