

Aufgabe 3

$$a) p_{g,1} = p_{amb} + p_{m_k} + p_{m_{EW}} = p_{amb} + \frac{F_g}{A}$$

$$= 1 \text{ bar} + \frac{9.81(0.1 \text{ kg} + 32 \text{ kg})}{\pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2} = 1 \text{ bar} + \frac{314.3 \text{ kg}}{7.854 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2}$$

$$= 1 \text{ bar} + 40094.2 \text{ Pa} = \underline{1.400942 \text{ bar} = p_{g,1}}$$

$$p_{g,1} V_{g,1} = m_{g,1} R T_{g,1} \rightarrow R = \frac{8314 \text{ J/kmol} \cdot \text{K}}{50 \text{ kg/kmol}} = 166.28 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

$$= m_{g,1} \cdot \frac{R}{M_g} \cdot T_{g,1} \quad \text{or} \quad m_{g,1} = \frac{p V}{R T}$$

$$= \left(\frac{166.28 \cdot 773.15 \text{ K}}{1.400942 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 3.14 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2} \right)^{-1} = 0.00342 \text{ kg}$$

$$m_{g,1} = 3.42 \text{ g}$$

$$b) X_{Eis,2} > 0 \rightarrow T_{EW,2} = T_{EW,1} = 0^\circ \text{C}$$

$$\text{Therm. GV} \rightarrow \dot{Q} = 0 \rightarrow T_{G,2} \stackrel{!}{=} 0^\circ \text{C} = T_{EW}$$

$p_{g,2}$: Gewicht auf Kolben ändert sich nicht

$$\rightarrow \underline{p_{g,2} = p_{g,1} = 1.40092 \text{ Bar}}$$

Da ein Eisenteil grösser als null bedeutet, dass die Eiswasser-Temperatur gleich null ist, und zudem im Zustand 2 keine Wärmeströme mehr existieren, muss die zweite Gas-Temperatur 0°C sein. Zudem bleibt der Druck im Gas konstant, da die Kolbenkraft konstant bleibt.

$$c) V_{g,2} = \frac{m_g \cdot R \cdot T_{g,2}}{p_g} = \frac{0.00342 \text{ kg} \cdot 166.28 \cdot 273.15 \text{ K}}{1.40092 \text{ Bar}} = 0.0011 \text{ m}^3 = 1.1 \text{ L}$$

$= \Delta T = -500 \text{ K}$

Energiebilanz:

$$\Delta U = Q_{12} - W_v \quad \text{mit} \quad \Delta U = U_2 - U_1 = m_g c_v \cdot (T_2 - T_1)$$

$$W_v = \int_{V_1}^{V_2} p dV = p_g (V_2 - V_1)$$

$$\rightarrow |Q_{12}| = \Delta U + W_v$$

$$= 0.00342 \text{ kg} \cdot 633 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (-500 \text{ K}) + 1.40092 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot (-0.00204 \text{ m}^3)$$

$$= \underline{1368.2 \text{ J} = |Q_{12}|}$$

$$\rightarrow \text{EW gewinnt an } Q \rightarrow Q_{12} > 0 \rightarrow \underline{Q_{12} = 1368.2 \text{ J}}$$

d) ~~Energiebilanz~~: $p_{\text{EW}} = 1 \text{ bar} + \frac{32 \cdot 9.81}{(0.05)^2 \cdot \pi} = 1.4 \text{ bar} = p_{\text{sat}}$

$T_{\text{sat}} = 0^\circ \text{C}$

Energiebilanz:

$E_1 = E_2 + Q_{12}$

$\Delta E = Q_{12}$

mit

$\Delta E = E_1 - E_2$

Dichte
vernachl.

~~$\rho_{\text{fest}} \cdot V_{\text{fest}} \cdot u_{\text{fest}} - \rho_{\text{flüssig}} \cdot V_{\text{flüssig}} \cdot u_{\text{flüssig}}$~~

$= (0.6 \cdot u_{\text{fest}} + 0.4 \cdot u_{\text{flüssig}}) \cdot 0.1 \text{ kg} - ((1-x_2) \cdot u_{\text{fest}} + x_2 \cdot u_{\text{flüssig}}) \cdot 0.1 \text{ kg}$

$= 0.1 \text{ kg} ((-200.1) - (-333.458 + x_2 (333.413)))$

$= 13.341 - x_2 \cdot 33.34 = Q_{12} = 1368.2$

35

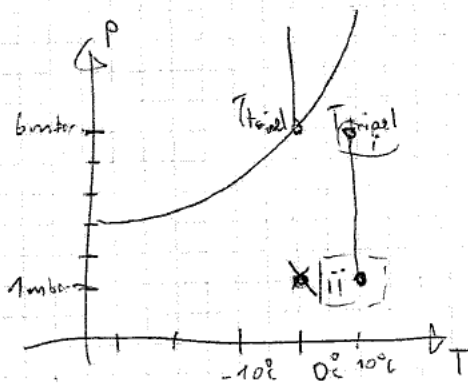
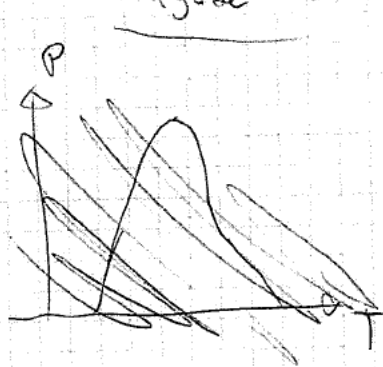
~~$\rho_{\text{fest}} \cdot V_{\text{fest}} \cdot u_{\text{fest}} - \rho_{\text{flüssig}} \cdot V_{\text{flüssig}} \cdot u_{\text{flüssig}}$~~

mit $u_{\text{fest}}, u_{\text{flüssig}}$
aus Tab. 1

$u_{\text{fest}} + x_2 (u_{\text{flüssig}} - u_{\text{fest}})$

Aufgabe 4

a)



$$T_i = -20^\circ\text{C} = 253.15\text{K}$$

b) ~~Stationärer Prozess am Verdichter~~

stat. Prozess am Verdichter:

$$0 = \dot{m}(h_2 - h_3) - \dot{W}_k$$

reversibler Prozess:

$$s_2 = s_3$$

$$T_2 = T_i - 16\text{K} = 247.75\text{K} = -26^\circ\text{C}$$

$$s_3 = s_f(8\text{bar}) + x(s_g - s_f)$$

Tab A-11

$$x = \frac{s_3 - s_f(8\text{bar})}{s_g(8\text{bar}) - s_f(8\text{bar})} = \frac{0.939 - 0.3459}{0.9066 - 0.3459}$$

$$s_2(-26^\circ\text{C}) = 0.9390\text{kJ/kgK} = s_3$$

$$s_g(8\text{bar}) = 0.9066\text{kJ/kgK} = s_2$$

c) $p_u = 8\text{bar}$

$$x_u = 0$$

$$T_1 = -22^\circ\text{C}$$

$$h_u = 93.42 = h(8\text{bar}) \quad h_1 = h_u$$

(Tab A-11)

Tab A-10

$$0 = \dot{m}(h_4 - h_1)$$

$$h_1 = h_4$$

$$x_1 = \frac{h_1 - h_f(-22^\circ\text{C})}{h_g(-22^\circ\text{C}) - h_f(-22^\circ\text{C})} = \frac{93.42 - 21.77}{234.08 - 21.77} = 0.337$$