

Aufgabe 1:

a) \dot{Q}_{aus}

$$\frac{dE}{dt} = \dot{m}(h_{\text{ei}} - h_{\text{aus}}) + \dot{Q}_{\text{R}} - \dot{Q}_{\text{aus}} - \dot{W}_{\text{el}}$$

$$\dot{Q}_{\text{aus}} = 85,21 \text{ kW}$$

$x_{\text{ei}} = 1$, siedende Flüssigkeit
 $x_{\text{aus}} = 1$, siedende Flüssigkeit

$$T_{\text{AB-A2}} h_{\text{ei}} = h_g(70^\circ\text{C}) = 2626,8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_{\text{aus}} = h_g(100^\circ\text{C}) = 2676,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

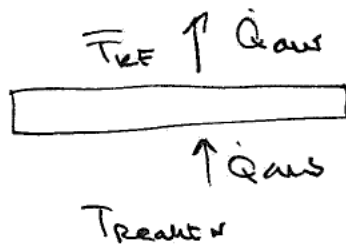
$$Tds = dq$$

$$b) \bar{T}_{\text{KF}} = \frac{\int_1^2 T ds}{s_2 - s_1} = \frac{\int_1^2 dq}{c_{\text{KF}} \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)} = \frac{q_{12}}{c_{\text{KF}} \left(\frac{T_2}{T_1}\right)} = \frac{h_2 - h_1}{c_{\text{KF}} \left(\frac{T_2}{T_1}\right)}$$

$$\frac{dE}{dt} = \dot{m}(h_2 - h_1) + \dot{Q}_{\text{aus}} - \dot{W}_{\text{el}}$$

$$h_2 - h_1 = - \frac{\dot{Q}_{\text{aus}}}{\dot{m}}$$

c) \dot{S}_{erz}



$$\frac{dS}{dt} = \sum_i \frac{\dot{Q}_i}{T_i} + \dot{S}_{\text{erz}}$$

$$\dot{S}_{\text{erz}} = \frac{\dot{Q}_{\text{aus}}}{\bar{T}_{\text{KF}}} - \frac{\dot{Q}_{\text{aus}}}{T_{\text{reaktor}}} = 46,15 \frac{\text{W}}{\text{K}}$$

→ mit Mittelwertergebnissen gerechnet

d)

$$x_2 = 1$$

$$\Delta E = \Delta m_{12} \cdot h_g(T_{\text{ein},12}) - Q_{R,12} - \cancel{W_{12}^0}$$

$$m_2 u_2 - m_1 u_1 = \Delta m_{12} h_g(T_{\text{ein},12}) - Q_{R,12}$$

$$m_1 = m_{\text{ges},1} = 5755 \text{ kg}$$

$$m_2 = m_{\text{ges},1} + \Delta m_{12}$$

$$(100^\circ\text{C}) u_1 = u_f + x_D(u_g - u_f) =$$

TAB A2 $u_f(100^\circ\text{C}) = 418,94 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$$h_g(T_{\text{ein},12}) = 2538,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$= 20^\circ\text{C}$

$$u_g(100^\circ\text{C}) = 2506,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$u_2 = \cancel{u_g(100^\circ\text{C}) = 2506,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} \quad u_g(70^\circ\text{C}) = 2469,6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$T_{R,2}$

$$m_{\text{ges},1} \cdot u_2 + \Delta m_{12} \cdot u_2 - m_1 u_1 = \Delta m_{12} h_g(20^\circ\text{C}) - Q_{R,12}$$

$$\Delta m_{12} = - \left(\frac{Q_{R,12} + m_{\text{ges},1} \cdot u_2 - m_1 \cdot u_1}{u_2 - h_g(20^\circ\text{C})} \right)$$

e)

$$\Delta S_{12} = m_2 s_2 - m_1 s_1 = \cancel{\Delta m_{12} \cdot s_g(20^\circ\text{C})} + \cancel{Q_{R,12}} \quad 64,85 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

