Aufgabe 1

a) Energiebilanz im Reaktor:

$$0 = \dot{m}_{ein}(h_{ein} - h_{aus}) + \dot{Q}_R + \dot{Q}_{aus} \quad (\dot{Q}_{aus} < 0, \text{ weil Wärme abgegeben wird})$$

$$h_{ein}(70°C) = h_F(70°C) = 292{,}98 \ \frac{kJ}{kg}$$

$$h_{aus}(100°C) = h_F(100°C) = 419{,}04 \ \frac{kJ}{kg}$$

$$\dot{Q}_{aus} = -\dot{m}_{ein}(h_{ein} - h_{aus}) + \dot{Q}_R$$

$$= -62{,}18 \ kW$$

b)

$$\overline{T}_{KF} = \frac{\int_e^a T \, ds}{s_a - s_e}$$

$$= \frac{q_{rev}}{s_a - s_e}$$

c) Entropiebilanz:

$$0 = \dot{m}_{ein}(s_{ein} - s_{aus}) + \frac{\dot{Q}_{aus}}{\overline{T}_{KF}} + \dot{S}_{erz}$$

d) Die Energiebilanz im Reaktor ist:

$$m_2 \cdot U_2 - m_1 \cdot U_1 = \Delta m_{12} \, h_{ei,12} + Q_{R,12}$$

mit $h_{ei,12}(20°C) = h_p(20°C) = 83,96 \, \frac{kJ}{kg}$

$m_1 = 5755 \, kg$

$m_2 = m_1 + \Delta m_{12}$

$U_1(20°C) = u_p(20°C) = 83,95 \, \frac{kJ}{kg}$

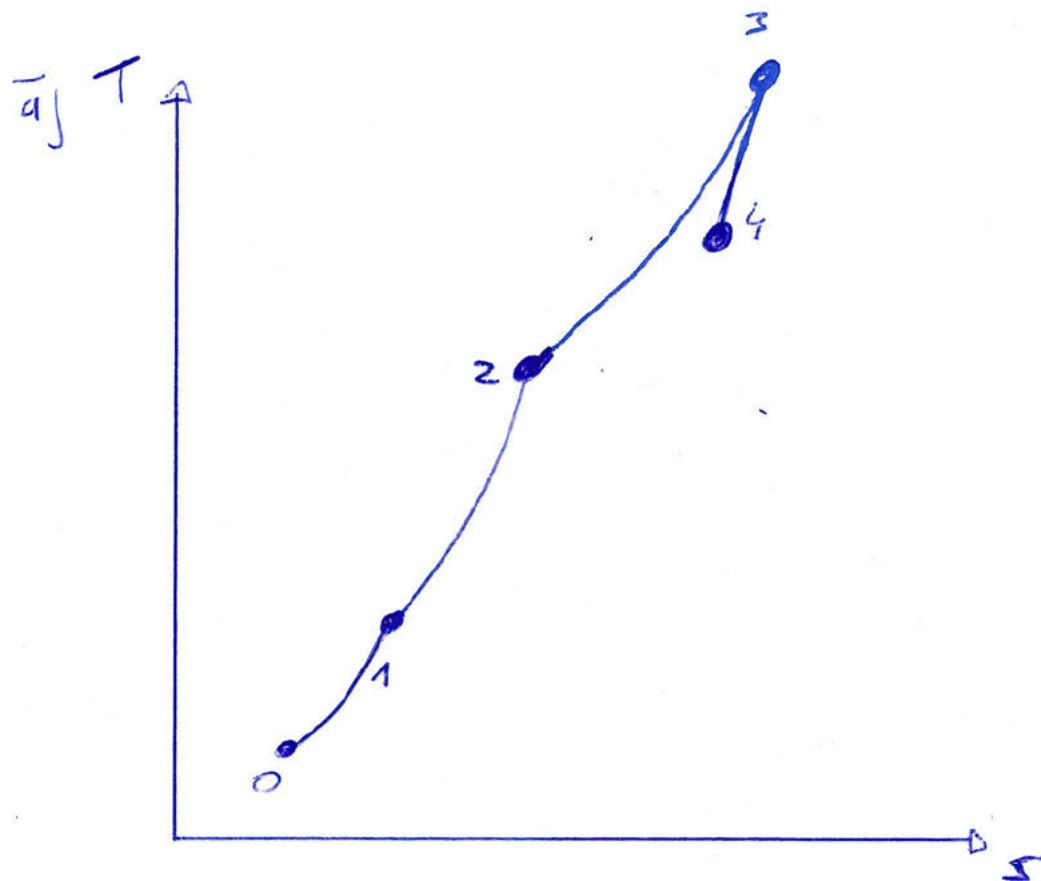$U_2(70°C) = u_p(70°C) = 292,95 \, \frac{kJ}{kg}$

