

2. Klausur SS 08

a) Volumenänderungsarbeit des Systems an die Umgebung - Σ=2



Nein, wenn $v < v_r$, dann kondensiert es. Σ=2

$$e^{PH} = (h_1 - h_0) - \int_0^1 (s - s_0) = h(2002, 10 \text{ bar}) = 3051,7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

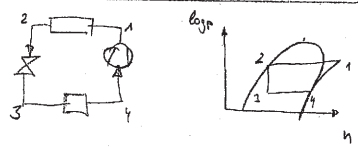
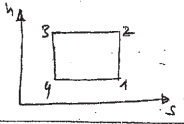
$$h(202, 1 \text{ bar}) = 290 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$s(2002, 10 \text{ bar}) = 7,1247 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

$$s(202, 1 \text{ bar}) = 0,2965 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

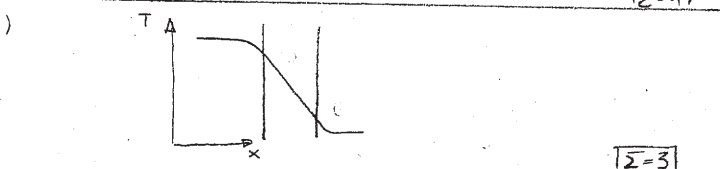
$$= [(3051,7 - 290) - 293,15(7,1247 - 0,2965)] \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$= 966,01 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad \Sigma=3$$



Die Energie der Umgebung steht „unverändert“ zur Verfügung. Σ=4

Durch den Aggregatzustand des Wassers im Abgas. Σ=1

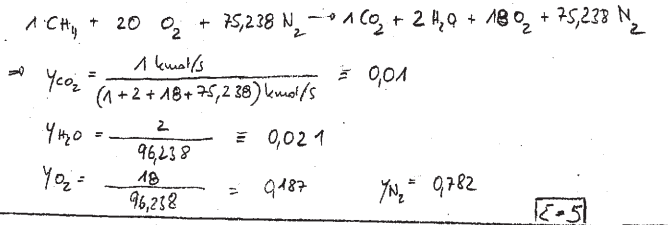
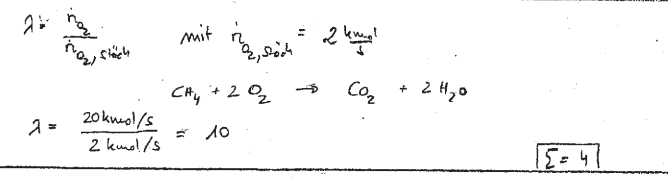


brennung

$$\dot{n}_{\text{Luft}} = \frac{P \cdot \dot{V}_{\text{Luft}}}{R \cdot T} = \frac{1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 2360,77 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{8314 \frac{\text{J}}{\text{kmolK}} \cdot 298,15 \text{K}} = 95,238 \frac{\text{kmol}}{\text{s}}$$

$$\dot{n}_2 = \gamma_{\text{O}_2} \cdot \dot{n}_{\text{Luft}} = 0,21 \cdot 95,238 \frac{\text{kmol}}{\text{s}} = 20,0 \frac{\text{kmol}}{\text{s}}$$

$$\dot{n}_{\text{N}_2} = 75,238 \frac{\text{kmol}}{\text{s}} \quad \Sigma=4$$



wenn $P_{\text{H}_2\text{O}} > P_{\text{S, H}_2\text{O}} (+)$, dann kondensiert Wasser aus

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = 0,021 \cdot 1 \text{ bar} = 0,021 \text{ bar}$$

$$P_{\text{S, H}_2\text{O}}(25^\circ\text{C}) \approx 0,03 \text{ bar (Diagramm)} \rightarrow \text{keine Kondensation} \quad \Sigma=2$$

$$\frac{dU}{dt} = 0 = \dot{Q} + \dot{H}_{\text{Luft}} + \dot{H}_{\text{CH}_4} - \dot{H}_{\text{Abgas}}$$

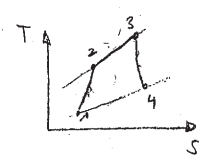
mit $\dot{H}_{\text{Luft}} = \dot{n}_{\text{O}_2} \cdot \bar{h}_{\text{O}_2} + \dot{n}_{\text{N}_2} \cdot \bar{h}_{\text{N}_2} = 0 \text{ kW}$

und $\dot{H}_{\text{CH}_4} = 1 \text{ kmol/s} \cdot -74877 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}} = -74877 \text{ kW}$

und $\dot{H}_{\text{Abgas}} = 1(293521) + 2 \cdot (-241856) + 0 + 0 = -877233 \text{ kW}$

$$\Rightarrow \dot{Q} = -877233 \text{ kW} + 74877 \text{ kW} = -802356 \text{ kW} \quad \Sigma=5$$

