

A1)

a) Energiebilanz um Reaktor, stationär mit $\Delta h_r = \Delta P_i = W = 0$

$$\hookrightarrow 0 = m_{\text{ein}}(h_{\text{ein}} - h_{\text{aus}}) + \dot{Q}_{\text{Reaktor}} - \dot{Q}_{\text{aus}}$$

(mit \dot{Q}_{aus} in Pfeilrichtung positiv definiert)

$$\hookrightarrow \dot{Q}_{\text{aus}} = m_{\text{ein}}(h_w(20^\circ\text{C}) - h_w(100^\circ\text{C})) + \dot{Q}_Z$$

im ganzen Reaktor siedende Flüssigkeit $\uparrow \Rightarrow$ wir sind im 2-Phasengebiet

hein: T_b A-2 mit T = 70°C und x = 0.005

$$h_f^{70} = 292,99 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, h_g^{70} = 2626,8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (\text{bei } 70^\circ)$$

$$\hookrightarrow h_{\text{ein}} = h_f^{70} + x_D(h_g^{70} - h_f^{70}) = 309,649 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = h_{\text{ein}}$$

$$h_{\text{aus}} = h_f^{100} + x_D(h_g^{100} - h_f^{100}) = 428,23 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\text{Tb A-2: } h_f^{100} = 419,04, h_g^{100} = 2257,0 \text{ m}$$

$$\hookrightarrow \dot{Q}_{\text{aus}} = 0,3 \frac{\text{kg}}{\text{s}} (309,649 - 428,23) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 100 \text{ kW} = 62,93 \text{ kW} = \underline{\dot{Q}_{\text{aus}}}$$

$$\text{b) } \overline{T} = \frac{\int s \cdot T ds}{\int s_{\text{aus}} - s_{\text{ein}}}$$

ideale Flüssigkeit \Rightarrow Wirkungsweise
 $\hookrightarrow s(T_{1,p}) = s(T)$

$$\rightarrow \text{ideale Flüssigkeit} \Rightarrow \overline{T} = \frac{T_{\text{aus}} - T_{\text{ein}}}{2} \neq T_{\text{ein}} = 288,15 \text{ K} + \frac{293,15 \text{ K} - 288,15 \text{ K}}{2} = \underline{293,15 \text{ K}}$$

c) \dot{S}_{erz} eines Wärmestroms:

$$\dot{S}_{\text{erz}} = \left(1 - \frac{T_0}{\overline{T}}\right) \cdot \dot{Q}_{\text{aus}} \quad \text{mit } T_0 = \text{Traktor} = (100 + 273,15) \text{ K} \quad \cancel{\text{Kann nicht sein, führt zu negativem } \dot{S}_{\text{erz}} \text{ (unmöglich)}}$$

$$\hookrightarrow \dot{S}_{\text{erz}} = \left(1 - \frac{273,15 \text{ K}}{293,15 \text{ K}}\right) \cdot 62,93 \text{ kW} = 4,29 \text{ Lw}$$