$$m_1 = m_{1,\text{ges}} = 5755 \text{ kg}$$

$$m_2 = \Delta m_{12} + m_{1,\text{ges}} = 9355 \text{ kg}$$

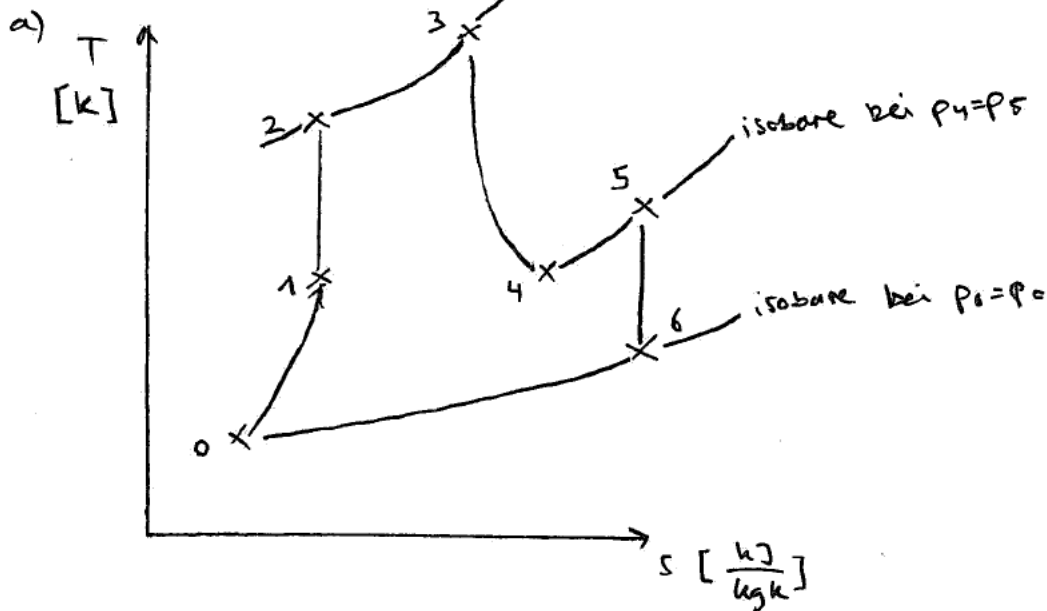
$$s_1 = s_f(100^\circ\text{C}) + x_D \cdot (s_g(100^\circ\text{C}) - s_f) = 1,337 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

TAB A2 $s_f(100^\circ\text{C}) = 1,3069 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$

$$s_g(100^\circ\text{C}) = 7,3543 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

$$s_2 = s_g(70^\circ\text{C}) = 7,7553 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

Aufgabe 2:



b)

Bilanzgleichung um gesamtes Triebwerk:

$$0 = \dot{m}_{\text{gas}} (h_{\text{ein}} - h_{\text{aus}}) + \frac{w_e^2 - w_a^2}{2} + q_B$$

Übergang 5-6 adiabat reversibel:

$$\left(\frac{T_6}{T_5} \right) = \left(\frac{p_6}{p_5} \right)^{\frac{n-1}{n}} \quad n = \kappa = 1,4$$

$$T_6 = T_5 \left(\frac{p_6}{p_5} \right)^{\frac{n-1}{n}} = 328,1 \text{ K}$$

$$h_e - h_a = c_p \cdot (T_e - T_a)$$

$$w_a^2 = \frac{(h_e - h_a) \cdot 2 + w_e^2}{2}$$

$$w_a^2 = \frac{2(c_p(T_e - T_a) + w_e^2)}{2} = c_p(T_e - T_a) + w_e^2$$

$T_e - T_a$
 $T_0 - T_6$

c)

$$A R_{x, \text{str}} = R_{x, \text{str} 6} - R_{x, \text{str} 0}$$

$$= h_6 - h_0 - T_0 (S_6 - S_0) + h_e \leftarrow h_e = \frac{W_6^2}{2} - \frac{W_0^2}{2}$$

$$= C_p (T_6 - T_0) - T_0 \cdot \underbrace{\left(C_p \cdot \ln \left(\frac{T_6}{T_0} \right) - R \cdot \ln \left(\frac{P_6}{P_0} \right) \right)}_{=0} + \frac{W_6^2}{2} - \frac{W_0^2}{2}$$

d)

$$e_{x, \text{verl}} = T_0 \cdot S_{\text{ext}}$$

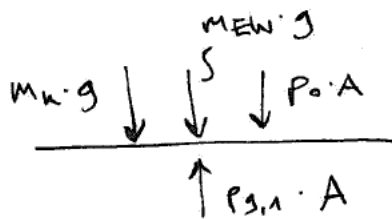
$$S_{\text{ext}} = (S_a - S_e) - \frac{q_B}{T_B}$$

$$S_{\text{ext}} = C_p \cdot \ln \left(\frac{T_6}{T_1} \right) - \frac{q_B}{T_B}$$

