

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

Ein kreisrundes Klärbecken hat einen Innendurchmesser von 12 m sowie eine Tiefe von 2 m, Wand- und Bodendicke betragen 16 cm. Der Beton hat eine Dichte von  $\rho = 2300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ . Berechnen Sie den Druck, den das bis 10 cm unter die Oberkante gefüllte Klärbecken auf den Untergrund ausübt. Legen Sie eine Dichte des Klärwassers von  $1,2 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$  zugrunde.

$$A_{\text{innen}} = \frac{(12 \text{ m})^2 \cdot \pi}{4} = 113,1 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{innen}} = 113,1 \text{ m}^2 \cdot 2 \text{ m} = 226,2 \text{ m}^3 \quad \checkmark$$

$$A_{\text{außen}} = \frac{(12,32 \text{ m})^2 \cdot \pi}{4} = 119,2 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{außen}} = 119,2 \text{ m}^2 \cdot 2,16 \text{ m} = 257,5 \text{ m}^3 \quad \checkmark$$

$$\Delta V = 257,5 \text{ m}^3 - 226,2 \text{ m}^3 = 31,3 \text{ m}^3 \quad \checkmark$$

$$m_{\text{Beton}} = 31,3 \text{ m}^3 \cdot 2300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 71990 \text{ kg} \quad \checkmark$$

$$V_{\text{Wasser}} = 113,1 \text{ m}^2 \cdot 1,9 \text{ m} = 214,9 \text{ m}^3 \quad \checkmark$$

$$m_{\text{Wasser}} = 214,9 \text{ m}^3 \cdot 1200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 257880 \text{ kg} \quad \checkmark$$

$$F_G = \underbrace{(71990 \text{ kg} + 257880 \text{ kg})}_{329870 \text{ kg}} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 3236025 \text{ N} \quad \checkmark$$

$$p = \frac{3236025 \text{ N}}{119,2 \text{ m}^2} = 27148 \text{ Pa}$$

$$\underline{\underline{p = 0,27 \text{ bar}}} \quad \checkmark$$

## 2. Aufgabe (7 Punkte $\hat{=}$ 17,5 %)

Ein LKW hat ein Gesamtgewicht von 18 t und eine Fahrwiderstandszahl von  $\mu = 0,04$ . Der Motor hat einen Wirkungsgrad von 27 %, der verwendete Dieseldieselkraftstoff weist den Heizwert  $H = 43 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$  und die Dichte  $\rho = 840 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  auf. Ein Liter Diesel kostet 1,209 EUR.

Welche Kraftstoffkosten entstehen für eine Fahrt von 600 km Länge, wenn man eine geringe konstante Geschwindigkeit auf horizontaler Strecke unterstellt?

$$F = \mu \cdot m \cdot g = 0,04 \cdot 18000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 7063 \text{ N} \quad \checkmark$$

$$W = F \cdot s = 7063 \text{ N} \cdot 600000 \text{ m} = 4237800000 \text{ J} \quad \checkmark$$

$$W = 4238 \text{ MJ} \quad \checkmark$$

$$Q = \frac{W}{\eta} = \frac{4238 \text{ MJ}}{0,27} = 15696 \text{ MJ} \quad \checkmark$$

$$m = \frac{Q}{H} = \frac{15696 \text{ MJ}}{43 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}} = 365 \text{ kg} \quad \checkmark$$

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{365 \text{ kg}}{0,84 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}} = 434,5 \text{ dm}^3 \quad \checkmark$$

$$p = 434,5 \text{ dm}^3 \cdot 1,209 \frac{\text{€}}{\text{dm}^3}$$

$$\underline{\underline{p = 525,31 \text{ €}}} \quad \checkmark$$

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

Um  $360 \text{ m}^3$  Wasser aus einer Baugrube zu entfernen, wird eine elektrische Pumpe mit einer Nennleistung von  $1,10 \text{ kW}$  benutzt. Die Leistungsaufnahme aus dem Stromnetz beträgt  $1,75 \text{ kW}$ . Das Wasser muss  $4,5 \text{ m}$  angehoben werden. Bei dieser Hubhöhe fließen pro Sekunde  $8 \text{ dm}^3$  Wasser durch den Schlauch.

Berechnen Sie den Gesamtwirkungsgrad der Pumpe.

$$t = \frac{V}{\dot{V}} = \frac{360000 \text{ dm}^3}{8 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}}} = 45000 \text{ s} \quad \checkmark$$

$$m = 360 \text{ m}^3 \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 360000 \text{ kg} \quad \checkmark$$

$$F_G = 360000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 3531600 \text{ N} \quad \checkmark$$

$$W = F \cdot s = 3531600 \text{ N} \cdot 4,5 \text{ m} = 15892200 \text{ J} \quad \checkmark$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{15892200 \text{ J}}{45000 \text{ s}} = 353 \text{ W} \quad \checkmark$$

$$\eta_1 = \frac{1,10}{1,75} = 0,63 \quad \checkmark$$

$$\eta_2 = \frac{353}{1100} = 0,32 \quad \checkmark$$

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 = 0,63 \cdot 0,32 = 0,20$$

$$\underline{\underline{\eta = 20 \%}} \quad \checkmark$$

#### 4. Aufgabe (9 Punkte $\hat{=}$ 22,5 %)

Eine zweischalige kerngedämmte Außenwand ist 4,5 m breit und 2,5 m hoch. Sie enthält eine Tür mit 1 m  $\times$  2 m und  $U_{\text{Tür}} = 0,7 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$  sowie ein Fenster mit 2,5 m  $\times$  1,4 m und

