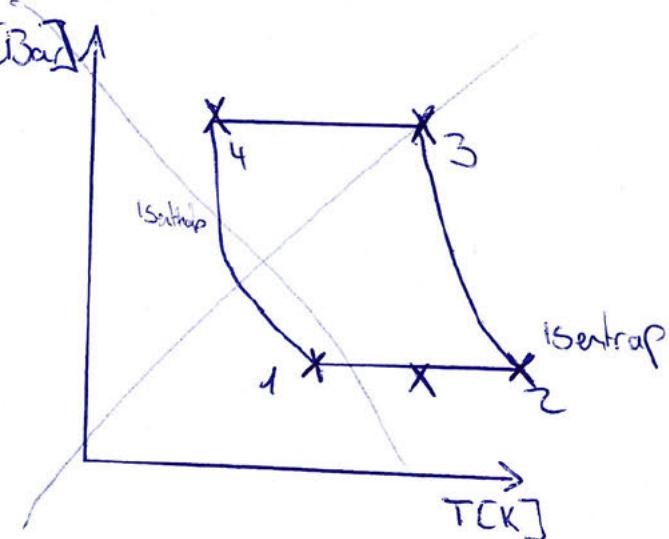


Aufgabe 4

a) Energie
Messbarbillenz 2 → 3

$$0 = m [h_2 - h_3 + \cancel{\frac{h_2 - h_4}{T_{d,abs}}} + \cancel{\frac{h_3 - h_4}{T_{d,abs}}} - \dot{W}_K]$$

$$\rightarrow \frac{\dot{W}_K}{h_2 - h_3} = m_{P134a}$$



Annahme $P_1 = P_2$

$T_K = T_1$ Annahme $1 \times > 0$

Drossel Isenthalp TAB-A11

$$P_4(8\text{ bar}) \quad h_4(8\text{ bar}) = h_1(8\text{ bar}) = \underline{93,42 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}$$

$$h_1 = h_4 = 93,42 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

T_2 aus Lösung $T_2 = -22^\circ\text{C}$

$$\rightarrow \text{Acs TAB A-10} \quad h_2 = h_{\text{g}}(-22^\circ\text{C}) = \underline{234,08 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}$$

Ad:abs reversibel

$$h_3(S_3 = S_2) 8\text{ bar}$$

$$S_2 = S_3 = S_{\text{g}}(-22^\circ\text{C}) = 0,9351 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

Lin interpolieren TAB A-12

→ Für 8 bar überkritischer Dampf

$$h_3(0,9351 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}) = \frac{h(0,9374) - h(0,9066 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}})}{(0,9374 - 0,9066 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}})} \cdot (0,9351 - 0,9066 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}) + h(0,9066 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}})$$

$$\underline{h_3 = 272,95 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}$$

$$\frac{\dot{W}_K}{h_2 - h_3} = \frac{-28W}{(234,08 - 277,95) \frac{kg}{kg}} = 0,720 \frac{kg}{s} = \dot{m}_{R134a}$$

$$\dot{m} \stackrel{!}{=} 2,5 \frac{kg}{s}$$

$x_i > 0 \rightarrow$ Nassdampf

$$T_1 = T_2 = -22^\circ C \quad TAB A-11$$

$$h_1 = h_4 = h_f(8bar) = 93,42 \frac{kg}{kg}$$

TAB A-10

$$x_1 = \frac{h_1 - h_f}{h_{g,1} - h_f} = \frac{93,42 - 24,76}{235,31 - 24,76}$$

$$h_f(-22^\circ C) = 24,76 \frac{kg}{kg}$$

$$h_{g,1}(-22^\circ C) = 235,31 \frac{kg}{kg}$$

$$x_1 = 0,3277 \stackrel{!}{=} 32,77\%$$

d)