\rightarrow mit T₀ annehmen 293,15 K

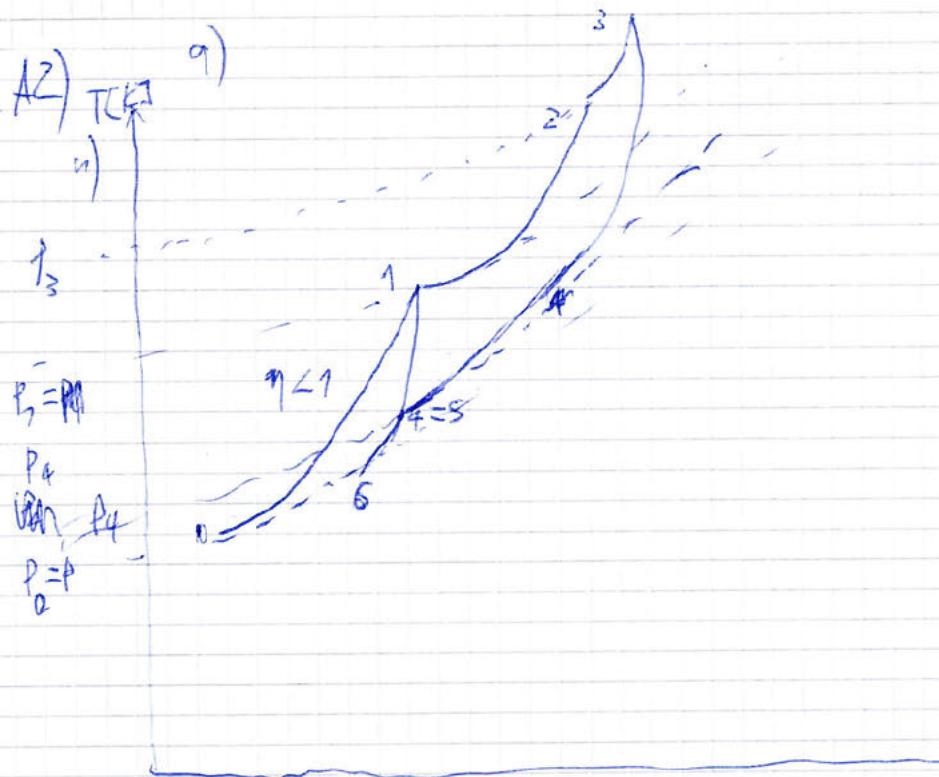
d) Energiebilanz: $m_2 u_2 - m_1 u_1 = \text{sm} h_{\text{ein}} + Q - \Delta m$

mit $Q = Q_{R1L} - Q_{aus1L} < 0$

 $m_2 u_2 - m_1 u_1 = \text{sm} h_{\text{ein}} \Delta m$

$\rightarrow (m_1 + \Delta m) u_2 - m_1 u_1 = \text{sm} h_{\text{ein}} \Rightarrow \text{sm}(u_2 - h_{\text{ein}}) = m_1 u_1 - m_1 u_2$

↳



b)

$$s \left[\frac{k^1}{k_2 k} \right]$$

A3)

a) ges: $p_{0,1}$ und m_g Gewicht auf Gas lastend: $m_{\text{ew}} + m_k + \cancel{\frac{F_g}{\text{Membran}}} = 0.1 \text{ kg} + 32 \text{ kg} = 32.1 \text{ kg}$

$$\text{p}_{\text{NENR}} F_g = m \cdot g = 32.1 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 314.901 \text{ N} = F_g$$

$$p = p_0 + \frac{F_g}{A} = p_{\text{amb}} + \frac{F_g}{\left(\frac{D}{2}\right)^2 \pi} = \cancel{0.1013 \text{ bar}} + \cancel{\frac{314.901 \text{ N}}{0.025^2 \text{ m}^2 \pi}} 10^5 p_1 + \frac{314.901 \text{ N}}{0.025^2 \text{ m}^2 \pi} =$$

$$\underline{\underline{p_{1,1} = 1.401 \text{ bar}}}$$

$$\text{ideal Gas} \Rightarrow m_g = \frac{p_{1,1} V_1}{R_g T_1}$$

$$\text{mit } R_g = \frac{\overline{R}}{M_g} = \frac{8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}}{50 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0.16628 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}} \Rightarrow m_g = \frac{1.401 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 0.00314 \text{ m}^3}{0.16628 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}} \cdot (500 + 273.15) \text{ K}} = \underline{\underline{3.422 \text{ g}}}$$

b) $T_{G2} = T_{\text{ew},2}$, da GFW im Zustand 2Wasser im Zustand 1: 0°C bei $K > 0 \Rightarrow$ im 2-Phasenzustand↳ nach Tab. 1 bei 0°C $p_{\text{ew}} = 1.4 \text{ bar}$ (macht sinn, da leicht weniger als $p_{1,1}$)Zustand 2: $p_{\text{ew},1} = p_{\text{ew},2}$ sind immer noch im 2-phasen zustand, deshalb

$$\underline{\underline{T_{G2} = T_{\text{ew},2} = 0^\circ\text{C}}}$$

$p_{1,1} = p_{2,2} = 1.401 \text{ bar}$, dies gilt, da Membran und Kolben reibungsfrei sind
und die Masse, welche auf dem Gas lastet unveränderlich ist.