Setze ein:

$$m_1 \cdot U_2 + \Delta m_{12} \cdot U_2 - m_1 \cdot U_1 = \Delta m_{12} \cdot h_{ei,12} + Q_{R,12}$$

$$\Leftrightarrow \Delta m_{12} = \left(m_1 \cdot U_1 - m_1 \cdot U_2 + Q_{R,12} \right) \cdot \frac{1}{U_2 - h_{ei,12}}$$

$\leq$

Aufgabe 2:

a)

b) Ideale Gasgleichung:

$$p \cdot v = R \cdot T$$

Polytropes Temperaturverhältnis (reversible, adiabate Schaufelreihe):

$$\frac{T_6}{T_5} = \left(\frac{p_6}{p_5}\right)^{\frac{n-1}{n}}$$

$$\Leftrightarrow T_6 = T_5 \left(\frac{p_6}{p_5}\right)^{\frac{n-1}{n}}$$

$$= 328{,}1 \ K$$

Die Energiebilanz der Schaufelreihe (Prozess 5→6):

$$0 = \dot{m}_{ges}\left((h_5 - h_6) + \frac{w_5^2 - w_6^2}{2}\right) - \dot{w}_5$$

mit $\dfrac{\dot{W}_S}{\dot{m}_{ges}} = -\displaystyle\int_5^6 z\,dp + \dfrac{\omega_6^2 - \omega_5^2}{2}$

$$= -\left(\dfrac{n \cdot R\,(T_6 - T_5)}{1-n} + n\left(\dfrac{\omega_6^2 - \omega_5^2}{2}\right)\right)$$

$$= \dfrac{nR\,(T_5 - T_6)}{1-n} + \left(\dfrac{\omega_5^2 - \omega_6^2}{2}\right)\cdot n$$

$$0 = h_5 - h_6 + \dfrac{\omega_5^2 - \omega_6^2}{2} - \dfrac{nR\,(T_6 - T_5)}{1-n} \;.$$

c) $\Delta e_{x,str} = e_{x,st6} - e_{x,str,0}$ / mit $R = c_{P,Luft} - \dfrac{c_{P,Luft}}{R} = 0{,}287\,\dfrac{kJ}{kg\cdot K}$

$$= h_6 - h_0 - T_0(s_6 - s_0) + \dfrac{\omega_6^2}{2} - \left(h_0 - h_0 - T_0(s_0 - s_0) + \dfrac{\omega_0^2}{2}\right)$$

$$= h_6 - h_0 - T_0(s_6 - s_0) + \dfrac{\omega_6^2}{2} - \dfrac{\omega_0^2}{2}$$

$$= c_{P,Luft}\cdot (T_6 - T_0) - T_0\left(c_{P,Luft}\cdot \ln\left(\dfrac{T_6}{T_0}\right) - R\cdot \ln\left(\dfrac{p_6}{p_0}\right)\right)$$

$$+ \dfrac{\omega_6^2}{2} - \dfrac{\omega_0^2}{2}$$

$$= \cancel{105{,}95\;\dfrac{115}{kg}}$$

$$= 76{,}26\;\dfrac{J}{kg}$$

d] $e_{x,verl} = T_0 \cdot \dot{s}_{erz}$

Die Entropiebilanz ergibt:

$$0 = \dot{m}_{ges} \left(s_0 - s_6 \right) + \frac{\dot{Q}_B}{T_B} + \dot{S}_{erz}$$

$$\Leftrightarrow \dot{s}_{erz} = \left(s_6 - s_0 \right) - \frac{q_B}{T_B}$$

$$= c_{P,Luft} \cdot \ln\left(\frac{T_6}{T_0}\right) - R \cdot \cancel{\ln\left(\frac{p_6}{p_0}\right)} - \frac{q_B}{T_B}$$

$$=$$

$$e_{x,verl} = T_0 \cdot \dot{s}_{erz}$$

Aufgabe 3

a) ideales Gasgleichung

$$p \cdot V = m \cdot R \cdot T$$

Den Druck finde aus mit der Gleichgewicht

$$P_{g,1} = \frac{m_{EW+E} \cdot g}{A} + \frac{m_K}{A} \cdot g + P_{amb} \quad \text{mit } m_{EW+E} = 0,6 + 0,1 \text{ kg}$$

$$m_{E+S} = 0,6 \cdot m_{EW}$$

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

$$P_{g,1} = 1,4 \text{ bar}$$

$$m_{g,1} = \frac{R \cdot T_{g,1}}{V_{g,1} \cdot P_{g,1}} \quad \text{mit } R = \frac{\overline{R}}{M_g} = 166,28 \frac{J}{kg \cdot K}$$

$$= 292$$

$$m_{g,1} = \frac{P_{g,1} \cdot V_{g,1}}{R \cdot T_{g,1}}$$

$$= 3,42 \text{ g}$$

b) ~~Die Temperatur des Gas wird die von Eis werden, weil~~ ~~solange gleicht bis die Temperatur von E~~

die Temperatur von Gas wird $T_{g,2} = 273,15 \text{ K} = 0°C$

Die selbe Temperatur wie die von Eis; weil im Thermodynamische Gleichgewicht.