$$\varepsilon_K = \frac{\dot{Q}_{zu}}{\dot{W}_K}$$

EB um Verdampfer liefert

$$\dot{Q}_{zu} = \dot{Q}_K = \dot{m}_{R134a} \cdot (h_2 - h_1)$$

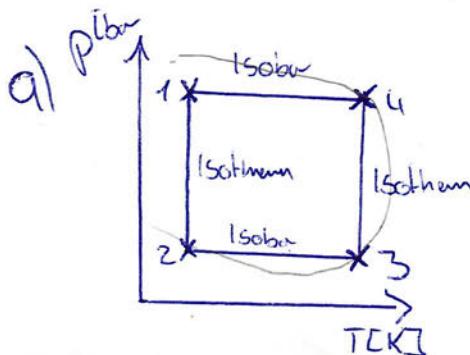
$$\begin{aligned} \dot{Q}_K &= 0,72 \frac{kg}{s} \cdot 10^3 \cdot (234,08 - 93,42) \frac{kg}{kg} \\ &= 1001,3W \end{aligned}$$

$$\rightarrow \frac{101,3W}{28W} = \varepsilon_K = \underline{\underline{3,618}}$$

e)

die Temperatur wurde bis zur Temperatur T_2 absinken

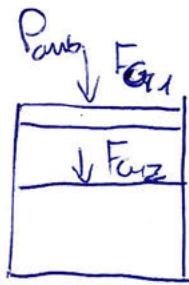
b) sein Thermodynamisches Gleichgewicht steht



Aufgabe 3

a)

$P_{G,1}$



$$P_{G,1} = P_{\text{amb}} + \frac{m \cdot g}{A_K} + \frac{m \cdot E_W}{A_m}$$

$$A_K = A_m = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 = \frac{(0,1\text{ m})^2}{4} \cdot \pi$$

$$= 1\text{ bar} + \frac{32\text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0,00785 \text{ m}^2} \cdot 10^{-5} \frac{\text{bar}}{\text{Pa}} + \frac{0,9\text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0,00785 \text{ m}^2} \cdot 10^{-5} \frac{\text{bar}}{\text{Pa}}$$

$$= 1,401 \text{ bar}$$

Id Gas Gesetz

$$pV = mRT \rightarrow m = \frac{pV}{RT_1} = \frac{1,401 \text{ Pa} \cdot 10^{-5} \cdot 3,14 \text{ m}^3 \cdot 10^{-3}}{166,3 \frac{\text{kg}}{\text{mol}} \cdot (273,15 + 500) \text{ K}}$$

$$m = 0,00361 \text{ kg} = 3,612 \text{ g}$$

$$R = \frac{\overline{R}}{M_m} = \frac{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}}{50 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}} = 166,3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Der Druck bleibt wie in Zustand 1 da sich das System, wenn es sich ausdehnt nach oben gegen den geringeren Druck ausdehnt. Zudem bleibt die Masse dieselbe.

$$\text{"MEW"} \quad p_2 = 1,401 \text{ bar}$$

Da das System in einem thermodynamischen Gleichgewicht steht $T_2 = T_E(p_2) = 0^\circ\text{C} = T_{ZG,1} = T_{ZEW}$

Prüfen $T_E(p_2)$ aus Tabelle 1

c) Energiebilanz um untere Kammer geschl. System

ΔH_{12}

$$\stackrel{=0}{\cancel{\Delta E}} = \Delta U + \stackrel{=0}{\cancel{\Delta KE}} + \stackrel{=0}{\cancel{\Delta PE}} = Q_{12} + W_{V12} - W_{V12}$$

~~dpf~~ $\dot{\phi}$
~~EC~~

$$Q_{12} = m \cdot (U_2 - U_1) - W_{V12}$$

$$U_2^{\text{pg}} - U_1^{\text{pg}} = c_V^{\text{pa}} (T_2 - T_1) = 0,633 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot (500^\circ\text{C} - 0^\circ) = 316,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\rightarrow Q_{12} = 0,00342 \text{ kg} \cdot 316,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 1,082 \text{ kJ}$$

d) Eisgehalt Zustand 2

Korrektur c)

$$W_{V12} = \int p dV \stackrel{P=\text{const}}{=} P \cdot (V_2 - V_1)$$

$$P_2 V_2 = m \cdot R \cdot T_2 \rightarrow V_2 = \frac{m R T_2}{P_2}$$

$$V_2 = \frac{0,00342 \text{ kg} \cdot 166,3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 273,15 \text{ K}}{1,14 \cdot 10^5 \text{ Pa}} = 1,101 \text{ L}$$

