[redacted]

1\. (a) Stationärer Fliessprozess:

$$0 = \dot{m}_{ein}(h_{ein} - h_{aus}) + \dot{Q}_R - \dot{Q}_{aus}$$

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

$$h_{ein} = h(70°C, x=0) = h_f(70°C) = 292.98 \frac{kJ}{kg} \quad (A-2)$$

$$h_{aus} = h(100°C \cancel{\$}, x=0) = h_f(100°C) = 419.04 \frac{kJ}{kg} \quad (A-2)$$

$$\dot{Q}_{aus} = 0.3 kg/s \left(292.98 \frac{kJ}{kg} - 419.04 \frac{kJ}{kg}\right) + 100 kW$$

$$= 62.18 kW$$

(b) $$\bar{T}_{KF} = \frac{\int_{ein}^{aus} T ds}{S_{aus} - S_{ein}} \qquad dH = Tds + \underbrace{\cancel{Vdp}}_{\to 0,\ isobar}$$

ideale Flüssigkeit

$$= \frac{h_{aus} - h_{ein}}{s_{aus} - s_{ein}} = \frac{c_{p,KF}(T_{aus} - T_{ein}) + \underbrace{\cancel{v^{if}(p_{aus} - p_{ein})}}_{\to 0,\ isobar}}{c_{p,KF} \ln\left(\frac{T_{aus}}{T_{ein}}\right)}$$

$$= \frac{T_{aus} - T_{ein}}{\ln\left(\frac{T_{aus}}{T_{ein}}\right)} = \frac{298.15K - 288.15K}{\ln\left(\frac{298.15K}{288.15K}\right)} = 293.12K$$

(c) $$0 = \frac{\dot{Q}_{aus}}{T_{Reaktor,1}} - \frac{\dot{Q}_{aus}}{\bar{T}_{KF}} + \dot{S}_{erz}$$

$$\dot{S}_{erz} = \frac{\dot{Q}_{aus}}{\bar{T}_{KF}} - \frac{\dot{Q}_{aus}}{T_{Reaktor,1}} = 0.0455 \cancel{kJ} \frac{kW}{K}$$

(d) $$\Delta E = \cancel{M_2}\ \Delta U = M_2 u_2 - M_1 u_1 = \Delta M_{12} \cdot h_{ein,12} - Q_{aus,12}$$

$$\cancel{\Delta M_{12} = \frac{M_2 u_2 - M_1 u_1 + Q_{aus,12}}{h_{ein,12}}} =$$

[redacted]

[redacted]

Fortsetzung 1.d:

$$(m_1 + \Delta m_{12}) u_2 - m_1 u_1 = \Delta m_{12} \cdot h_{ein,12} - Q_{aus,12}$$

$$\Delta m_{12} (u_2 - h_{ein,12}) = m_1 u_1 - m_1 u_2 - Q_{aus,12}$$

$$\Delta m_{12} = \frac{m_1 u_1 - m_1 u_2 - Q_{aus,12}}{u_2 - h_{ein,12}} \quad , m_1 = m_{ges,1} = 5755\,kg$$

$$h_{ein,12} = h(20°C, x=0) = h_f(20°C) = 83.96 \frac{kJ}{kg} \quad (A\text{-}2)$$

$$\cancel{u_1 = u(100°C, x=0) = u_f(100°C) = 418.94 \frac{kJ}{kg}} \quad (A\text{-}2)$$

$$u_2 = u(70°C, x=0) = u_f(70°C) = 292.95 \frac{kJ}{kg} \quad (A\text{-}2)$$

$$\cancel{\Delta m_{12} =} \quad u_1 = u(100°C, x=0.005) = u_f(100°C) + x \cdot (u_g(100°C) - u_f(100°C))$$

