

Aufgabe 1



stationärer Flussprozess

a) \dot{Q}_{aus}

$$\dot{Q} = \dot{m}_{\text{in}}(h_e - h_a) + \dot{Q}_R + \sum_j \dot{G}_j - \sum_n \dot{W}_{T,n}$$

$$= \dot{m}_{\text{in}}(h_e - h_a) + \dot{Q}_R - \dot{Q}_{\text{aus}}$$

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{\text{aus}} &= \dot{m}_{\text{in}}(h_e - h_a) + \dot{Q}_R \\ &= 61,972 \text{ kW}\end{aligned}$$

Tab A-2

$$\begin{aligned}h_e(70^\circ\text{C}, x=0) &= 292,28 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \\ s_{\text{a}}(70^\circ\text{C}, x=0) &= 1,3069 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \\ h_a(100^\circ\text{C}, x=0) &= 419,04 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \\ s_{\text{e}}(70^\circ\text{C}, x=0) &= 0,9519 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}\end{aligned}$$

b)

$$\bar{T}_{\text{KF}} = \frac{\sum_i \dot{m}_i T_{\text{ds}}}{\sum_i \dot{m}_i} = \frac{\Delta h}{s_{\text{a}} - s_{\text{e}}} = \frac{h_a - h_e}{s_{\text{a}} - s_{\text{e}}} = 360,11 \text{ K}$$

c) $\dot{s}_{\text{ent}} = \sum_j \frac{\dot{Q}_j}{T_j} =$ durch Vierzahlerregel

$$\begin{aligned}\bar{T}_{\text{KF}} &= \frac{\sum_i \dot{m}_i T_{\text{ds}}}{\sum_i \dot{m}_i} = \frac{\Delta h}{s_{\text{a}} - s_{\text{e}}} = \frac{h_a - h_e}{s_{\text{a}} - s_{\text{e}}} \\ &= 293,2 \text{ K}\end{aligned}$$

$\dot{h}_{\text{at}}(70^\circ\text{C})$ $\dot{h}_{\text{el}}(70^\circ\text{C})$ $s_{\text{at}}(100^\circ\text{C})$ $s_{\text{el}}(70^\circ\text{C})$ $h_{\text{a}}(25^\circ\text{C})$ $h_{\text{e}}(15^\circ\text{C})$ $s_{\text{a}}(15^\circ\text{C})$ $s_{\text{e}}(25^\circ\text{C})$	$= 381,34$ $= 48,20$ $= 0,1558$ $= 0,3103$ $= 104,9 \text{ °}$ $= 62,9 \text{ °}$ $= 0,2245$ $= 0,3674$
---	--

$$c) \quad S_{\text{ext}} = -\frac{Q_j}{T_j}$$

$$= \frac{-Q_{\text{aus}}}{T} = Q_{\text{Zufl}} \frac{\cancel{kW}}{\cancel{h}}$$

d) Reaktor auf 70°C $x=0$

4m₁₂-inden Reaktor bei $T_{\text{reaktor}} = 100^\circ\text{C}$
gegeben

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

$$Q_{\text{aus}} = 35 \text{ MW}$$

$$m_1 = 5755 \text{ kg}$$

$$m_2 = m_1 + 4m_{12}$$

halboffenes System

$$Q = 35000 \text{ kW}$$

$$\Delta E = m_2 u_2 - m_1 u_1 = 4m_{12}(h_{20^\circ\text{C}}) + Q - \cancel{U}$$

Fabrik

$$\Delta m_{12} = \frac{m_2 u_2 - m_1 u_1 - Q}{h_{20^\circ\text{C}}}$$

$$u_2 \text{ taf}(70^\circ\text{C}, x=0) = 292,95 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$u_1 \text{ ZB}(100^\circ\text{C}, x=0) = 418,916 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$= (m_1 + 4m_{12})u_2 - m_1 u_1 = 4m_{12} \cdot h + Q$$

$$h(20^\circ\text{C}, x=0) = 83,96 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\Delta m_{12} \cdot h - \Delta m_{12} \cdot u_2 = m_1 u_2 - m_1 u_1 - Q$$

$$\Delta m_{12} \cdot h = \frac{m_1 u_2 - m_1 u_1 - Q}{h - u}$$

$$\Delta m_{12} = 5144,4 \text{ kg}$$

Aufgabe 1

Obj e)

