

Aufgabe 1

(a) Energiebilanz, stationär + $W=0$

$$\dot{Q}_{\text{aus}} = \dot{m} [h_e - h_a] + \dot{Q}_R - \dot{Q}_{\text{aus}}$$

$$\dot{Q}_{\text{aus}} = -37.703 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} + \dot{Q}_R$$

$$= -37.7 \text{ kW} // +62.297 \text{ kW}$$

Wärme fließt raus $\leftarrow = +62.3 \text{ kW} //$

rechne mit $\dot{Q}_{\text{aus}} = 65 \text{ kW}$ weiter

Tab A2

$$h_a (100^\circ\text{C}, x=0.005) = 430.325 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_e (70^\circ\text{C}, x=0.005) = 304.649 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\dot{m} = 0.3 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\textcircled{b} \bar{T}_{\text{KF}} = \frac{\int_0^1 T ds}{s_a - s_e} = \frac{q^{\text{rev}}}{s_a - s_e} = \frac{\dot{Q}_{\text{aus}} / \dot{m}}{s_a - s_e} = 622.18$$

Tab A2

$$s_a (100^\circ\text{C}, x=0.005) = 1.337 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$s_e (70^\circ\text{C}, x=0.005) = 0.789 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

System nur um Fluid

\bar{T}_{KF} : Entropiebilanz, stationär, $\Delta P=0$, rev $\Rightarrow \dot{S}_{\text{erz}}=0$

$$0 = \dot{m}_{\text{KF}} [s_e^{\text{KF}} - s_a^{\text{KF}}] + \frac{\dot{Q}_{\text{KF}}}{\bar{T}_{\text{KF}}} \quad | \quad \dot{Q}_{\text{KF}} = \dot{Q}_R, \dot{q}_{\text{KF}} = \frac{\dot{Q}_R}{\dot{m}_g}$$

$$\bar{T}_{\text{KF}} = \frac{\dot{m}_{\text{KF}} [s_a^{\text{KF}} - s_e^{\text{KF}}]}{\dot{Q}_{\text{KF}}} \quad | \quad [s_a^{\text{KF}} - s_e^{\text{KF}}] = c_p^{\text{f}} \ln\left(\frac{T_a}{T_e}\right)$$

mit $\bar{T}_{\text{KF}} = 295 \text{ K}$ weiter:

(c) Entropiebilanz ganzes System, stat.

$$\dot{S}_{\text{erz}} = \dot{m}_W [s_e^{\text{W}} + s_a^{\text{W}}] + \dot{m}_{\text{KF}} [s_e^{\text{KF}} + s_a^{\text{KF}}] + \frac{\dot{Q}_{\text{aus}}}{\bar{T}_{\text{KF}}} + \dot{S}_{\text{erz}}$$

Tab A2

$$s_e (70^\circ\text{C}, x=0.005) = 0.789 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$s_a (100^\circ\text{C}, x=0.005) = 1.337 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$[s_e^{\text{KF}} - s_a^{\text{KF}}] = c_p \ln\left(\frac{T_e}{T_a}\right)$$

Werte anschauen: Aufgabe 1

(d) Energiebilanz ~~sch~~: halboffen, keine Arbeit

$$\Delta E = \Delta U = \Delta m_{12} [h_{\text{ein}}] + Q_{R,12}$$

$$\cancel{m_{\text{ges}} u_1} (\Delta m_{12} + m_{\text{ges}}) \cdot u_2 - m_{\text{ges}} \cdot u_1 = \Delta m_{12} \cdot \overset{h_{\text{ein}}}{h_{20^\circ\text{C}}} + Q_{R,12}$$

nach Δm_{12} auflösen:

$$\Delta m_{12} = \frac{m_{\text{ges}} \cdot u_1 + Q_{R,12} - m_{\text{ges}} \cdot u_2}{u_2 - h_{20^\circ\text{C}}}$$

