

Aufgabe 1

a) ges: \dot{Q}_{aus}

E.B.:

$$0 = \dot{m} (h_1 - h_2) + \dot{Q}_R + \dot{Q}_{\text{aus}}$$

$$\dot{Q}_{\text{aus}} = 0.3 \frac{\text{kg}}{\text{s}} (h_1 + h_2) - \dot{Q}_R$$

(A-2)

$$h_1 = 292.98 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (70^\circ\text{C})$$

$$h_2 = 419.04 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (100^\circ\text{C})$$

$$\dot{Q}_{\text{aus}} = 0.3 \frac{\text{kg}}{\text{s}} (419.04 - 292.98) - 100 \text{ kW} = -62.182 \text{ kW}$$

b) ges: \bar{T}_{KF}

Wärmeübertragung:

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T$$

↓

$$62.182 \text{ kW} = \dots$$

d) ges. $\Delta m_{12} \rightarrow T_2 = 70^\circ\text{C}$

E-B.

$h_0 \Rightarrow h(20^\circ\text{C})$

$$m_2 u_2 - m_1 u_1 = \Delta m h_0 + Q_{R,12}$$

$$u_1 = 418.94 + x_D \cdot (2506.5 - 418.94) = 427.3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_0 = 83.96 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$u_2 = 292.95 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\Delta m = \frac{(\Delta m + m_1) \cdot u_2 - m_1 u_1 - Q_R}{h_0}$$

$$\Delta m = 3867.1 \text{ kg}$$

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

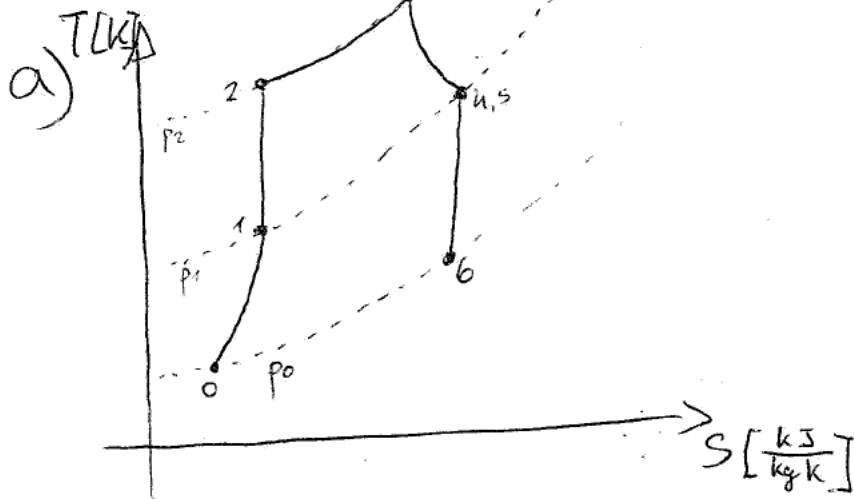
$$s_1 = 1.3069 + x_D (7.3549 - 1.3069) = 1.33714 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

$$s_2 = 0.9549 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

$$m_2 = 1887.9$$

$$\Delta S_{12} = 5892.5 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

Aufgabe 2



b) ges w_b, T_6

$$w_b = 220 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad p_s = 0.5 \text{ bar} \quad T_s = 431.9 \text{ K}$$

$$s_s = s_6 \quad \text{da isentrop}$$

Luft als ideales Gas

$$c_p = 1.006 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

da adiabat ;

$$\frac{T_6}{T_s} = \left(\frac{p_6}{p_s} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \Rightarrow T_6 = 431.9 \text{ K} \cdot \left(\frac{0.191 \text{ bar}}{0.5 \text{ bar}} \right)^{\frac{1.4-1}{1.4}} = 328.075 \text{ K}$$

$$u_6 - u_s = c_v \Delta T$$

$$c_v = c_p - R$$

c) m_{ges} bezogene $\Delta e_{x, str}$

$$\Delta e_{x, str} = h_6 - h_0 - T_0(s - s_0) + \dots + h_e$$

$$h_6 - h_0 = c_p (T_6 - T_0)$$

$$s - s_0 = c_p \ln \left(\frac{T_6}{T_0} \right)$$

$$h_e = \frac{1}{2} (510 \frac{m}{s})^2 - \frac{1}{2} (200 \frac{m}{s})^2 = \left(\dots \right) \frac{110.05 \text{ kJ}}{\text{kg}}$$

$$\Rightarrow \Delta e_{x, str} = c_p (T_6 - T_0) - T_0 \cdot c_p \ln \left(\frac{T_6}{T_0} \right) + \dots \cdot 110.05 = -128.98 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

d) ges $e_{x, verl}$

$$m_{ges} = \frac{1}{5.293} + 5.293 = 5.682$$

Energie-Bilanz

$$0 = \Delta e_{x, str} + \left(1 - \frac{T_0}{T_B} \right) \cdot q_B \cdot \frac{1}{5.682} - \dot{e}_{x, verl}$$

$$\dot{e}_{x, verl} = -100 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + \left(1 - \frac{243.15 \text{ K}}{1289 \text{ K}} \right) \cdot 1195 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot \frac{1}{5.682} = 76.87 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Aufgabe 3

a) ges: $p_{g,1}$, m_g

$$R = \frac{\bar{R}}{M} = \frac{8.314 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}}}{50 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}} = 0.1663 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$c_v = 0.633 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$c_p = R + c_v = 0.7993 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$p_{g,1}$ = Druck von oben

$$\Rightarrow p_{g,1} = 1 \text{ bar} + \frac{g \cdot (m_k + m_{\text{EW}})}{A} \quad \text{wobei} \quad A = (10 \text{ cm})^2 \cdot \pi$$

$$\Leftrightarrow p_{g,1} = 1 \text{ bar} + \frac{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} (32 \text{ kg} + 0.1 \text{ kg})}{\frac{\pi}{100} \text{ m}^2} = 1 \text{ bar} + 0.1 \text{ bar} = 1.1 \text{ bar}$$