Garturbine



a) Σ=2

$$\eta_s = \frac{\dot{W}_{\text{id}}}{\dot{W}_{\text{real}}} = \frac{h_1 - h_{2, \text{id}}}{h_1 - h_{2, \text{real}}} = \frac{c_p (T_1 - T_{2, \text{id}})}{c_p (T_1 - T_{2, \text{real}})} \Rightarrow T_{2, \text{real}} = \frac{T_1}{\eta_s} - \frac{(T_1 - T_{2, \text{id}})}{\eta_s}$$

mit $T_{2, \text{id}} = T_1 \cdot \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$ und $\gamma = \frac{c_p}{c_v} = \frac{1}{0,711} = 1,4$

$$T_{2, \text{id}} = 565,98 \text{ K}$$

$$\Rightarrow T_{2, \text{real}} = \frac{T_{2, \text{id}}}{\eta_s} = 628,86 \text{ K} \quad \Sigma=6$$

c) $\dot{W}_{\text{netto}} = \dot{W}_{\text{Komp}} + \dot{W}_{\text{Exp}} = \dot{m} (h_2 - h_1) + \dot{m} (h_4 - h_3)$

$$= \dot{m} \cdot c_p \cdot (T_{2, \text{real}} - T_1 + T_4 - T_3)$$

$$= 10 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot (628,86 \text{ K} - 293,15 \text{ K} + 736 \text{ K} - 1300 \text{ K})$$

$$= -2282,9 \text{ kW} \quad \Sigma=3$$

d) $\eta_{\text{GT}} = \frac{|\dot{W}_{\text{netto}}|}{\dot{Q}_{\text{zu}}} = \frac{2282,9 \text{ kW}}{10 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot (1300 \text{ K} - 628,86 \text{ K})} = 34\% \quad \Sigma=3$

e) $E_{\text{Kompressor}} = \frac{\dot{E}_2^{PH} - \dot{E}_1^{PH}}{\dot{W}_{\text{Komp}}} = \frac{\dot{m} (e_2^{PH} - e_1^{PH})}{\dot{m} \cdot \dot{w}_{\text{Komp}}}$

$$= \frac{(h_2 - h_1) - T_0 (s_2 - s_1)}{h_2 - h_1} = 1 - \frac{T_0 (s_2 - s_1)}{h_2 - h_1}$$

mit $s_2 - s_1 = c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - \frac{R}{M} \ln \frac{P_2}{P_1}$

$$= 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \ln \frac{628,86}{293,15} - \frac{8,314 \text{ J}}{28,84 \text{ kgK}} \ln \frac{10}{1} = 0,134 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

$$E_{\text{Komp}} = 1 - \frac{293,15 \text{ K} \cdot 0,134 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}}{1 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot (628,86 - 293,15) \text{ K}} = 0,88 \quad \Sigma=4$$

f) $S_{\text{Luft}} = \dot{n}_{\text{O}_2} \cdot \bar{s}_{\text{O}_2}(T, P_{\text{O}_2}) + \dot{n}_{\text{N}_2} \cdot \bar{s}_{\text{N}_2}(T, P_{\text{N}_2})$

mit $\bar{s}_{\text{O}_2} = 205,146 \frac{\text{kJ}}{\text{kmolK}} = R \cdot \ln \frac{P_{\text{O}_2}}{P} = 205,146 - 8,314 \cdot \ln \frac{921}{1}$

$$= 218,12 \frac{\text{kJ}}{\text{kmolK}}$$

$$\bar{s}_{\text{N}_2} = 194,61 - 8,314 \cdot \ln \frac{929}{1} = 193,57 \frac{\text{kJ}}{\text{kmolK}}$$

$$\Rightarrow S_{\text{Luft}} = 20 \cdot 218,12 + 75,238 \cdot 193,57 = 18926,2 \frac{\text{kJ}}{\text{K}} \quad \Sigma=5$$

Fenchle Luft

a) $h_{\text{warml}} = h_2 = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 40^\circ\text{C} = 167,6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

→ Polkenstruktur

$x_3 = \frac{m_{\text{warml}}}{m_{\text{Luft}}} = 0,025$ $t_3 \approx 15^\circ\text{C}$

$\Sigma = 5$

b) $x_5 = \frac{M_w}{M_L} \cdot \frac{p_{w,5}(15^\circ\text{C})}{\frac{p}{\phi} - p_{w,5}(15^\circ\text{C})} = \frac{18}{28,84} \cdot \frac{9017}{1 - 0,017} = 0,011$

Alternativ: ablesen!

→ $m_{\text{w,5}} = x_5 \cdot m_{\text{Luft}} = 0,011 \cdot 1 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 0,011 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$

→ $m_{\text{w,ff}} = (0,025 - 0,011) \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 0,014 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$

$\Sigma = 3$

c) $H_3 = m_{L,3} \cdot h_{1+x,3} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 45 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 45 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$
ablesen.

$\Sigma = 3$

d) $\frac{dU}{dt} = 0 = \dot{Q}_{34} + H_3 - H_4 \Rightarrow \dot{Q}_{34} = m_L \cdot (h_{1+x,4} - h_{1+x,3})$

$h_{1+x,4} = 93 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ ablesen

→ $\dot{Q}_{34} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot (93 - 45) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 48 \text{ kW}$

$\Sigma = 3$

e) Nein, da $x_1 = 0$. Es müsste Wasser abgeführt werden und Wärme zugeführt werden.

$\Sigma = 3$