

$$\Rightarrow \dot{m}_L = \dot{m}_{f1} - \dot{m}_{Wd} = \dot{m}_{f1} - x_d \cdot \dot{m}_L \quad \text{Def. } x_d = \frac{m_W}{m_L}$$

$$\Rightarrow \dot{m}_L = \frac{\dot{m}_{f1}}{1 + x_d} = 2 \text{ kg/s}$$

$\dot{H} = \dot{m}_L \cdot h_L + \dot{m}_{Wd} \cdot h_{Wd}$ bezogen auf 1 kg trockene Luft folgt

$$\frac{\dot{H}}{\dot{m}_L} = h = h_L + x_d \cdot h_{Wd} \quad \text{mit } dh = c_p \cdot d\vartheta \text{ folgt}$$

$$\dot{L}_{t12} = \dot{m}_L \cdot [c_{pL} \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_1) + c_{pWd} \cdot x_d \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_1)]$$

$$\dot{L}_{t12} = \dot{m}_L \cdot \Delta\vartheta_{12} \cdot [c_{pL} + c_{pWd} \cdot x_d]$$

$$\dot{L}_{t12} = 2 \text{ kg/s} \cdot (230 - 17)^\circ \text{C} \cdot [1,004 + 1,86 \cdot 0,0097] \text{ kJ/(kg K)}$$

$$= \underline{\underline{436 \text{ kW}}}$$

b) Gesucht: \dot{m}_{W5}

$$\dot{m}_L \cdot x_4 + \dot{m}_L \cdot x_5 = \dot{m}_L \cdot x_3 \quad \text{Massenerhaltung}$$

$$\dot{m}_{W5} = \dot{m}_L \cdot x_3 - \dot{m}_L \cdot x_4 = \dot{m}_L \cdot (x_3 - x_4)$$

$$x_3 = x_2 = x_1 = 0,0097 \text{ kgW/kgtr.L}$$

$x_4 = x_{4s}$ gesättigte Luft nach der Rückkühlung

$$\Rightarrow x_{4s} = \frac{p_s(\vartheta_4)}{p_3 - p_s(\vartheta_4)} \cdot \frac{M_d}{M_L} \quad \varphi_3 = 1$$

$$p_2 = p_4 = 3 \text{ bar und } \vartheta_3 = \vartheta_4 = 27^\circ \text{C}$$

$$\Rightarrow p_s(\vartheta_4) = 0,03564 \text{ bar Diagramm}$$

$$\Rightarrow x_{4s} = 0,00747 \text{ kgW/kgtr.L}$$

$$\Rightarrow \dot{m}_{W5} = 2 \text{ kg/s} \cdot (0,0097 - 0,00747) =$$

$$= \underline{\underline{0,00446 \text{ kg/s}}}$$

c) Gesucht: \dot{Q}_{23}

1. Hauptsatz:

$$\dot{Q}_{23} + \dot{L}_{23}^0 = \dot{H}_3 - \dot{H}_2 + \Delta \dot{E}_{23}^0$$

$$\Rightarrow \dot{Q}_{23} = \dot{m}_L \cdot (h_3 - h_2) \text{ mit } h = h_L + x_d \cdot h_{Wd} \text{ und } dh = c_p \cdot d\vartheta \text{ folgt}$$

$$\dot{Q}_{23} = \dot{m}_L \cdot [c_{pL} \cdot (\vartheta_3 - \vartheta_2) + x_{3s} \cdot (c_{pWd} \cdot \vartheta_3 + r_d) + (x_3 - x_{3s}) \cdot c_{pWf1} \cdot \vartheta_3 - x_2 \cdot (c_{pWd} \cdot \vartheta_2 + r_d)] \text{ mit } x_{3s} = x_{4s} \text{ folgt}$$

$$\dot{Q}_{23} = 2 \text{ kg/s} \cdot [-1,004 \cdot 203 + 0,00747 \cdot (1,86 \cdot 27 + 2500) + 0,00223 \cdot 4,19 \cdot 27 - 0,0097 \cdot (1,86 \cdot 230 + 2500)] \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{Q}_{23} = 2 \cdot [-204 + 19,05 + 0,25 - 28,4] \text{ kW} = \underline{\underline{-426 \text{ kW}}}$$

Aufgabe 9.6

Gegeben: Zustandsänderungen:

3. 1 → 4 isobare Mischung

2 → 3 isobare Wärmezufuhr

$\vartheta_1 = 25^\circ \text{C}$ $\varphi_1 = 0,6$

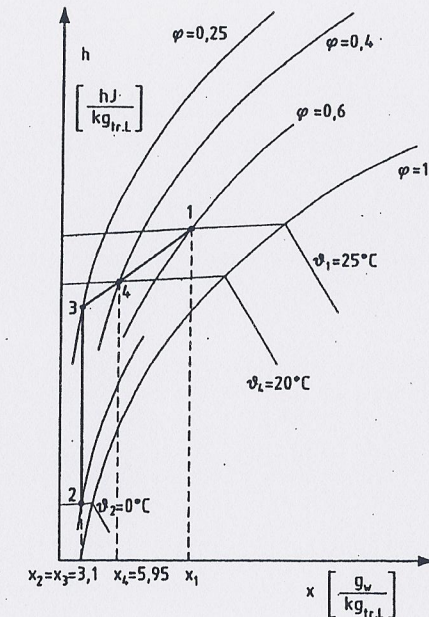
$\vartheta_2 = 0^\circ \text{C}$ $\varphi_2 = 0,8$

$\vartheta_4 = 20^\circ \text{C}$ $\varphi_1 = 0,4$

$p = 1 \text{ bar}$

$V_{f1} = 20000 \text{ m}^3/\text{h}$

a) Gesucht: h, x -Diagramm



b) Gesucht: ϑ_3 φ_3

$x_3 = x_2 = 0,0031 \text{ kgW/kgtr.L}$ aus h, x -Diagramm mit (ϑ_2, φ_2)
Schnittpunkt zwischen Mischungsgerade 1-4-3 und Gerade 2-3

$$\Rightarrow \vartheta_3 = \underline{\underline{17,7^\circ \text{C}}}$$

$$\varphi_3 = \underline{\underline{0,25}} \quad \text{aus } h, x\text{-Diagramm}$$

c) Gesucht: $\frac{\dot{m}_{L3}}{\dot{m}_{L1}}$

Das Verhältnis $\frac{\dot{m}_{L3}}{\dot{m}_{L1}}$ wird mit dem Gesetz der abgewandten

Hebelarme bestimmt.

$$\Rightarrow \frac{\dot{m}_{L_3}}{\dot{m}_{L_1}} = \frac{14}{34} = \frac{2,46}{1,15} = \underline{\underline{2,14}}$$

d) Gesucht: \dot{Q}_{23}

1. Hauptsatz:

$$\dot{Q}_{23} + \dot{L}_{23}^0 = \dot{H}_3 - \dot{H}_2 + \Delta \dot{E}_{a23}^0$$

$$\dot{Q}_{23} = \dot{m}_{L_2} \cdot (h_3 - h_2)$$

$$h_3 = 25,5 \text{ kJ/kg} \quad h_2 = 7,5 \text{ kJ/kg} \quad \text{aus } h, x\text{-Diagramm}$$

$$\dot{m}_{L_2} = \dot{m}_{L_3} \quad \text{mit } \dot{m}_{L_4} = \dot{m}_{L_1} + \dot{m}_{L_3} \text{ folgt}$$

$$\dot{m}_{L_3} = \dot{m}_{L_4} - \dot{m}_{L_1} = \dot{m}_{L_4} - \frac{\dot{m}_{L_4}}{2,14} \Rightarrow \dot{m}_{L_3} = \frac{\dot{m}_{L_4}}{1 + \frac{1}{2,14}}$$

$$p = p_d + p_L = \frac{m_L \cdot R_d \cdot T}{V} \cdot \left(\frac{R_L}{R_d} + x_d \right) = \frac{m_L \cdot R_d \cdot T}{V} \cdot \left(\frac{M_d}{M_L} + x_d \right)$$

$$\Rightarrow p_4 = \frac{\dot{m}_{L_4} \cdot R_d \cdot T_4}{\dot{V}_4} \cdot (0,622 + x_4)$$

$$\Rightarrow \dot{m}_{L_4} = \frac{\dot{V}_4 \cdot p_4}{R_d \cdot T_4 \cdot (0,622 + x_4)} \quad \text{mit } x_4 = 0,00595 \text{ aus } h, x\text{-Diagramm}$$

$$\Rightarrow \dot{m}_{L_4} = 23550 \text{ kg}_{tr. L}/h = 6,54 \text{ kg/s} \Rightarrow \dot{m}_{L_3} = 4,46 \text{ kg/h}$$

$$\Rightarrow \dot{Q}_{23} = 4,46 \text{ kg/h} \cdot (25,5 - 7,5) \text{ kJ/kg} = \underline{\underline{80,3 \text{ kW}}}$$

