[redacted]

[redacted]

Aufgabe 1

a) stationärer Fließprozess

Energiebilanz am Reaktor

$$0 = \dot{m}_{ein}\,[h_e - h_a] + \dot{Q}_R + \dot{Q}_{aus}$$

$h_e = h_{ein}$ $\quad$ $h_a = h_{aus}$

$\rightarrow$ TAB - A2

$$h_e = h_f + x\,(h_g - h_f)$$

$$= 292{,}98\ \tfrac{kJ}{kg} + 0{,}005\,(2626{,}8\ \tfrac{kJ}{kg} - 292{,}98\ \tfrac{kJ}{kg})$$

$$= 304{,}65\ \tfrac{kJ}{kg}$$

$$h_a = h_f + x\,(h_g - h_f)$$

$$= 419{,}04\ \tfrac{kJ}{kg} + 0{,}005\,(2676{,}1\ \tfrac{kJ}{kg} - 419{,}04\ \tfrac{kJ}{kg})$$

$$= 432{,}33\ \tfrac{kJ}{kg}$$

$$\Rightarrow -\dot{Q}_{aus} = \dot{m}_{ein}\,[h_e - h_a] + \dot{Q}_R$$

$$\Rightarrow \dot{Q}_{aus} = \dot{m}_{ein}\,[h_a - h_e] - \dot{Q}_R$$

$$\Rightarrow \dot{Q}_{aus} = 0{,}3\ \tfrac{kg}{s}\,[432{,}33\ \tfrac{kJ}{kg} - 304{,}65\ \tfrac{kJ}{kg}] - 100\ kW$$

$$\Rightarrow \dot{Q}_{aus} = -62{,}30\ kW$$

Vorzeichenkonvention: $\underline{\dot{Q}_{aus} = 62{,}30\ kW}$

c) Entropiebilanz, stat. Fließprozess

$$0 = \dot{m}\,[s_e - s_a] + \frac{\dot{Q}_{aus}}{T} + \dot{S}_{erz}$$

$$\dot{S}_{erz} = -\dot{m}\,[s_e - s_a] - \frac{\dot{Q}_{aus}}{T}$$

ideale Flüssigkeit

$$s_a - s_e = c_{fl,m}^{f} \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

Energiebilanz an der (ideal) Flüssigkeit

$$0 = \dot{m}\,[h_2 - h_a] + \dot{Q}_{aus}$$

$$\Rightarrow \dot{m} = -\frac{\dot{Q}_{aus}}{[h_e - h_a]}$$

$$= \frac{\dot{Q}_{aus}}{[h_a - h_e]}$$

$$h_a - h_e = c_{fl,m}^{f}\,(T_2 - T_1)$$

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_{aus}}{c_{fl,m}^{f}\,(T_2 - T_1)}$$

$$\dot{S}_{erz} = -\left(\frac{\dot{Q}_{aus}}{c_{fl,m}^{f}\,(T_2 - T_1)}\right) \cdot c_{fl,m}^{f} \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) - \frac{\dot{Q}_{aus}}{T}$$

$$= -\left(\frac{62{,}32\ \text{kW}}{}\right.$$

[redacted]

[redacted]

c) $\Delta S_{12} = m_2 s_2 - m_1 s_1$

Aufgabe 1

$m_1 = 5755\ kg$

$m_2 = m_1 + \Delta m_{12} = 9355\ kg$

$\Rightarrow$ TAB A.2

$s_1 = s_f + x (s_g - s_f)$

$= 1{,}3069\ \frac{kJ}{kg\,K} + 0{,}005 \cdot (7{,}3549\ \frac{kJ}{kg\,K} - 1{,}3069\ \frac{kJ}{kg\,K})$

