Theorie

3. Klausur SS 08

a) System im Gleichgewicht in jedem Zustand $\boxed{\Sigma=1}$

b) Nein. Das Verhalten hängt von T und p ab. $\boxed{\Sigma=2}$

c) Nein; id. Gas: keine WW zwischen Teilchen, kein Eigenvolumen, elastische Stöße; id. Prozess: reversibler Prozess $\boxed{\Sigma=3}$

d) Durch p ! $\boxed{\Sigma=1}$

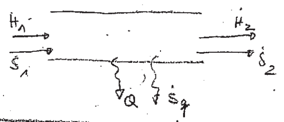
e) z.B. T und p überkritisch / kein Phasenübergang / ... $\boxed{\Sigma=1}$

f) $du = Tds - pdv \Rightarrow ds = \frac{du}{T} + \frac{pdv}{T}$

isochor: $ds = \frac{du}{T} = \frac{c_v dT}{T} \Rightarrow \frac{dT}{ds} = \frac{T}{c_v}$

isobar: $ds = \frac{dh}{T} = \frac{c_p dT}{T} \Rightarrow \frac{dT}{ds} = \frac{T}{c_p} < \frac{T}{c_v}$ $\boxed{\Sigma=4}$

g)



$\boxed{\Sigma=3}$

h) $e^{PH} = (h-h_0) - T_0(s-s_0) = (398{,}0 - 104{,}9) - 298{,}15\cdot(1{,}25017 - 0{,}36723)$
$\approx 30\,\frac{kJ}{kg}$ $\boxed{\Sigma=3}$

i) $x_{N_2} = y_{N_2}\cdot\frac{M_{N_2}}{M_{Luft}} = 0{,}79\cdot\frac{28}{0{,}79\cdot 28 + 0{,}21\cdot 32} = 0{,}767$

$x_{O_2} = 1 - x_{N_2} = 0{,}233$ $\boxed{\Sigma=2}$

Drossel

a) $\frac{dU}{dt} = \dot Q + \dot W + \dot H_1 - \dot H_2 \Rightarrow 0 = q_{12} + c_p(T_1 - T_2) = q_{12} + c_pT_1 - c_pT_2$ (mit $\frac{dU}{dt} = 0$, $\dot W = 0$)

$\Rightarrow T_2 = \frac{q_{12} + c_pT_1}{c_p} = \frac{q_{12}}{c_p} + T_1 = \frac{-100\frac{kJ}{kg}}{1\frac{kJ}{kgK}} + 473{,}15\,K$

$= 373{,}15\,K \mathrel{\hat=} 100\,°C$ $\boxed{\Sigma=2}$

b) Doch, sie tut es. $0 = q_{12} + h_1 + ke_1 - h_2 - ke_2$

$0 = q_{12} + c_p(T_1 - T_2) + \frac{1}{2}c_1^2 - \frac{1}{2}c_2^2$

$\Rightarrow c_2 = \sqrt{2\cdot\left(q_{12} + c_p(T_1-T_2)\right) - \frac{1}{2}c_1^2}$ $\boxed{\Sigma=3}$

c) Systemgrenze I; Vorteil: $\frac{\dot Q}{T}$ kann berechnet werden

$\frac{dS}{dt} = \frac{\dot Q}{T} + \dot S_1 - \dot S_2 + \dot S_{gen} \Rightarrow 0 = \frac{q_{12}}{T_0} + s_1 - s_2 + s_{gen}$

$\Rightarrow s_{gen} = s_2 - s_1 - \frac{q_{12}}{T_0} = c_p \ln\frac{T_2}{T_1} - \frac{R}{M}\ln\frac{p_2}{p_1} - \frac{q_{12}}{T_0}$

$= 1\frac{kJ}{kgK}\ln\frac{373{,}15}{473{,}15} - \frac{8{,}314}{28{,}84}\frac{kJ}{kgK}\cdot\ln\frac{5}{10} - \left(\frac{-100\frac{kJ}{kg}}{293{,}15\,K}\right)$