Aufgabe 9.7

Gegeben: Zustandsänderungen:

1 → 2 isobare Wärmeabfuhr; Wasserdampf kondensiert

2 → 3, 3' adiabate, isobare Wasserabscheidung

3 → 4 isobare Wärmezufuhr

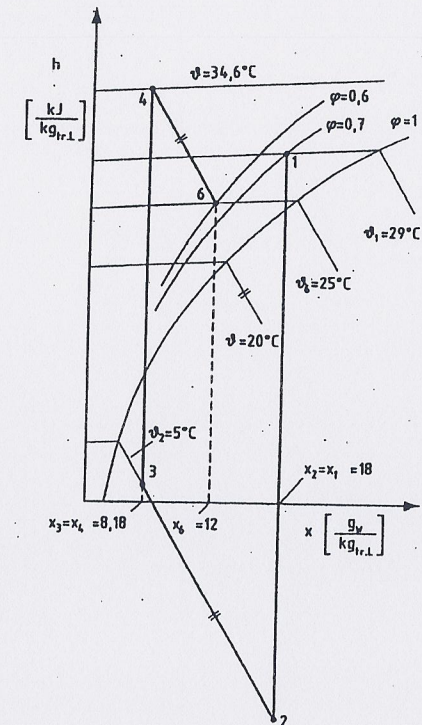
4, 5 → 6 isobare Befeuchtung mit Wasser von ϑ_5

$\vartheta_1 = 29^\circ \text{C}$ $\vartheta_2 = \vartheta_{3'} = 5^\circ \text{C}$ $\vartheta_5 = 20^\circ \text{C}$ $\vartheta_6 = 25^\circ \text{C}$

$\varphi_1 = 0,7$ $\varphi_6 = 0,6$ $p = 1 \text{ bar}$ $\Delta \epsilon_a = 0$

$\dot{m}_{3'} = 2,26 \text{ kg/h}$ $\dot{V}_{J1,6} = 200 \text{ m}^3/\text{h}$

a) Gesucht: h, x -Diagramm



b) Gesucht: x_1 h_1 x_6 h_6

Aus dem h, x -Diagramm abgelesen:

$$x_1 = \underline{\underline{0,018}} \text{ kg}_w/\text{kg}_{tr.L}$$

$$h_1 = \underline{\underline{75}} \text{ kJ}/\text{kg}_{tr.L}$$

$$x_6 = \underline{\underline{0,012}} \text{ kg}_w/\text{kg}_{tr.L}$$

$$h_6 = \underline{\underline{55,5}} \text{ kJ}/\text{kg}_{tr.L}$$

c) Gesucht: \dot{m}_L

$$\dot{m}_L = \dot{m}_{L_1} = \dot{m}_{L_2} = \dot{m}_{L_6}$$

$$p = p_L + p_d = \frac{m_L \cdot R_d \cdot T}{V} \cdot (0,622 + x_d) \quad (\text{Formelsammlung})$$

$$\Rightarrow \dot{m}_{L_6} = \frac{\dot{V}_6 \cdot p_6}{T_6 \cdot R_d \cdot (0,622 + x_{d6})} \quad \text{mit } T_6 = 298 \text{ K und } p_6 = 1 \text{ bar}$$

$$\Rightarrow \dot{m}_L = \dot{m}_{L_6} = \frac{200 \cdot 100 \cdot \text{kg}/\text{h}}{298 \cdot 0,461 \cdot (0,622 + 0,012)} = \underline{\underline{230 \text{ kg}/\text{h}}}$$

d) Gesucht: \dot{Q}_{12} $\dot{m}_{W_{Kond.}}$

1. Hauptsatz:

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

$$\dot{Q}_{12} = \dot{m}_L \cdot (h_2 - h_1)$$

$$h_2 = c_p L \cdot \vartheta_2 + x_{s2} \cdot (c_p w_d \cdot \vartheta_2 + r_d) + (x_2 - x_{s2}) \cdot c_{pw,fl} \cdot \vartheta_2$$

mit $x_{s2} = 0,0053 \text{ kgW/kg}_{tr.L}$ und $x_2 = x_1 = 0,018 \text{ kgW/kg}_{tr.L}$
folgt $h_2 = 18,59 \text{ kJ/kg}$

$$\Rightarrow \dot{Q}_{12} = 230 \text{ kg/h} \cdot (18,59 - 75) \text{ kJ/kg} = \underline{\underline{-3,604 \text{ kW}}}$$

$$\dot{m}_{W_{Kond.}} = (x_2 - x_{s2}) \cdot \dot{m}_L = 0,0127 \cdot 230 \text{ kg/h} = \underline{\underline{2,92 \text{ kg/h}}}$$

e) Gesucht: x_3 h_3 ϑ_3

$$x_3 = \frac{\dot{m}_{W_3}}{\dot{m}_L}$$

$$\dot{m}_{W_2} = \dot{m}_{W_3} + \dot{m}_{W_{s1}} \quad (\text{Massenerhaltung})$$

