

$$\dot{n}_2 N_2 = \dot{n}_{ab} \cdot \psi_{ab} N_2 + \dot{n}_L \cdot \psi_L N_2 = 198 \text{ kmol/h} \Rightarrow p_2 N_2 = \underline{\underline{1,19 \text{ bar}}}$$

c) Gesucht: T_2

1. Hauptsatz

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

$$\Rightarrow \dot{H}_2 = \dot{H}_1 \text{ mit } dH = m \cdot c_p \cdot dT \text{ folgt}$$

$$\begin{aligned} & (\dot{m}_{ab} CO_2 \cdot c_p CO_2 + \dot{m}_{ab} O_2 \cdot c_p O_2 + \dot{m}_{ab} N_2 \cdot c_p N_2) \cdot T_{ab} + \\ & + (\dot{m}_L N_2 \cdot c_p N_2 + \dot{m}_L O_2 \cdot c_p O_2) \cdot T_L = \\ & = (\dot{m}_2 CO_2 \cdot c_p CO_2 + \dot{m}_2 O_2 \cdot c_p O_2 + \dot{m}_2 N_2 \cdot c_p N_2) \cdot T_2 \end{aligned}$$

$$T_2 = \frac{\dot{m}_{ab} CO_2 \cdot c_p CO_2 + \dot{m}_{ab} O_2 \cdot c_p O_2 + \dot{m}_{ab} N_2 \cdot c_p N_2}{\dot{m}_2 CO_2 \cdot c_p CO_2 + \dot{m}_2 O_2 \cdot c_p O_2 + \dot{m}_2 N_2 \cdot c_p N_2} \cdot T_{ab} + \frac{\dot{m}_L N_2 \cdot c_p N_2 + \dot{m}_L O_2 \cdot c_p O_2}{\dot{m}_2 CO_2 \cdot c_p CO_2 + \dot{m}_2 O_2 \cdot c_p O_2 + \dot{m}_2 N_2 \cdot c_p N_2} \cdot T_L$$

$$n_i = \frac{m_i}{M_i} \Rightarrow m_i = n_i \cdot M_i = \psi_i \cdot n \cdot M_i \Rightarrow$$

$$T_2 = \frac{5 \cdot 44 \cdot 0,89 + 32 \cdot 50 \cdot 0,1 \cdot 0,91 + 28 \cdot 50 \cdot 0,8 \cdot 1,04}{5 \cdot 44 \cdot 0,89 + 32 \cdot 47 \cdot 0,91 + 28 \cdot 198 \cdot 1,04} \cdot 423 \text{ K} + \frac{200 \cdot 0,79 \cdot 28 \cdot 1,04 + 32 \cdot 200 \cdot 0,21 \cdot 0,91}{5 \cdot 44 \cdot 0,89 + 32 \cdot 47 \cdot 0,91 + 28 \cdot 198 \cdot 1,04} \cdot 296 \text{ K} = \underline{\underline{322 \text{ K}}}$$

d) Gesucht: \dot{S}_{pr}

$$\dot{S}_2 - \dot{S}_1 = \dot{S}_{pr} + \dot{S}_{aust}^0$$

$$s_2 - s_1 = c_p \cdot \ln \frac{T_2}{T_1} - R \cdot \ln \frac{p_2}{p_1}$$

$$\Rightarrow \dot{S}_{pr} = \dot{m}_{ab} CO_2 \cdot \left(c_p CO_2 \cdot \ln \frac{T_2}{T_{ab}} - R_{CO_2} \cdot \ln \frac{p_2 CO_2}{p_{ab} CO_2} \right) +$$

$$+ \dot{m}_{ab} N_2 \cdot \left(c_p N_2 \cdot \ln \frac{T_2}{T_{ab}} - R_{N_2} \cdot \ln \frac{p_2 N_2}{p_1 N_2} \right) +$$