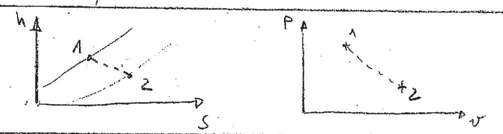
$= -0{,}237\frac{kJ}{kgK} - \left(-0{,}1998\frac{kJ}{kgK}\right) - \left(-0{,}341\frac{kJ}{kgK}\right)$

$= 0{,}304\frac{kJ}{kgK}$ $\boxed{\Sigma=4}$

d) $e_{D,12} = T_0\cdot s_{gen} = 293{,}15\,K\cdot 0{,}304\frac{kJ}{kgK} = 89{,}12\frac{kJ}{kg}$ $\boxed{\Sigma=2}$

e) Nein, sie ist es nicht. $s_2 - s_1$ ist identisch, da durch Stoffwerte vorgegeben, aber $\frac{Q}{T}$ variiert und damit auch s_{gen}. $\boxed{\Sigma=2}$

f)



$\boxed{\Sigma=2}$

g) In einer Turbine (mit einem schlechten η_s)!

$w_{12} = h_2 - h_1 = c_p(T_2 - T_1) = 1\frac{kJ}{kgK}\cdot 100\,K = 100\frac{kJ}{kg}$ $\boxed{\Sigma=3}$

Trockner

a) $t_4 = t_0 + \Delta T = 35\,°C$ $\boxed{\Sigma=1}$

b) Pkt 1: t_1, φ_1

Pkt 2: $x_2 = x_1$; $t_2 = 55\,°C$

Pkt 3: Polkonstruktion mit $t_s = 47\,°C \Rightarrow h = 196{,}46\,\frac{kJ}{kg}$ und $\varphi_3 = 1$

Pkt 4: $x_4 = x_3$; $t_4 = t_1$ $\boxed{\Sigma=5}$

c) Energiebilanz um den Wärmeübertrager 1→2

$\frac{dU}{dt} = 0 = \dot Q + \dot H_1 - \dot H_2 \Rightarrow \dot m_L = \frac{Q_{12}}{h_{1+x,2} - h_{1+x,1}} = \frac{3\,kW}{(152-130)\frac{kJ}{kg}}$

$= 0{,}136\,\frac{kg}{s}$ $\boxed{\Sigma=4}$

d) $\dot m_{W,5} = \dot m_{W,6}$ mit $x = \frac{m_W}{m_L}$

$\Rightarrow \Delta x = \frac{\Delta \dot m_W}{\dot m_L} \Rightarrow \Delta\dot m_W = \Delta x\cdot\dot m_L = (0{,}045 - 0{,}037)\cdot 0{,}136\frac{kg}{s}$

$\Rightarrow \dot m_W = 1{,}088\,\frac{g}{s}$ $\quad 0{,}952\,\frac{g}{s}$ (bei $\Delta x = 0{,}007$) $\boxed{\Sigma=4}$

e) $\dot Q_{34} = \dot H_4 - \dot H_3 = \dot m_L\left(h_{1+x,4} - h_{1+x,3}\right) = 0{,}136\frac{kg}{s}\cdot(131-155)\frac{kJ}{kg}$

$= -3{,}264\,kW$ $\Sigma = 2$

f) $LZ_{WP,max} = \frac{T_{12}+\Delta T}{(T_{12}+\Delta T) - (T_{34}-\Delta T)} = \frac{60\,°C + 273}{(60+273) - (21+273)} = 8{,}5$ $\boxed{\Sigma=3}$

