

4. Frage 1

a)  $\dot{Q} = n(h_a - h_e)$

$$(h_a - h_e) = cp(T_{\text{eff aus}} - T_{\text{eff ein}})$$

# Aufgaben



9)

$$b) \bar{T} = \frac{\int_{T_1}^{T_2} T ds}{S_a - S_e} = \frac{298.15 k + 288.15 k}{2} = 293.15 k$$

$$a) m_{\text{ges}} c_p (T_1 - T) = \delta m_{12} \left( \frac{T}{T_2} - T_2 \right)$$

$$T_1 = 100^\circ C$$

$$T = 70^\circ C$$

$$T_2 = T_{\text{ein}} = 20^\circ C$$

$$\delta m_{12} = \frac{m_{\text{ges}} (T_1 - T)}{T_2 - T_1} = 34.53 \text{ kg}$$

$$e) S_1 = \underbrace{m_1 S_1(100^\circ\text{C})}_{\text{Tabelle A-2}} + m_2 S_1(20^\circ\text{C})$$

$$\approx S_1 = m_1 S_1(100^\circ\text{C}) + m_2 S_1(20^\circ\text{C}, 15\text{at})$$

$$= m_1 (S_f(100^\circ\text{C}) + x(S_g(100^\circ\text{C}) - S_f(100^\circ\text{C})) + m_2 S_1(70^\circ)$$

$$= m_1 (1.337 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}) + m_2 (0.2966 \frac{\text{J}}{\text{kgK}})$$

$$S(T, p) = S_f(T) = 0.2966 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$$

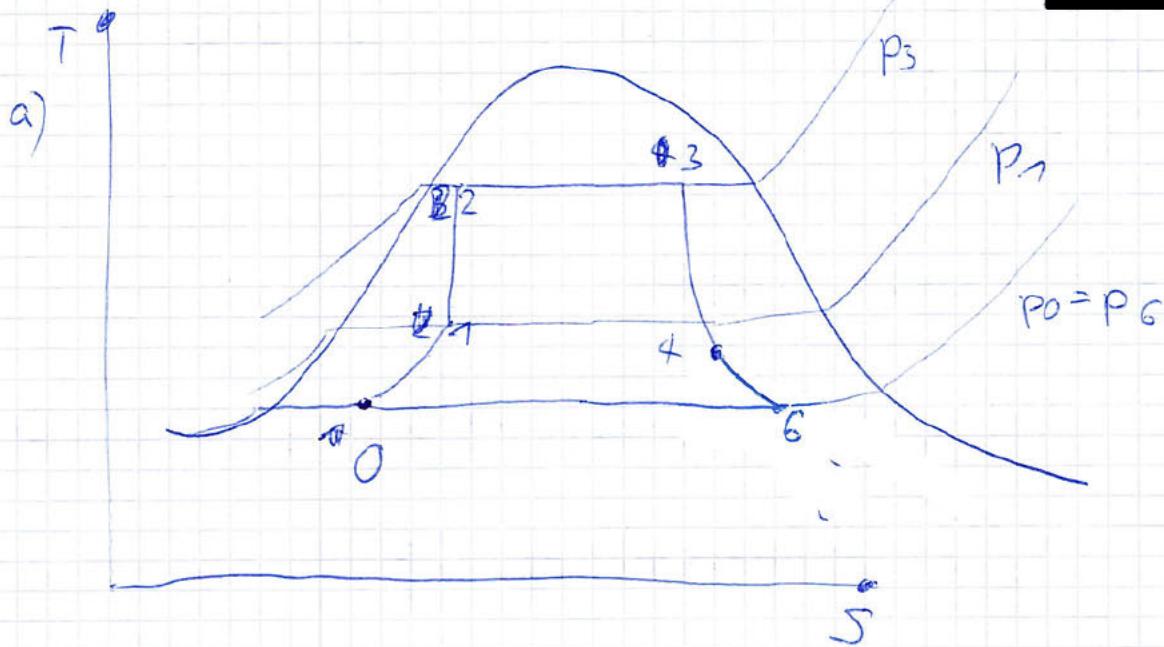
$$S_1 = 8.215 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$S_2 = S_f(70^\circ\text{C}) = 0.9599 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$$

$$S_2 = m_{\text{ges}} \cdot S_2 = 8.793 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$\Delta S_{12} = S_2 - S_1 = 400 \text{ or } 74 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