$$\text{c) Energiebilanz am geschlossenen System: } \Delta E = m_g (u_2 - u_1) = Q_{12} - W_{12}$$

$$W_{12} = \int_1^2 p dV = \overset{\text{da } p \text{ const}}{p_1} (V_2 - V_1) \quad \text{mit } V_{12} = \frac{m_g \cdot R_g \cdot T_2}{p_{12}} = \frac{3.422 \text{ g} \cdot 0.16628 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}} \cdot 273.15 \text{ K}}{1.401 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

$$V_{12} = 0.00111 \text{ m}^3 \Rightarrow W_{12} = 1.401 \cdot 10^5 \text{ Pa} (0.00111 \text{ m}^3 - 0.00314 \text{ m}^3) = -284.5 \text{ J}$$

$$u_2 - u_1 = c_v (T_{G2} - T_{G1}) = 0.633 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (-500 \text{ K}) = -316.5 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$\underline{\underline{Q_{12} = W_{12} + m_g \cdot u_1 = -284.5 - 316.5 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot 3.422 \text{ g} = -1367.5 \text{ J} = Q_{12}}}$$

negatives Vorzeichen \Rightarrow weg vom Gas ✓

d) zuerst müssen wir n_{av} berechnen.

analog zu Wasserdampf: x_{ris} gleich wie x_{gas} , alle Werte aus Tab 1 bei 1.4 bar

$$\hookrightarrow u_1 = u_f + x_1(u_{\text{ris}} - u_{\text{flüssig}}) = (-0,045 + 0,6(-333,458 + 0,045)) \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] = \\ u_1 = -200,0928 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

→ Entzündung, da positiven Wärmenstrom
→ 0, da keine Volumenarbeit im EW

Energiebilanz um Eo , geschlossen: $m_{\text{EW}}(u_2 - u_1) = |Q_{12}| - \dot{W}_{12, \text{EW}}$

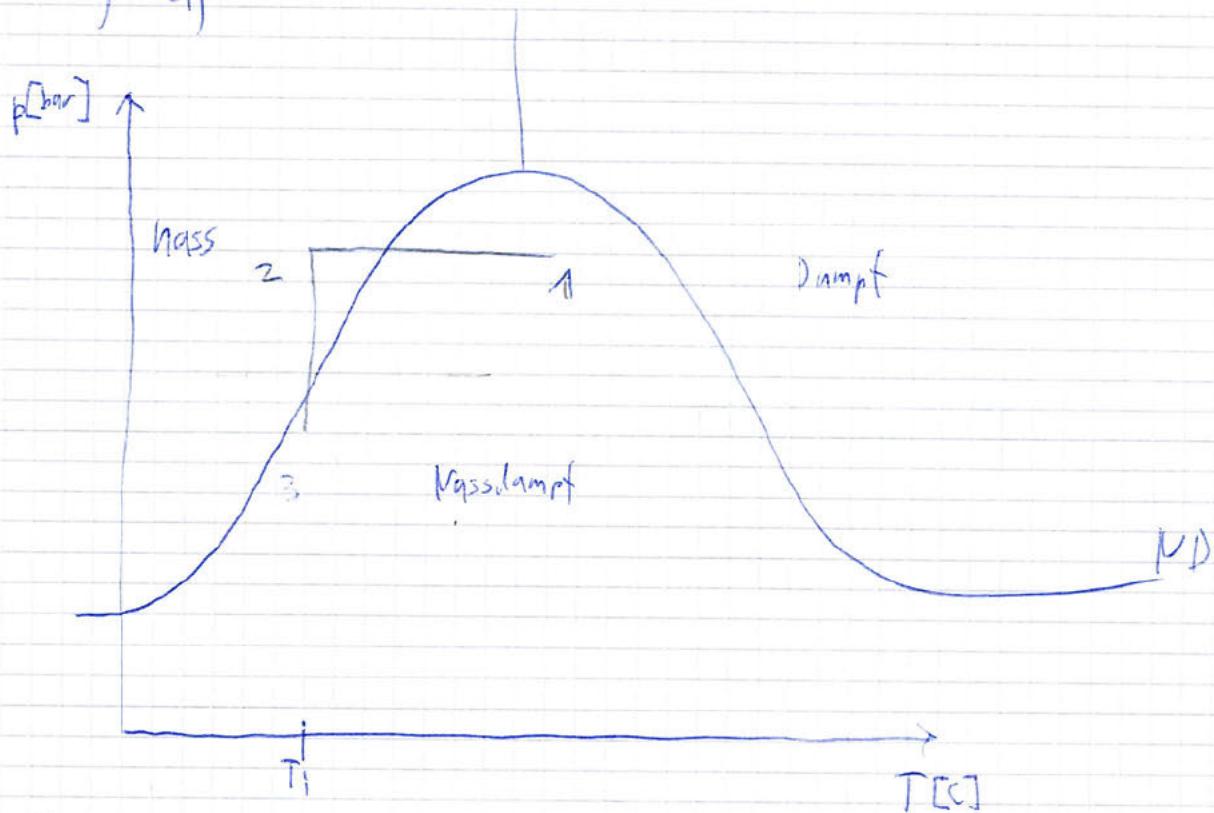
$$\hookrightarrow u_2 = u_1 + \frac{|Q_{12}|}{m_{\text{EW}}} = -200,0928 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + \frac{1,3675 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}}{0,1 \text{ kg}} = -186,4178 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = u_2$$