Energiebilanz um Obere Kamme

$$W_{V12} = 1,14 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot (1,101 - 3,14) \text{ L} \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = -285,2 \text{ J}$$

$$Q_{12g} = -Q_{12EW} = -1367,6 \text{ J}$$

$$Q_{12g} = -Q_{12EW} = -1367,6 \text{ J}$$

$$\Delta E = \delta U = \stackrel{=0}{\cancel{Q_{12}}} - \stackrel{=0}{\cancel{W_{V12}}} \quad \rightarrow \quad W_{V12} = 0$$

$$\Delta U = m \cdot (U_{2EW} - U_{1EW}) = Q_{12EW} \rightarrow U_{2EW} = \frac{Q_{12EW}}{m} + U_{1EW}$$

$$U_{2EW} = U_F \cdot (1,14 \text{ bar}) + x_2 (U_{\text{Fest}} - U_F)$$

Eingesetzt umgestellt nach x_2

$$x_2 = \frac{\frac{Q_{12EW}}{m} + U_{1EW} - U_F (1,14 \text{ bar})}{U_{\text{Fest}} - U_F (1,14 \text{ bar})}$$

Aufgabe 3

$$X_2 = \frac{1367,63}{0,1\text{kg}} - 200,08 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10^3 + 0,033 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10^3$$

$$(-333,458 + 0,033) \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$X_2 = 0,1558 \stackrel{!}{=} \underline{\underline{55,88\%}}$$

$$= \underline{\underline{55,8\%}}$$

$$= \underline{\underline{0,1558}}$$

EWTAB #1

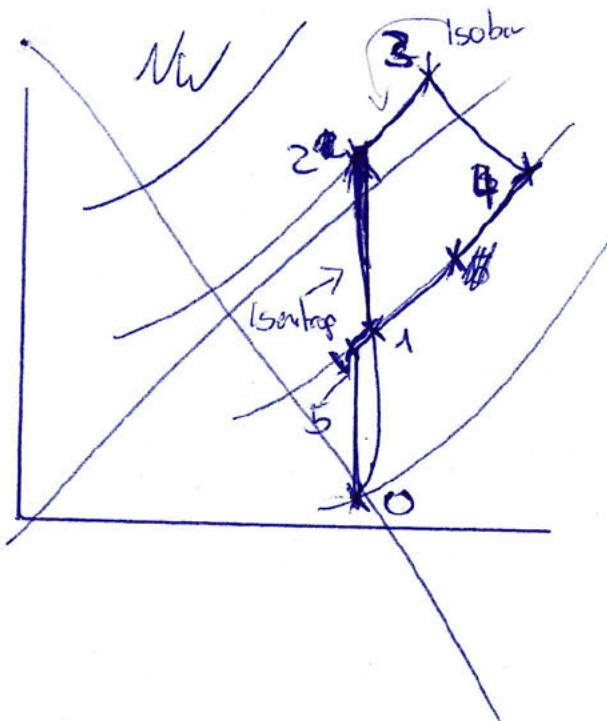
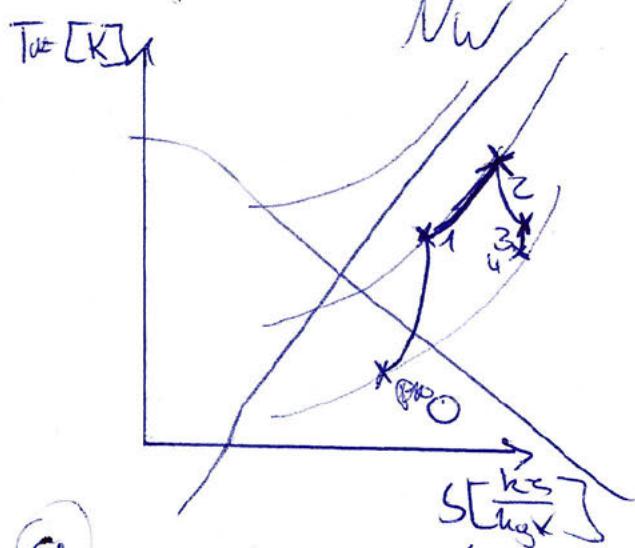
$$U_{1EW} = U_{fL(P1EW)} + X_1(U_{T_{05}(P1EW)} - U_{fL})$$