# Aufgabe 2:



$$b) w_5 = 220 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$p_5 = 0.5 \text{ bar}$$

~~$$p_0 = p_6 \quad (\text{Falsch})$$~~

~~ist auch  $U_0 = U_6$~~

~~$m_0 = m_6$~~

$$\dot{m} = \frac{p_0 V_0}{R T_0} = \frac{p_0 V_6}{R T_0}$$

dadie Schubdüse adiabat reversibel ist

$$\text{gilt: } T_{\frac{5}{6}} = T_5 \left( \frac{p_{36}}{p_{56}} \right)^{\frac{n-1}{n}} = 328.07 \text{ K}$$

Da die Düse adiabat ist gilt  $Q=0$

$$0 = \dot{m}(h_0 - h_5) + \dot{m} \left( \frac{w_e^2 - w_5^2}{2} \right) \rightarrow$$

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

$$w_e = \sqrt{2c_p(T_5 - T_6) + w_5^2} = 506.02 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

~~is = ZE  
m u, - m v, z~~



#

c)  $\Delta ex_{str} = E_{xstr} - E_{xar\ 0}$

$$= \dot{m}_{ges}(h_g - h_0 - T_0(s_g - s_0) + \frac{\omega_g^2}{2}) - \dot{m}(h_b - h_0 - T_0(s_0 - s) + \frac{\omega_0^2}{2})$$
$$= \dot{m}_{ges}(h_g - h_0 - T_0(s_g - s_0) + \frac{\omega_g^2}{2} - \frac{\omega_0^2}{2})$$

~~$w_g c_p \cdot T_0 = 330.04 \frac{kJ}{kg}$~~

$$h_0 = h_g - h_0 = c_p(T_g - T_0) = 875 \text{ or } 85.43 \frac{kJ}{kg}$$

$$T_0 = 293.15 K$$

$$s_g - s_0 = c_p \ln\left(\frac{T_g}{T_0}\right) - R \ln\left(\frac{p_g}{p_0}\right)$$

$$\frac{\omega_g^2}{2} - \frac{\omega_0^2}{2} = 44.01 \frac{kJ}{kg}$$

$$= c_p \ln\left(\frac{T_g}{T_0}\right) = 0.307 \frac{kJ}{kg} K$$

$$\Delta ex_{str} = \dot{m}_{ges} \left( c_p(T_g - T_0) - T_0 \ln\left(\frac{T_g}{T_0}\right) + \frac{\omega_g^2}{2} - \frac{\omega_0^2}{2} \right)$$

$$ex_{str} = 56.25 \cdot \dot{m}_{ges} \frac{\omega}{kg}$$

3.

d)  $p_1 = 1.4 \text{ bar}$

$$m_1 = m_2 = 0.1 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} U_1 &= U(0^\circ\text{C}, 1.4 \text{ bar}) = U_{\text{fest}}(0^\circ\text{C}, 1.4 \text{ bar}) + x(U_g(0^\circ\text{C}, 1.4 \text{ bar}) - U_{\text{fest}}(0^\circ\text{C}, 1.4 \text{ bar})) \\ &= -133.41 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \end{aligned}$$

$$x_2 = \frac{U_2 - U_{\text{fest}}}{U_{\text{flüssig}} - U_{\text{fest}}}$$

~~Prob~~

$$U_{2g} = \frac{m \cdot R T_2}{p} = 1.11 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

