

$$\dot{m}_H = \frac{\dot{Q}_H}{h_8 - h_7} = \frac{-50 \text{ MW}}{(121,41 - 2995) \text{ kJ/kg}} = 17,4 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m} = 80 \text{ t/h} = 22,22 \text{ kg/s}$$

$$\Rightarrow \frac{\dot{m}_H}{\dot{m}} = \frac{17,4}{22,22} = \underline{\underline{0,783}}$$

c) Gesucht:  $\dot{L}_{t_{ges}}$

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

Mit dem 1. Hauptsatz gilt:

$$\begin{aligned} \dot{L}_{t_{ges}} &= \dot{m} \cdot (h_4 - h_3) + (\dot{m} - \dot{m}_H) \cdot (h_5 - h_4) \quad (h_4 = h_7) \\ &= 22,22 \text{ kg/s} \cdot (2995 - 3551) \text{ kJ/kg} + \\ &\quad + (22,2 - 17,4) \text{ kg/s} \cdot (2310 - 2995) \text{ kJ/kg} \\ &= -15656 \text{ kW} = \underline{\underline{-15,7 \text{ MW}}} \end{aligned}$$

d) Gesucht:  $\dot{E}_{V_{34}}$  graphisch mit  $T_u = 293 \text{ K}$

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

$$\Delta s_{34} = s_{ad s_{34}} + s_{pr_{34}}$$

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

$$\Rightarrow e_{V_{34}} = 87 \text{ kJ/kg aus } h, s\text{-Diagramm}$$

$$\Rightarrow \dot{E}_{V_{34}} = 22,22 \text{ kg/s} \cdot 87 \text{ kJ/kg} = \underline{\underline{1,933 \text{ kW}}}$$

e) Gesucht:  $\dot{E}_{7u} - \dot{E}_{4u}$  graphisch

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

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

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

$$\Rightarrow e_{V_{47}} = 255 \text{ kJ/kg aus } h, s\text{-Diagramm}$$

$$\Rightarrow \dot{E}_{7u} - \dot{E}_{4u} = -17,4 \text{ kg/s} \cdot 255 \text{ kW/kg} = \underline{\underline{-4,437 \text{ kW}}}$$

### Aufgabe 8.9

Gegeben: Zustand 1:  $p_1 = 70 \text{ bar}$  Sattdampf  $\dot{m}_D = 1 \text{ t/s}$

Zustand 2:  $p_2 = 8 \text{ bar}$   $x_2 = 0,87$

Zustand 3:  $p_3 = 7 \text{ bar}$  Sattdampf

Zustand 4:  $p_4 = 7 \text{ bar}$  siedende Flüssigkeit

Zustand 5:  $p_5 = 7 \text{ bar}$   $\vartheta_5 = 250^\circ \text{ C}$

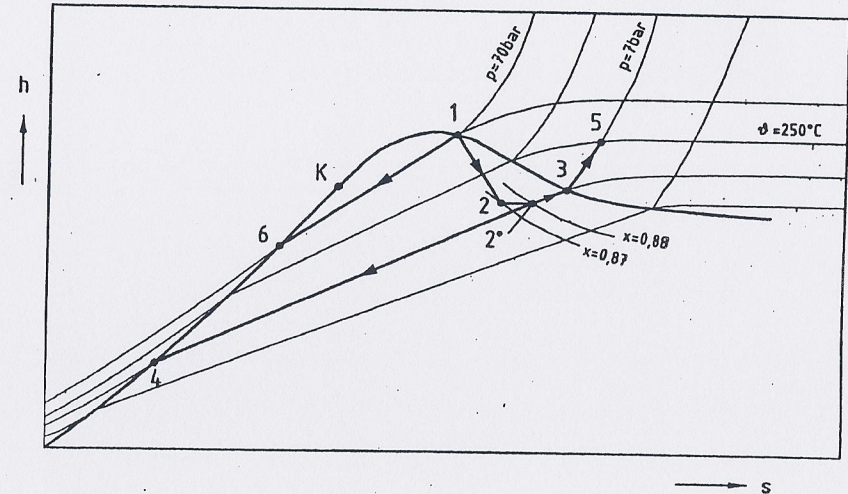
Zustand 6:  $p_6 = 70 \text{ bar}$  siedende Flüssigkeit

Die Rohrleitungen sind adiab isoliert und arbeiten ohne Druckverlust.

