

Aufgabe 1)

a) ~~Kreislaufes~~ statisch system: Arbeit ≈ 0 , keine kinetische Energie und keine potentielle:

$$E_2 - E_1 = Q - \dot{W}^0$$

$$\Delta u_2 - u_1 = Q - \cancel{\dot{m} \cdot u_2 - u_1}$$

$$Q = \dot{m}_1 (h_{in} - h_{aus}) + \dot{Q} - \dot{W}^0$$

wirkt auf

Tab A2
Wasser 70°C
siedend Flüssigkeit

aus Tab A2: Siedende Flüssigkeit; $x_d \approx 0$

$$h_{in}(20^\circ\text{C}) = 292.98 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad p = 0.3779 \text{ bar}$$

$$h_{aus}(100^\circ\text{C}) = 419.04 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad p = 1.014 \text{ bar}$$

$$-\dot{Q} = 0.3 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \left(h_{in}(20^\circ\text{C}) - h_{aus}(100^\circ\text{C}) \right) = -37.81 \text{ kJ/W}$$

$\dot{Q} = 37.8 \text{ kJ/W}$ dargestellt ~~graphisch~~

b) $\bar{T}_{KF} = \frac{\int T ds}{s_e - s_a} \rightarrow$ ideale Flüssigkeit, druck in Konsant. Konst.

$$\frac{h_e - h_a}{s_e - s_a} = \frac{c_p (T_{aus} - T_{ein})}{c_p \ln \left(\frac{T_{aus}}{T_{ein}} \right)} = \frac{h_e - h_a}{s_e - s_a} = \frac{T_{aus} - T_{ein}}{\ln \left(\frac{T_{aus}}{T_{ein}} \right)} = \frac{T_{aus} - T_{ein}}{\ln \left(\frac{T_{aus}}{T_{ein}} \right)}$$

$$= \frac{288.75 \text{ K} - 288.75 \text{ K}}{\ln \left(\frac{288.75 \text{ K}}{288.75 \text{ K}} \right)} = \underline{\underline{293.72 \text{ K}}}$$

$$d) \dot{m}_{\text{verz}} = \dot{m}_1 \quad \dot{s} = \frac{\dot{Q}}{\dot{T}} = \frac{65 \text{ kbar} \frac{\text{kJ}}{\text{s}}}{293.12 \text{ K}} = \underline{\underline{227.75 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{K}}}}$$

$$d) 26^\circ \text{ Rekt} = sQ = 35 \text{ MJ}$$

$$m_{\text{a2}} \cdot u_2 - m_g \cdot u_1 = \Delta m \cdot h_{\text{ein}} + Q \xrightarrow{\approx 0} \\ (\approx 35 \text{ MJ})$$

$$h_{\text{ein}} = h_{\text{dampf bei } 20^\circ \text{C}}; \text{ siedend} = 83.96 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

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

$$m_2 = m_1 + \Delta m =$$

flüssig dampf:

$$(h_1 \Rightarrow h = 479.04 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 0.005 \cdot (2676.1 - 419.04) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 430.33 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}})$$

$$\left(h_2^{\text{v (siedend)}} = 292.98 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) \quad \boxed{\text{Tab A2}} \quad u_1 = 418.94 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 0.005 \cdot (2806.5 - 418.94) = 429.38 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

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

$$\Delta m = m_2 - m_1$$

$$m_g \cdot u_2 + \Delta m \cdot u_2 - m_1 \cdot u_1 - \Delta m \cdot h_{\text{ein}} = Q$$

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

$$\Delta m = \frac{Q + m_1 \cdot u_1 - m_1 \cdot u_2}{u_2 - h_{\text{ein}}} = \frac{35000 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} + 5755 \text{ kg} \cdot (429.38 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 292.95 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}})}{292.95 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 83.96 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}$$

