Aufgabe 1

[redacted]

a)

$$h_e - h_a = \int_{T_1}^{T_2} c_{if}\, dt$$

Zustand

$$\dot{Q}_R = \dot{Q}_{aus} = \underline{\underline{100\,kW}}$$

Energiebilanz

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

$$s_a - s_e = \int_{T_1}^{T_2} \frac{c_{if}(T)}{T}\, dt$$

b)

$$\overline{T}_{KF} = \frac{\int_{ein}^{aus} T\, ds}{s_{aus} - s_{ein}}$$

c) Entropiebilanz:

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

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

d)

Energiebilanz:

~~$0 = \dot{m}[h_e - h_a] \pm \dot{Q} - \dot{W}$~~

Halboffenes System

$$m_2 \cdot u_2 - m_1 \cdot u_1 = (\text{~~$m_e - m_a$~~}) \, m_{ein} \cdot h_{ein} + \dot{Q} - \dot{W}$$

e) Entropiebilanz

Halboffen

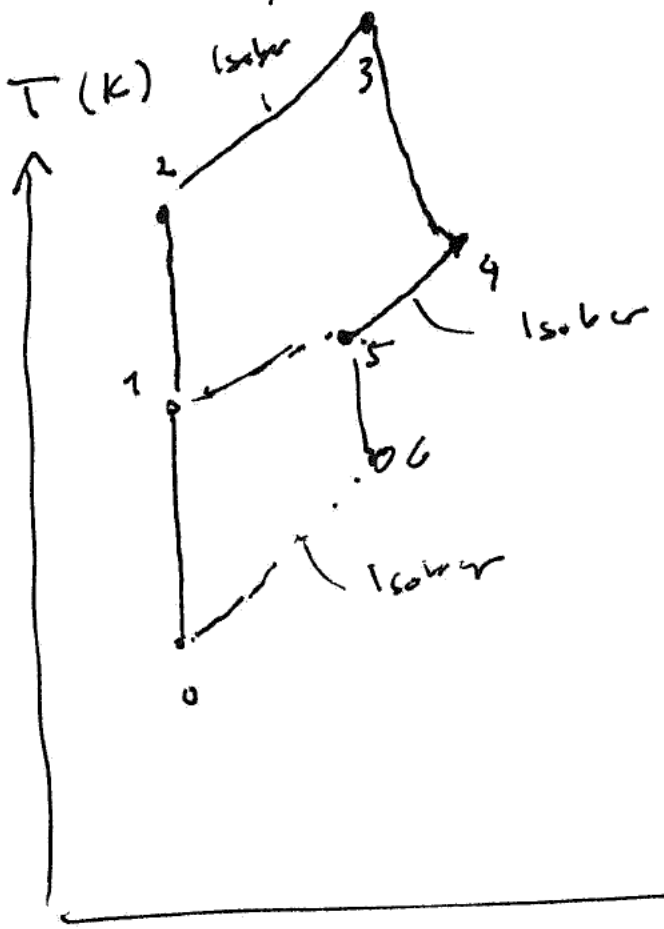
$$\Delta S = m_2 \cdot s_2 - m_1 \cdot s_1 = \sum_i \Delta m_i \cdot s_i + \sum \frac{Q}{T} + S_{erz}$$

Aufgabe 2

[redacted]

a)

	p	T
Zustand 0	0,1131 bar	30 °C
1		
2	p_2	
3	$p_{=2}$	
4	0,5 bar	
5	0,5 bar	431,13 K
6	0,1131 bar	



$s\left(\frac{J}{kg \cdot K}\right)$

b) Aufgabe 2

$Q = 0$ [redacted]

$$0 = \dot{m}\left[h_e - h_a + \frac{(w_e^2 - w_a^2)}{2}\right] + \dot{W}$$

$h_5(0{,}5\,\text{bar}, 431{,}3\,\text{K})$

$\kappa = 1{,}4$

$$\frac{T_6}{T_5} = \left(\frac{p_6}{p_5}\right)^{\frac{1{,}4-1}{1{,}4}} \rightarrow T_6 = T_5\left(\frac{p_6}{p_5}\right)^{\frac{0{,}4}{1{,}4}}$$

$$= 431{,}3\,\text{K}\left(\frac{0{,}431}{0{,}5}\right)^{\frac{0{,}4}{1{,}4}} = 294{,}6\,\text{K}$$