$$\hookrightarrow \text{nach } x_2 \text{ aufgelöst: } x_2 = \frac{u_2 - u_f}{u_{\text{ris}} - u_f}$$

↪ wieder bei 1.4 bar, Tab 1, da wir immer noch im Wasserdampf sind und $p_1 = p_2, T_1 = T_2$

$$\hookrightarrow x_2 = \frac{-186,4178 + 0,045}{-333,458 + 0,045} = 0,559 = \underline{\underline{x_2}}$$

A4) a)



b) Kühlturrlast:

Zustand 1: adiabater Entspannung

Zustand 2: $p_2 = p_1$, $x_2 = 1 \Rightarrow$ gerade vollständig verdampft als Gas

Zustand 3: $p_3 = 8 \text{ bar}$, 2-3 adiabat - reversibel

Zustand 4: $p_4 = p_3$, $x=0 \Rightarrow$ gerade kondensiert bei 8 bar

$$T_4 \xrightarrow{\text{A-11, bei } 8 \text{ bar}} 31,33^\circ\text{C}$$

T_1 ist 10 K über Sublimationspunkt, folglich zwischen 0 und 5 mbar unter Tripelpunkt

$$\hookrightarrow T_1 = -10^\circ\text{C} \Rightarrow T_{\text{verdampfer}} = -16^\circ\text{C} \Rightarrow -16^\circ\text{C} = T_2$$

bei 1 mbar

$$\text{Zustand 2: } x = ??, T_2 = -16^\circ\text{C} \Rightarrow \text{Tab A-10: } p_2 = p_1 = 1,5748 \text{ bar}$$

wir haben p_2 und p_3 und T_1 des Kompressors, neu adiabat-reversibel ist:

$$\frac{W_{23}}{m} = ? \text{ geht nicht, da wir keiner Polytropie haben}$$

c) rechnen mit $i_F = 4 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$, $T_2 = -22^\circ\text{C}$

ges: x_1 z

$$d) \varepsilon_k = \frac{|\dot{Q}_{zu}|}{|w_{+}|} = \frac{|\dot{Q}_k|}{w_k} \quad \text{! (robau)}$$

von E-Bilanz um isolierten Verdampfer: $D = i_{Fk}(h_1 - h_2) + \dot{Q}_k - \dot{Q}_{zu}$

$$\hookrightarrow \varepsilon_k = \frac{i_{Fk}(h_2 - h_1)}{w_k}$$

e) Die Lebensmittel können nie ins Nassdampfgefüllt werden, da das Wasser bei immer kälter werdender Temperatur gefroren bleibt.