$$h_{\text{ein}} =$$

$$= \underline{\underline{3924 \text{ kg}}}$$

$$c) \Delta S_{12} = S_2 - S_1$$

$$\Delta S_{12} = S_2 + S_3$$

$$\Delta S_{12} = S_2 \cdot m_2 - S_1 \cdot m_1$$

$$S_2 \cdot m_2 = S_2 \cdot (5755 \text{ kg} + 3600 \text{ kg})$$

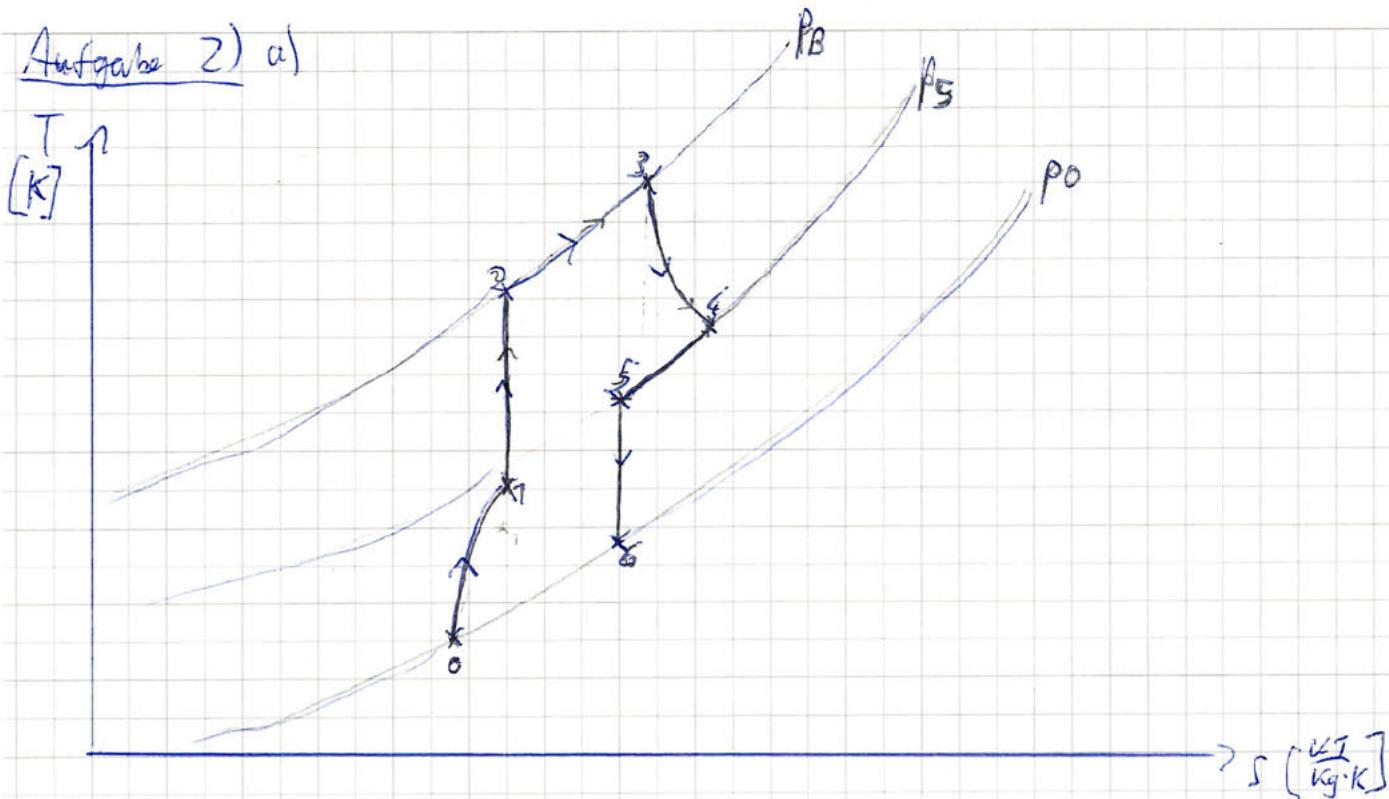
$$S_1 \cdot m_1 = S_1 \cdot (5755 \text{ kg})$$

$$S_2 = s(70^\circ\text{C}, f) = 0.4549 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$S_1(f100^\circ\text{C}, 0.005 \text{ ad}) = 7.3069 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 0.005 \cdot (7.3549 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 7.3069 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}) = 7.339 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\Delta S_{12} = 7227.74 \text{ kJ}$$