$P_{2,g} = 1,4\,bar$, weil die Masse die auf den Gas drückt gleich bleibt.

c) Energiebilanz von $1 \to 2$:

$$m_2 \cdot u_2 - m_1 \cdot u_1 = + Q_{12} - \cancel{W_v}$$

mit $m_1 = m_2 = m_g$ $\quad\Big\} \Rightarrow$ gibt eine Arbeit!

$$m_g \left(u_2 - u_1 \right) = Q_{12} - \cancel{W_v}$$

$$\Rightarrow Q_{12} = m_g \cdot c_v \cdot \left(T_2 - T_1 \right) + W_v$$

$$= 1082,43\ J + W_v \quad \text{mit } V_{2,g} = 1,109\ L$$

$$W_v = m_g \int_1^2 p\, dv$$

$$= m_g \cdot P \left(V_{2,g} - V_{1,g} \right)$$
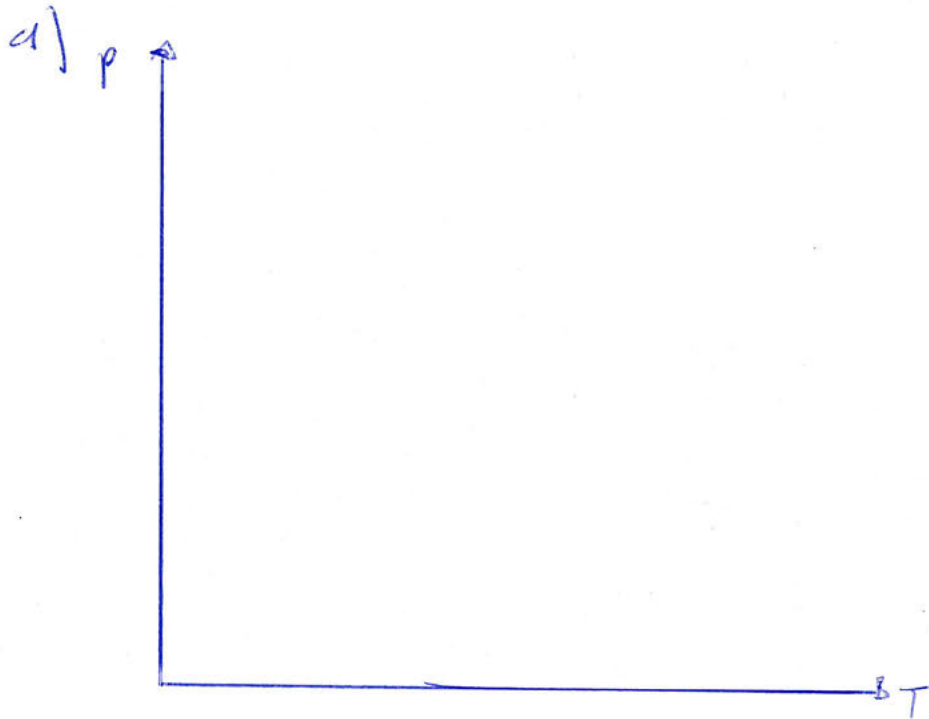
$$= -0,972\ J$$

$$Q_{12} = 1081,5\ J$$

d)

Aufgabe 4

a) p ↑

T

b) Energiebilanz des Verdichters:

$$0 = \dot{m}_K \left(h_2 - h_3 \right) - \dot{W}_K$$

(Wir habe $s_2 = s_3$, wir habe außerdem $h_1 = h_4$ (8 bar)

h_4 (8 bar) $= h' = 93,42 \ \frac{kJ}{kg}$)

Ausgangsdruck ist $p_1 = \cancel{5 \text{ bar}} = p_2 = 0,005 \text{ bar}$

$$s_2 (1 \text{ bar}) = s_g (1 \text{ bar}) = 0,9395 \ \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

$$h_2 (1 \text{ bar}) = h_g (1 \text{ bar}) = 231,35 \ \frac{kJ}{kg}$$

$$h_3 (s_2) = 267,89 + \frac{278,0,9 - 267,89}{0,9779 - 0,9388} \cdot (0,9395 - 0,9388)$$

$$= 268,11 \ \frac{kJ}{kg}$$

Also ist

$$\dot{m}_{R,134} = \frac{\dot{W}_R}{h_2 - h_3}$$

$$=$$

c) Wir habe $h_4 = h_1 = 93,43 \; \frac{kJ}{kg}$

Also ist

$$x_1 = \frac{h_1 - h\ell}{h_g - h\ell} = 0,359$$

d) Die Leistungszahl ist:

$$\epsilon_K = \frac{\dot{Q}_{zu}}{\dot{W}_K} \quad \text{mit} \quad \dot{Q}_{zu} = \dot{Q}_R$$

$$\dot{W}_K = 28 \, W$$