

1. Aufgabe: Theoretische Fragen (20 Punkte)

a) (3 Punkte)

T : intensive Zustandsgröße

v : intensive Zustandsgröße

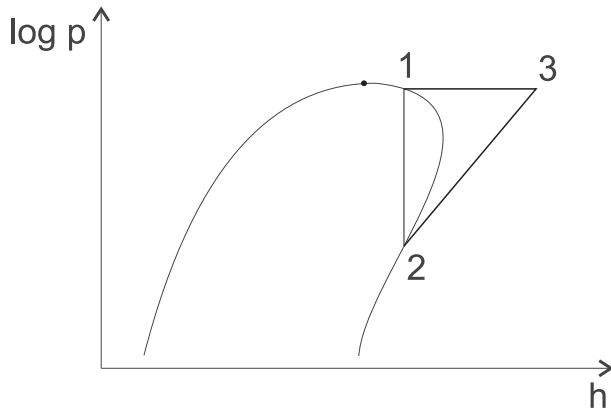
S_{gen} : Prozessgröße

\dot{Q} : Prozessgröße

\dot{V} : extensive Zustandsgröße

w : Prozessgröße

b) (4 Punkte)



$$LZ = \frac{|\dot{Q}_{ab}|}{\dot{W}_{zu}} = \frac{h_3 - h_1}{h_3 - h_2} = 1 \quad \text{oder} \quad LZ = \frac{|\dot{Q}_{ab}|}{\dot{W}_{zu}} = \frac{\dot{Q}_{zu} + \dot{W}_{zu}}{\dot{W}_{zu}} = 1$$

c) (2 Punkte) $T_s(p = 0,6 \text{ bar}) = 359,1 \text{ K} \rightarrow \eta_{max} = \left(1 - \frac{288,15 \text{ K}}{359,1 \text{ K}}\right) = 19,75 \%$

d) (2 Punkte) Nein, wenn $T_{ein} < T_0$ sinkt die physikalische Exergie bei Wärmezufuhr.

e) (3 Punkte) I) $Z = \frac{pv}{RT}$ II) $Z = 1$ III) auf Grund des niedrigen Wasserdampfpartialdrucks ($p_{W,d} \ll p$)

f) (1 Punkte) $pv = \frac{\bar{R}}{M}T \rightarrow h = u + \frac{\bar{R}}{M}T$

g) (1 Punkt) ZÄ verläuft reversibel $\Rightarrow s_{gen} = 0, \quad e_D = T_0 s_{gen} = 0$

h) (2 Punkte) $2 \text{ CH}_4\text{O} + 1 \text{ H}_2\text{S} + 4,5 \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ CO}_2 + 5 \text{ H}_2\text{O} + 1 \text{ SO}_2$

i) (2 Punkte) $\frac{dS}{d\tau} = \underbrace{\frac{\dot{Q}}{T}}_{0, \text{ da adiabat}} + \underbrace{\dot{S}_{gen}}_{>0} \Rightarrow \text{Ja (2. Hauptsatz)}$

2. Aufgabe: Atemluft (21 Punkte)

a) (7 Punkte)

$$T_2 = T_1 \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1-\kappa}{\kappa}} = 298,15 \left(\frac{1}{100} \right)^{\frac{1-1,4}{1,4}} = 1111,4 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} \dot{W}_{12} &= \dot{m}_1 (h_2 - h_1) = \dot{m}_1 c_{pO_2} (T_2 - T_1) = 0,01 \frac{\text{kg}}{\text{s}} 0,92 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} (1111,4 \text{ K} - 298,15 \text{ K}) \\ &= 7,482 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$0 = \dot{Q}_{23} + \dot{W}_{12} + \dot{m}_1 (h_1 - h_3) = \dot{Q}_{23} + \dot{W}_{12} + \dot{m}_1 c_{pO_2} \underbrace{(T_1 - T_3)}_{=0}$$

$$\Rightarrow \dot{Q}_{23} = -\dot{W}_{12}$$

b) (5 Punkte)

$$\dot{W}_{45} = -\dot{Q}_{45}$$

$$\text{I) } \dot{W}_{45} = \dot{m}_4 \int_4^5 v dp = \dot{m}_4 \int_4^5 \frac{R_{N_2} T}{p} dp = \dot{m}_4 \frac{\bar{R}}{M_{N_2}} T_{45} \ln \frac{p_5}{p_4} = 6,523 \text{ kW}$$