Weil das Gas perfekt ist gilt:

$$pV = mRT$$

also:

$$m_g = \frac{p_{g,1} \cdot V_{g,1}}{R \cdot T_{g,1}} = \frac{1.1 \text{ bar} \cdot 3.14 \text{ L}}{0.1663 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 500^\circ\text{C}} = 2.686 \text{ g}$$

b) Wenn $x_{\text{Eis},2} > 0$ ist, heisst das, dass $T_{\text{EW},2} = 0^\circ\text{C}$ ist.

Da das EW und das Gas ^{in 2.2} im thermodynamischen Gleichgewicht stehen, ist auch $T_{g,2} = 0^\circ\text{C}$

$p_{g,2}$ findet man auch Dank $pV = mRT$, aber man braucht es nicht.

$$p_{g,2} = \frac{m_{g,1} \cdot R \cdot T_{g,2}}{V_{s,1}}$$

da der Druck von aussen der gleiche bleibt ($\Delta m = 0$)

$$p_{g,2} = p_{g,1} = 1.1 \text{ bar}$$

c) ges: Q_{12}

In diesem Fall ist Q_{12} lediglich die Änderung der Enthalpie des Gases, also:

$$Q_{12} = m(h_2 - h_1) \stackrel{\text{weil Druck konstant}}{=} m c_p^{p,2} (T_2 - T_1) = 0.7993 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \cdot 2.686 \text{ J} \cdot (0^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) = -1.073 \text{ kJ}$$

d) ges: $x_{\text{Eis},2}$

p_{sat} muss die gleiche bleiben, also $p_{1,\text{ew}} = 1 \text{ bar} + \frac{g \cdot m_k}{A} = 1.0999 \text{ bar}$

$$u_1 = u_{f1} + x \cdot (u_{fe} - u_{f1})$$

durch interpol.

$$\frac{1.1 \text{ bar} - 1.4 \text{ bar}}{1.4 \text{ bar} - 1 \text{ bar}} = \frac{u_{f1} - (-333.458)}{-333.458 - (-333.442)}$$

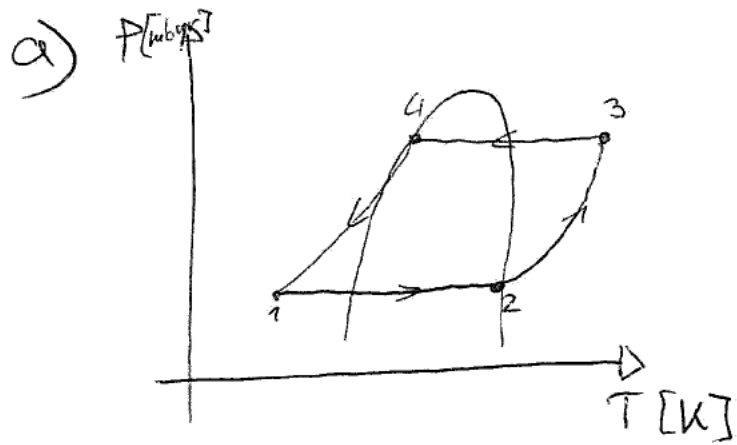
$$u_{f1} = -333.446 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

dasselbe für u_{fe} :

$$\frac{1.1 \text{ bar} - 1.4 \text{ bar}}{1.4 \text{ bar} - 1 \text{ bar}} = \frac{u_{fe} - (-0.045)}{-0.045 - (-0.033)} \Rightarrow u_{fe} = -0.036 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\Rightarrow u_1 = -333.446 + 0.6 \cdot (-0.036 - (-333.446)) = -133.4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Aufgabe 4



b) ges: \dot{m}_{RT34a}

Aus E.B.:

$$0 = \dot{m}_{RT34a} (h_2 - h_3) + \cancel{\dot{Q}} - \dot{W}_k$$

c) x₁

$$T_2 = -22^\circ\text{C} \quad \dot{m}_{R134a} = 4 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 1.1 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\text{Drossel} \Rightarrow h_1 = h_4 \quad \overline{T_1 = T_4} = \overset{34.33}{\dots}^\circ\text{C} \quad (\text{A-81})$$

$$\overset{\text{A-81}}{h_4} = \overset{93.42}{\text{(g bar)}} \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = h_1$$

~~durch interpolation:~~

$$\overset{\text{A-70}}{p_2} = 1.2192 \text{ bar} \quad (\text{A-70}) = p_1$$

$$p_1 = 1.2192 \text{ bar}$$

$$h_1 = 93.42 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_1 = h_g(1.2 \text{ bar}) + x(h_g(1.2 \text{ bar}) - h_f(1.2 \text{ bar}))$$

$$x_1 = 0.34$$

$$\text{d) } \varepsilon_k = \frac{|\dot{Q}_{zu}|}{|\dot{W}_+|} = \frac{|\dot{Q}_k|}{|\dot{W}_k| - |\dot{Q}_{ab}|}$$