

## Aufgabe 1

$$a) \quad h_{\text{ein}} = 292.98 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (\text{A-2})$$

$$h_{\text{aus}} = 419.09 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (\text{A-2})$$

Energiebilanz:

$$\textcircled{1} = m_{\text{ein}} (h_{\text{ein}} - h_{\text{aus}}) + \dot{Q} - \dot{W} \xrightarrow{O, \text{ isotherm}}$$

$$\dot{Q} = m_{\text{ein}} (h_{\text{aus}} - h_{\text{ein}}) = 37.818 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{\text{aus}} = \dot{Q}_R - \dot{Q} = \underline{62.182 \text{ kW}}$$

$$b) \quad \overline{T}_{\text{kF}} = \frac{\int_a^e T \text{d}s}{s_e - s_a}$$

$$\int_a^e T \text{d}s = \Delta U = c_{\text{if}} (T_e - T_a) \quad \checkmark \text{ Aus Tafel Differenzial, da } \text{ isobar}$$

$$s_e - s_a = c_{\text{if}} \ln \left( \frac{T_e}{T_a} \right)$$

$$\overline{T}_{\text{kF}} = \frac{|T_e - T_a|}{\ln \left( \frac{T_e}{T_a} \right)} = \underline{293.122 \text{ K}}$$

c)

$$d) m_2 u_2 - m_1 u_1 = \Delta m h_{\text{ein}} + \cancel{\Delta m} \rightarrow 0$$

$$(m_1 + \Delta m) u_2 - m_1 u_1 = \Delta m h_{\text{ein}}$$

$$u_2 = 292.35 \frac{kJ}{kg} \quad (A-2)$$

$$u_1 = 418.94 \frac{kJ}{kg} + x_0 (2506.5 \frac{kJ}{kg} - 418.94 \frac{kJ}{kg}) = 429.3778 \frac{kJ}{kg}$$

$$h_{\text{ein}} = 83.06 \frac{kJ}{kg} \quad (A-2)$$

$$\Delta m_{\text{ein}} = \frac{m_1 u_1 - m_1 u_2}{h_2 - h_{\text{ein}}} = \cancel{2827.038} \text{ kg} \quad 3756.879 \text{ kg}$$

$$e) \Delta S = m_2 s_2 - m_1 s_1 \quad \text{mit}$$

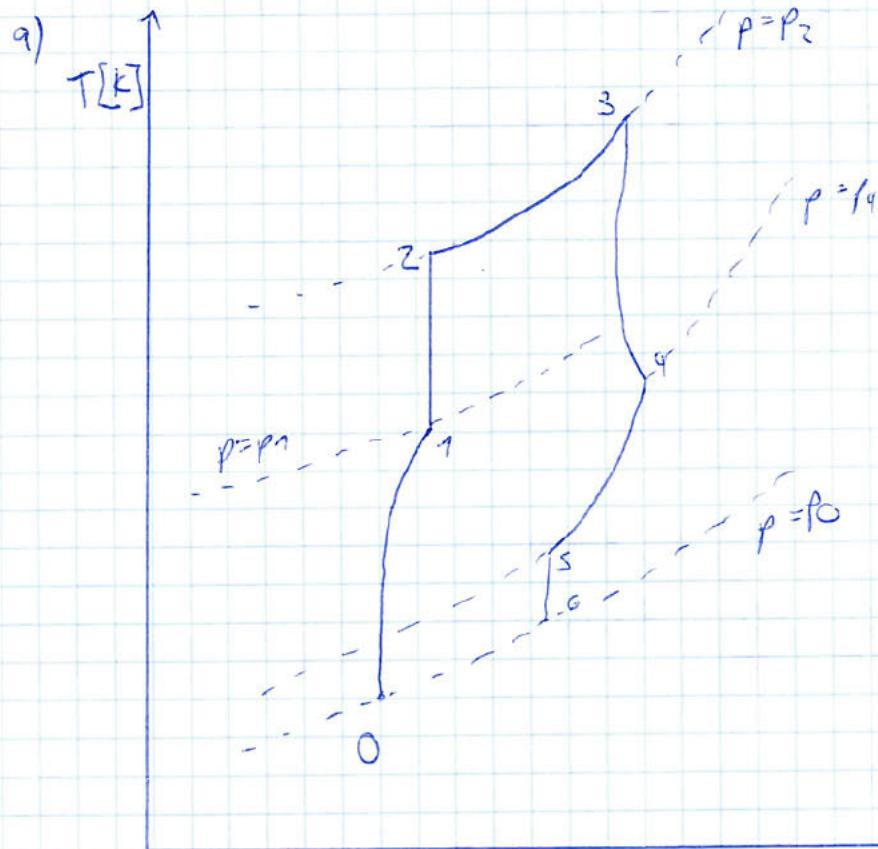
$$s_1 = 1.3069 \frac{kJ}{kgK} + x_0 (7.3545 \frac{kJ}{kgK} - 1.3069 \frac{kJ}{kgK}) = 1.337 \frac{kJ}{kgK}$$