Äußere Energien sind vernachlässigbar

$$T_u = 300 \text{ K}$$

a) Gesucht:  $h, s$ -Diagramm, qualitativ



b) Gesucht:  $\dot{m}_I$   $\dot{m}_{II}$   $\dot{m}_{III}$   $\dot{m}_{IV}$

$$\dot{m}_D = \dot{m}_I + \dot{m}_{II}$$

$$\dot{m}_I = \dot{m}_{III} + \dot{m}_{IV}$$

$$\dot{m}_{III} = x_2 \cdot \dot{m}_I$$

$$\dot{m}_{IV} = (1 - x_2) \cdot \dot{m}_I$$

$$x_2 = 0,881$$

adiabate Drosselung; aus  $h, s$ -Diagramm

Energiebilanz um den Überhitzer:

$$\dot{m}_{II} \cdot (h_6 - h_1) = \dot{m}_{III} \cdot (h_3 - h_5)$$

$$\dot{m}_{II} = \frac{h_3 - h_5}{h_6 - h_1} \cdot \dot{m}_{III} = \frac{h_3 - h_5}{h_6 - h_1} \cdot x_2 \cdot \dot{m}_I$$

$$\dot{m}_I + \frac{h_3 - h_5}{h_6 - h_1} \cdot x_2 \cdot \dot{m}_I = \dot{m}_D \Rightarrow \dot{m}_I = \frac{\dot{m}_D}{1 + \frac{h_3 - h_5}{h_6 - h_1} \cdot x_2} \text{ mit}$$

$$h_1 = h''(70 \text{ bar}) = 2772,5 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = h''(7 \text{ bar}) = 2761,5 \text{ kJ/kg}$$

$$h_6 = h'(70 \text{ bar}) = 1265,4 \text{ kJ/kg}$$

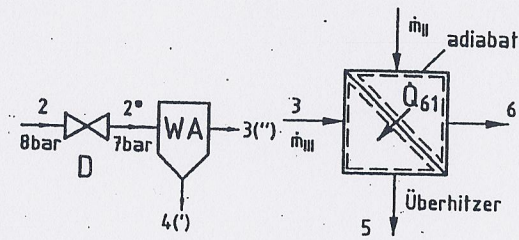
$$h_5 = h_{Diagr.} - \Delta h_{h,s Tab.} = 2953 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{m}_I = 3237,5 \text{ t/h} = \underline{\underline{899,3 \text{ kg/s}}}$$

$$\dot{m}_{II} = 362,5 \text{ t/h} = \underline{\underline{100,7 \text{ kg/s}}}$$

$$\dot{m}_{III} = 2852,3 \text{ t/h} = \underline{\underline{792,3 \text{ kg/s}}}$$

$$\dot{m}_{IV} = 385,2 \text{ t/h} = \underline{\underline{107 \text{ kg/s}}}$$



c) Gesucht:  $\dot{L}_{t12}$

1. Hauptsatz um die Turbine:

$$\dot{Q}_{12}^0 + \dot{L}_{t12} = \dot{H}_2 - \dot{H}_1 + \Delta \dot{E}_{a12}^0$$

$$\dot{L}_{t12} = \dot{m}_I \cdot (h_2 - h_1) < 0$$

$$h_2 = h(8 \text{ bar}, x = 0,87) - \Delta h_{h,s} T_{ab.} = 2537 \text{ kJ/kg}$$

$$\Rightarrow \dot{L}_{t12} = 899,3 \text{ kg/s} \cdot (2537 - 2772,5) \text{ kJ/kg} = \underline{\underline{-211,8 \text{ MW}}}$$

d) Gesucht:  $\dot{E}_{V,Abesch.}$

$$\dot{E}_{V,Abesch.} = T_u \cdot \dot{S}_{pr,Abesch.}$$

$$\dot{S}_{pr,Abesch.} = \sum \dot{S}_{aus} - \sum \dot{S}_{ein} - \dot{S}_{aust,Abesch.}^0$$

$$= \dot{S}_3 + \dot{S}_4 - \dot{S}_2 > 0$$

$$= \dot{m}_{III} \cdot s_3 + \dot{m}_{IV} \cdot s_4 - \dot{m}_I \cdot s_2 \text{ mit}$$