Aufgabe 2) a)



b) $T_5 = 437.9 \text{ K}$

Schubdüse Adiabat; stationär

$w_2 = 220 \text{ m/s}$

$p_5 = 0.5 \text{ bar}$

$\dot{m}_5 = \dot{m}_{\text{ges}}$

$$\Omega^* = m(h_2 - h_1) + Q - W \quad \text{adiabat}$$

$$\Omega = m(h_5 - h_2 + \frac{w_e^2 - w_a^2}{2}) + Q - W$$

reversible Schubdüse:

$$\dot{S}_{\text{erg}} = 0$$

$$\begin{aligned} &\downarrow \\ &\text{reversibel (adiabat)} \\ &W = \dot{m} C_V (p_5 - p_2) \end{aligned}$$

$$(C_V \cdot p_5 - p_2)$$

$h_5 = c_p \cdot T_5 \quad (\text{ideales gas})$

$$h_5 = 7.006 \text{ kJ/kgK} \cdot 437.9 \text{ K} = 434.49 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

$$\text{adiabat: } T_6 = T_5 \cdot \left(\frac{p_6}{p_5} \right)^{\frac{0.4}{k+1}} = 437.9 \text{ K} \cdot \left(\frac{0.19 \text{ bar}}{0.5 \text{ bar}} \right)^{\frac{0.4}{0.41}} = \underline{\underline{328.07 \text{ K}}}$$

$h_6 = c_p \cdot T_6 = \underline{\underline{330 \text{ kJ/kg}}} \rightarrow \text{Gesamtsystem:}$

für ~~w2~~ Ω stationär fließend zwi. von Ω best.

$$\Omega = \dot{m} \left(h_0 - h_5 + \frac{w_0^2 - w_5^2}{2} \right) + Q$$

$$h_0 = c_p \cdot 243.75 \text{ K} = 249.6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

c)

heba

$$\Delta_{\text{exstr}} = h_0 - h_0 - T_0(s_0 - s_0) + \Delta K_e$$

↑

Kin. potentielle energie
stationärer flüssigkeitsprozess

$$k_o = 244.6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad C_p \cdot T_o \quad \frac{w_o^2 - w_g^2}{2}$$

$$h_0 = \frac{330 \text{ kJ}}{\text{kg}} \quad c_p \cdot T_0$$

$$342.04 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (\text{Umgebung})$$

$$\bar{T}_0 = 243.75$$

$$\Delta K_e = \frac{200 \text{ kN/m}^2 - 520 \text{ }^2}{2} = -770.05 \text{ kJ}$$

$$S_0 - S_0 = C_p \cdot \ln\left(\frac{T_0}{T_0}\right) = \underbrace{-0.33727}_{\times R_G} = -82 \text{ kJ}$$

$$N_c = 244.6 \frac{kg}{kg} - 382.04 \frac{kg}{kg} + 82 \frac{kg}{kg} - 170.05 \frac{kg}{kg} = -728.46 \frac{kg}{kg}$$

$$d) \text{ exverl} = T_0 \cdot S_{\text{crz.}}$$

$$\text{ex-vat } O = \underset{\uparrow}{\text{ex-str.}} + \sum Q_{zu} \left(1 - \frac{\tau_o}{\xi} \right) \cdot \underset{\uparrow}{W} - \underset{\uparrow}{\text{ex-vat}} - \underset{\#=0}{\underset{\uparrow}{C_V \cdot (p_0 - p_0)}}$$

$\uparrow \quad 7795 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \quad 7289 \text{kg}$

$$Ex_{verl} = -725.44 \frac{kg}{kg} + 7795 \left(1 - \frac{283}{7284} \right)$$

Aufgabe 3

a) Ges: p_{G1} und m_1

$$p_{G1} = p_{amb} + \frac{F_G}{A} + \frac{F_{grav}}{A}$$

atmosphäre \hookrightarrow Kraft / Fläche (=druck) der Gewichtskraft
der Masse m_K

$$p_{G1} = 10^5 \text{ Pa} + \frac{32 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2}{(0.05 \text{ m})^2 \cdot \pi}$$

$$\approx \pi \cdot r^2 \text{ für } A = (0.5 \text{ m}) \cdot \pi$$

p_{G1} gesamt Masse $E_V = 0.7 \text{ kg}$
Fläche ist gleich

$$\text{d.h. } p_{G1} = 10^5 \text{ Pa} + \frac{\cancel{32 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} (32 \text{ kg} + 0.7 \text{ kg}) \cdot 9.81 \text{ m/s}^2}{(0.05 \text{ m})^2 \cdot \pi} = \underline{\underline{12777 \text{ Pa}}}$$