$$\Rightarrow \dot{Q}_{45} = -6,523 \text{ kW}$$

$$\text{II) } 0 = \frac{\dot{Q}_{45}}{T_{45}} + \dot{S}_4 - \dot{S}_5$$

$$\Rightarrow \dot{Q}_{45} = \dot{m}_4 T_{45} \int_4^5 \frac{\bar{R}}{M_{N_2}} \frac{dp}{p} = \dot{m}_4 T_{45} \frac{\bar{R}}{M_{N_2}} \ln \frac{p_4}{p_5} = -6,523 \text{ kW}$$

$$\Rightarrow \dot{W}_{45} = 6,523 \text{ kW}$$

$$\text{c) (4 Punkte) } y_{O_2} = \frac{\dot{n}_{O_2}}{\dot{n}_{O_2} + \dot{n}_{N_2}} = \frac{\frac{\dot{m}_{O_2}}{M_{O_2}}}{\frac{\dot{m}_{O_2}}{M_{O_2}} + \frac{\dot{m}_{N_2}}{M_{N_2}}} = 0,353 \quad y_{N_2} = 1 - y_{O_2} = 0,647$$

d) (5 Punkte)

$$\frac{ds}{d\tau} = 0 = \dot{S}_3 + \dot{S}_5 - \dot{S}_6 + \dot{S}_{gen}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \dot{S}_{gen} &= \dot{S}_6 - \dot{S}_3 - \dot{S}_5 = (\dot{S}_3 + \dot{S}_5 - \dot{m}_3 R_{O_2} \ln y_{O_2} - \dot{m}_5 R_{N_2} \ln y_{N_2}) - \dot{S}_3 - \dot{S}_5 \\ &= -10 \frac{\text{g}}{\text{s}} \cdot \frac{8,314 \frac{\text{J}}{\text{K mol}}}{32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \cdot \ln 0,353 - 16 \frac{\text{g}}{\text{s}} \cdot \frac{8,314 \frac{\text{J}}{\text{K mol}}}{28 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \cdot \ln 0,647 = 4,774 \frac{\text{W}}{\text{K}} \end{aligned}$$

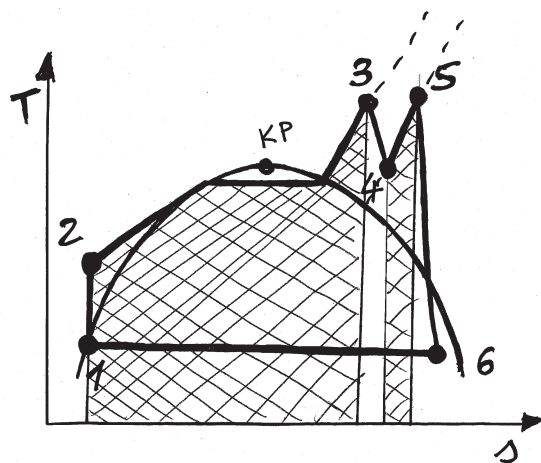
$$\dot{E}_D = T_0 \cdot \dot{S}_{gen} = 298,15 \text{ K} \cdot 4,774 \frac{\text{W}}{\text{K}} = 1,423 \text{ kW}$$

3. Aufgabe: Dampfkraftwerk (25 Punkte)

a) (7 Punkte) 1 = WDT 2 = h,s-Diagramm

Zustand	$t[^\circ\text{C}]$	$p[\text{bar}]$	$h[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}]$	$s[\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}]$	$x[\frac{\text{kg}}{\text{kg}}]$
1	$45,84^{1/2}$	0,1	191,7	$0,6489^1$	0
2	46,47	200	211,9	0,6489	-
3	600^2	200	3539	6,508^2	-
4	350	35	3105	6,66	-
5	600^2	35	3679	7,436	-
6	$45,84^{1/2}$	$0,1^{1/2}$	2464^2	$7,774^2$	0,95

b) (5 Punkte)



c) (2 Punkte)

$$0 = w_{12} + q_{12} + h_1 - h_2$$

$$\Rightarrow w_{12} = h_2 - h_1 = 20,2 \text{ kJ/kg}$$

d) (3 Punkte)

$$ds = \int \frac{c}{T} dT \Rightarrow \text{isentrop} \rightarrow \text{isotherm (für ink. Fluid)}$$

$$w = \int_{T_1}^{T_2} c dT + v_0(p_2 - p_1) = 0,001 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \cdot 199,9 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 19,99 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

e) (3 Punkte)

$$\eta_{s,T} = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_{4,s}} = \frac{3539 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 3105 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{3539 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 3000 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 0,805$$