$$s_2 = 0.3549 \frac{kJ}{kgK} \quad (A-2)$$

$$\Delta S = (m_1 + \cancel{\Delta m_{\text{ein}}}) s_2 - m_1 s_1 = \cancel{111829.52} \frac{kJ}{K} \quad 1388.921 \frac{kJ}{K}$$

~~Die tatsächlichen dann zuerst falsch gerechnet~~

## Aufgabe 2:



$$S \left[ \frac{J}{K} \right]$$

b) Energierbilanz um ganze Turbine:

$$\dot{Q} = \dot{m}_{\text{gas}} (h_e - h_a + \frac{(w_{\text{luff}}^2 - w_a^2)}{2}) + \dot{Q} - \cancel{\dot{Q}} \xrightarrow{\text{gas fließt}}$$

Energierbilanz um Düse:

$$\dot{Q} = \dot{m}_{\text{gas}} \left( h_s - h_6 + \frac{w_s^2 - w_6^2}{2} \right) + \cancel{\dot{Q}} - \cancel{\dot{Q}} \xrightarrow{\text{adiabat isobar}}$$

$$\dot{Q} = \dot{m}_{\text{gas}} (s_s - s_6) + \cancel{\dot{Q}} + \cancel{\dot{Q}} \xrightarrow{\text{adiabat reversibel}}$$

~~$$s_s - s_6 = C_p \ln \left( \frac{T_s}{T_6} \right) - R \ln \left( \frac{P_s}{P_6} \right) = 0$$~~

$$\ln \left( \frac{T_s}{T_6} \right) = \frac{R}{C_p} \ln \left( \frac{P_s}{P_6} \right) \quad T_6 = \underline{\underline{328.075 \text{ K}}}$$

$$h_s - h_6 = C_p (T_s - T_6) = 104.948 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} = \frac{w_6^2 - w_s^2}{2}$$

$$w_6^2 = \underline{\underline{2(h_s - h_6) + w_s^2}} = \underline{\underline{507.24 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

$$C_V = \frac{C_p}{k} = 0.71857 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

$$R = C_p - C_V = 0.2879 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

$$c) \Delta e_{x, \text{str}} = \dot{m} \left( h_0 - h_6 - T_0 (s_0 - s_6) + \frac{w_6^2 - w_0^2}{2} \right)$$

$$h_0 - h_6 = c_p (T_0 - T_6) = -85.939 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$s_0 - s_6 = c_p \ln \left( \frac{T_0}{T_6} \right) - R \ln \left( \frac{P_0}{P_6} \right) = -0.30136 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

$$\frac{w_6^2 - w_0^2}{2} = 108.646 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\Delta e_{x, \text{str}} = \underline{\underline{96.187 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}}$$

$$d) 0 = -\Delta e_{x, \text{str}} + \left( 1 - \frac{T_0}{T} \right) \dot{Q}_{\text{inges}} - \dot{W}_{\text{inges}} - e_{x, \text{verl}} \quad \text{Aus Hinweis}$$