Aufgabe 3:

a) $P_{a,1}, m_g$ (Zustand 1)

$$M_g = 50 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$$



$$P_a = P_{amb}$$

$$\text{GAW: } P_{a,1} \cdot A = P_o \cdot A + m_{EW} \cdot g + m_k \cdot g$$

$$P_{a,1} = P_{amb} + g \left(\frac{m_{EW} + m_k}{A} \right) = 1,4 \text{ bar}$$

$$A = \pi r^2 = \pi \cdot \left(\frac{D}{2} \right)^2 = 7,85 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$P_{a,1} \cdot V_{g,1} = m_g \cdot R \cdot T_{g,1}$$

$$R = \frac{\bar{R}}{M_g} = 0,1683 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

$$m_g = \frac{P_{a,1} \cdot V_{g,1}}{R \cdot T_{g,1}} = 0,292 \text{ g}$$

b)

$T_{g,2}, P_{a,2}$

~~Zustand 1 & 2 stehen im thermodynamischen Gleichgewicht. Da die Membran nicht isoliert ist, wird $T_{a,2} = T_{EW,2}$ gelten.~~

Der Druck $P_{a,2}$ ist gleich $P_{a,1}$, da keine Änderung im oben erklärten Kräfteverhältnis auftritt. Dies liegt an der gleichen Dichte von Wasser und Eis.

↳ + gleiches Volumen

$$P_{a,2} = P_{a,1} = 1,4 \text{ bar}$$

~~$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} - \dot{W}$~~ \rightarrow adiabatisch

~~reibungslos & adiabatisch $\rightarrow \dot{A}_{s,12} = 0$~~

~~$V_{EW} = \text{const.}$~~

~~$m_{EW}(u_{2,w} - u_{1,w}) + m_g(u_{2,g} - u_{1,g}) = 0$~~

~~da~~

Da das ~~Wasser~~ EW-Gemisch im GGL mit dem Gas steht und noch nicht alles geschmolzen ist, ~~muss~~ ^{muss} das Gas schon bis auf $\approx 0^\circ\text{C}$ heruntergekühlt sein, da dies $T_{ew,1}$ ist.

c)

Q_{12} ~~ist~~ Bilanz um das Gas:

$$\Delta E = \Delta u_{12} + Q_{12} - W_{12}$$

$$W_{12} = 0, \text{ da}$$

$$W_{12,V} + m_g(u_{2,g} - u_{1,g}) = Q_{12}$$

$$m_g \cdot c_v (T_2 - T_1) = Q_{12}$$

$$\Delta E = m_{g,1} (u_{2,g} - u_{1,g}) = Q_{12} - W_{12}$$

$$m_{g,1} \cdot c_v (T_{2,g} - T_{1,g}) = Q_{12}$$

$$W_{12,V} = \int_1^2 p dV = p_{g,1} (V_2 - V_1) = -304,52$$

$$V_2 = \frac{m_{g,1} R T_{2,g}}{p_{1,g}} = 9,48 \text{ m}^3$$

$$W_{12,V} = \frac{R(T_2 - T_1)}{1-n} = 494,5 \text{ J}$$

$$n = \frac{R + c_v}{c_v} = 1,26$$

$|Q_{12}| = 1199,4 \text{ J}$ mit Zwischenergebnis gerechnet

d)

$$\Delta E = -|Q_{12}| - W_{12}^o, \text{ da isochor}$$

$$m_{EW} (u_{2,EW} - u_{1,EW}) = -Q_{12}$$

$$(0^\circ\text{C}): u_{1,EW} = u_F + x_1 (u_g - u_F) = u_{\text{flüssig}} + x_1 (u_{\text{eis}} - u_{\text{flüssig}})$$