$$= 429.38 \frac{kJ}{kg} \quad (A\text{-}2)$$

$$\Delta m_{12} = 3589.4\,kg$$

(e) $$\Delta S = m_2 s_2 - m_1 s_1 = (m_1 + \Delta m_{12}) s_2 - m_1 s_1$$

$$s_1 = s(100°C, x=0.005) = s_f(100°C) + x \cdot (s_g(100°C) - s_f(100°C))$$

$$= 1.337 \frac{kJ}{kg \cdot K} \quad (A\text{-}2)$$

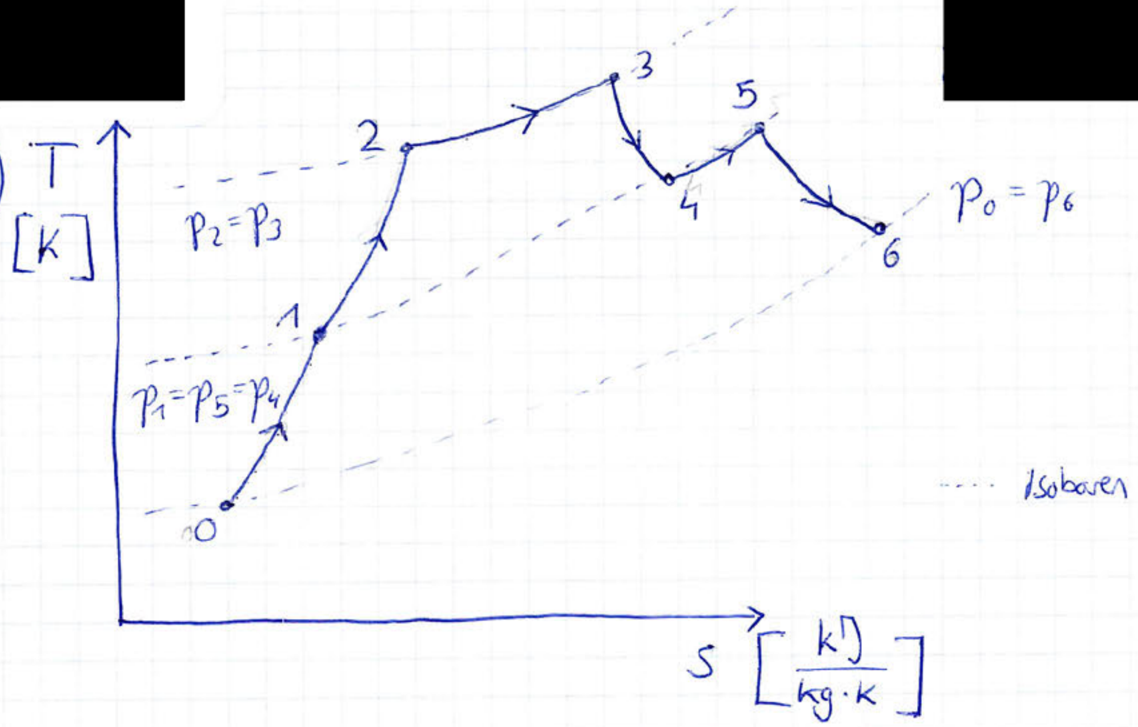
$$s_2 = s(70°C, x=0) = s_f(70°C) = 0.9549 \frac{kJ}{kg \cdot K} \quad (A\text{-}2)$$

$$\Delta S = 1227.7 \frac{kJ}{K}$$

[redacted]

[redacted] [redacted]

2. (a)



(b) Fliessprozess: $0 = \dot m \left(h_5 - h_6 + \frac{(w_5^2 - w_6^2)}{2}\right) + \cancel{\dot Q} - \cancel{\dot W}$ 0, adiabat 0, keine Arbeit

$$0 = c_{p,Luft}(T_5 - T_6) + \left(\frac{(w_5^2 - w_6^2)}{2}\right)$$

$$0 = \dot m (s_5 - s_6) + \cancel{\frac{\dot Q}{T}} + \cancel{\dot S_{erz}}$$ 0, adiabat 0, reversibel

$$s_5 - s_6 = s^\circ(T_5) - s^\circ(T_6) - R_{Luft} \cdot \ln\left(\frac{p_5}{p_6}\right) = 0$$

$$R_{Luft} = \frac{\bar R}{M_{Luft}} = \frac{8.314 \frac{kJ}{kmol \cdot K}}{28.97 \frac{kg}{kmol}} = 0.287 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