Tab A-2

$$u_1 (100^\circ\text{C}, x=0) = 418.94 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$u_2 (70^\circ\text{C}, x=0) = 292.35 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\cancel{h_{20^\circ\text{C}}} h_{\text{ein}} (20^\circ\text{C}, x=0) = 83.96 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$m_{\text{ges}} = 5755 \text{ kg}$$

$$\text{einschreiben: } \frac{m_{\text{ges}} (u_1 - u_2) + Q_{R,12}}{u_2 - h_{\text{ein}}}$$

=

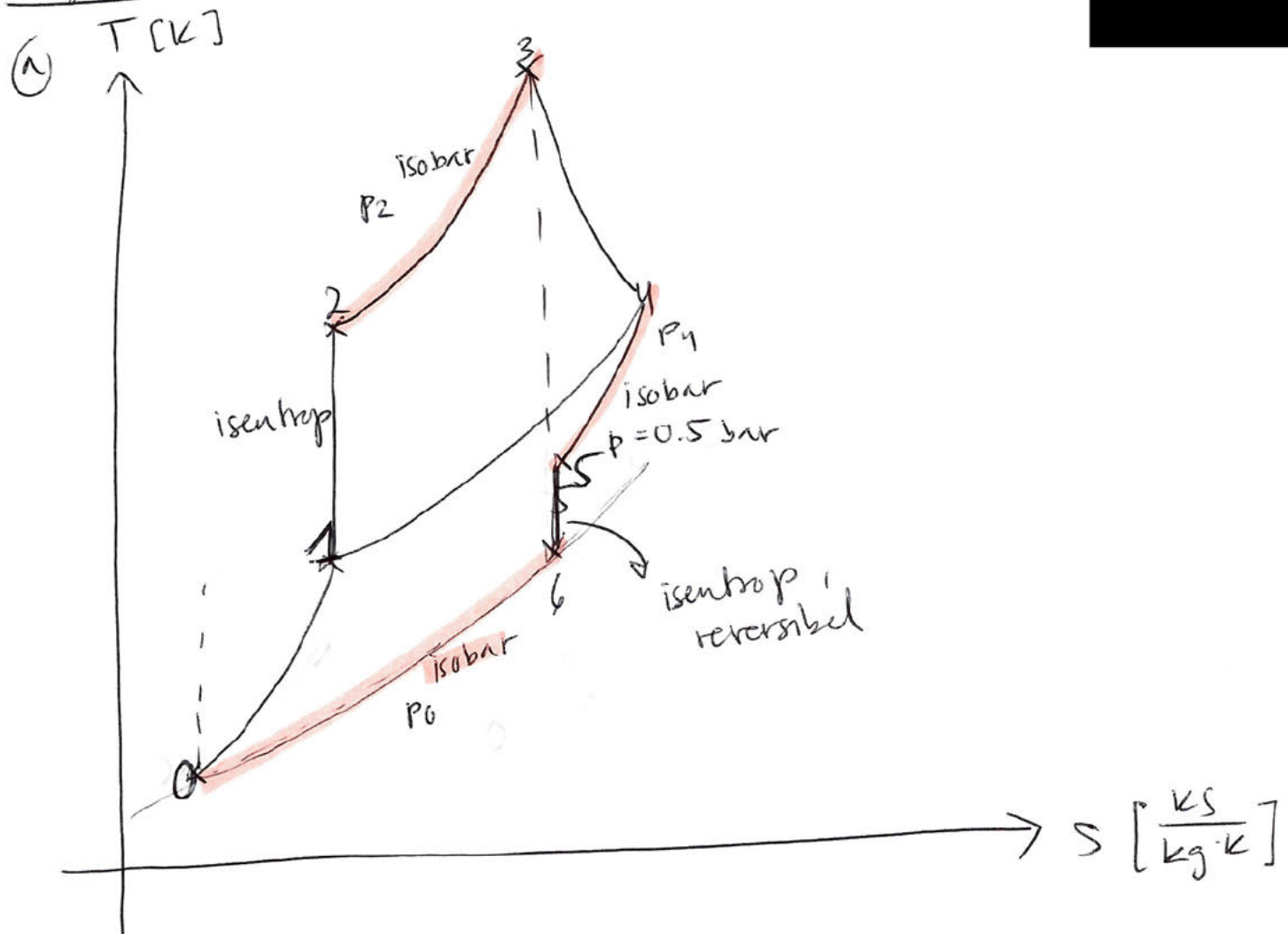
(e) halboffen, Enthalpiebilanz

$$\Delta S = \cancel{m_2 s_2 - m_1 s_1} \Delta m_{12} \cdot s_{\text{ein}} + \frac{Q_{R,12}}{T} + \cancel{s_{\text{erz}}} \quad \text{20}$$

Tab A-2

$$s_{\text{ein}} (20^\circ\text{C}, x=0) = 0.2966 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Aufgabe 2



② Energie bilanz um Schubdüse, stat.

$$0 = \dot{m}_{ges} \left[h_5 - h_6 + \frac{(w_5^2 - w_6^2)}{2} \right]$$

T_6 über Isobaren gleich | $n = \kappa = 1.4$

$$T_6 = \left(\frac{P_6}{P_5} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \cdot T_5$$

$$= 328.075 \text{ K}$$

ideales Gas $\rightarrow h_5 - h_6 = c_p^{\text{is}} [T_5 - T_6]$

$$w_6 = \sqrt{\left[\dot{m}_{ges} \cdot c_p^{\text{is}} [T_5 - T_6] + \frac{w_5^2}{2} \right] \cdot 2}$$