$$\Delta S_{12} = m_2 s_2 - m_1 s_1$$

$$= 2886,24 \frac{J}{K}$$

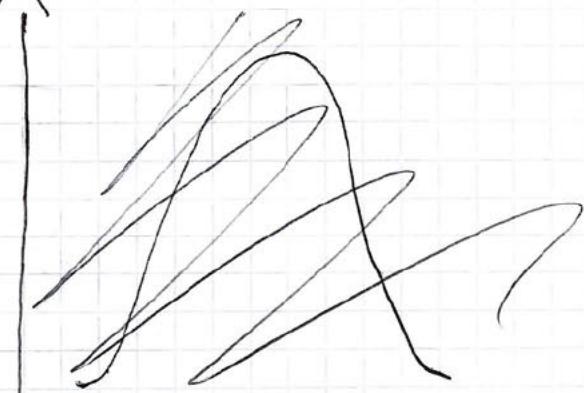
$$m_2 = m_1 + 4m_1 = 10899 \text{ kg}$$

$$s_2(70^\circ C, x=0) = 0,9519$$

$$s_1(100^\circ C, x=0) = 1,3069$$

Aufgabe 2

$T \text{ in } ^\circ\text{K}$



$T \text{ in } ^\circ\text{K}$
 $s \text{ in } \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{kg}}$

0-1

Wärmevorwärmer irreversibel

$p_1 \neq p_2$

1-2

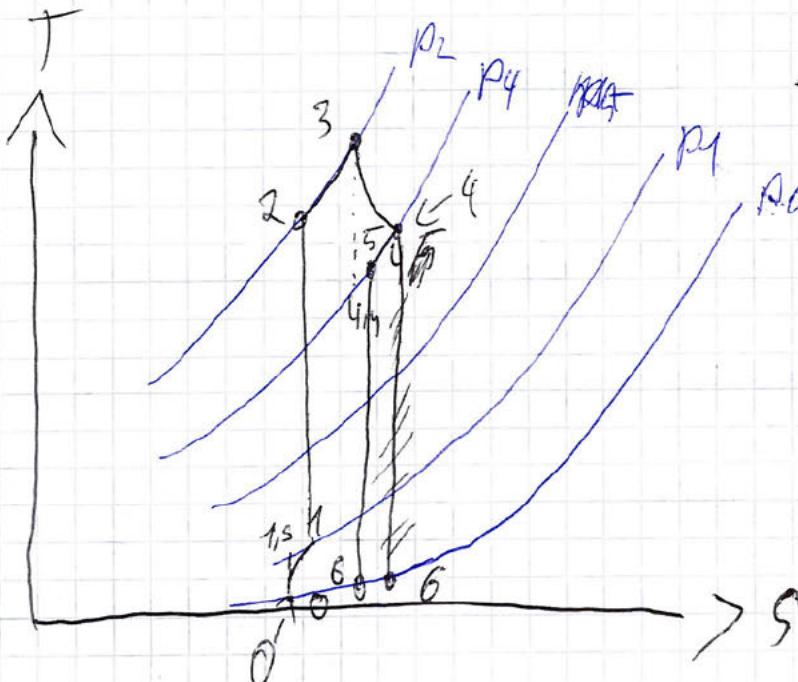
Wärmeverdichter, reversibel

2-3 isobarer Brennraum

3-4 Turbine, irreversibel

4-5 Mischkammer 0,5 bar

5-6 Schubdüse von 0,5 bar auf 0,191 bar



isobaren

$$p_1 = p_2$$

$$p_2 = p_3$$

$$p_4 = p_5$$

$$p_5 = p_6$$

b) $w_6 \neq T_6$

$$w_5 = 220 \frac{m}{s}$$

$$p_5 = 0,5 \text{ bar}$$

$$T_5 = 437,9 \text{ K}$$

$$\frac{T_5}{T_1} \frac{T_6}{T_5} = \left(\frac{p_6}{p_5} \right)^{\frac{k-1}{k}}$$

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

$$= 328,07 \text{ K}$$

$$h_5 + \frac{w_5^2}{2} = h_6 + \frac{w_6^2}{2}$$

$$\frac{w_6^2}{2} = h_5 - h_6 + \frac{w_5^2}{2}$$

$$= \dot{m} \cdot c_p (T_5 - T_6) + \frac{w_5^2}{2}$$

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

$$= 507,25 \frac{m}{s}$$

$$T_0 = -30^\circ \text{C}$$

$$60 - 77 = 243,15^\circ \text{K}$$

c)

$$\Delta e_{x, \text{str}} = h_6 - h_0 - T_0 (s_6 - s_0) + \dot{e}_x + p \dot{v}$$

$$= c_p (T_6 - T_0) - T_0 \left(c_p \ln \left(\frac{T_6}{T_0} \right) + \frac{w_6^2}{2} - \frac{w_0^2}{2} \right)$$