$$(P1EW = P_{ams} + \frac{M_K \cdot a_g}{A_K} = 1,45 \text{ bar})$$

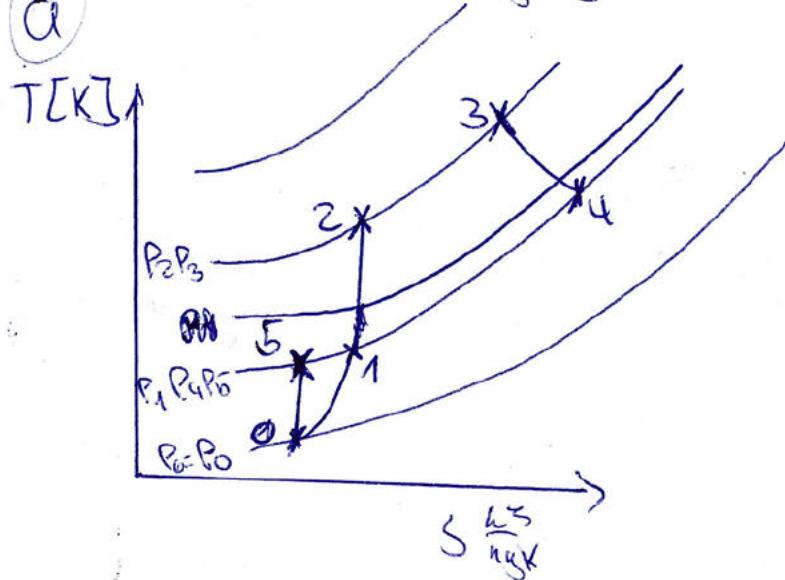
$$U_{1EW} = -0,015 \stackrel{!}{=} 0,6 \cdot (-333,458 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})$$

$$= -200,08 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} + 0,015 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Aufgabe 2



a)



Energiebilanz am Schubdüse

Düse = -Drossel Keine Arbeit

$$0 = \dot{m}_{\text{ges}} (h_5 - h_6 + \frac{w_5^2 - w_6^2}{2} + \Delta \text{RE}) + \dot{Q}_{150} - \dot{W}_{WZ} \xrightarrow{\text{drossel}} h_6 - h_5 = \frac{w_5^2 - w_6^2}{2}$$

Isentrop Adiabat reversibel

$$n = K = 1,11$$

$$\frac{T_6}{T_5} = \left(\frac{P_6}{P_5} \right)^{\frac{n-1}{n}}$$

$$\rightarrow T_6 = T_5 \cdot \left(\frac{P_6}{P_5} \right)^{\frac{n-1}{n}} = 431,9 \cdot \left(\frac{0,9191}{0,5} \right)^{\frac{0,1}{1,11}} = \underline{\underline{328,1 \text{ K}}}$$

$h_6 - h_5$ ideales Gas \rightarrow

$$h_6 - h_5 = -104,45 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$c_{p,\text{eff}} (T_6 - T_5) = 1,006 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot (328,1 \text{ K} - 431,9 \text{ K}) \rightarrow$$

Aufgabe 2

b)

$$(h_6 - h_5) = \frac{w_5^2 - w_6^2}{2} \rightarrow w_6 = \sqrt{w_5^2 - (h_6 - h_5) \cdot 2}$$

$$= \sqrt{(20 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 + 104,15 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot 2 \cdot 10^3 \frac{\text{K}}{\text{kg}}} = 507,24 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

c)

$$\Delta_{\text{ex,str}} = \left[h_0 - h_6 - T_0 (s_0 - s_6) + \frac{w_0^2 - w_6^2}{2} \right] + \left(1 - \frac{T_0}{T_B} \right) \cdot q_B - \dot{E}_{\text{ex,Val}}$$

Idealsatz

$$(h_0 - h_6) = c_p \cdot (T_0 - T_6) = 1,006 \frac{\text{K}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (-30^\circ\text{C} - 328,1\text{K} + 273,15\text{K})$$

$$= -85,46 \frac{\text{K}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$T_0 (s_0 - s_6) = T_0 \cdot c_p \cdot \ln\left(\frac{T_0}{T_6}\right) - R \ln\left(\frac{P_0}{P_6}\right) = 243,15\text{K} \cdot 1,006 \frac{\text{K}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \ln\left(\frac{243,15\text{K}}{328,1\text{K}}\right)$$