$$s_2 = 9,57 \text{ kJ/(kg K)}$$

$$s_3 = 10,23 \text{ kJ/(kg K)}$$

$$s_4 = 5,86 \text{ kJ/(kg K)}$$

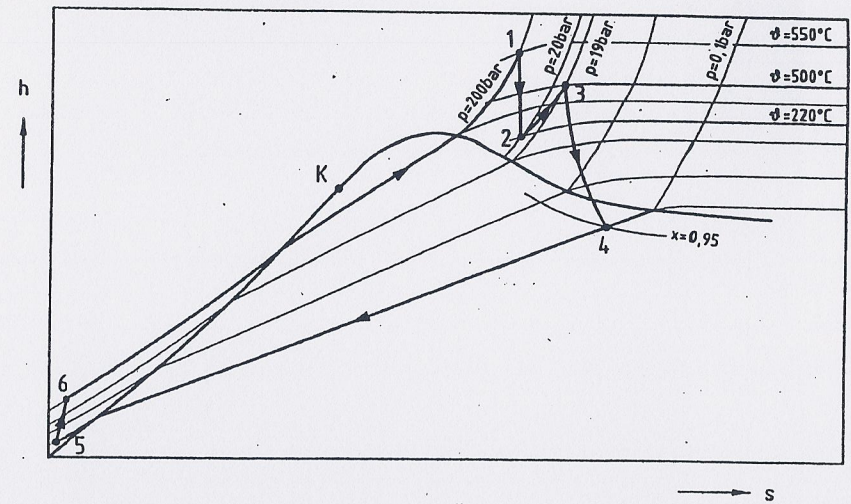
$$\Rightarrow \dot{S}_{pr,Abesch.} = 125,9 \text{ kW/K} \Rightarrow \dot{E}_{V,Abesch.} = \underline{\underline{37,8 \text{ MW}}}$$

### Aufgabe 8.10

Gegeben: Wertetabelle

Zustand	1	2	3	4	5	6
p [bar]	200	20	19	0,1	0,1	200
$\vartheta$ [°C]	550	220	500		40	41
x				0,95		

a) Gesucht: h, s-Diagramm



b) Gesucht:  $n_{12}$      $l_{12}$      $l_{R12}$      $e_{V12}$

$$p_1 \cdot v_1^{n_{12}} = p_2 \cdot v_2^{n_{12}} \Rightarrow n_{12} = \frac{\ln \frac{p_1}{p_2}}{\ln \frac{v_2}{v_1}}$$

$$v_1 = 0,017 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v_2 = 0,1 \text{ m}^3/\text{kg}, \text{ aus } h, s\text{-Diagramm}$$

$$\Rightarrow n_{12} = \underline{\underline{1,3}}$$

1. Hauptsatz um Hochdruckturbine:

$$\dot{q}_{12}^0 + l_{12} = h_2 - h_1 + \Delta \dot{e}_{a12}^0 \leq 0$$

$$h_1 = 4026 \text{ kJ/kg} \quad h_2 = 3452 \text{ kJ/kg}, \text{ aus } h, s\text{-Diagramm}$$

$$\Rightarrow l_{12} = \underline{\underline{-574 \text{ kJ/kg}}}$$

$$l_{12} = l_{R12} + \int_1^2 v \cdot dp + \Delta \dot{e}_{a12}^0$$

$$l_{R12} = l_{12} - \frac{n_{12}}{n_{12} - 1} \cdot (p_2 \cdot v_2 - p_1 \cdot v_1) > 0$$

$$l_{R12} = -574 \text{ kJ/kg} - \frac{1,3}{0,3} \cdot (20 \cdot 0,1 - 200 \cdot 0,017) \cdot 10^2 \text{ kJ/m}^3 \cdot \text{m}^3/\text{kg}$$

$$= \underline{\underline{32,7 \text{ kJ/kg}}}$$

$$e_{V12} = T_u \cdot s_{pr12}$$

$$s_{pr12} = s_2 - s_1 - s_{aust12}^0$$

$$s_1 = 9,85 \text{ kJ/(kg K)} \quad s_2 = 9,9 \text{ kJ/(kg K), aus } h, s\text{-Diagramm}$$

$$\Rightarrow s_{pr12} = 0,05 \text{ kJ/(kg K)} \Rightarrow \epsilon_{v12} = \underline{\underline{15 \text{ kJ/kg}}}$$

c) Gesucht:  $l_{R23}$   $q_{23}$

Die Zustandsänderungen im Zwischenüberhitzer können als polytrop angesehen werden.

