[redacted]

Aufgabe 1

a) 1HS ~~[illegible]~~ Reaktor

TAB A 3
gesättigte Flüssigkeit:

$h_e = h_{ef}(70°C) = 1267 \frac{kJ}{kg}$

$h_a = h_{af}(100°C) = 1407.6 \frac{kJ}{kg}$

$$0 = \dot{m}_{ein}(h_e - h_a) + \dot{Q}_{ab}$$

$$\dot{Q}_{ab} = \dot{m}(h_a - h_e)$$

$$= 0{,}3\frac{kg}{s}\left(1407{,}6\frac{kJ}{kg} - 1267\frac{kJ}{kg}\right)$$

$$= 42.18\,kW$$

$$\dot{Q}_{aus} = \dot{Q}_R - \dot{Q}_{ab} = 100kW - 42.18kW = \underline{\underline{57.82\,kW}}$$

b) $$\bar{T} = \frac{\int_e^a T\,ds}{s_a - s_e} = \frac{h_a - h_e}{s_a - s_e} = \frac{\cancel{c}(T_a - T_e) + v(\cancel{p_a - p_e})}{\cancel{c}\ \ln\left(\frac{T_a}{T_e}\right)}$$

Ideal und c = const

$$= \frac{298.15K - 288.15K}{\ln\left(\frac{298.15K}{288.15K}\right)} = \underline{\underline{293.12\,K}}$$

c) Entropiebilanz um "Wärmeübertrager" $\dot{S}_{erz}$

Wir interessieren nur für Q

$$S_{erz} = \frac{\dot{Q}_{aus}}{T_R} + \frac{-\dot{Q}_{ab}}{\bar{T}} = -\frac{57.82kW}{\cancel{100°C}\ 373.15K} - \frac{57.82kW}{293.12K}$$

$$= \underline{\underline{42.6\frac{J}{K}}}$$

d) $Q_{aus} = 35000\,kJ$

Z_1: $\longrightarrow$ Z_2:

$x_1 = 0{,}005$

$m_1 = 5755\,kg$

$T_1 = 373.15\,K$

$m_2 = m_1 + \Delta m$ ← siedend mit $T_{ein} = 293.15\,K$

↖ siedend

Halboffenes ~~geschlossenes~~ System 1.HS

$$\cancel{\frac{dE}{dt} = \dot{Q} - \dot{W}}^{\,0}$$

$$\Delta E = \underbrace{m_2}_{m_1 + \Delta m} u_2 - m_1 u_1 = \Delta m (h_{ein}) + \dot{Q}$$

TAB A2

$$\Delta m\, u_2 - \Delta m\, h_{ein} = m_1 u_1 - m_1 u_2 + Q$$

$$\Delta m = -\frac{m_1 u_{1_f} - m_1 u_{2_f} + Q}{u_{2_f} - h_{ein}}$$ ← alles einsetzen

$u_{1_f}(20^\circ C) = 83.95\,\frac{kJ}{kg}$

$u_{2_f}(70^\circ C) = 292.95\,\frac{kJ}{kg}$

$m_1 = 5755\,kg$

$Q = 35000\,kJ$

$h_{ein_f}(20^\circ C) = 83.96\,\frac{kJ}{kg}$

$$= \underline{\underline{2755.15\,kg}}$$

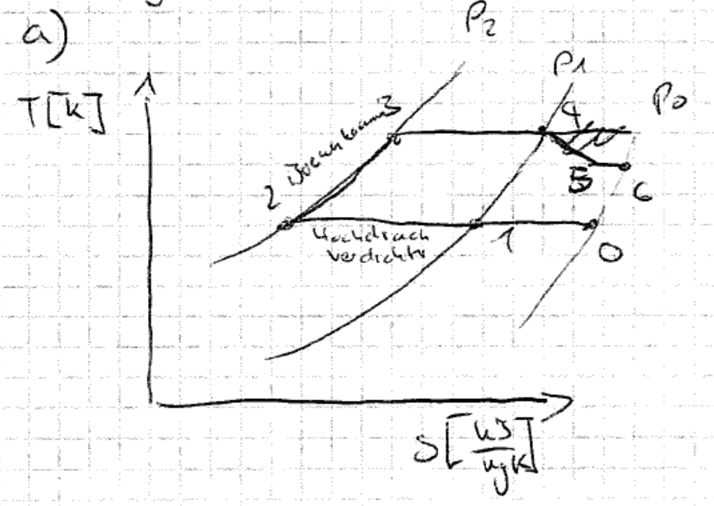
e) Entropiebilanz halboffen:

$$\Delta S_{12} = \Delta m\, s_e + \frac{Q}{T} + S_{erz}$$

[redacted]

Aufgabe 2

a)