$$= 220.47 \frac{m}{s}$$

ZÄ 5-6:

- reversibel

$P_5 = 0.5 \text{ bar}$ adiabatisch

$$w_5 = 220 \frac{m}{s}$$

$$T_5 = 451.9 \text{ K}$$

$$P_6 = P_0 = 0.191 \text{ bar}$$

$$w_{\text{düse}} = 0$$

c) wasser mit $w_6 = 510 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $T_6 = 340 \text{ K}$

$$\Delta ex_{str} = [h_6 - h_0 - T_0 (s_6 - s_0) + ke_6]$$
$$=$$

Aufgabe 2

$$h_6 - h_0 = c_p [T_6 - T_0]$$

$$s_6 - s_0 = c_p \cdot \ln\left(\frac{T_6}{T_0}\right) + \cancel{R \cdot \ln\left(\frac{p_6}{p_0}\right)} \text{ isobar, } p_6 = p_0$$

$$ke_6 = \frac{1}{2} \cancel{w_6^2} \cdot w_6^2 \quad | T_0 = -30^\circ \text{C} = 243.15 \text{ K}$$

$$\Delta ex_{str} = c_p \cdot \left[[T_6 - T_0] - T_0 \cdot \ln\left(\frac{T_6}{T_0}\right) + \frac{1}{2} w_6^2 \right]$$
$$= 13'0846 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} //$$

d) $ex_{verl} = \frac{\dot{S}_{erz} \cdot T_0}{\dot{m}_{ges}}$

Entropiebilanz:

~~\dot{S}_{erz}~~ stationär, adiabatisch $\Rightarrow \dot{S}_{erz} = \dot{m} [s_g - s_e]$

$$\dot{S}_{erz} = \dot{S}_6 - \dot{S}_0$$

$$S_6 - S_0 = c_p \cdot \ln\left(\frac{T_6}{T_0}\right)$$

#

Alles einsetzen \Rightarrow 8. $ex_{verl} = 82.01 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} //$

