

Aufgabe 2:

In einem bei Raumtemperatur (20°C) kontinuierlich betriebenen Robert-Verdampfer sollen stündlich 12 Tonnen 20%ige Natronlauge auf 32% eingedampft werden.

Zusatzinformationen: $T_s(\text{NaOH}, 20\%) = 108^\circ\text{C}$, $r_s = 2257 \text{ kJ/kg}$, $c_s = 4,178 \text{ kJ/(kgK)}$, $\rho = 1,5 \text{ g/cm}^3$.

- Berechne die Stoffmengenkonzentration und den Molanteil der schwerer flüchtigen Komponente in der Ausgangslösung?
- Wie groß muss die Heizleistung sein?
- Die Heizanlage schafft nur 50% des erforderlichen Wertes. Wie groß ist der Massenanteil der eingedampften Lösung?

Lösung 2:

a)

Stoffmengenkonzentration:

$$c = \frac{n}{V} \qquad n = \frac{m}{M}$$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$= \frac{\frac{m_{\text{NaOH}}}{M}}{\frac{m_{\text{Lösung}}}{\rho}}$$

$$= \frac{\rho}{M} \frac{m_{\text{NaOH}}}{m_{\text{Lösung}}}$$

$$= \frac{\rho}{M} \cdot w \qquad M(\text{NaOH}) = 23+16+1 = 40 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$= \frac{1,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 10^3 \frac{\text{cm}^3}{\text{dm}^3} \cdot 0,20}{40 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \quad 1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ L}$$

$$c = 7,50 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Molanteil NaOH (schwerer flüchtige Komponente):

$$x_{2,A} = \frac{n_2}{n_1 + n_2}$$

$$= \frac{\frac{m_2}{M_2}}{\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}}$$

$$= \frac{\frac{w \cdot m_{\text{ges}}}{M_2}}{\frac{(1-w)m_{\text{ges}}}{M_1} + \frac{w \cdot m_{\text{ges}}}{M_2}}$$

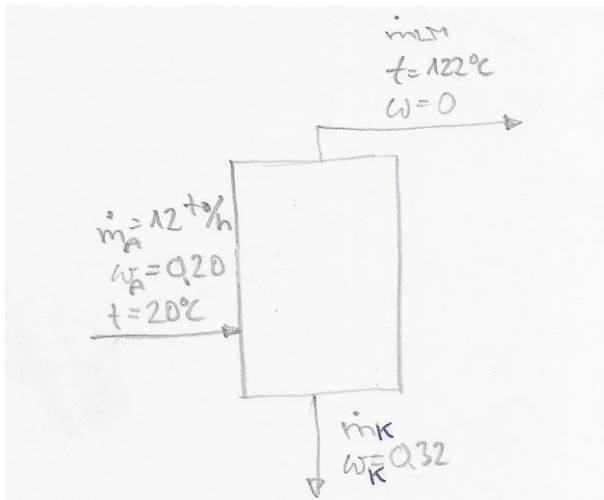
$$M(\text{NaOH}) = 40 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 1 + 16 = 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$= \frac{\frac{0,20}{40}}{\frac{1-0,20}{18} + \frac{0,20}{40}}$$

$$x_{2,A} = 0,10 \quad (= 10,11 \%)$$

b)



Massenbilanz Wasser (LM):

$$\dot{m}_A \cdot (1 - w_A) = \dot{m}_K (1 - w_K) + \dot{m}_{LM} \quad (1)$$

Massenstrom gesamt:

$$\dot{m}_A = \dot{m}_K + \dot{m}_{LM}$$

umgestellt

$$\dot{m}_K = \dot{m}_A - \dot{m}_{LM} \quad (2)$$

(2) in (1):

$$\dot{m}_A \cdot (1 - w_A) = (\dot{m}_A - \dot{m}_{LM}) \cdot (1 - w_K) + \dot{m}_{LM}$$

$$\dot{m}_A \cdot (1 - w_A) - \dot{m}_A \cdot (1 - w_K) = \dot{m}_{LM} \cdot (-1 + w_K + 1)$$

$$\dot{m}_A \cdot (1 - w_A - 1 + w_K) = \dot{m}_{LM} \cdot (-1 + w_K + 1)$$

$$\begin{aligned} \dot{m}_{LM} &= \frac{\dot{m}_A (-w_A + w_K)}{w_K} \\ &= \frac{12 \frac{\text{t}}{\text{h}} (-0,20 + 0,32)}{0,32} \end{aligned}$$

$$\dot{m}_{LM} = 4,50 \frac{\text{t}}{\text{h}}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_L &= \dot{m}_L \cdot c_L \cdot (T_s - T) \\ &= 12 \frac{\text{t}}{\text{h}} \cdot 4,178 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot (108 - 20) \text{K} \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot \frac{1}{3600} \frac{\text{h}}{\text{s}} \end{aligned}$$

$$\dot{Q}_L = 1225,55 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_V = \dot{m}_{LM} \cdot r_{LM} \quad (3)$$

$$\dot{Q}_V = 4,50 \frac{\text{t}}{\text{h}} \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot \frac{1}{3600} \frac{\text{h}}{\text{s}} \cdot 2257 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\dot{Q}_V = 2821,25 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{\text{ges}} = \dot{Q}_L + \dot{Q}_V \quad (4)$$

$$= 1225,55 \text{ kW} + 2821,25 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{\text{ges}} = 4046,80 \text{ kW}$$

c)

Aus (4):

$$\dot{Q}_V = \dot{Q}_{\text{ges}} - \dot{Q}_L$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 4046,80 - 1225,55$$

$$\dot{Q}_V = 797,85 \text{ kW}$$

Aus (3):

$$\begin{aligned} \dot{m}_{LM} &= \frac{\dot{Q}_V}{r_{LM}} \\ &= \frac{797,85 \text{ kW}}{2257 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} \\ &= 0,35 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \end{aligned}$$

$$\dot{m}_{LM} = 1,27 \frac{\text{t}}{\text{h}}$$

Aus (2):

$$\begin{aligned} \dot{m}_K &= \dot{m}_A - \dot{m}_{LM} \\ &= 12 - 1,27 \end{aligned}$$

$$\dot{m}_K = 10,73 \frac{\text{t}}{\text{h}}$$

$$\begin{aligned} w_K &= \frac{m_{\text{NaOH}}}{m_{\text{ges}}} \cdot \frac{1}{1} \\ &= \frac{\dot{m}_{\text{NaOH}}}{\dot{m}_{\text{ges}}} \\ &= \frac{\dot{m}_A \cdot w_A}{\dot{m}_K} \\ &= \frac{0,20 \cdot 12}{10,73} \cdot \frac{\frac{\text{t}}{\text{h}}}{\frac{\text{t}}{\text{h}}} \end{aligned}$$

$$\underline{\underline{w_K = 0,22 \text{ (22,37\%)}}}$$