$$= -116,533 \frac{kJ}{kg}$$

$$p_6 = p_0$$

d)

$$0 = -\Delta e_{x, \text{str}} + \dot{e}_{x, Q} - \dot{W}_{f,n} - \dot{E}_{x, \text{real}}$$

$$\dot{e}_{x, \text{real}} = -\Delta e_{x, \text{str}} + \dot{e}_{x, Q} - \dot{W}_{f,n}$$

$$Q = 1195 \frac{kJ}{kg}$$

$$\dot{e}_{x, \text{real}} = T_0 \cdot s_{e,0}$$

$$s_{e,0} = s_a - s_e - \frac{Q}{T}$$

$$= \dot{m} \ln \left(\frac{T_0 (s_a - s_e)}{T_0 c_p \ln \left(\frac{T_6}{T_0} \right)} \right) - \frac{Q}{T} = 72,39 \frac{kJ}{kg}$$

Aufgabe 3

$$\frac{\pi}{4} \cdot \bar{r}^2 = 0,00785 \text{ m}^2$$

a) $p_{g,1}$ m_g

$$\text{GGW: } p_{g,1} = p_{\text{amb}} + g \cdot \frac{(m_g + m_{\text{ew}})}{A}$$

$$= 140,114 \text{ Pa}$$

$$= 140,115 \text{ kPa}$$

$$V_g = 0,00374 \text{ m}^3$$

$$\text{IG: } m \cdot R \cdot T = pV$$

$$R = \frac{R}{M} = \frac{8,314}{50} = 0,1663 \frac{\text{hF}}{\text{kg K}}$$

$$m = \frac{pV}{RT}$$

$$T = 500^\circ\text{C} = 773,15 \text{ K}$$

$$= 0,00392 \text{ kg}$$

b) Zustand 2

Gesamte Wärmehaushalt bleibt gleich

$$m_{\text{gas}} \cdot c_{\text{pp}} \cdot \bar{T}_1 + m_{\text{ew}} \cdot c_p \cdot T_1 = m_{\text{gas}} \cdot c_p \cdot \bar{T}_2 + m_{\text{ew}} \cdot c_p \cdot T_2$$

$$c_p = R + c_v$$

bei

$$= 0,799 \frac{\text{hF}}{\text{kg K}}$$

$$m_{\text{ew}} = m_{\text{eis}} + m_{\text{wasser}}$$

$$m_{\text{eis}} = 0,06 \text{ kg}$$

Die thermische Masse vom Wasser $m_{\text{wasser}} = 0,04 \text{ kg}$

Wird höher als die vom Gas. Daraus ist das Gas knapp über 0°C .

$$p = \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} p_1 = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} p_{\text{H2O}}$$

c) geschlossenes System in einem Kolben mit $P_0, KE = 0$

$$\Delta E = \sum_j Q_j - \sum_i W_{in} = \sum_j Q_j - \sum_i W_{out}$$

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = 1,76$$

$$m \cdot c_p (T_2 - T_1) = \text{W}_{out} Q - W_{in}$$

$$Q = W_{in} m c_p (T_2 - T_1)$$

$$Q_{\text{Wärme}} = -Q_{\text{gas}}$$

$$= 13,60 \text{ kJ}$$

$$W_{in} = \dot{S} \cdot \dot{V} \cdot \text{in}$$

$$= \frac{R(T_2 - T_1)}{1 - \gamma} \text{ in}$$

$$= 1,09 \text{ kJ}$$

d)

$$T_1 = T_2 \quad \text{Tab. 1}$$

$$m_{EW} \cdot c_1 \cdot T$$

geschlossener Kolben

$$\Delta E = Q - W^{10}$$

$$m_{EW} \cdot (u_2 - u_1) = Q$$

$$\frac{Q}{m_{EW}} + u_1 = u_2$$

$$u_2 = -186,729 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = u_f + x_2 (u_{eis} - u_f)$$