[redacted]

[redacted]

Fortsetzung 2.b. :

$$s^\circ(T_6) = s^\circ(T_5) - R_{Luft} \cdot \ln\left(\frac{p_5}{p_6}\right) = s^\circ(T_5) - R_{Luft} \cdot \ln\left(\frac{p_5}{p_0}\right)$$

$$s^\circ(T_5) = s^\circ(431.9K) = s^\circ(430K) + \frac{s^\circ(440K) - s^\circ(430K)}{440K - 430K} \cdot (431.9K - 430K)$$

$$= 2.0698 \frac{kJ}{kg \cdot K} \qquad (A-22)$$

$$s^\circ(T_6) = 1.7936 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

$$T_6 = \underset{325K}{s^\circ(\cancel{325}K)} + \frac{\overset{330K}{\cancel{s^\circ(330K)}} - \overset{325K}{\cancel{s^\circ(325K)}}}{s^\circ(330K) - s^\circ(325K)} \cdot \left(s^\circ(T_6) - s^\circ(325K)\right)$$

$$= 328.6K \qquad (A-22)$$

$$0 = c_{p,Luft}\,(T_5 - T_6) + \left(\frac{(w_5^2 - w_6^2)}{2}\right)$$

$$w_6^2 = w_5^2 + 2c_{p,Luft}\,(T_5 - T_6)$$

$$w_6 = \sqrt{w_5^2 + 2c_{p,Luft}\,(T_5 - T_6)} = 390.26 \frac{m^2}{s}$$

(c) $\cancel{0 = \dot{X}\ \dot{e}_{x,str,0} - \dot{e}_{x,str,6}}$

$$\Delta e_{x,str} = \dot{e}_{x,str,6} - \dot{e}_{x,str,0} = h_6 - h_0 - T_0(s_6 - s_0) + \frac{w_6^2 - w_0^2}{2}$$

$$= c_p(T_6 - T_0) - c_p T_0 \ln\left(\frac{T_6}{T_1}\right) - \cancel{R_{Luft} \ln\left(\frac{p_6}{p_0}\right)}^{0} + \frac{w_6^2 - w_0^2}{2}$$

$w_0 = w_{Luft} = 200 \frac{m}{s}$

$\cancel{T_0 =}$

$$= 68.45 \frac{kJ}{kg}$$

(d) $0 = -\Delta e_{x,str} + \left(1 - \frac{T_0}{T_B}\right) \cdot q_B - e_{x,verl}$

$$e_{x,verl} = -\Delta e_{x,str} + \left(1 - \frac{T_0}{T_B}\right) \cdot q_B = 1038 \frac{kJ}{kg}$$

[redacted]

[redacted]

3. (a) $p_{G,1} = p_{amb} + \frac{m_{kolben} \cdot g}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2} + \frac{m_{EW} \cdot g}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2}$

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

$p_{G,1} = \cancel{1 bar} \; 10^5 Pa + \frac{32 kg \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}}{0.00785 m^2} + \frac{0.1 kg \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}}{0.00785 m^2} = 140090 Pa = 1.4 bar$

$p_{G,1} \cdot V_{G,1} = m_{G,1} \cdot R_G \cdot T_{G,1} \rightarrow m_{G,1} = \frac{p_{G,1} \cdot V_{G,1}}{R_G \cdot T_{G,1}}$

$R_G = \frac{\overline{R}}{M_G} = 166.3 \frac{J}{kg \cdot K}$, $V_{G,1} = 3.14 L = 0.00314 m^3$

$m_{G,1} = 0.00342 kg = 3.42 g$

(b) Die Temperatur und der Druck bleiben konstant:

$T_{EW,2} = T_{EW,1} = 0°C$ $\cancel{+p}$

$p_{G,2} = p_{G,1} = p_{amb} + \frac{m_{kolben} \cdot g}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2} = 139970 Pa = \cancel{1.39}$ 1.3997 bar

Dies liegt daran, dass wir uns im Zweiphasengebiet befinden, bei der eine Wärmezufuhr erst dann zu einer Temperatur- und Druckerhöhung führt, wenn das gesamte Eis geschmolzen ist. Dies ist bei $x_{Eis,2} > 0$ nicht der Fall.