$= 1{,}337\ \frac{kJ}{kg\,K}$

$s_2 = s_f + x (s_g - s_f)$

$= 0{,}9549 + 0{,}005 \cdot (7{,}7553 - 0{,}9549)\ \frac{kJ}{kg\,K}$

$= 0{,}989\ \frac{kJ}{kg\,K}$

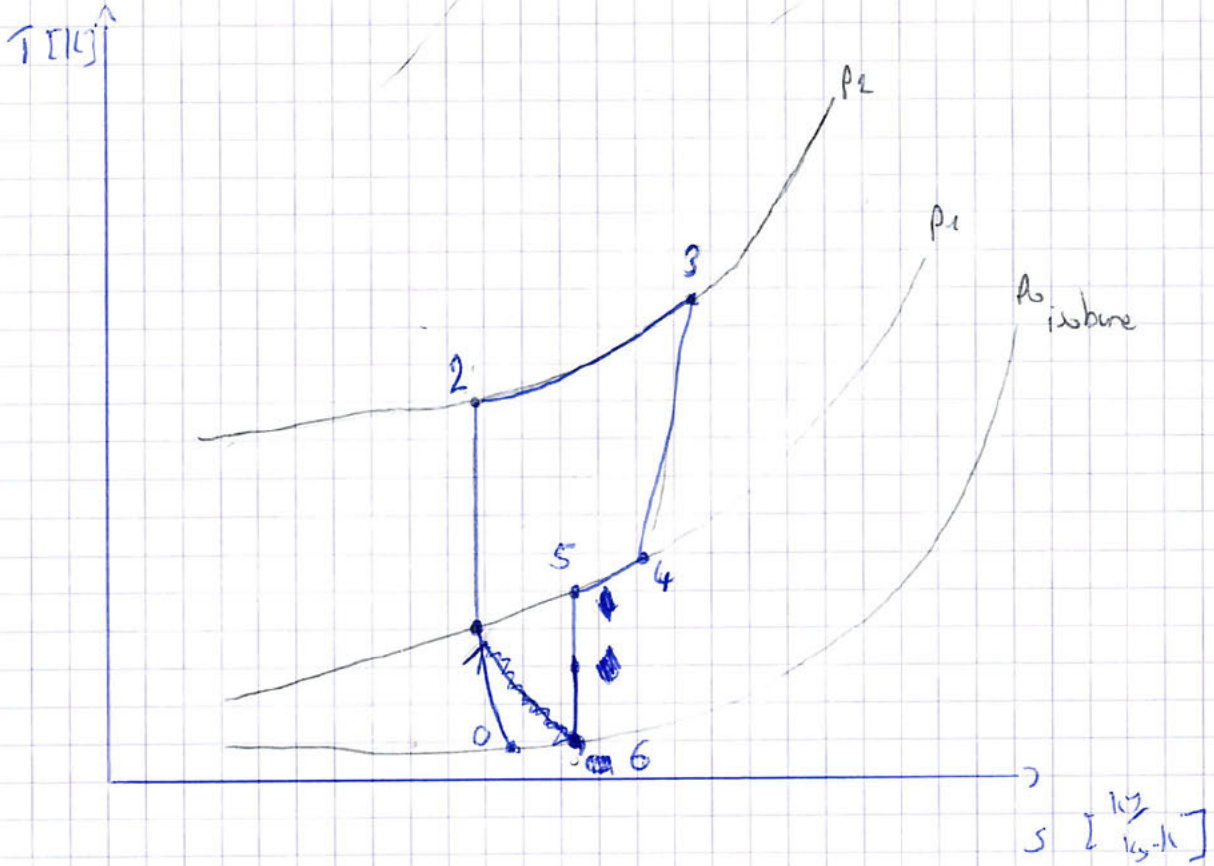
$\Delta S_{12} = 9355\ kg \cdot 0{,}989\ \frac{kJ}{kg\,K} - 5755\ kg \cdot 1{,}337\ \frac{kJ}{kg\,K}$

d) Energiebilanz

$\Delta E = m_2 u_2 - m_1 u_1$

Aufgabe 2

a)



b) Energiebilanz, halboffenes System

$$\Delta E = m_2 u_2 - m_1 u_1$$

c) $$\dot{E}_x = \dot{m} e_{x,u} = m [u - u_0 - T_0 (s - s_0)]$$

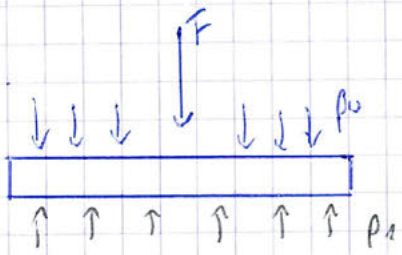
d) $$\dot{E}_{x,vl} = T_0 \cdot \dot{S}_{er2}$$