$$x_2 = \frac{u_2 - u_f}{u_{eis} - u_f} = 0,56$$

$$u_f = -90,45 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

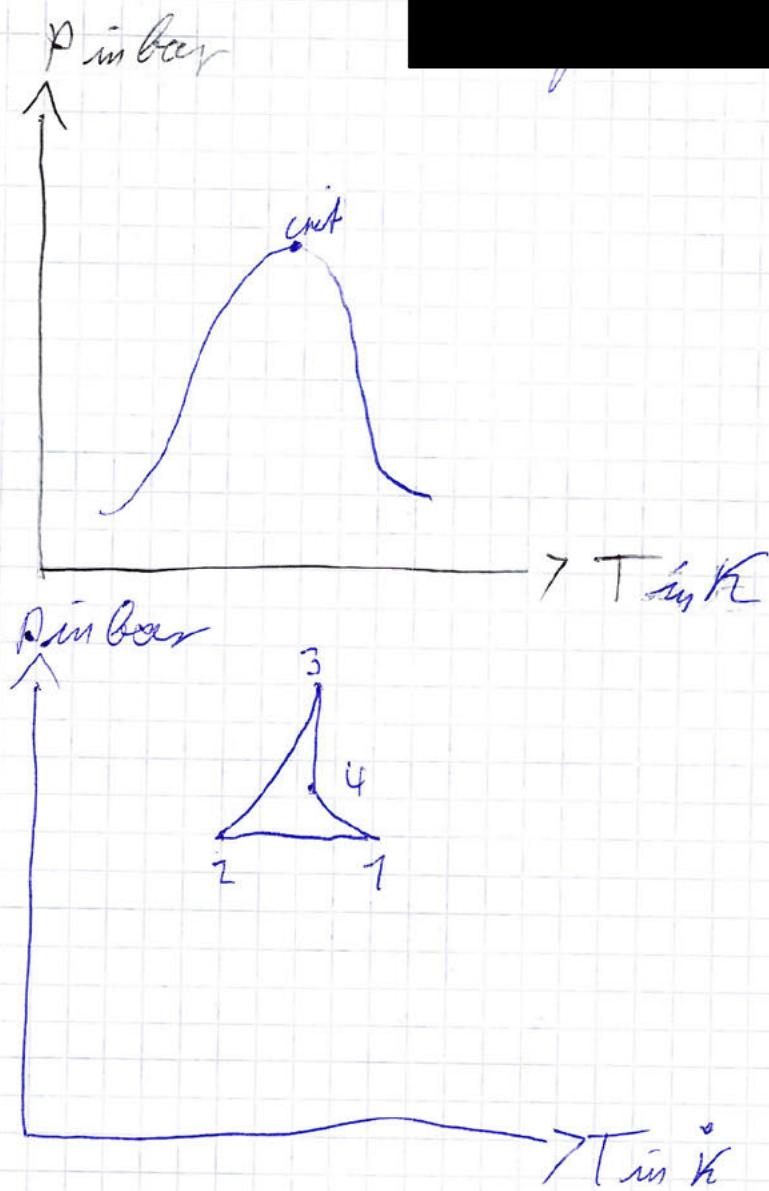
$$u_{eis} \text{ bei } (1,4 \text{ bar}) = -333,458 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$u_1 = u_f + x(u_{eis} - u_f)$$

$$= -200,389 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Aufgabe 4.

a)



b)
2-3

stationärer Prozess

$$\partial = m \cdot (h_e - h_a) + \dot{Q} + \dot{W} + \dot{V} - \dot{W}$$

$$W = m \cdot (h_e - h_a) = m(h_2 - h_3)$$

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

$$h_2 = \\ h_3 =$$

c) in $R734_{\text{ox}} = 4 \text{ kg}$
 $T_1 = -22^\circ \text{C}$

$$\begin{aligned} p_1 &= p_2 = 226,9 \\ &\quad \checkmark 220,9 + 0,005 \\ &= 220,9895 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_1 = p_2 &= 6 - 0,005 \text{ Bar} \\ &= 5,9995 \text{ Bar} \end{aligned}$$

in Drossel

tab A 11 $h_4 = h_3$

$$h_3(8 \text{ bar}, x=0) = 93,42 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_3(8 \text{ bar}) = \frac{h_1(-10^\circ \text{C}, x=0) - h_2(-22^\circ \text{C}, x=1)}{1} = 247,24 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

mit

$$s_2 = s_3 \quad h_4 = h_3 = h_1 + x(h_2 - h_1)$$

$$x = \frac{h_1 - h_2}{h_2 - h_1} = 0,34 \quad h_2(-22^\circ \text{C}, x=1) = 247,24 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

d) $E_K = \frac{\dot{Q}_{zu}}{W}$
 $= 518 \text{ J}$

$$\begin{aligned} Q_K &= \dot{Q}_{zu} = m(h_2 - h_1) \\ &= 10164,24 \text{ W} \end{aligned}$$

c) Interpolation h_f h_g

$$\begin{aligned} h_f &= \frac{-10+12}{-8+12} (39,54 - 34,39) + 34,39 = 36,965 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \\ h_g &= \frac{-10+12}{-8+12} (209,17 - 203) + 203 = 204,385 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \end{aligned}$$

e) Viele merkt das CO_2 Wasser flüssig zuerst dann erst gasförmig machen, wodurch Temperatur wieder stark erhöhen.