$$p_{G1} \approx 137.93 \text{ bar}$$

$$\rightarrow \text{perfekter Gas: } p \cdot V = m \cdot R \cdot T = m \cdot \frac{R}{M} \cdot T$$

$$p_{G1} = 10^5 + \frac{32.7 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2}{0.05^2 \text{ m}^2 \cdot \pi} = \underline{\underline{1.4 \text{ bar}} = p_{G2}}$$

$$\rightarrow \text{perf. Gas: } p \cdot V = m \cdot R \cdot T = m \cdot \frac{R}{M} \cdot T \Rightarrow m = \frac{p \cdot V \cdot M}{R \cdot T}$$

$$m = \frac{1.4 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 3.74 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot 50 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}}{\cancel{1.374 \frac{\text{Pa}}{\text{kmol K}}} \cdot 273.15 \text{ K}} = 3.42 \text{ g} = \underline{\underline{3.42 \cdot 10^{-3} \text{ kg}}}$$

b) ∂ Da es nicht geschmolzen ist war die Wärme abgegebene Konstante, da T_{ab} konstant war.

Temperatur und Druck müssen sinken, da Wärme nach O.H. 5+1. Wärme ~~entnahmen~~ von warm nach kalt fließt.

Gas und Eis in thermodynamischen GG d.h. $Q=0$

und $T_{ab} = 0^\circ\text{C}$ \rightarrow muss gleiche Temp haben wie Eiswasser (0°C) sonst wäre kein Eis mehr vorhanden oder klein genug.

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

$\hookrightarrow 500^\circ\text{C}$ 0°C

$$\cancel{p_2 = \frac{p_1 \cdot T_2}{T_1}} \cdot \frac{273.15 \text{ K}}{273.15 \text{ K}} \approx \cancel{0.5 \text{ bar}} \underline{\underline{0.49 \text{ bar}}}$$

c) $\Delta E = E_2 - E_1$ $\Delta E = U_2 - U_1 = Q - W$

(kein kinetisch
kein pot)

\hookrightarrow keine

$$U_1 =$$

b)

c) $C_V = 0.633$

$$\alpha_p = \frac{8.314 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}}{50.19 \frac{\text{J}}{\text{mol}}} = c_p - c_v$$

$$\alpha_p = R + C_V = \frac{100.47}{0.79958}$$

$$n = \frac{\alpha_p}{C_V} = 7.2637$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = P_1 \cdot \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{n-1}$$

$P_2 = P_1 \Rightarrow$ ~~masse auf dem Druck durch~~
 P_0 und masse hat sich nicht
geändert

c) $\Delta E = E_2 - E_1$ $\Delta E = U_2 - U_1 = Q - W$

(kein ekin epot)

\downarrow

Volumenarbeit:

$$W = m \cdot \left(\frac{1}{1-n} \cdot (P_2 V_2 - P_1 V_1) \right)$$

$$=$$

$$3d) Q_{12} = -7500 \text{ J} \quad (\text{Wärme aus dem Eiswasser})$$

$$p = 7.4 \text{ bar}$$

$$T_{\text{ref}} = 0^\circ\text{C}$$

$$\Delta U \quad \Delta U = Q$$

$$m \cdot (u_2 - u_1) = Q$$

Änderung innere
 Energie durch
 positive/
 Volumenänderung

$$u_1 \Rightarrow x_{\text{ref}} = 0^\circ\text{C}$$

$$\text{aus Tafel: } u_1 = u_{\text{fest}} + x \cdot (u_{\text{flüssig}} - u_{\text{fest}})$$