$$+ (\dot{m}_2 N_2 - \dot{m}_{ab} N_2) \cdot \left(c_p N_2 \cdot \ln \frac{T_2}{T_L} - R_{N_2} \cdot \ln \frac{p_2 N_2}{p_L N_2} \right) +$$

$$+ \dot{m}_{ab} O_2 \cdot \left(c_p O_2 \cdot \ln \frac{T_2}{T_1} - R_{O_2} \cdot \ln \frac{p_2 O_2}{p_{ab} N_2} \right) +$$

$$+ (\dot{m}_2 O_2 - \dot{m}_{ab} O_2) \cdot \left(c_p O_2 \cdot \ln \frac{T_2}{T_L} - R_{O_2} \cdot \ln \frac{p_2 O_2}{p_L O_2} \right)$$

$$n_i = \frac{m_i}{M_i} \Rightarrow m_i = n_i \cdot M_i = \psi_i \cdot n \cdot M_i \Rightarrow$$

$$\dot{m}_2 N_2 - \dot{m}_{ab} N_2 = \dot{m}_L N_2 \quad \dot{m}_2 O_2 - \dot{m}_{ab} O_2 = \dot{m}_L O_2$$

$$\Rightarrow \dot{S}_{pr} = 0,1 \cdot 50 \cdot 44 \cdot \left(0,89 \cdot \ln \frac{322}{423} - 0,189 \cdot \ln \frac{0,03}{0,15} \right) \text{ kJ}/(\text{h} \cdot \text{K}) +$$

$$+ 0,8 \cdot 50 \cdot 28 \cdot \left(1,04 \cdot \ln \frac{322}{423} - 0,297 \cdot \ln \frac{1,19}{1,2} \right) \text{ kJ}/(\text{h} \cdot \text{K}) +$$

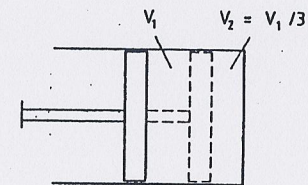
$$+ 0,79 \cdot 200 \cdot 28 \cdot \left(1,04 \cdot \ln \frac{322}{296} - 0,297 \cdot \ln \frac{1,19}{1,185} \right) \text{ kJ}/(\text{h} \cdot \text{K}) +$$

$$+ 0,1 \cdot 50 \cdot 32 \cdot \left(0,91 \cdot \ln \frac{322}{423} - 0,26 \cdot \ln \frac{0,28}{0,15} \right) \text{ kJ}/(\text{h} \cdot \text{K}) +$$

$$+ 0,21 \cdot 200 \cdot 32 \cdot \left(0,91 \cdot \ln \frac{322}{296} - 0,26 \cdot \ln \frac{0,28}{0,315} \right) \text{ kJ}/(\text{h} \cdot \text{K})$$

$$= (12,89 - 315 + 381,83 - 65,69 + 144,13) \text{ kJ}/(\text{h} \cdot \text{K}) = \underline{\underline{158,2 \text{ kJ}/(\text{h} \cdot \text{K})}}$$

Aufgabe 9.3

Gegeben: 1 → 2 isotherme reibungsfreie Kompression

$$V_1 = 15 \text{ m}^3$$

$$p_1 = 0,3 \text{ bar}$$

$$T_1 = 305,9 \text{ K}$$

$$V_2 = 1/3 \cdot V_1$$

$$\varphi_1 = 1$$

$$R_L = 0,287 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$$

a) Gesucht: m_L m_{wd}

$$p \cdot V = m \cdot R \cdot T \Rightarrow m_L = \frac{p_{L1} \cdot V_1}{R_L \cdot T_1}$$

$$p_1 = p_{L1} + p_{d1} \text{ (Dalton)} \quad p_{d1} = p_s(\vartheta_1 = \vartheta_u) = 0,05 \text{ bar} \quad \text{(Dampftafel)}$$

$$\Rightarrow p_{L1} = p_1 - p_{d1} = 0,25 \text{ bar} \Rightarrow m_L = \underline{4,27 \text{ kg}}$$