$$h_{23}^0 = l_{R23} + \int_2^3 v \cdot dp + \Delta \epsilon_{a23}^0$$

$$l_{R23} = -\frac{n_{23}}{n_{23} - 1} \cdot (p_3 \cdot v_3 - p_2 \cdot v_2) > 0$$

$$n_{23} = \frac{\ln \frac{p_2}{p_3}}{\ln \frac{v_3}{v_2}} \text{ mit } v_3 = 0,19 \text{ m}^3/\text{kg} \text{ folgt } n_{23} = 0,08 \Rightarrow l_{R23} = \underline{\underline{14 \text{ kJ/kg}}}$$

1. Hauptsatz:

$$q_{23} + h_{23}^0 = h_3 - h_2 + \Delta \epsilon_{a23}^0$$

$$h_3 = 4100 \text{ kJ/kg} \Rightarrow q_{23} = \underline{\underline{648 \text{ kJ/kg}}}$$

d) Gesucht:  $l_{34}$   $\epsilon_{v34}$   $q_{45}$

1. Hauptsatz:

$$h_4 + l_{34} = h_4 - h_3 + \Delta \epsilon_{a34}^0$$

$$h_4 = 3100 \text{ kJ/kg} \Rightarrow l_{34} = \underline{\underline{-1000 \text{ kJ/kg}}}$$

$$\epsilon_{v34} = T_u \cdot s_{pr34}$$

$$s_{pr34} = s_4 - s_3 - s_{a34}^0$$

$$s_3 = 10,97 \text{ kJ/(kg K)}$$

$$s_4 = 11,3 \text{ kJ/(kg K)}$$

$$\Rightarrow s_{pr34} = 0,33 \text{ kJ/(kg K)} \Rightarrow \epsilon_{v34} = \underline{\underline{99 \text{ kJ/kg}}}$$

1. Hauptsatz:

$$q_{45} + h_{45}^0 = h_5 - h_4 + \Delta \epsilon_{a45}^0$$

$$h_5 = 800 \text{ kJ/kg aus } h, s\text{-Diagramm} \Rightarrow q_{45} = \underline{\underline{-2300 \text{ kJ/kg}}}$$

e) Gesucht:  $l_{156}$   $l_{R56}$   $\epsilon_{v56}$

1. Hauptsatz:

$$h_6 + l_{156} = h_6 - h_5 + \Delta \epsilon_{a56}^0$$

$$h_5 = h(0,1 \text{ bar}, 40^\circ \text{ C}) = 167,5 \text{ kJ/kg, aus Schmidt Tabelle}$$

$$h_6 = h(200 \text{ bar}, 41^\circ \text{ C}) = 189,2 \text{ kJ/kg, aus Schmidt Tabelle}$$

$$\Rightarrow l_{156} = \underline{\underline{21,7 \text{ kJ/kg}}}$$

$$l_{156} = l_{R56} + \int_5^6 v \cdot dp + \Delta \epsilon_{a56}^0$$

$$l_{R56} = l_{156} - \frac{n_{56}}{n_{56} - 1} \cdot (p_6 \cdot v_6 - p_5 \cdot v_5) > 0$$

$$n_{56} = \frac{\ln \frac{p_5}{p_6}}{\ln \frac{v_6}{v_5}}$$

$$\text{mit } v_5 = v(0,1 \text{ bar}, 40^\circ \text{ C}) = 0,0010078 \text{ m}^3/\text{kg} \text{ und}$$

$$v_6 = v(200 \text{ bar}, 41^\circ \text{ C}) = 0,00099962 \text{ m}^3/\text{kg} \text{ folgt}$$

$$n_{56} = 933 \Rightarrow l_{R56} = \underline{\underline{1,7 \text{ kJ/kg}}}$$

$$\epsilon_{v56} = T_u \cdot s_{pr56}$$

$$s_{pr56} = s_6 - s_5 - s_{a56}^0 > 0$$

aus Schmidt-Tabelle:

$$s_5 = s(0,1 \text{ bar}, 40^\circ \text{ C}) = 0,5721 \text{ kJ/kgK}$$

$$s_6 = s(200 \text{ bar}, 41^\circ \text{ C}) = 0,5773 \text{ kJ/kgK}$$

$$\Rightarrow \epsilon_{v56} = \underline{\underline{1,56 \text{ kJ/kg}}}$$

f) Gesucht:  $\epsilon_{v_{ges}}$

$$\epsilon_{v_{ges}} = T_u \cdot s_{pr_{ges}}$$

2. Hauptsatz um die Gesamtanlage:

$$s_{pr_{ges}} = \underbrace{\sum s_{aus} - \sum s_{cin}}_{=0} - s_{aust_{ges}} = -\left(\frac{q_{61}}{T_{R61}} + \frac{q_{23}}{T_{R23}} + \frac{q_{45}}{T_{R45}}\right)$$