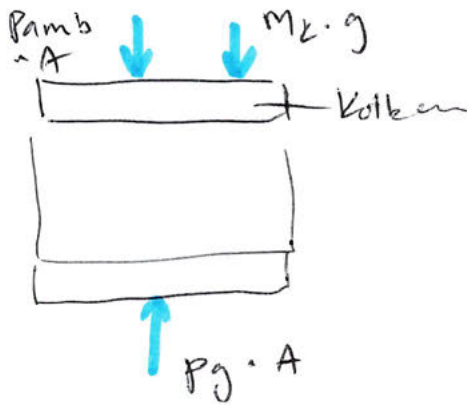
Aufgabe 3

(a) $T_g = 500^\circ\text{C}$
 $V_g = 3.14\text{ L}$

$$p_g \cdot V_g = n_g \cdot \frac{R}{M} T_g$$

p_g : Kräftegleichgewicht

$$A = \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot \pi = 0.00785\text{ m}^2$$



Im Gleichgewicht:
 $\Rightarrow p_g \cdot A = p_{amb} \cdot A + M_k \cdot g$

$$p_g = p_{amb} + \frac{M_k \cdot g}{A}$$

$$= 1.39970\text{ bar}$$

$$g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$= 1.4\text{ bar}$$

$$\Rightarrow M_g = \frac{p_g \cdot V_g}{\frac{R}{M} \cdot T_g} = 3.419\text{ g}$$

$$= 3.42 \cdot 10^{-3}\text{ kg}$$

$$= \frac{1.4 \cdot 10^5 \cdot 3.14 \cdot 10^{-3}}{\frac{8.314 \frac{\text{J}}{\text{K mol}}}{50 \frac{\text{kg}}{\text{K mol}}} \cdot 773.15\text{ K}}$$

$$T_g = 773.15\text{ K}$$

$$V_g = 3.14 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3$$

(b) Da die Dichte von Eis und geschmolzenem Eis gleich bleibt, (schmelzen verändert Volumen nicht), ist das $V_{EW,1} = V_{EW,2}$. Thermodynamisches GGW
 $\Rightarrow T_{g,2} = T_{EW}$. $p_{g,2}$ kann man dann über 1G Gesetze berechnen.

c) Energiebilanz nur um Gas,
geschlossenes System:

$$\Delta E = \Delta U = Q_{12}$$

WZ

$$Q_{12} = c_v (T_2 - T_1) \cdot m_{\text{gas}}$$

$$= 1.139 \text{ kJ}$$

$$= 1140 \text{ J}$$

Aufgabe 3

$$m_{\text{gas}} = 36 \text{ g}$$

$$T_{S,12} = 0.003^\circ\text{C}$$

$$T_{A1} = 500^\circ\text{C}$$

eis = gas
geschl.

d) $m_{\text{EW}} = 0.1 \text{ kg}$ $T_{\text{EW},1} = 0^\circ\text{C}$ $x_1 = 0.6 \frac{\text{eis}}{\text{EW}}$

Energiebilanz geschlossenes System

$$Q_{12} = 1500 \text{ J}$$

$$Q_{12} = m [u_1 - u_2] \quad , \quad u_1 (x=0.6, T=0^\circ\text{C})$$
$$= -200.093 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