$$u_F(0^\circ\text{C}) = -0,045 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$u_{\text{eis}}(0^\circ\text{C}) = -333,45 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$u_{1,EW} = -200,08 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$u_{2,EW}$

$$(0^\circ\text{C}): u_{2,EW} = u_{\text{flüssig}} + x_2 (u_E - u_F) \quad T_{EW2} = T_{g,2}$$

$$\text{Mischergebnis } T_{EW2} = 0,003^\circ\text{C} \rightarrow u_F(0,003^\circ\text{C}) = -0,033 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$m_{EW} u_{1,EW} - m_{EW} (u_F + x_2 (u_E - u_F)) = -Q_{12}$$

$$u_E(0,003^\circ\text{C}) = -333,44 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

~~Handwritten note~~

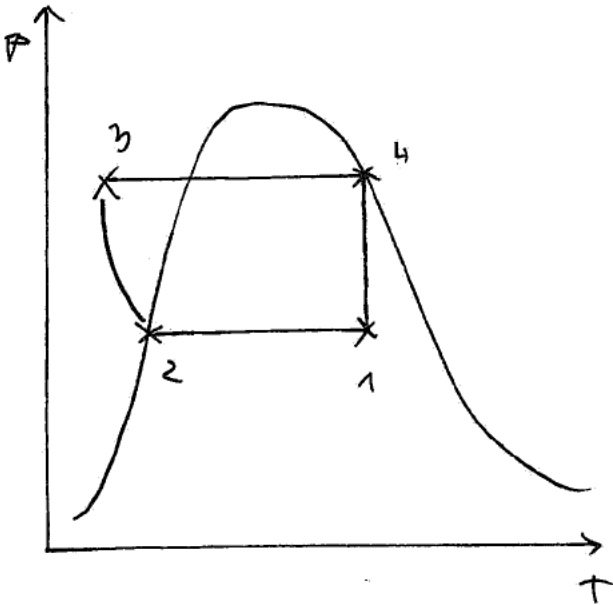
$$-\frac{Q_{12}}{m_{EW}} + u_{1,EW} = u_{F,1} + x_2 (u_{E,1} - u_{F,1}) \quad 0,003^\circ\text{C}$$

$$x_2 = \frac{-\frac{Q_{12}}{m_{EW}} + u_{1,EW} - u_{F,1}}{u_E(0,003^\circ\text{C}) - u_F(0,003^\circ\text{C})}$$

$E = \text{Fest} \rightarrow F = \text{flüssig}$

Aufgabe 4:

a)



b)

\dot{m}_{R134a}

$$\frac{dE}{dt} = \dot{m}(h_2 - h_3) + \dot{Q}_{23} - \dot{W}_K$$

\uparrow 0, st.FP \uparrow 0, adiabat

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

$$s_2 = s_3 \quad p_3 = p_4$$

$$h_2 = h_f + x_2(h_g - h_f)$$

$$h_2 = h_f, \text{ da } x_2 = 1$$

$$h_3 = h(8 \text{ bar})$$

c)

$$\frac{dE}{dt} = \dot{m}(h_4 - h_1) + \dot{Q}_{14} - \dot{W}_{14}$$

\uparrow 0, st.FP \uparrow 0, adiabat \uparrow 0, isel

$$h_1 = h_4$$

$$\frac{h_4 - h_f}{h_g - h_f} = x_1 \quad (p_1)$$

$$h_4 = h_g(8 \text{ bar}) = 264,15 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad \text{TAD 4-11}$$

$$p_4 = p_3$$

$$h_1 = h_f + x_1(h_g - h_f) \quad p_1$$

d)

$$\varepsilon_k = \frac{|\dot{Q}_{zu}|}{|\dot{W}_+|} = \frac{|\dot{Q}_u|}{|\dot{W}_k|}$$

$$\dot{W}_k = 28 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_k$$

$$\frac{\delta E_z}{\delta t} \overset{\text{a, st. FP}}{=} \dot{m}(h_1 - h_2) + \dot{Q}_u - \dot{W}_u^0$$

$$\dot{Q}_u = \Rightarrow \dot{m}(h_2 - h_1)$$

e)