Luft ideales Gas ⇒ Kein Nassdampf

Gasturbinenprozess

$\circlearrowright$ W wird generiert

b) 1 HS Schubdüse:

stationär $Q=0$ $W=0$

$$0=\dot m_L\left(h_5-h_6+\frac{w_5^2-w_6^2}{2}\right)$$

$$=\cancel{m_L}c_p(T_5-T_6)2+\cancel{m_L}\frac{w_5^2}{2}-\cancel{m_L}\frac{w_6^2}{2}$$

$$w_6=\sqrt{w_5^2+c_p(T_5-T_6)}$$

~~1HS Brennkammer~~

$$\cancel{0=\dot m_L(h_2-h_3)+Q}$$

adiabat + reversibel = isentrop

$$T_6=T_5\left(\frac{p_6}{p_5}\right)^{\frac{0,4}{1,4}}=431.94\left(\frac{0,191\,bar}{0,5\,bar}\right)^{\frac{0,4}{1,4}}=\underline{\underline{328.07\,K}}$$

$\cancel{p_5V=mRT}$ $T_5=431.94$

$\cancel{p_5 v_5=RT_5}$ $p_5=0,5\,bar$

$$\cancel{v_5=\frac{RT_5}{p_5}=2,47\frac{m^3}{kg}}$$

$$R=\frac{\bar R}{M}=\frac{8,314\frac{J}{mol}}{28.97\cdot10^{-3}\frac{kg}{mol\,K}}=286.99$$

$$\cancel{T_6=\frac{p_6 v_6}{R}=}$$

$p_6 = 0,191\,bar$, $v_6 = v_5$

$$w_6=\sqrt{\left(220\frac{m}{s}\right)^2+1.006\frac{kJ}{kgK}(431.94-328.07\,K)}=\underline{\underline{507.25\frac{m}{s}}}$$

c) mit $w_6 = 510 \frac{m}{s}$ $T_6 = 390K$

$w_a = 507.25\ m/s$
$w_e = 200\ m/s$
$T_0 = 295.15K$
$T = T6 = 328.07K$

~~$E_{x\,str}$~~ → Folgende Formeln einsetzen mit

$$o\, e_{x\,str} = h - h_0 - T_0(s - s_0) + p_0(v - v_0) + o\, E_{kin}$$

$$= c_p(T - T_0) - T_0\left(c_p \ln\left(\frac{T}{T_0}\right) - R \ln\left(\frac{p}{p_0}\right)\right) + p_0(v - v_0) + o\, E_{kin}$$

$\frac{1}{2}(w_a^2 - w_e^2)$

$$= 96.23 \frac{kJ}{kg}$$

$R = 286.95 \frac{kJ}{mol}$
$p_0 = 0{,}1915\ ar$
$= p_6$
$c_p = 1006 \frac{J}{kg\,K}$

$v_0 = \frac{R\,T_0}{p_0} = 4.93 \frac{m^3}{kg}$

$v = \frac{R\,T_6}{p_6} = 3.65$

d) ~~mit $o\,e_{x\,str} = 200 \frac{kJ}{kg}$~~

$$\dot{e}_{xverl} = o\, e_{x\,str} + \left(1 - \frac{T_0}{T_j}\right) q_B$$

einsetzen

$$= 1065.8 \frac{kJ}{kg}$$

$q_B = 1195 \frac{kJ}{kg}$
$T_0 = 293.15K$
$T_j = 1289K$
$e_{xstr} = 96.23 \frac{kJ}{kg}$

[redacted]

Aufgabe 3

$D = 10\,cm$, $r = 5\,cm$

$A = \pi r^2 = 0{,}00785\,m^2$

a) $p_{g1} = p_{W} = p_1 = p_2 = \frac{m_K \cdot g}{\pi \cdot 5\,cm^2} + 1\,bar = 0{,}3997\,bar + 1\,bar$

$= 1{,}3997\,bar$

$R = \frac{8{,}314\,\frac{J}{mol\,K}}{50 \cdot 10^{-3}\,\frac{kg}{mol}} = 166\,\frac{J}{kg\,K}$

$p_1 V = m R T_1$

$m_g = \frac{p_1 V}{R T_1}$ einsetzen

$V_{g1} = ~~A~~ \; 0{,}00319\,m^3$

$= ~~0{,}00039kg~~ \; 3.92\,g$

b) da noch immer Eis vorhanden $T_{EW,2} = 0\,°C$

system isobar da Kolben beweglich ist

$\Rightarrow p_{g2} = p_{g1} = 1.3997\,bar \Rightarrow$ ~~...~~ $V_{g1} \neq V_{g2}$

Endzustand ist Thermo-GGW $\Rightarrow$ noch Eis vorhanden also alles $= 0\,°C \Rightarrow T_{g2} = 0\,°C$

c) Z_1:

$T_{g1} = 500\,°C$

$V_{g1} = 3.19\,l$

$p_{g1} = 1.3997\,bar$

Z_2:

$T_{g2} = 0\,°C$

geschl. System $W = 0$ $\quad m_1 = m_2$

$Q = ~~\ldots~~ -(m_2 u_2 - m_1 u_1) = -m(u_2 - u_1)$

$= -c_v (T_2 - T_1) m = ~~\ldots~~ \; 1082.4\,J$ werden aufgenommen von Eiswasser mit $cv = 0{,}633\,\frac{kJ}{kg\,K}$ und $T_2 = 0\,°C$, $T_1 = 500\,°C$, $m = 3.92\,g$

d) rechne mit $|Q_{12}| = 1500\,J$ weiter ♡

$x_1 = 0{,}6 \qquad x_2 = \dfrac{u_2 - u_{f2}}{u_{g2} - u_{f2}}$

$T_2 = 0\,°C$

$p_2 = 1{,}3997$ bar

immer mit Formel $y = y_1 + \dfrac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1)$

Werte sind gehören gezeichnet → einsetzen

$u_{f1} = y =$

$u_1 = u_{f1} + x_1(u_{g1} - u_{f1})$

interpolieren in Tabelle

$u_1 = \ldots$

$u_2 - u_1 = c_v(T_2 - T_1)$

$\Rightarrow u_2 = c_v(T_2 - T_1) + u_1$

$\Rightarrow x_2 = \dfrac{u_2 - u_{f2}}{u_{g2} - u_{f2}}$

einsetzen

u_{f2}, u_{g2} aus Tabelle interpolieren

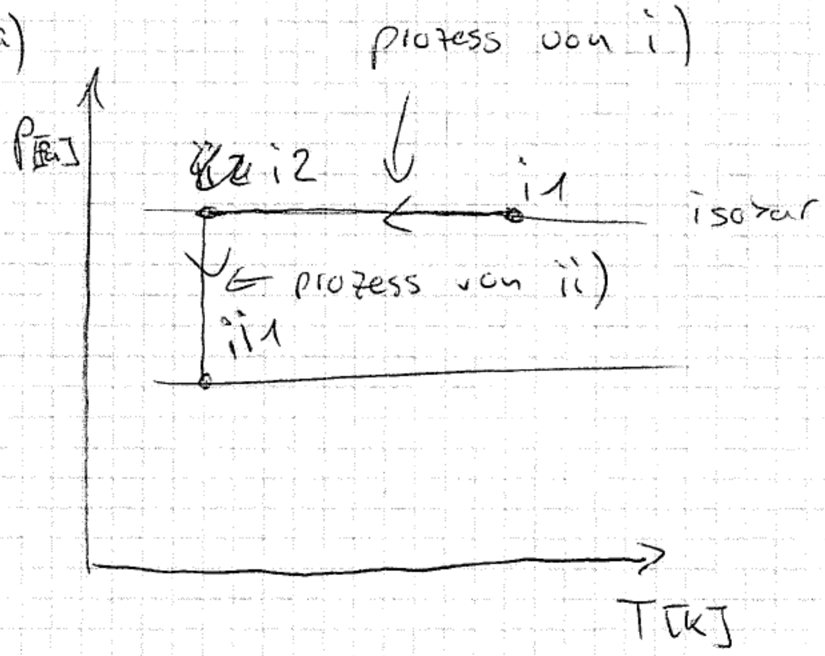
$x = 1{,}3997$ bar

$u_{f2} = y = -333{.}426\ \frac{kJ}{kg}$ | $y_1 = -333{.}442$, $y_2 = -332{.}858$ | $x_1 = 1$ bar, $x_2 = 1{,}9$ bar

$u_{g2} = y = -0{,}04495\ \frac{kJ}{kg}$ | $y_1 = -0{,}033$, $y_2 = -0{,}085$ | $x = 1{,}3997$ bar, $x_1 = 1$ bar, $x_2 = 1{,}4$ bar

Aufgabe 4 [redacted]

a)



b) 1. HS

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

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

$T_1 = -20\,°C = T_2$

$h_{2f} = 24.26 \frac{kJ}{kg}$

$T_3 = T_2 \left(\frac{p_2}{p_2}\right)$

mit T_3 und $p_3 = 8\,bar$

in Tabelle $h_3 = h_{3f}$

c)

mit $\dot{m}_R = 4\frac{kg}{h}$ und $T_2 = -22\,°C$

$$0 = \dot{m}_R(h_4 - h_1) \Rightarrow h_4 = h_1$$

$$x_1 = \frac{h_1 - h_f}{h_g - h_f} \qquad h_1 = h_{1f}$$

d)

$$\varepsilon_K = \frac{|\dot{Q}_{zu}|}{|\dot{Q}_{ab}| - |\dot{Q}_{zu}|} = \frac{|\dot{Q}_K|}{|\dot{Q}_{ab}| - |\dot{Q}_K|} = \frac{|\dot{Q}_K|}{g - \omega}$$

$$\dot{Q}_K = \dot{m}(h_2 - h_1) = \dot{m}(h_{f2} - h_1) \qquad \omega = 28\,W$$

e) die Temp würde weiter abnehmen und alles würde vereisen