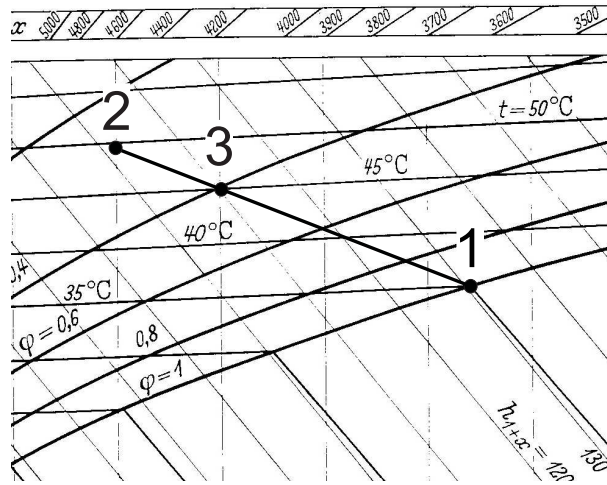
f) (3 Punkte)

$$e_{q,61} = \left(1 - \frac{T_0}{T_{61}}\right) q_{61} = \left(1 - \frac{293,15 \text{ K}}{318,99 \text{ K}}\right) (-2272,3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}) = -184,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

g) (2 Punkte) $\eta = \left| \frac{\dot{W}_{12} + \dot{W}_{34} + \dot{W}_{56}}{\dot{Q}_{23} + \dot{Q}_{45}} \right|$

4. Aufgabe: Feuchte Luft (14 Punkte)

a) (3 Punkte)



$$x_1 = 0,037, t_2 = 50^\circ\text{C}, \varphi_3 = 0,4$$

b) (4 Punkte)

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_{L,3} + x_3 \dot{m}_{L,3} = 10,25 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\frac{\dot{m}_{L,1}}{\dot{m}_{L,2}} = \frac{23}{31} = \frac{1,7}{4} = 0,425 \quad \rightarrow \quad \dot{m}_{L,1} = 0,425 \dot{m}_{L,2}$$

$$\dot{m}_{L,1} + \dot{m}_{L,2} = \dot{m}_{L,3} = 10 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\Rightarrow \dot{m}_{L,2} (1 + 0,425) = 10 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\Rightarrow \dot{m}_{L,2} = 7 \frac{\text{kg}}{\text{s}}; \quad \dot{m}_{L,1} = 3 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

c) (3 Punkte)

$$p_{Wd,3} = \varphi_3 p_{W,s}(t_3)$$

$$p_{W,s}(45^\circ\text{C}) \approx 0,095 \text{ bar} \quad (\text{WDT oder h,s-Diagramm})$$

$$\Rightarrow p_{Wd,3} \approx 0,4 \cdot 0,095 \text{ bar} = 0,038 \text{ bar}$$

d) (4 Punkte)

$$0 = \dot{Q}_{34} + \dot{W}_{34} + \dot{m}_{L,3}(h_{1+x,3} - h_{1+x,4})$$

$$\dot{W}_{34} = \dot{m}_{L,3} [(c_{p,L} t_4 + x_4(r_0 + c_{p,Wd} t_4)) - (c_{p,L} t_3 + x_3(r_0 + c_{p,Wd} t_3))]$$

$$x_3 = x_4$$

$$\rightarrow \dot{W}_{34} = \dot{m}_{L,3} [c_{p,L} (t_4 - t_3) + x_3 c_{p,Wd} (t_4 - t_3)]$$

$$= 10 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \left[1,004 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} (90^\circ\text{C} - 45^\circ\text{C}) + 0,025 \cdot 1,86 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} (90^\circ\text{C} - 45^\circ\text{C}) \right]$$

$$= 472,725 \text{ kW}$$