$U_{\text{Fenster}} = 1,3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$ . Die Wand besteht aus 2 cm Außenputz  $\left( \lambda_{\text{AP}} = 0,87 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right)$ , 11,5 cm

Außenschale  $\left( \lambda_{\text{AS}} = 1,90 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right)$ , Kerndämmung  $\left( \lambda_{\text{KD}} = 0,04 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right)$ , 17,5 cm tragende

Innenschale  $\left( \lambda_{\text{IS}} = 1,90 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right)$  und 1 cm Innenputz  $\left( \lambda_{\text{IP}} = 0,70 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right)$ . Die

Übergangswiderstände sind  $R_{\text{si}} = 0,13 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$  und  $R_{\text{se}} = 0,04 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$ .

Welche Dicke hat die Kerndämmung, wenn der mittlere Wärmedurchgangswert der gesamten Wandkonstruktion  $U_{\text{ges}} = 0,71 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$  beträgt?

$$A_{\text{ges}} = 4,5 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ m} = 11,25 \text{ m}^2 \quad \checkmark$$

$$A_{\text{Tür}} = 1 \text{ m} \cdot 2 \text{ m} = 2 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{Fenster}} = 2,5 \text{ m} \cdot 1,4 \text{ m} = 3,5 \text{ m}^2 \quad \checkmark$$

$$A_{\text{Wand}} = 11,25 \text{ m}^2 - 2 \text{ m}^2 - 3,5 \text{ m}^2 = 5,75 \text{ m}^2 \quad \checkmark$$

$$0,71 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot 11,25 \text{ m}^2 = U_{\text{Wand}} \cdot 5,75 \text{ m}^2 + 1,3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot 3,5 \text{ m}^2 + 0,7 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot 2 \text{ m}^2 \quad \checkmark$$

$$U_{\text{Wand}} = 0,354 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \quad \checkmark$$

$$R_{\text{Wand}} = \frac{1}{0,354 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}} = 2,825 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \quad \checkmark$$

$$2,825 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} = 0,04 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} + \frac{0,02 \text{ m}}{0,87 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}} + \frac{0,115 \text{ m}}{1,9 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}} + \frac{d_D}{0,04 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}} + \frac{0,175 \text{ m}}{1,9 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}} + \frac{0,01 \text{ m}}{0,7 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}} + 0,13 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \quad \checkmark$$

$$\frac{d_D}{0,04 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}} = 2,465 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \quad \checkmark$$

$$d_D = 2,465 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \cdot 0,04 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} = 0,099 \text{ m}$$

$$\underline{\underline{d_D = 10 \text{ cm}}} \quad \checkmark$$

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

Berechnen Sie, ab welcher Innenlufttemperatur im Kellergeschoss mit Oberflächentauwasseranfall auf der Oberseite der Kellerdecke (Erdgeschoss) zu rechnen ist. Im Erdgeschoss ist von einer Innenlufttemperatur von 25 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 85 % auszugehen. Für den Aufbau der Kellerdecke sowie die Tabelle der Taupunktstemperaturen beachten Sie bitte die Anlage auf der letzten Seite. Die

Wärmeübergangswiderstände sind  $R_{si} = R_{se} = 0,17 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$ .

Welche Folgerung ergibt sich aus dem Ergebnis?

$$R_k = 0,17 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} + \frac{0,08 \text{ m}}{0,035 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}} + \frac{0,16 \text{ m}}{2,1 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}} + \frac{0,02 \text{ m}}{0,035 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}} + \frac{0,035 \text{ m}}{1,4 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}} + 0,17 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \quad \checkmark$$

$$R_k = 3,30 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \quad \checkmark$$

Aus Tabelle:  $\Theta_s = 22,3 \text{ °C}$   $\checkmark$

$$\frac{25 \text{ °C} - 22,3 \text{ °C}}{0,17 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}} = \frac{25 \text{ °C} - \Theta_k}{3,30 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}} \quad \checkmark$$

$$15,9 \frac{\text{°C}}{\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}} = \frac{25 \text{ °C} - \Theta_k}{3,30 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}} \quad \checkmark$$

$$25 \text{ °C} - \Theta_k = 15,9 \frac{\text{°C}}{\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}} \cdot 3,30 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \quad \checkmark$$

$$25 \text{ °C} - \Theta_k = 52,5 \text{ °C}$$

$$\underline{\underline{\Theta_k = -27,5 \text{ °C}}} \quad \checkmark$$

Es besteht keine realistische Gefahr, dass sich Oberflächentauwasser bildet, da  $-27,5 \text{ °C}$  keine realistische Kellertemperatur darstellt.  $\checkmark$