1. Hauptsatz:

$$q_{61} + h_{61}^0 = h_1 - h_6 + \Delta \epsilon_{a61}^0$$

$$h_1 = h_{Diagr.} - \Delta h_{Kor.} = 3420 \text{ kJ/kg} \Rightarrow q_{61} = \underline{\underline{3231 \text{ kJ/kg}}}$$

$$\Rightarrow s_{pr_{ges}} = -\left(\frac{3231}{1000} + \frac{648}{1000} - \frac{2300}{300}\right) \text{ kJ/(kg K)} = 3,8 \text{ kJ/(kg K)}$$

$$\Rightarrow \epsilon_{v_{ges}} = \underline{\underline{1140 \text{ kJ/kg}}}$$

g) *Gesucht:*  $\eta_{th}$   $\eta_{th rev.}$

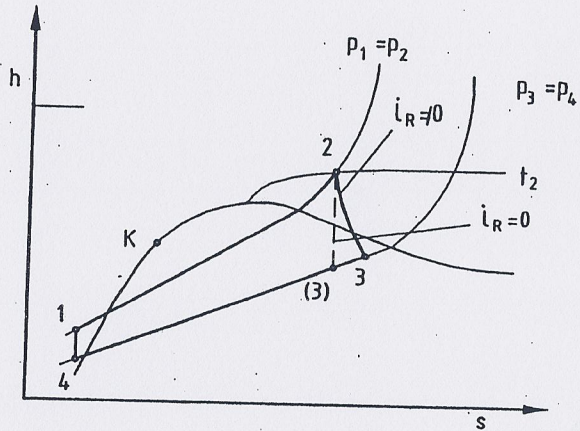
$$\eta_{th} = \frac{|l_{12} + l_{34} + l_{56}|}{q_{61} + q_{23}} = \underline{0,4}$$

$$\eta_{rev.} = \eta_C = \frac{T_{max} - T_{min}}{T_{max}} = \frac{T_R - T_u}{T_R} = \underline{0,7}$$

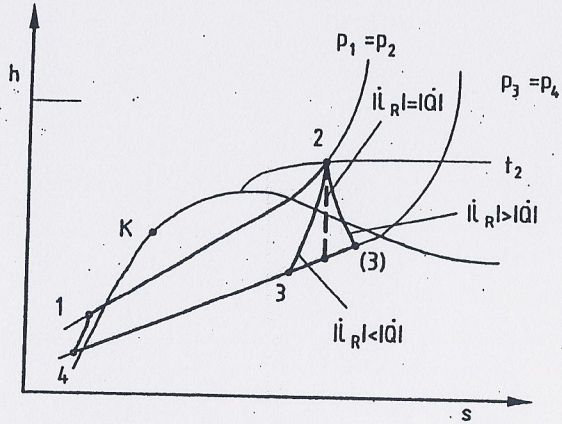
**Aufgabe 8.11**

a) Kreisprozesse mit Arbeitsmedium Wasser-

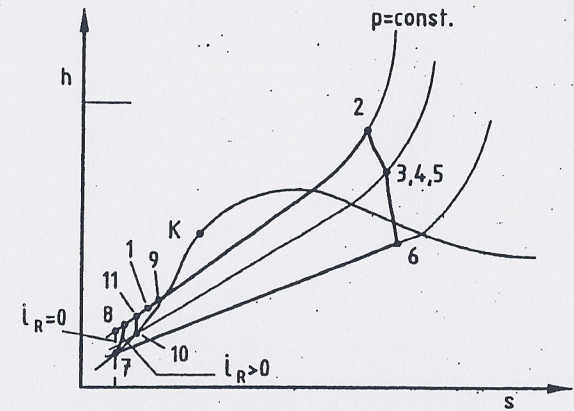
a1



a2



a3



a4