$$m_{Wd1} = \frac{V_1}{v_1''} \quad v_{Wd1} = v_1'' = 28,19 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\Rightarrow m_{Wd1} = \underline{0,532 \text{ kg}}$$

b) Gesucht: p_{d2}

$$p_{d2} = p_{d1} = p_s(\vartheta_1) = \underline{0,05 \text{ bar}}$$

c) Gesucht: m_{W2}

$$p_{d1} = p_{d2} = p_s(\vartheta_2) \quad (\vartheta_1 = \vartheta_2 = \vartheta_u = \vartheta_s)$$

$$V_2 = m_{W2} \cdot v_{W2} + m_{d2} \cdot v_{d2}$$

$$m_{Wd} = m_{W2} + m_{d2}$$

$$V_2 = m_{W2} \cdot v_{W2} + (m_{Wd} - m_{W2}) \cdot v_{d2}$$

$$v_{d2} = v'' = 28,19 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$\Rightarrow V_2 = m_{Wd} \cdot v'' - m_{W2} \cdot (v'' - v_{W2})$$

$$m_{W2} = \frac{m_{Wd} \cdot v'' - V_2}{v'' - v_{W2}}$$

$$v'' \gg v_{W2}$$

$$\Rightarrow m_{W2} \approx m_{Wd} - \frac{V_2}{v''} \approx 0,532 \text{ kg} - \frac{5 \text{ m}^3}{28,19 \text{ m}^3/\text{kg}}$$

$$m_{W2} = \underline{0,355 \text{ kg}}$$

d) Gesucht: L_{12}

$$L_{12} = L_{v12} = - \int_1^2 p \cdot dV$$

$$p = p_L + p_d \quad p_W = p$$

$$L_{12} = - \int_{V_1}^{V_2} (p_L + p_d) \cdot dV = - \int_{V_1}^{V_2} p_L \cdot dV - \int_{V_1}^{V_2} p_d \cdot dV - \underbrace{\int_0^{V_{f12}} p_W \cdot dV}_{=0 \text{ wegen } dV_W \ll dV}$$

$$p_L = m_L \cdot R_L \cdot \frac{T}{V} \quad p_d = p_s = 0,05 \text{ bar}$$

$$L_{12} = -m_L \cdot R_L \cdot T_u \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} - p_d \cdot (V_2 - V_1) = \underline{461 \text{ kJ}}$$

e) Gesucht: Q_{12}

$$Q_{12} + L_{12} = U_2 - U_1 + \Delta E_{a12}$$

$$Q_{12} + L_{12} = \underbrace{(U_2 - U_1)_L}_{=0} + \underbrace{(U_2 - U_1)_{Wd}}_{=0} + (U_2 - U_1)_{W2} + \underbrace{\Delta E_{a12}}_{=0}$$

$$Q_{12} = -L_{12} + m_{W2} \cdot (u_2 - u_1) \text{ mit } h = u + p \cdot v \text{ folgt}$$

$$Q_{12} = -L_{12} + m_{W2} \cdot (h_2 - h_1 - p_2 \cdot v_2 + p_1 \cdot v_1)$$

$$p_1 = p_{d1} = 0,05 \text{ bar}$$

$$\vartheta_1 = 32,9^\circ \text{ C}$$

$$\Rightarrow v_1 = v'' = 28,19 \text{ m}^3/\text{kg} \Rightarrow$$

$$p_1 \cdot v_1 = 140,95 \text{ kJ/kg}$$

$$h_1 = h'' = 2561,6 \text{ kJ/kg}$$

$$V_{L2} \approx V_2, \text{ da } V_{Wf1} \approx 0$$

$$p_{d1} = p_{d2} = 0,05 \text{ bar}$$

$$p_{L2} = p_{L1} \cdot \frac{V_1}{V_2} = 0,75 \text{ bar}$$

$$p_2 = p_{W2} = p_{L2} + p_{d2} = 0,8 \text{ bar}$$

$$v_2(\vartheta_2, p_2) = 0,001005 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\Rightarrow p_2 \cdot v_2 = 0,08 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2(\vartheta_2, p_2) = 137,8 \text{ kJ/kg}$$