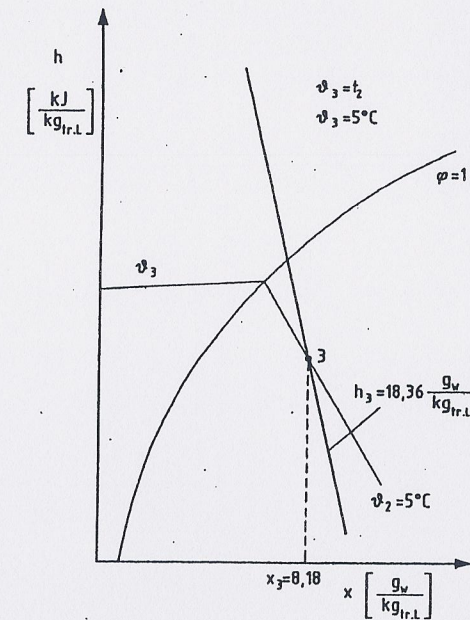
$$\dot{m}_{W_3} = \dot{m}_{W_2} - \dot{m}_{W_{s1}} = x_2 \cdot \dot{m}_{L2} - \dot{m}_{W_{s1}} = 1,88 \text{ kg/h}$$

$$\Rightarrow x_3 = \frac{1,88}{230} = \underline{\underline{0,00818 \text{ kgW/kg}_{tr.L}}}$$

$$\vartheta_3 = \vartheta_2 = 5^\circ\text{C}$$

mit $x_3 \Rightarrow h_3$ aus h, x -Diagramm

$$\underline{\underline{h_3 = 18,4 \text{ kJ/kg}_{tr.L}}}$$

f) Gesucht: ϑ_4 \dot{m}_{W_5}

$$x_4 = x_3 = 0,00818 \text{ kgW/kg}_{tr.L} \Rightarrow \vartheta_4 = \underline{\underline{34,6^\circ \text{C}}} \text{ aus } h, x\text{-Diagramm}$$

$$\dot{m}_{W_5} = \dot{m}_L \cdot (x_6 - x_4) = 230 \text{ kg/h} \cdot (0,012 - 0,00818) = \underline{\underline{0,879 \text{ kg/h}}}$$

Aufgabe 9.8

Gegeben: 1.2 \rightarrow 3 isobare Mischung mit Wärmezufuhr

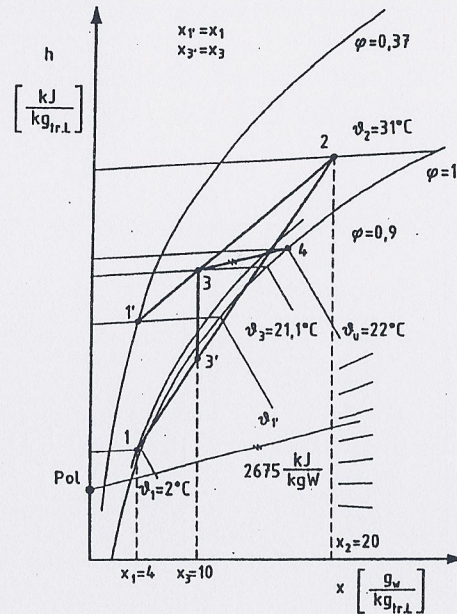
3 \rightarrow 4 adiabate Befeuchtung mit \dot{m}_d

$$\vartheta_1 = 2^\circ\text{C} \quad \varphi_1 = 90\% \quad x_2 = 0,02 \text{ kgW/kg}_{tr.L}$$

$$\vartheta_2 = 31^\circ\text{C} \quad p = 1 \text{ bar} \quad \dot{m}_{fl2} = 3,06 \text{ kg/s}$$

$$\vartheta_4 = 22^\circ\text{C} \quad \varphi_4 = 100\%$$

$$\dot{V}_4 = 6,86 \text{ m}^3/\text{s}$$

a) Gesucht: h, x -Diagramm

3 → 4:

Zumischung von trocken gesättigtem Dampf unter 1 bar
 $\Rightarrow h''(1 \text{ bar}) = 2675 \text{ kJ/kg}$
 Konstruktion über Randmaßstab.

b) Gesucht: \dot{m}_{f1}

$$\dot{m}_{f1} = \dot{m}_{L1} + \dot{m}_{Wd1}$$

$$\Rightarrow \dot{m}_{f1} = \dot{m}_{L1} \cdot (1 + x_1)$$

$$\dot{m}_{L4} = \dot{m}_{L1} + \dot{m}_{L2} \Rightarrow \dot{m}_{L1} = \dot{m}_{L4} - \dot{m}_{L2}$$

$$\dot{m}_{f1} = \dot{m}_{L2} \cdot (1 + x_2) \Rightarrow \dot{m}_{L2} = \frac{\dot{m}_{f1}}{1 + x_2} = \frac{3,06 \text{ kg/s}}{1 + 0,02} = 3 \text{ kg/s}$$

$$p = p_L + p_d = \frac{m_L \cdot R_d \cdot T}{V} \cdot (0,622 + x_d)$$

$$\Rightarrow \dot{m}_{L4} = \frac{\dot{V}_4 \cdot p_4}{R_d \cdot T_4 \cdot (0,622 + x_4)} = 7,91 \text{ kg}_{tr.L}/\text{s}$$

x_4 aus h, x -Diagramm

$$\Rightarrow \dot{m}_{L1} = (7,91 - 3) \text{ kg}_{tr.L}/\text{s} = 4,91 \text{ kg}_{tr.L}/\text{s}$$

$$\Rightarrow \dot{m}_{f1} = 4,91 \cdot (1 + 0,004) \text{ kg}_{tr.L}/\text{s} = 4,93 \text{ kg/s}$$

 x_1 aus h, x -Diagramm

3 → 4:

c) Gesucht: $\dot{Q}_{12,3}$

Gesetz der abgewandten Hebelarme:

$$\frac{\dot{m}_{L1}}{\dot{m}_{L2}} = \frac{23'}{13'} \Rightarrow \text{Punkt } 3' \text{ ist im } h, x\text{-Diagramm bestimmt}$$

$$\dot{Q}_{12,3} = \dot{m}_{L3} \cdot (h_3 - h_{3'})$$

$$\dot{m}_{L3} = \dot{m}_{L4} \quad h_3, h_{3'} \text{ aus } h, x\text{-Diagramm ablesen}$$

$$\Rightarrow \dot{Q}_{12,3} = 7,91 \text{ kg/s} \cdot (47 - 38,5) \text{ kJ/kg}_{tr.L} = \underline{\underline{67,3 \text{ kW}}}$$

d) Gesucht: $\vartheta_3 \quad x_3$ Aus h, x -Diagramm ablesen:

$$\vartheta_3 = \underline{\underline{21,1^\circ \text{ C}}}$$

$$x_3 = \underline{\underline{0,01 \text{ kg}_w/\text{kg}_{tr.L}}}$$

e) Gesucht: \dot{m}_d

$$\dot{m}_{W3} + \dot{m}_d = \dot{m}_{W4} \Rightarrow \dot{m}_{L3} \cdot x_3 + \dot{m}_d = \dot{m}_{L4} \cdot x_4$$

$$\Rightarrow \dot{m}_d = \dot{m}_{L4} \cdot (x_4 - x_3) = 7,91 \cdot (0,0169 - 0,01) \text{ kg}_{Dampf}/\text{s} = \underline{\underline{0,0546 \text{ kg}_{Dampf}/\text{s}}}$$

f) Gesucht: $\vartheta_{1'} \quad \varphi_{1'}$ Aus h, x -Diagramm abgelesen:

$$\varphi_{1'} = \underline{\underline{0,37}}$$

$$\vartheta_{1'} = \underline{\underline{14,9^\circ \text{ C}}}$$

Aufgabe 9.9

Gegeben: 1 → 2 gekühlter Diffusor

$$\vartheta_1 = 49,45^\circ \text{ C}$$

$$p_1 = 0,9 \text{ bar}$$

$$w_1 = 200 \text{ m/s}$$

$$\varphi_1 = 0,225$$

$$A_1 = 0,1 \text{ m}^2$$

$$\vartheta_2 = 21^\circ \text{ C}$$

$$p_2 = 1 \text{ bar}$$

$$w_2 = 0 \text{ m/s}$$

$$\vartheta_v = 0^\circ \text{ C}$$

$$p_v = 1 \text{ bar}$$

a) Gesucht: h, x -Diagramm