Die Temperatur beträgt $T_{g,2} =$ 0°C da das Eis nicht komplett schmilzt ($x_{Eis,2} > 0$) und die Temperatur des Eises daher konstant bleibt. Damit keine Wärme mehr übertragen wird, muss $T_{G,2} = T_{Eis,2} = 0$ gelten. Der Druck bleibt ebenfalls konstant, da der Atmosphärendruck und das Gewicht des Kolbens sowie der Wasser-Eis-Mischung konstant bleiben

[redacted]

[redacted]

3.(c) Gasgemisch Energiebilanz:

$$\Delta E = m_{Gas,2} \cdot u_{Gas,2} - m_{Gas,1} \cdot u_{Gas,1} = -Q_{12} - W_{12}$$

Wenn $T_{EW,2} = T_{G,2}$, dann ~~ist~~ wird keine Wärme mehr übertragen.

Daher: $T_{G,2} = T_{EW,2} = 0°C = 273.15K$

Zudem bleibt der Druck konstant: $p_{G,2} = p_{G,1} = 1.4bar$

Die Masse ebenfalls: $m_{G,2} = m_{G,1} = 0.00342kg$

$$V_{G,2} = \frac{m_{G,2} \cdot R_G \cdot T_{G,2}}{p_{G,2}} = 0.001109\,m^3$$

$$W_{12} = p_{G,1}\left(V_{G,2} - V_{G,1}\right) = -284.48J$$

$$Q_{12} = m_{Gas}\left(u_{G,1} - u_{G,2}\right) - W_{12} = m_G c_v \cdot \left(T_{G,1} - T_{G,2}\right) - W_{12}$$

$$= 1367.5J$$

(d) $\Delta E = \Delta U = m_{EW}\left(u_{EW,2} - u_{EW,1}\right) = Q_{12}$ (Arbeit 0, da isochor)

$\cancel{m_{EW}}$

$$u_{EW,1} = u_{Flüssig}(0°C, 1.4bar) + x_{Eis,1} \cdot \left(u_{Fest}(0°C, 1.4bar) - u_{Flüssig}(0°C, 1.4bar\right)$$
$$= -200.117 \frac{kJ}{kg}$$

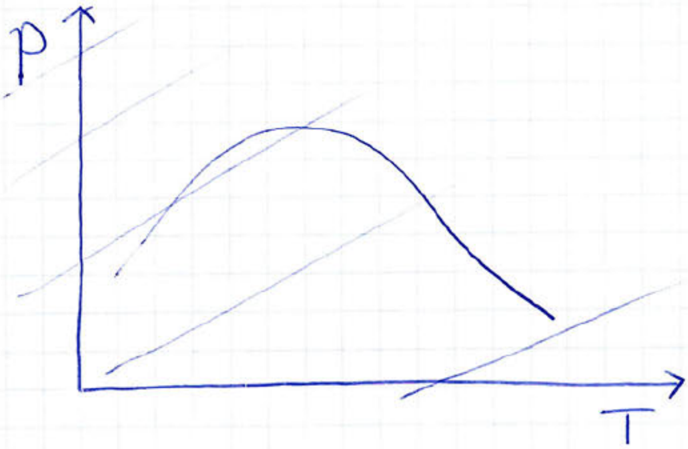
$$u_{EW,2} = u_{Flüssig}(0°C, 1.4bar) + x_{Eis,2} \cdot \left(u_{Fest}(0°C, 1.4bar) - u_{Flüssig}(0°C, 1.4bar)\right)$$