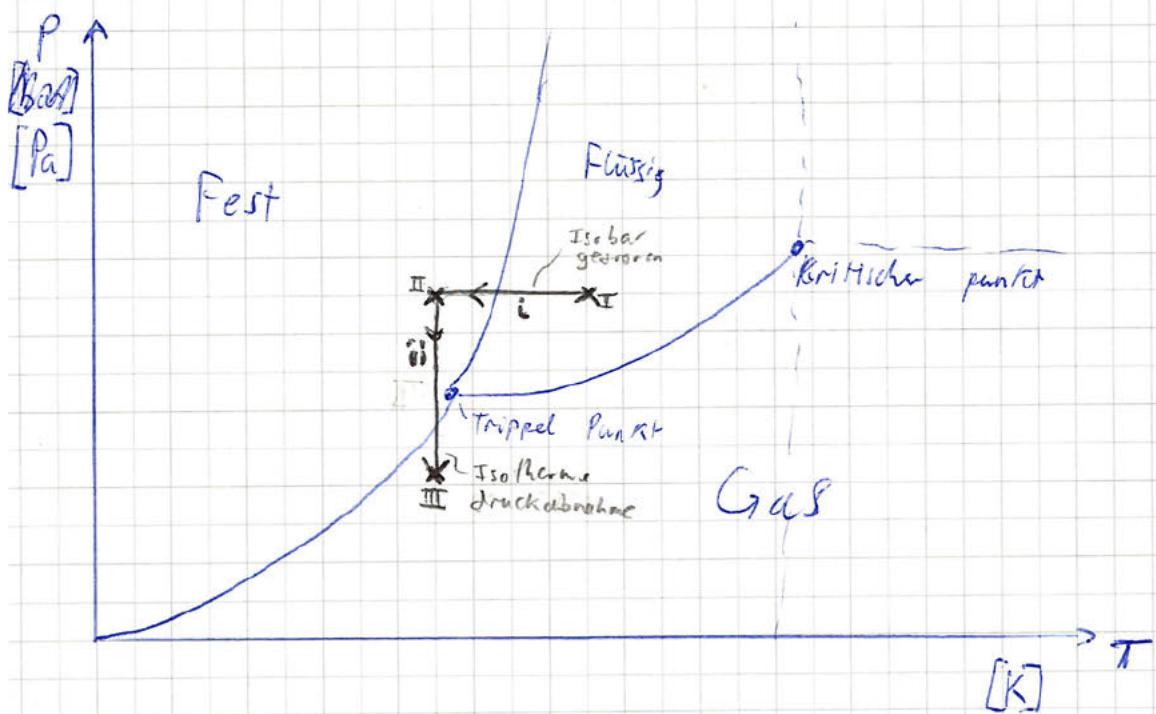
$$\begin{aligned} u_1 &= -333.458 + 0.6 \cdot (-0.045 - -333.458) \\ &= -233.412 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \end{aligned}$$

$$u_2 = -333.458 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + x \cdot (-0.045 + 333.458) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$u_2 = \frac{-Q}{m} - u_1 = \frac{-7500 \text{ kJ}}{3.6 \cdot 10^3 \text{ kg}} - 233.412 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 476.667 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 233.25 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$x = \frac{u_2 - -333.458 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{(-0.045 + 333.458 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}})} = \underline{\underline{0.29}} = \underline{\underline{x_{\text{flüssig}}}} = \underline{\underline{0.757}} = \underline{\underline{x_{\text{fest}}}}$$

Aufgabe 9) a)



b)

\dot{W}_K stationär:

$$(\dot{W}_K = 28 \text{ W}) \quad \dot{Q} = m(h_e - h_a) + \dot{Q}_{\text{adiabat}}$$

$$\dot{W}_K = 28 \text{ W} = m(h_2 - h_3)$$

$$h_e \Rightarrow x_2 = ?$$

gesättigt dampf

$$p_2 = p_1$$

Isobar

$$h_a \rightarrow p = 3 \text{ bar} \rightarrow \text{adiabat reversibel} \quad \delta S = 0 \quad s_2 = s_3$$

$$p_3 = p_{\text{bar}} \\ p_4 = p_{\text{bar}} \quad x_4 = 0$$

$$h_4 = 93,42 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad \text{Tardampfer} = 40^\circ \text{C} - 4^\circ \text{C}$$

$$h_1 = h_4 \quad h_7 =$$

adiabat

$$T_f =$$

$$T_e \quad T_f = -4^\circ \text{C} \quad -4^\circ \text{C}$$

c)

~~X~~

$$\dot{m} = 4 \text{ kg/h}$$

$$T_2 = -22^\circ\text{C} \quad P_2 = 1 \text{ bar}$$

$$x_3 = 0 \quad T_4 = 37.33^\circ\text{C}$$

$$h_4 = h_1 = 93.42 \text{ kJ/kg}$$

$$T_1 = ?$$

Temperatur im Verdampfer = -4°C

$$d: \eta_K = \frac{E_{\text{nutz}}}{E_{\text{zu}}} = \frac{W_{\text{nutz}}}{Q_{\text{ab}}} =$$

- e) Die Temperatur würde um 6K sinken, bis sie gleich der Temperatur im Kondensator ist.