$$\Rightarrow Q_{12} = -461 \text{ kJ} + 0,355 \text{ kg} \cdot (-2423,8 + 140,87) \text{ kJ/kg}$$

$$= \underline{\underline{-1271,44 \text{ kJ}}}$$

Aufgabe 9.4

Gegeben: 1 → 2 isobare Wärmezufuhr

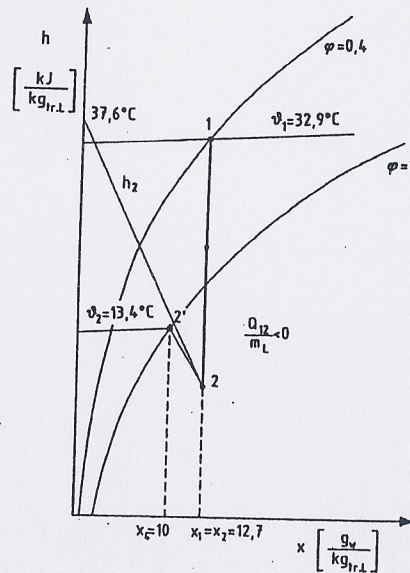
$$\varphi_1 = 40\%$$

$$p_1 = 1 \text{ bar}$$

$$\vartheta_1 = 32,9^\circ \text{ C}$$

$$\dot{m}_{f1} = 500 \text{ kg/h}$$

$$\dot{Q}_{12} = -13,773 \text{ MJ/h}$$

a) Gesucht: h, x -Diagrammb) Gesucht: x_1 abgelesen: $x_1 = \underline{0,0127 \text{ kg}_w/\text{kg}_{tr.L}}$ c) Gesucht: \dot{m}_L

$$\dot{m}_{f1} = \dot{m}_L + \dot{m}_{w1} \Rightarrow \dot{m}_L = \dot{m}_{f1} - \dot{m}_{w1}$$

$$x_1 = \frac{\dot{m}_{w1}}{\dot{m}_L} \Rightarrow \dot{m}_{w1} = x_1 \cdot \dot{m}_L$$

$$\Rightarrow \dot{m}_L = \dot{m}_{f1} - x_1 \cdot \dot{m}_L \Rightarrow \dot{m}_L = \frac{\dot{m}_{f1}}{1 + x_1} = \underline{493,83 \text{ kg/h}}$$

d) Gesucht: $h_2 \quad \vartheta_2 \quad x_2$

1. Hauptsatz:

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

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

$$\text{Aufgabenstellung: } \dot{Q}_{12} = -13,773 \text{ MJ/h}$$

abgelesen: $h_1 = 65,5 \text{ kJ/kg}$ $\Rightarrow h_2 = 37,6 \text{ kJ/kg}_{tr. \text{Luft}}$ $\Rightarrow \vartheta_2 = \underline{13,4^\circ \text{C}} \quad x_2 = x_1 = \underline{0,0127 \text{ kg}_w/\text{kg}_{tr.L}} \quad h, x\text{-Diagramm}$ e) Gesucht: $\Delta \dot{m}_w$

$$\Delta \dot{m}_w = x_2 \cdot \dot{m}_L - x_{s2} \cdot \dot{m}_L = \dot{m}_L \cdot (x_2 - x_{s2})$$

 $x_{s2} = 0,0097$ aus h, x -Diagramm

$$\Rightarrow \Delta \dot{m}_w = 493,83 \text{ kg/h} \cdot (0,0127 - 0,0097) = \underline{1,48 \text{ kg/h}}$$