~~$m_2 u_2 - m_1 u_1 = Q_{12}$~~

$$W = p_1 (V_2 - V_1) = 284.27 \text{ J}$$

~~$U_2 = \frac{Q_{12} + m_1 u_1}{m} = \frac{Q_{12}}{m} + b_2 p =$~~

$$m_1 = m_2 = m_w$$

$$m_2 u_2 - m_1 u_1 = Q_{12} - W_{12}$$

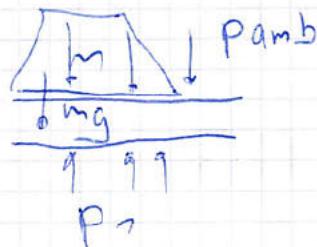
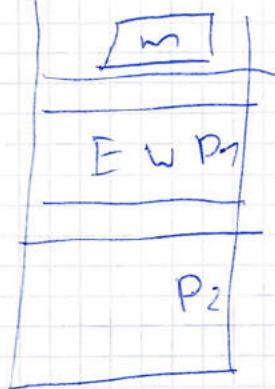
$$U_2 = \frac{Q_{12} - W_{12}}{m_w} + U_1$$

$$= -122.59 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$x_2 = \frac{U_2 - U_{\text{fest}}}{U_{\text{flüssig}} - U_{\text{fest}}} = 63.20 \%$$

Aufgabe 3: 1.)

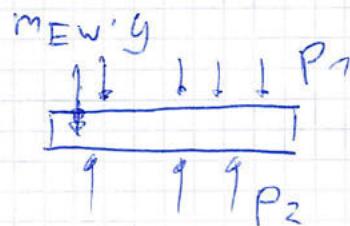
$$F = p \cdot A$$



$$\Sigma F = P_{AMB} \cdot \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 + mg = P_1 \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

$$P_1 = P_{AMB} + \frac{4mg}{\pi d^2}$$

$$= 1.40 \text{ bar}$$



$$\Sigma F = P_1 \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 + m_{EW}g = P_2 \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

$$P_2 = P_1 + \frac{4m_{EW}g}{\pi d^2}$$

$$P_2 = 1.401 \text{ bar}$$

$$m_g = \frac{P_2 V}{R T_{g1}}$$

$$R = \frac{C}{\mu} = 166.28 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

$$m_g = \frac{1.401 \text{ bar} \cdot 50 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{166.28 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \cdot 773.15 \text{ K}}$$

$$= 3.42 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

- b) Da der Zustand immer noch im Nassdampf gebiert liegt blieb + die Temperatur und der Druck konstant.  $T_2 = 0^\circ\text{C}$   $p_2 = 1.40 \text{ bar}$

$$c) C_{P,\text{Gas}} = \frac{\bar{R}}{m} + c_v = 799.78 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$$

~~$E_2 - E_1 = Q_2 - W$~~

$$\cancel{m_g(h_{1g} - h_{2g}) = m_w(h_{1w} - h_{2w})} \quad \begin{matrix} \text{ab} \\ \text{zur Entholpiz vor Temperatur} \end{matrix}$$

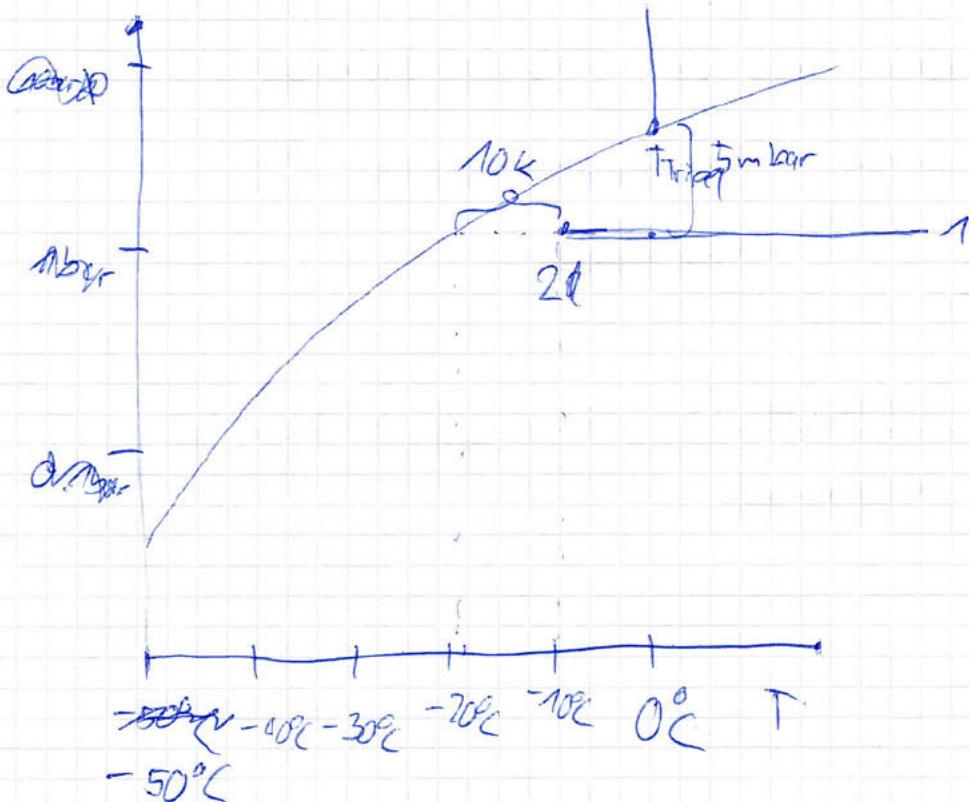
$$\cancel{m_g(C_{pg}(T_{1g} - T_2) = m_w C_{pw}(T_{1w} - T_2))}$$