$$\left( 1 - \frac{T_0}{T} \right) \dot{Q}_{\text{inges}} = 154.073 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

$$\frac{\dot{Q}}{m_{\text{ges}}} = \frac{q_B \cdot m_K}{m_{\text{ges}}} = 2225.7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad m_K = \frac{m_{\text{ges}} - m_C}{5293}$$

$$= \frac{195 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}}{6.293} = 189.89 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} \quad m_K = m_{\text{ges}} \left( \frac{1}{5.293+1} \right) = \frac{m_{\text{ges}}}{6.293}$$

$$e_{x, \text{verl}} = -\Delta e_{x, \text{str}} + \left( 1 - \frac{T_0}{T} \right) \dot{Q}_{\text{inges}} = \cancel{-230.286 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}}$$

$$= \underline{\underline{57.886 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}}}$$

### Aufgabe 3:

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

$$A = \pi r^2 = 0.03142 \text{ m}^2$$

$$\underline{\underline{= 1.1 \text{ bar}}}$$

$$p_1 V_1 = m R T_1 \quad m = \frac{p_1 V_1}{R T_1} = \frac{11 \text{ bar} \cdot 3.14 \text{ L}}{\frac{8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}}{50 \frac{\text{kg}}{\text{tonne}}} \cdot 500^\circ\text{C}} = \underline{\underline{2.687 \text{ g}}}$$

b)  $T_{g,2} = T_{ew,1} = 0^\circ\text{C}$  → Da das Eis nicht vollständig schmilzt, bleibt die Temperatur des EW konstant, und da sich EW und Gas im Gleichgewicht befinden, hat es die gleiche Temperatur

~~Die Druckänderung~~

$p_{g,2} = p_{g,1}$  da  $\Delta p = 1.1 \text{ bar}$ , da sich die äußere Last auf die Membran nicht ändert, (gleiche Masse und gleicher Außendruck) bleibt der gasdruck konstant.

$$c) V_2 = \frac{m R T_2}{p_2} = 0.00111 \text{ m}^3$$

~~$V_1 = 0.0034 \text{ m}^3$~~

$$W_f = \int_1^2 p dV, \text{ da isobar} \rightarrow (V_2 - V_1) \cdot p = +29.187 \text{ J}$$

$$\Delta U = U_2 - U_1 = Q - W \quad Q = U_2 - U_1 + W$$

$$U_2 - U_1 = m_g (c_v (T_2 - T_1)) = +0.8 - 850.52 \text{ J}$$

$$Q_{12} = -Q = 1.032 \text{ kJ}$$

$$d) \quad U_2 - U_1 = Q_{12} - \cancel{W}^{\text{inkompressibel}}$$

$$U_2 = Q_{12} + U_1$$

$$U_1 = m \cdot u_1 = 0.1 \text{ kg} \cdot \left( -333.958 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 0.9 \left( -0.695 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 333.958 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) \right)$$
$$= -20.003 \text{ kJ}$$