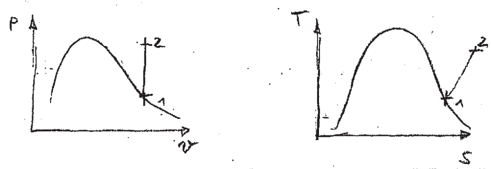
g) $LZ_{WP,max} = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{Q_{12}}{W_{WP,ideal}} \Rightarrow \dot W_{WP,id} = \frac{\dot Q_{12}}{LZ_{WP,max}} = \frac{3\,kW}{8{,}5} =$

$= 0{,}353\,kW$ $\boxed{\Sigma=2}$

h) $W_{WP,real} = 2\cdot 0{,}353\,kW = 0{,}706\,kW$. Das sind 75% weniger, als ohne WP ⇒ deutlich effizienter! $\boxed{\Sigma=2}$

Speicher

a)



$\boxed{\Sigma=4}$

b) $t_2 = 375\,°C$ (aus Diagramm) $\boxed{\Sigma=1}$

c) $\frac{dU}{dt} = \dot W \Rightarrow U_2 - U_1 = \dot W_{12}\,\Delta t_{12} \Rightarrow \Delta t_{12} = \frac{U_2 - U_1}{\dot W_{12}}$

mit $u = h - pv$

$\Rightarrow \Delta t_{12} = \frac{m\left((h_2 - p_2\cdot v_2) - (h_1 - p_1\cdot v_1)\right)}{1000\,W}$

$= m\cdot\frac{\left(3235\frac{kJ}{kg} - 2\cdot10^2\frac{kN}{m^2}\cdot 1{,}5\frac{m^3}{kg}\right) - \left(2680 - 1{,}2\cdot10^2\cdot 1{,}5\right)}{1000\,W}$

$= 100\,kg\,\frac{2935\frac{kJ}{kg} - 2560\frac{kJ}{kg}}{1\frac{kJ}{s}}$

$= 43500\,s \mathrel{\hat=} 12{,}1\,h$

$h_1 = (2683{,}4\frac{kJ}{kg})\; 2680\frac{kJ}{kg}$
$p_1 = 1{,}209\,bar$
$v_1 = (1{,}418\,\frac{m^3}{kg})\; 1{,}5\frac{m^3}{kg}$
$h_2 = (3160\,\frac{kJ}{kg})\; 3235\frac{kJ}{kg}$
$p_2 = 2\,bar$
$v_2 = (1{,}418\,\frac{m^3}{kg})\; 1{,}5\frac{m^3}{kg}$

$\boxed{\Sigma=5}$

d) $W_{nutz,max} = E^{PH}_{Sys,2} = m\cdot e^{PH}_{Sys2} = m\cdot\left[(u_2 - u_0) + p_0(v_2 - v_0) - T_0(s_2 - s_0)\right]$

mit $h_0 = 84\frac{kJ}{kg}$, $p_0 = 1\,bar$, $v_0 = 0{,}0010018\,\frac{m^3}{kg} \Rightarrow u_0 = 83{,}9\,\frac{kJ}{kg}$

$\Rightarrow E^{PH}_{Sys2} = 100\,kg\cdot\left[(2935 - 84{,}1)\frac{kJ}{kg} + 1\cdot10^2\frac{kN}{m^2}\cdot(1{,}5 - 0{,}0010018)\frac{m^3}{kg} - 293\,K\cdot\left(8{,}15\frac{kJ}{kgK} - 0{,}2965\frac{kJ}{kgK}\right)\right]$

$= 100\,kg\cdot\left[2850{,}1 + 149{,}89 - 2302{,}25\right]\frac{kJ}{kg} = 69774\,kJ$ $\boxed{\Sigma=4}$

e) idealer Prozess; isobare Expansion auf t_0; isothermer Wärmetransport Arbeit auf p_0 $\boxed{\Sigma=2}$

f) $\varepsilon = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{E_2 - E_1}{W_{zu}} = \frac{(69774 - 45479)\,kJ}{1\,kW\cdot 43500\,s} = 55{,}8\,\%$ $\boxed{\Sigma=3}$