$$= -73,3 \frac{\text{K}}{\text{kg}}$$

$$\Delta_{\text{ke}} = \frac{(200 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 - 507,24 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2} = -108,65 \frac{\text{K}}{\text{kg}}$$

$$\left(1 - \frac{T_0}{T_B}\right) q_B = \left(1 - \frac{243,15\text{K}}{178,9\text{K}}\right) \cdot 1195 \frac{\text{K}}{\text{kg}} = 868,58 \frac{\text{K}}{\text{kg}}$$

$$\Delta_{\text{ex,str},06} = -85,46 + 73,3 \frac{\text{K}}{\text{kg}} - 108,65 \frac{\text{K}}{\text{kg}} + 868,58 \frac{\text{K}}{\text{kg}} = 548,65 \frac{\text{K}}{\text{kg}}$$

$$\rightarrow \Delta_{\text{ex,str}} = -\Delta_{\text{ex,str},06} = -181$$

Aufgabe 1

Energiebilanz Full volumen bleibt konstant

$$\dot{Q} = m [h_{\text{ein}} - h_{\text{aus}} + \cancel{h_{\text{in}} + h_{\text{spe}}}] + \dot{Q}_R + \dot{Q}_{\text{aus}} - \dot{W}_p = 0$$

TAB A-2

$$h_{\text{ein}}(70^\circ\text{C}) = h_f(70^\circ\text{C}) = 282,98 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_{\text{aus}}(100^\circ\text{C}) = h_f(100^\circ\text{C}) = 418,04 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$-\dot{Q}_{\text{aus}} = \dot{Q}_R + m [h_{\text{ein}} - h_{\text{aus}}]$$

$$= 100 \text{ kW} + 0,3 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot [282,98 - 418,04] \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 62,18 \text{ kW}$$

$$\rightarrow \dot{Q}_{\text{aus}} = \underline{\underline{-62,18 \text{ kW}}}$$

$$\dot{Q} = \underline{\underline{T_{KF}}}$$

Für stationären Fließprozess gilt

$$\dot{Q}_{\text{aus}} = \dot{Q}_{\text{einKF}}$$

$$\dot{T}_{KF} = \frac{-\dot{Q}_{\text{aus}}}{S_{\text{ausKF}} - S_{\text{einKF}}}$$

$$\begin{aligned} & \text{Strom} \\ & \text{ideale Flüssigkeit} \\ S_{\text{ausKF}} - S_{\text{einKF}} &= \int_{T_{\text{einKF}}}^{T_{\text{ausKF}}} \frac{C_{pL}}{T} dT = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot \ln \left| \frac{283,12}{288,15} \right| \end{aligned}$$

$$C_{pL}(300\text{K}) = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

$$\dot{T}_{KF} = \frac{62,18 \text{ kW}}{m \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1 \text{ kW}}} = 16,66 \frac{\text{K}}{\text{K}} \quad \underline{\underline{283,12 \text{ K}}} = 0,1426 \frac{\text{K}}{\text{K}}$$

$$\dot{m} \text{ KW} = \frac{\dot{Q}_{\text{einKF}}}{h_2 - h_1 \text{ KW}} = \frac{\dot{Q}_{\text{einKF}}}{C_p \cdot \Delta T} = \frac{62,18 \text{ kW}}{4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 10 \text{ K}} = 1,1488 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$\dot{m} = 0$

Entropie billanz gegen lossees System

$$\frac{\dot{Q}_{aus}}{\dot{T}_{KF}} \leftarrow \left| \begin{array}{l} \dot{Q}_{aus} \\ \dot{T}=100^\circ C \end{array} \right\| \rightarrow \dot{E} - \dot{S}_{erg} = \dot{Q}_{aus} \cdot \left(\frac{1}{273,15K} - \frac{1}{283,15K} \right)$$

$$\frac{1}{T_{Reaktor}} - \frac{1}{T_{KF}}$$

$$= -45,47 \text{ W/K}$$

$$\underline{\dot{S}_{erg} = 45,47 \frac{W}{K}}$$

Energie billanz

$$m_1 u_1 + \Delta m_{12} u_{12} = m_2 u_2$$

TAB A-12

$$u_1 = u_f(100^\circ C) = 76,8 \frac{kJ}{kg}$$

$$u_2 = u_f(20^\circ C)$$

$$u_2 = u_f(70^\circ C)$$