Aufgabe 9.5Gegeben: Zustandsänderungen:1 \rightarrow 2 adiabate Verdichtung2 \rightarrow 3 isobare Abkühlung3 \rightarrow 4.5 adiabate, isobare Wasserabscheidung $\varphi_1 = 0,8 \quad p_1 = 1 \text{ bar} \quad \vartheta_1 = 17^\circ \text{C}$ $\vartheta_2 = 230^\circ \text{C} \quad p_2 = 3 \text{ bar} \quad \vartheta_3 = 27^\circ$ $\dot{m}_{f1} = 2,02 \text{ kg/s}$ a) Gesucht: $\varphi_2 \quad \dot{L}_{12}$ Aus dem h, x -Diagramm mit ϑ_1, φ_1 und p_1 folgt $x_1 = 9,7 \text{ gw/kg}_{tr. \text{Luft}} = 0,0097$

Bei adiabater Verdichtung ändert sich der Wassergehalt nicht.

$$\Rightarrow x_1 = x_{d2} = \frac{p_s(\vartheta_2)}{\frac{p_2}{\varphi_2} - p_s(\vartheta_2)} \cdot \frac{M_d}{M_L}$$

$$\Rightarrow \varphi_2 = \frac{p_2}{p_s(\vartheta_2) \cdot \frac{M_d}{M_L \cdot x_{d2}} + p_s(\vartheta_2)}$$

$$p_s(\vartheta_2) = 27,979 \text{ bar aus Tabelle} \Rightarrow \varphi_2 = \underline{0,00167 \hat{=} 0,167\%}$$

1. Hauptsatz:

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

$$\dot{L}_{12} = \dot{H}_2 - \dot{H}_1 = \dot{m}_L \cdot (h_2 - h_1)$$

Die Enthalpien sind auf 1 kg trockene Luft bezogen $\Rightarrow h = \frac{H}{m_L}$

$$\dot{m}_{f1} = \dot{m}_L + \dot{m}_{w_d} \quad \text{Massenbilanz}$$

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

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

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

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

$$\dot{L}_{t12} = \dot{m}_L \cdot [c_{pL} \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_1) + c_{pWd} \cdot x_{d2} \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_1)]$$

$$\dot{L}_{t12} = \dot{m}_L \cdot \Delta\vartheta_{12} \cdot [c_{pL} + c_{pWd} \cdot x_{d2}]$$

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

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

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

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

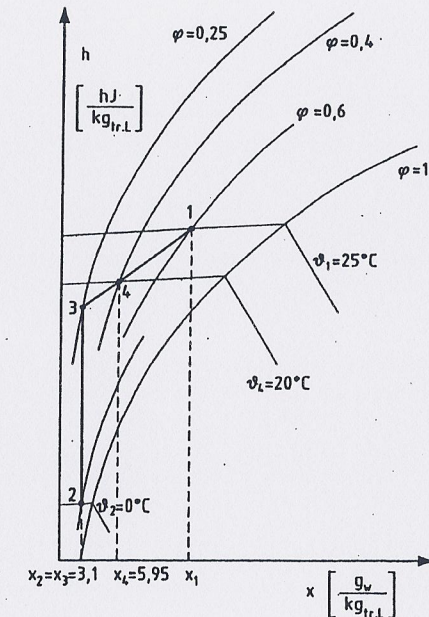
$$\vartheta_2 = 0^\circ \text{C} \quad \varphi_2 = 0,8$$

$$\vartheta_4 = 20^\circ \text{C} \quad \varphi_4 = 0,4$$

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

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

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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Aufgabe 9.7

Gegeben: Zustandsänderungen:

1 → 2 isobare Wärmeabfuhr; Wasserdampf kondensiert

2 → 3, 3' adiabate, isobare Wasserabscheidung

3 → 4 isobare Wärmezufuhr

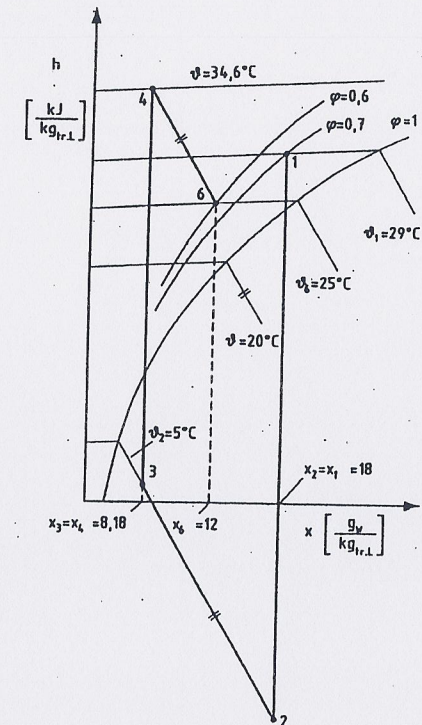
4, 5 → 6 isobare Befeuchtung mit Wasser von ϑ_5

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

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

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

a) Gesucht: h, x -Diagramm



b) Gesucht: x_1 h_1 x_6 h_6

Aus dem h, x -Diagramm abgelesen:

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

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

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

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

c) Gesucht: \dot{m}_L

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

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

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

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

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

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

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

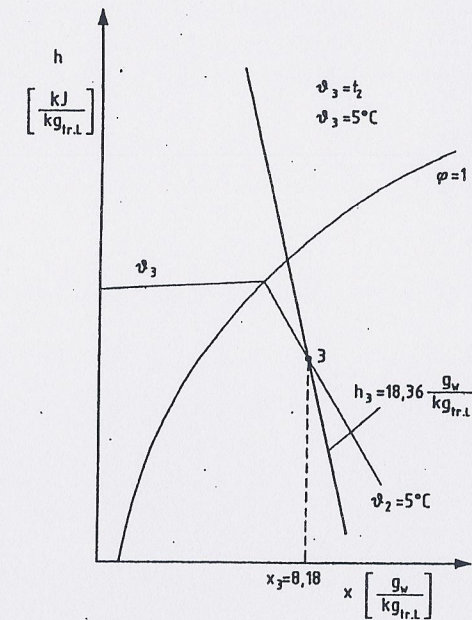
$$\dot{m}_{W_3} = \dot{m}_{W_2} - \dot{m}_{W_{s1}} = x_2 \cdot \dot{m}_{L2} - \dot{m}_{W_{s1}} = 1,88 \text{ kg/h}$$

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

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

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}

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

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

Aufgabe 9.8

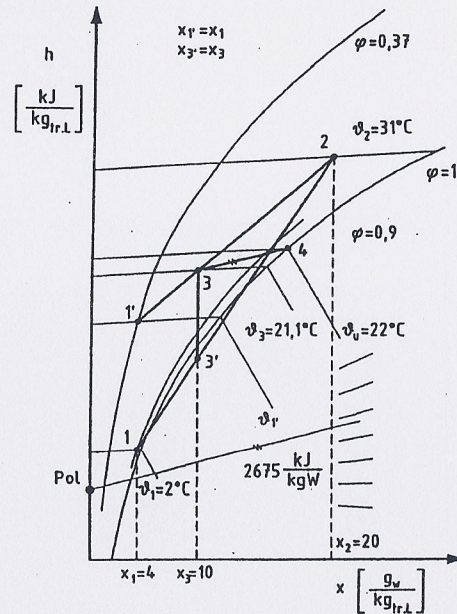
Gegeben: 1.2 \rightarrow 3 isobare Mischung mit Wärmezufuhr3 \rightarrow 4 adiabate Befeuchtung mit \dot{m}_d

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

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

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

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

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}

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

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

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

$$\dot{m}_{f12} = \dot{m}_{L2} \cdot (1 + x_2) \Rightarrow \dot{m}_{L2} = \frac{\dot{m}_{f12}}{1 + x_2} = \frac{3,06 \text{ kg/s}}{1 + 0,02} = 3 \text{ kg/s}$$

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

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

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