Da im Zustand 2 Wasser immer noch bei  $0^\circ\text{C}$  ist und Zustand 2 der GGzustand ist, ist das Gas auch bei  $0^\circ\text{C}$

~~$\Delta E = Q_2 - W$~~

$$\begin{aligned} Q_2 &= m_g(h_{2g} - h_{1g}) & T_2 - T_1 &= 500 \text{ K} \\ &= m_g C_{pg}(T_2 - T_1) \\ &= 1366.77 \text{ J} \end{aligned}$$

4.

b)  $m_{134}$   $T_i = 6K$ Temperatur im Verdampfer:  $T_i = 6K$  $T_{kars}$  Diagramm =  $-10^\circ C$   $T_f = -16^\circ C$ Aus  $x_2 = 1$  findet man die Entropie aus  
Tabelle A-10 und Enthalpie

$$S_g(-16^\circ C) = 0.9298 \frac{kJ}{kgK} \quad h_g(-16^\circ C) = 237.74 \frac{kJ}{kgK}$$

Da der Kompressor adiabat reversibel ist gilt

$$S_2 = S_3$$

~~Dampf~~

Aus Tabelle A-12 kann man nun mittels der Entropie die Enthalpie bestimmen. Man weiß zudem aus A-10

$$s_2 = s_3 = 6.9298 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad \cancel{\text{drossel}}$$

$$h_3 = \frac{h(8\text{bar}, 40^\circ\text{C}) - h(8\text{bar}, T_{\text{sat}})}{s(8\text{bar}, 40^\circ\text{C}) - s(8\text{bar}, T_{\text{sat}})} (s_3 - s(8\text{bar}, T_{\text{sat}})) + h(8\text{bar}, T_{\text{sat}}) = \\ = 271.31 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Danach für die Bilanzgleichung um den Kompressor erhalten wir adiabat

$$\dot{m} (h_2 - h_3) + \dot{Q} - \dot{W}$$

$$\dot{m} = \frac{\dot{W}}{(h_2 - h_3)} = 8.34 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

c) adiabate Drossel →isenkühl Tabelle A-11

$$h_4 = h_7$$

$$h_7 = h_f(8.0\text{bar}) = 93.92 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Da der Verdampfer im Nassdampf gesetz liegt und bei  $-16^\circ\text{C}$  operiert ~~wasserdruck~~ kann man das Dampfgehalt ausrechnen Tabelle A-10

$$x_1 = \frac{h_1 - h_f(-16^\circ\text{C})}{h_g(-16^\circ\text{C}) - h_f(-16^\circ\text{C})} = 30.76\%$$

Aufgabe 4 d)

$$\epsilon_c = \frac{|Q_{z0}|}{|Q_{1B}| + |Q_{z0}|} = \frac{|Q_{z0}|}{|UH|} = 4.299$$

$$Q_{z0} = Q_L = m(h_2 - h_1) = 221120.36J$$

=

$$h_1 = h_0 = 9342 \frac{kg}{J}$$

$$h_2 = h_{2g}(-16^\circ C) = 237.70 \frac{kg}{J}$$

Tabelle A-10

- e) Die Temperatur würde weiter fallen während der Druck konstant ist.  
Deshalb würde es ins Nasszustand führen.