[redacted]

[redacted]

Aufgabe 3

a)



$$F = (m_K + m_{EW}) \cdot g = (32\,kg + 0{,}11\,kg) \cdot 9{,}81\,\frac{N}{kg}$$

$$= 314{,}9\,N$$

$$F_{atm} = p_0 \cdot A = 10^5\,Pa \cdot \pi \cdot (0{,}05\,m)^2$$

$$= 10^5\,\frac{N}{m^2} \cdot \pi\,(0{,}05\,m)^2$$

$$= 785{,}4\,N$$

Kräftegleichgewicht [redacted] $F_1 = p_1 \cdot A$

$$F + F_{atm} = [redacted]\ F_1$$

$$\Leftrightarrow p_1 = \frac{F + F_{atm}}{A}$$

$$= \frac{314{,}9\,N + 785{,}4\,N}{\pi\,(0{,}05\,m)^2}$$

$$= 1{,}40\ bar$$

ideales Gas:

$$p \cdot V = m \cdot R \cdot T$$

$$\Leftrightarrow m_1 = \frac{p_1 \cdot V_1}{R \cdot T_1}$$

$$R = \frac{\bar{R}}{M}$$

$$= \frac{8{,}314\,\frac{J}{mol \cdot K}}{50\,\frac{g}{mol}}$$

$$= 0{,}166\ [redacted]\ \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

$\Rightarrow m_1 = \frac{1,4 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 3,14 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{0,166 \frac{\text{g}}{\text{g} \cdot \text{K}} \cdot 773,15 \text{ K}}$

$= 3,43 \text{ g}$

$= 3,43 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$

$V_1 = 3,14 \text{ L}$

$= 3,14 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

$T_1 = 500 °\text{C}$

$= 773,15 \text{ K}$

b)

$\Delta_1 U^{Gy} = c_v^{Gy} (T_2 - T_1)$

$E_{kin} = E_{Ew}$

c) $\Delta E = \Delta U$

$\Delta E =$

[redacted]

[redacted]

Aufgabe 3

d) $x_{\text{Eis}2}$

$$|Q_{12}| = \Delta E$$
$$= E_2 - E_1$$
$$= m_2 \cdot u_2 - m_1 \cdot u_1$$

$$u_1 = u_{Fest} + x \cdot (u_{Flüssig} - u_{Fest})$$
$$= -333{,}442 \cdot 0{,}6 \cdot (-0{,}033 - (-333{,}442))$$
$$= -133{,}397 \ \text{kJ/kg}$$

$$Q_{12} = m_2 \cdot u_2 - m_1 u_1$$

$$\Leftrightarrow \quad m_2 \cdot u_2 = Q_{12} + m_1 u_1$$

$$\Leftrightarrow \quad u_2 = \frac{Q_{12} + m_1 u_1}{m_2}$$

$$\Leftrightarrow \quad u_{Fest_2} + x_2 (u_{Flüssig_2} - u_{Fest_2}) = \frac{Q_{12} + m_1 u_1}{m_2}$$

$$\Leftrightarrow \quad x_2 = \frac{Q_{12} + m_1 u_1}{m_2 (u_{Flüssig_2} - u_{Fest_2})} - \frac{-u_{Fest_2}}{u_{Flüssig_2} - u_{Fest_2}}$$

$$= \frac{-15{,}33\,\text{J} + 0{,}1\,\text{kg} \cdot (-133{,}410\ \text{kJ/kg})}{0{,}1\,\text{kg} \cdot (333{,}409\ \text{kJ/kg})} - \frac{-333{,}442\ \text{kJ/kg}}{333{,}409\ \text{kJ/kg}}$$

$$= 0{,}555$$

$$u_{Flüssig_2} - u_{Fest_2} = -0{,}033 + 333{,}442 \ \text{kJ/kg}$$
$$= 333{,}409 \ \text{kJ/kg}$$

$$u_1 = u_{Fest} + x_1 (u_{Flüssig} - u_{Fest})$$

$$= -333{,}458 + 0{,}6 \left(-0{,}045 - (-333{,}458)\right) \frac{kJ}{kg}$$

$$= -133{,}410 \frac{kJ}{kg}$$

[redacted]

[redacted]

Aufgabe 4

a)