3. Aufgabe

Die maximal gewinnbare Energie aus der Abluft entspricht der Exergie der Abluft.

$$e_{1u} = \underbrace{u_1 - u_u + p_u \cdot (v_1 - v_u)}_{=h_1 - h_u} - T_u \cdot (s_1 - s_u) = h_1 - h_u - T_u \cdot (s_1 - s_u)$$

$$P_{max} = \dot{m}_L \cdot e_{1u} \quad \text{und} \quad h_1 - h_u = c_p \cdot (T_1 - T_u) \quad \text{und} \quad s_1 - s_u = c_p \cdot \ln\left(\frac{T_1}{T_u}\right) - R \cdot \ln\left(\frac{p_1}{p_u}\right)$$

$$\Rightarrow P_{max} = \dot{m}_L \cdot \left[c_p \cdot (T_1 - T_u) - T_u \cdot \left(c_p \cdot \ln\left(\frac{T_1}{T_u}\right) - R \cdot \ln\left(\frac{p_1}{p_u}\right)\right)\right]$$

$$c_p = c_v + R \quad \text{und} \quad \kappa = \frac{c_p}{c_v} \quad \Rightarrow \quad c_p = \frac{R}{1 - \frac{1}{\kappa}} = 1004{,}5\,\tfrac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg \cdot K}}$$

$$P_{\max} = 0{,}001\,\tfrac{\mathrm{kg}}{\mathrm{s}} \cdot \begin{bmatrix} 1004{,}5\,\tfrac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg \cdot K}} \cdot (303\,\mathrm{K} - 293\,\mathrm{K}) - \\ 293\,\mathrm{K} \cdot \left(1004{,}5\,\tfrac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg \cdot K}} \cdot \ln\left(\frac{303\,\mathrm{K}}{293\,\mathrm{K}}\right) - 287\,\tfrac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg \cdot K}} \cdot \ln\left(\frac{1{,}2\,\mathrm{bar}}{1\,\mathrm{bar}}\right)\right) \end{bmatrix}$$

$$P_{\max} = 4{,}59\ \mathrm{W}$$

Lösung 7.4

geg.: $\dot{m} = 0{,}064\,\frac{\text{kg}}{\text{s}}$

1: $p_1 = 1{,}7\text{ bar}$ $T_1 = 940\text{ K}$

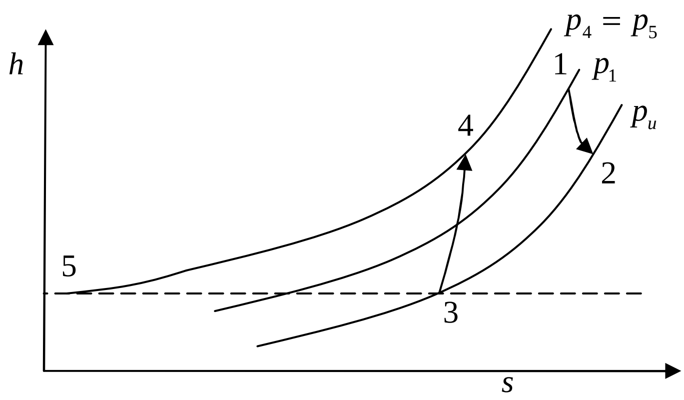
$n = 1{,}2$

2: $p_2 = p_u$

3: $p_u = 3\text{ bar}$ $T_u = 290\text{ K}$

$n = 1{,}54$

a) h,s-Diagramm



b) T_2, T_4, p_4

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n}{n-1}} \rightarrow T_2 = 860\text{ K}$$

1. Hauptsatz für Verdichter und Turbine:

$$0 = h_2 - h_1 + h_4 - h_3 \rightarrow T_2 - T_1 + T_4 - T_3 = 0 \rightarrow T_4 = 370\text{ K}$$

$$p_4 = \left(\frac{T_4}{T_3}\right)^{\frac{n}{n-1}} \cdot p_3 = 2\text{ bar}$$

c) 3: $p_3, T_3 \rightarrow h(290\text{ K}) = 304{,}5\,\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

4: $p_4, T_4 \rightarrow h(370\text{ K}) = 388{,}5\,\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