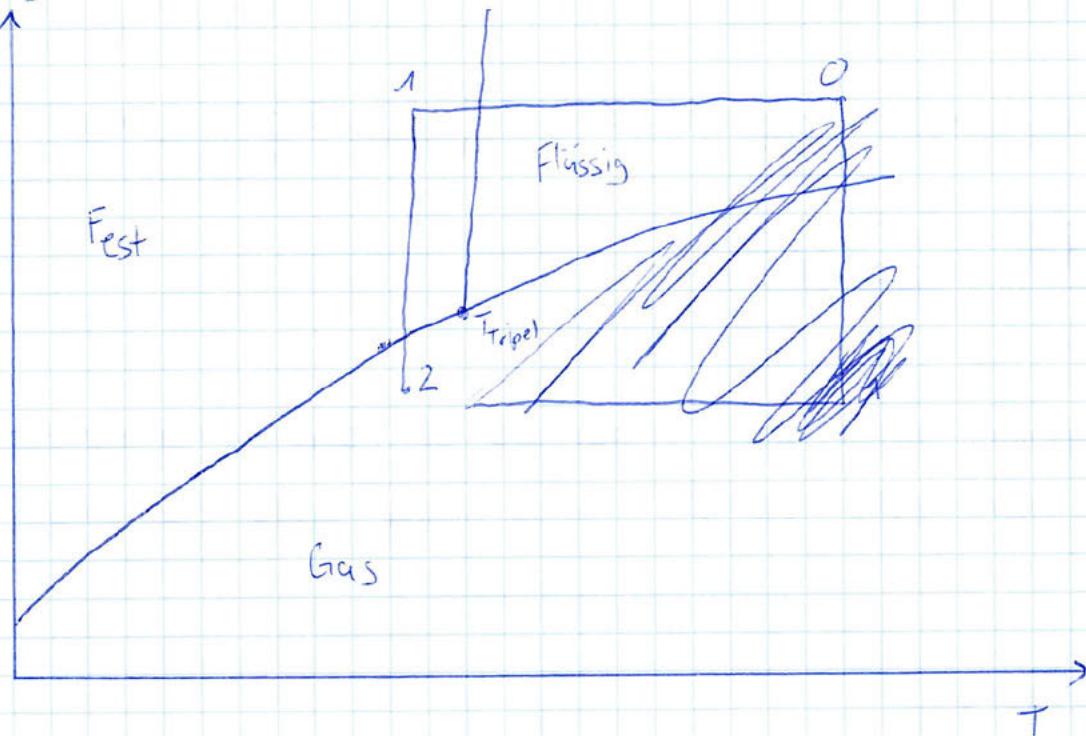
$$U_2 = -18.9168 \text{ kJ}$$

$$u_2 = \frac{U_2}{m} = -189.168 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$x_{EIS,2} = \frac{u_2 - u_{F1}}{u_{Fe} - u_{F1}} = \underline{\underline{0.5672}}$$

# Aufgabe 4

a)



$$b) h_q = 93.92 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} (\Delta - 11)$$

$$h_1 = h_q \quad (\text{Drossel ist isenthalp})$$

$$T_1 = 0^\circ\text{C} \quad -10^\circ\text{C} \quad (\text{aus Diagramm})$$

$$T_{12} = T_1 - 6\text{ K} = 273.15\text{ K} - 16\text{ K}$$

~~$$h_2 = 247.54 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 294.10 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$~~

$$237.71 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad s_2 = 0.2298 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} = s_3$$

$$h_3 = 264.15 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + (273.66 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 264.15 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}) \frac{(s_2 - s(\text{sat}))}{s(40^\circ\text{C}) - s(\text{sat})} = 279.3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

(Auf nächster Seite weitergeführt)

$$c) h_q = 93.92 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (\text{von oben})$$

(Ich habe zuerst b) mit einer falschen Temperatur gerechnet, darum sind hier die Werte anders)

$$h_f(-6^\circ\text{C}) = \frac{33.59 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + (14.73 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}})}{2} = 12.145 \quad h_g(-6^\circ\text{C}) = h_2 = 293.72 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$x_1 = \frac{h_1 - h_f}{h_g - h_f} = 0.2599$$

$$d) \varepsilon_k = \frac{|Q_{zu}|}{|\dot{W}_+|}$$

$$\dot{Q}_{zu} = \dot{m} (h_2 - h_1) = \frac{q}{3600} \frac{\text{kg}}{\text{s}} \left( 293.72 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 93.92 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) = 167 \text{ W}$$

$$\varepsilon_k = \frac{167 \text{ W}}{28 \text{ W}} = \underline{\underline{5.9693}}$$

e) Die Temperatur würde ~~noch~~ sinken bis zur Sublimationstemperatur und dann dort bleiben bis das ganze Wasser wieder Fest wäre.

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

$$\dot{m} = \frac{\dot{W}_k}{h_3 - h_2} = 0.000834 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = \underline{\underline{3.0035 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}}$$