~~2 und interpolieren~~

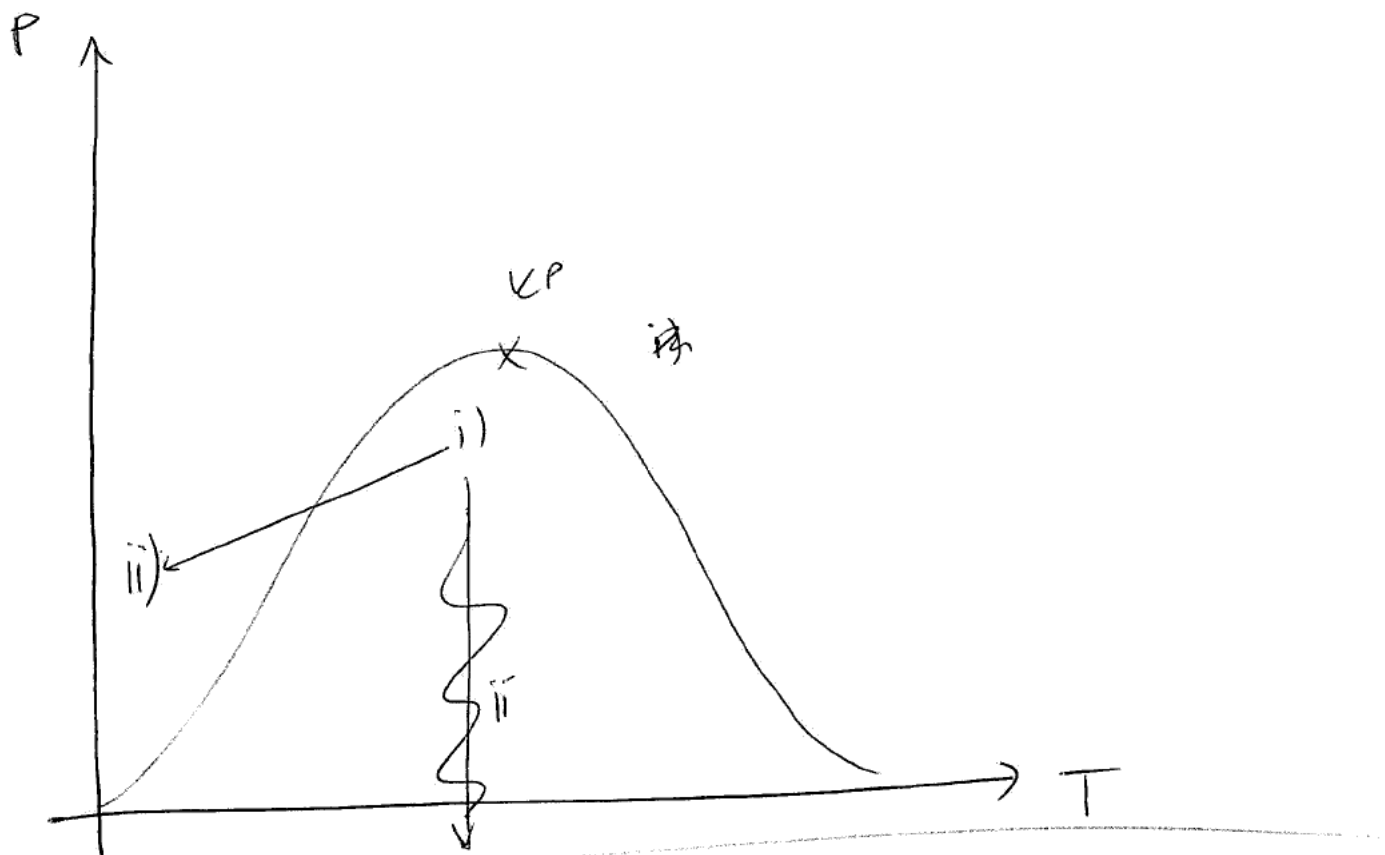
WZ

$$u_2 = \frac{Q_{12}}{m} - u_1$$
$$= 15'200.1$$

über u_2 für T_2 interpolieren:

$$T_2 = u(T_{\text{klein}}) + \frac{T_{\text{gross}} - T_{\text{klein}}}{u(T_{\text{gross}}) - u(T_{\text{klein}})} \cdot u_2 - u(T_{\text{klein}})$$

Aufgabe 4



(e) es würde immer kälter werden werden.

(b) Eben, stationär, Energiebilanz

$$T_i = 4^\circ\text{C}$$

$$0 = \dot{m}_{\text{R134a}} + \dot{Q}_{\text{K}} \text{ K}$$

$$x_{2, \text{R134a}} = 0$$

(c) x_1