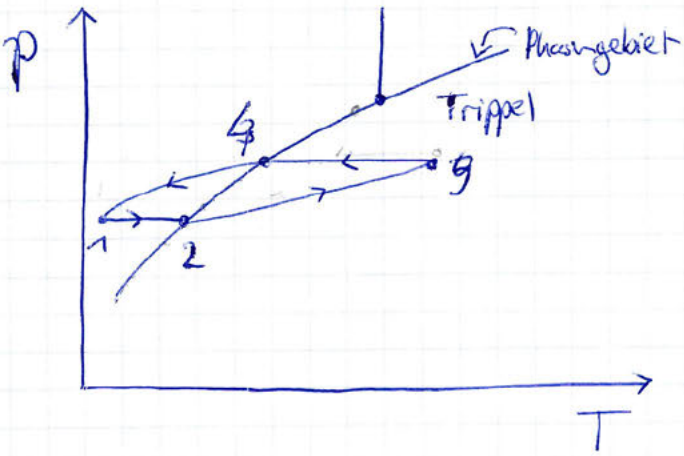
$$m_{EW}\left(u_{EW,2} - u_{EW,1}\right) = m_{EW} \cdot \Big(x_{Eis,2} \cdot \left(u_{Fest}(0°C, 1.4bar) - u_{Flüssig}(0°C, 1.4bar)\right)$$
$$- x_{Eis,1} \cdot \left(u_{Fest}(0°C, 1.4bar) - u_{Flüssig}(0°C, 1.4bar)\right)\Big) = Q_{12}$$

[redacted]

[redacted]

4.(a) $\cancel{p_4 = p_3 = 8 bar}$
$\cancel{p_1 =}$ ~~Siehe Abb. 5~~





(b) $\cancel{0 = \dot{m}_{R134a} \cdot (h_3 - h_4) = -\dot{Q}_{ab} = \dot{m}_{R134a} \cdot (h_1 - h_2) + \dot{Q}_K}$

$\cancel{\dot{m}_{R134a} = \frac{Q_{ab}}{h_3 - h_4} = -\frac{\dot{Q}_K}{h_1 - h_2}}$

$$0 = \dot{m}_{R134a} \cdot (h_2 - h_3) - \dot{W}_K$$

$$\dot{m}_{R134a} = \frac{\dot{W}_K}{h_2 - h_3}$$

$$h_2 = (p_2, x=1) = h_g(p_2) = 259 \frac{kJ}{kg}$$

$$p_2 = 6bar - 5mbar = 5.995bar = p_1$$

$$p_3 = p_4 = 8bar$$

[redacted]

[redacted]

4.(c) $\dot{m}_{R134a} = 4\,\frac{kg}{h} = 0.0011\,\frac{kg}{s}$

$T_2 = -22°C$

$p_1 = p_2 = 5.995\,bar$

$h_1 = h_4 = h(8bar, x=0) = 93.42\,\frac{kJ}{kg}$

$$X_1 = \frac{h_1 - h_f(p_1)}{h_g(p_1) - h_f(p_1)} = 0.0777$$

(d) $$\varepsilon_K = \frac{|\dot{Q}_{zu}|}{|\dot{W}_t|} = \frac{\dot{Q}_K}{\dot{W}_K} = \frac{\dot{Q}_K}{28W}$$

(e) Die Temperatur würde ~~sich verändern~~ solange sinken bis die Innentemperatur im therm. GGW mit dem Kühlkreislauf liegt.

[redacted]

[redacted]

Fortsetzung 3.d. :

$$x_{Eis,2} = \frac{\frac{Q_{12}}{m_{EW}} + x_{Eis,1}\left(u_{fest}(0°C, 1.4 bar) - u_{Flüssig}(0°C, 1.4 bar)\right)}{u_{fest}(0°C, 1.4 bar) - u_{Flüssig}(0°C, 1.4 bar)}$$

$$= 0.559$$

[redacted]