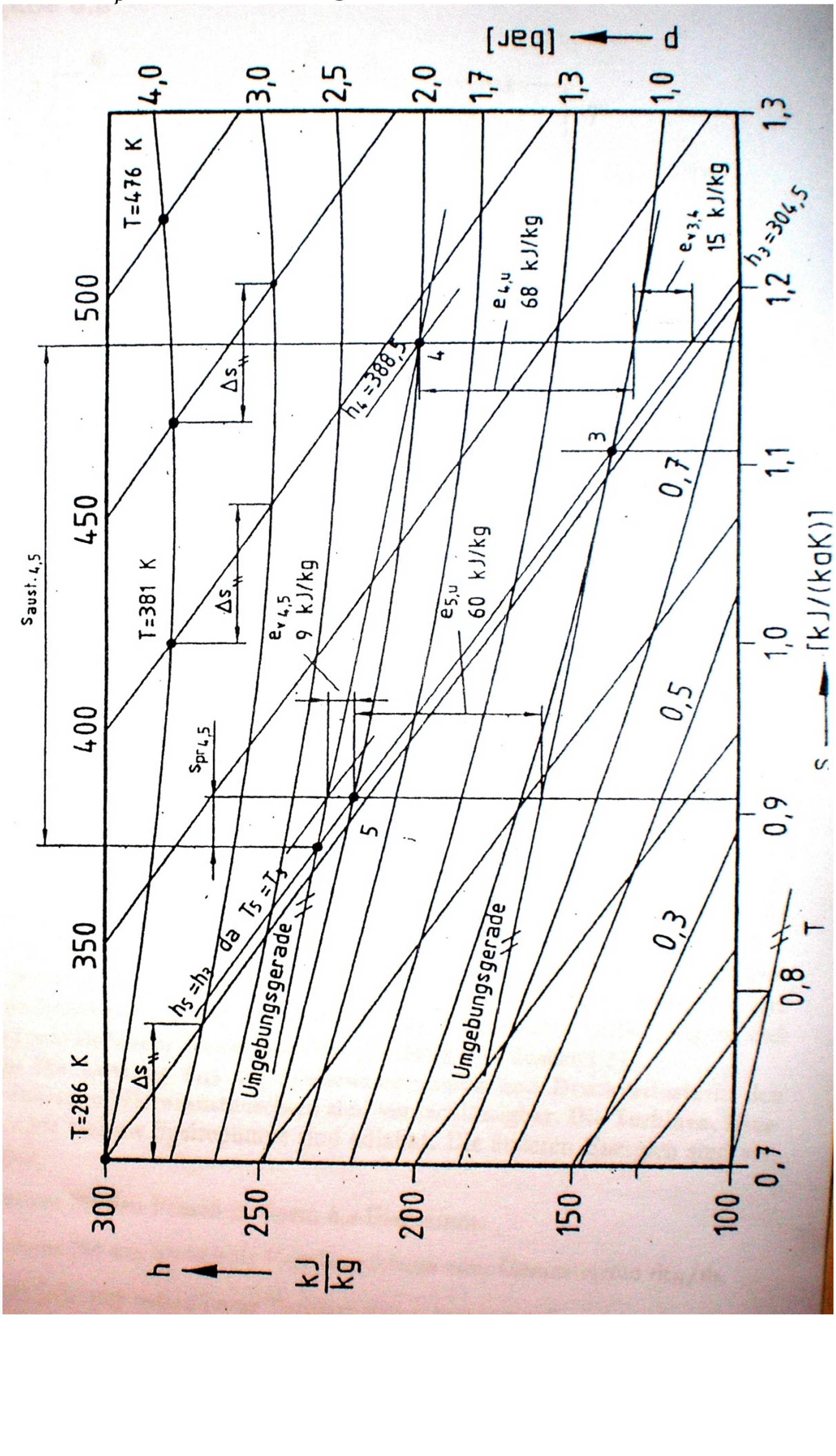
5: $p_5, T_5 = T_3 \rightarrow h_5 = h_3$

d) $e_{4u} = 68\,\frac{\text{kJ}}{\text{kg}},\ e_{5u} = 60\,\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

e) $e_{v_{34}} = 15\,\frac{\text{kJ}}{\text{kg}},\ e_{v_{45}} = 8\,\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

f) $ds = \frac{dh - v \cdot dp}{T}$ und $v = \frac{R \cdot T}{p}$ für $h = const. \to T = const.$

$$ds = -\frac{R}{p} \cdot dp \to \Delta s = -R_L \cdot \ln \frac{4}{3} = -0{,}08256 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \times \text{K}}$$



Lösung 8.8

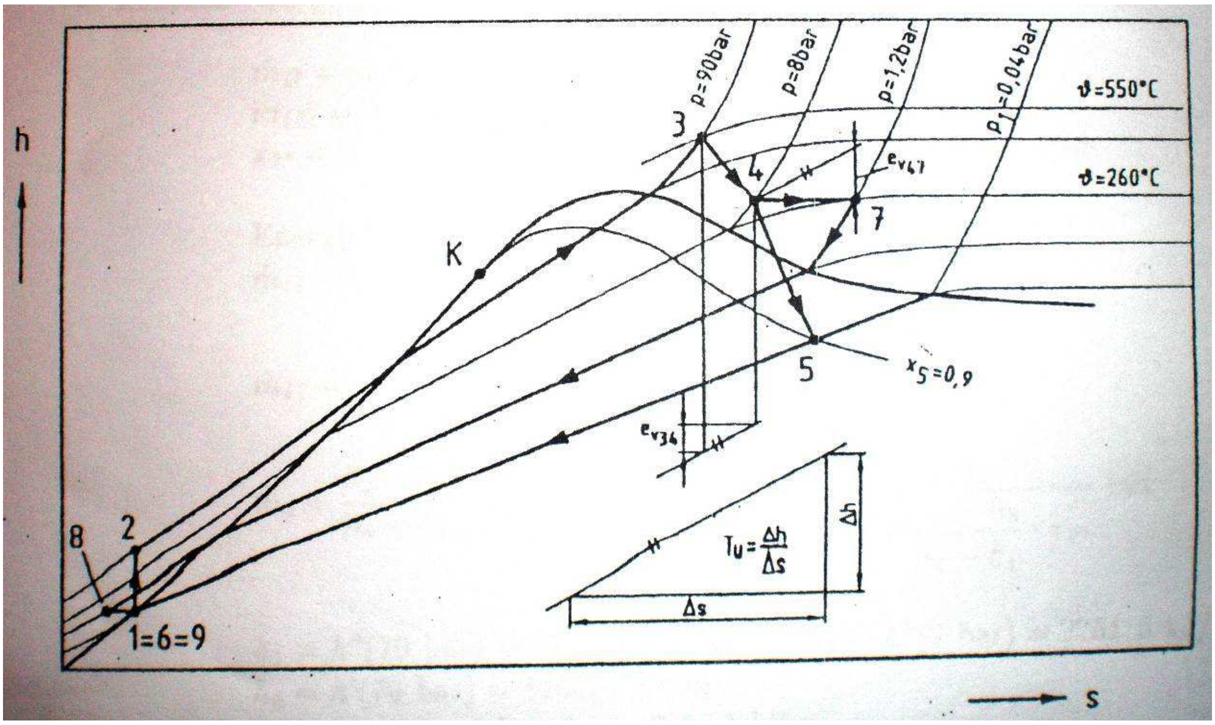
geg.: adiabate Turbinen, Drosseln, Leitungen und Speisepumpe
Zustand 1 = Zustand 6 = Zustand 9
Zustandsänderung $1 \rightarrow 2$ isentrop
Zustandsänderung $3 \rightarrow 4$ polytrop
Zustandsänderung $4 \rightarrow 5$ polytrop

$\dot{Q}_H = -50\ \mathrm{MW}$ $\quad \dot{m} = 80\ \frac{\mathrm{t}}{\mathrm{h}}$ $\quad \dot{W}_{t_{12}} = 0$

$p_1 = p_5 = 0{,}04\ \mathrm{bar}$ $\quad p_2 = 90\ \mathrm{bar}$ $\quad p_4 = 8\ \mathrm{bar}$ $\quad p_7 = 1{,}2\ \mathrm{bar}$

$\vartheta_3 = 550\ °\mathrm{C}$ $\quad \vartheta_7 = 260\ °\mathrm{C}$ $\quad T_u = 293\ °\mathrm{C}$ $\quad x_5 = 0{,}9$

a) h,s-Diagramm



b) $\dot{m}_H / \dot{m}$

1. Hauptsatz $7 \rightarrow 8$

$$\dot{Q}_H = \dot{m}_H \cdot (h_8 - h_7) \text{ mit } (h_8 = h_1)$$

$$\dot{m}_H = \frac{\dot{Q}_H}{h_8 - h_7} = 17{,}4\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{s}}$$

c) $\dot{W}_{t_{ges}}$

$$\dot{W}_{t_{ges}} = \dot{W}_{t_{34}} + \dot{W}_{t_{45}}$$

aus 1. Hauptsatz folgt: $\dot{W}_{t_{ges}} = \dot{m} \cdot (h_4 - h_3) + (\dot{m} - \dot{m}_H) \cdot (h_5 - h_4)$ mit $h_4 = h_7$

$$\dot{W}_{t_{ges}} = -15656\ \mathrm{kW} = -15{,}7\ \mathrm{MW}$$

d) $\dot{E}_{V_{34}}$ grafisch mit $T_u = 293\,\mathrm{K}$

$$\dot{E}_{V_{34}} = \dot{m} \cdot e_{V_{34}} = \dot{m} \cdot T_u \cdot s_{irr}$$

$$\Delta s_{34} = \underbrace{\frac{q_{34}}{T}}_{=0} + s_{irr_{34}}$$

$$\frac{\Delta h}{\Delta s} = T_u = 293\,\mathrm{K}$$

$\rightarrow e_{V_{34}} = 87\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}$ aus h,s-Diagramm

$$\rightarrow E_{V_{34}} = 1{,}933\,\mathrm{kW}$$

e) $\dot{E}_{7u} - \dot{E}_{4u}$ grafisch

$$\dot{E}_{7u} - \dot{E}_{4u} = \dot{m}_H \cdot \left(e_{7u} - e_{4u}\right)$$

$$e_{7u} - e_{4u} = \left[h_7 - h_u - T_u \cdot \left(s_7 - s_u\right)\right] - \left[h_4 - h_u - T_u \cdot \left(s_4 - s_u\right)\right]$$

$$= h_7 - h_4 - T_u \cdot \left(s_7 - s_4\right) = -T_u \cdot \left(s_7 - s_4\right) = -e_{V_{47}}$$

$\rightarrow e_{V_{47}} = 255\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}$ aus h,s-Diagramm

$$\rightarrow \dot{E}_{V_{7u}} - \dot{E}_{V_{4u}} = -4{,}437\,\mathrm{kJ}$$