$c_p = 1{,}006\,\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$

$$h_5 - h_6 = \int_{T_6}^{T_5} c_p\,dT = (T_5 - T_6)\,c_p$$

$$= 1{,}006\,\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}\,(431{,}3\,\text{K} - 294{,}6\,\text{K}) = 138{,}2\,\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$0 = \dot{m}\left[138{,}2\,\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + \frac{(220\,\frac{\text{m}}{\text{s}})^2 - w^2}{2}\right]$$

c) Exergiebalans

$$\dot{E}_{x,str} = \dot{m}\, ex_{str} \left[h - h_0 - T_0 (s - s_0) + ke \right]$$

d) $\dot{E}_{x,verl} = T_0 \dot{S}_{erz}$

Entropiebalans

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

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

$$E_{x,verl} = T_0 \left[\dot{m} [s_a - s_e] - \frac{\dot{Q}}{T} \right]$$

Aufgabe 3

[redacted]

b)

Zustand	T	V
1	500°C	3,14 l
2		

a)

$$p_{tot} = \frac{m_{Kolben}}{A} + \frac{m_{Gewicht}}{A} + p_{amb}$$

$$A = (0{,}05\,m)^2 \cdot \pi = 0{,}007\,85\,m^2$$

$$p_{21} = \frac{32\,kg \cdot 9{,}81\,\frac{m}{s^2}}{A} + \frac{0{,}1\,kg \cdot 9{,}81\,\frac{m}{s^2}}{A} + 100\,000\,Pa$$

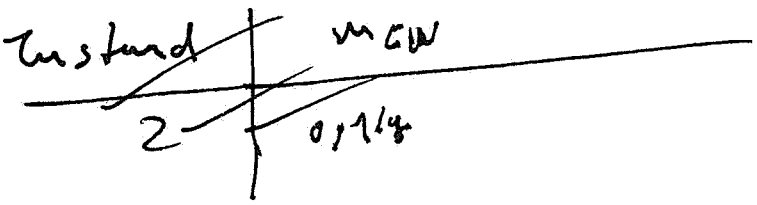
$$= 140\,000\,Pa$$

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

$$m = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} \qquad R = \frac{\overline{R}}{M} = \frac{8{,}314\,\frac{J}{kmol \cdot K}}{50\,\frac{kg}{kmol}} = 166{,}28\,\frac{J}{kg \cdot K}$$

$$= \frac{140\,000\,Pa \cdot 0{,}007\,14\,m^3}{166{,}28\,\frac{J}{kg \cdot K} \cdot (500°C + 273{,}15)\,K} = 0{,}003\,42\,kg$$

b)



$m_{GW} = 0{,}1\,kg$

$Q \stackrel{!}{=} 0$

Energiebilanz:

$$\frac{dE}{dt} = \sum \dot{Q} - \sum \dot{W}$$

$c_V = 0{,}633 \frac{kJ}{kg \cdot K}$

Eis schmilzt bei $0°C$ $\quad x_{Eis} > 0$

$\rightarrow T_{EW2} = 0°C$ Da nicht alles Eis geschmolzen ist, muss die Temperatur oben (und somit auch unten) $0°C$ sein

$\rightarrow \underline{T_{g2} \stackrel{!}{=} 0°C}$

~~Isentrope Zustandsänderung:~~

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} \rightarrow \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{n}{n-1}} = \frac{p_2}{p_1}$$

$c_p = R + c_V = 166{,}129 \frac{J}{kg \cdot K} + 0{,}633 \frac{kJ}{kg \cdot K} = 799{,}129 \frac{J}{kg \cdot K}$

$n = k = \frac{c_p}{c_V} = 4{,}81$

$$\rightarrow p_1 = p_2 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{n}{n-1}} = 1{,}5\,bar \left(\frac{277{,}15\,K}{500 + 277{,}15\,K}\right)^{\frac{4{,}81}{3{,}81}}$$

$$= \underline{0{,}403\,bar}$$

c)

$\Delta T = 500°C - 0°C = \underline{500\,K}$

Probe Aufgabe 3

[redacted]

Ideales Gas:

$$u^{id}(T_2) - u^{id}(T_1) = \int_{T_1}^{T_2} c_v^{id}(T)\, dT$$

$$= (T_2 - T_1)\, c_v^{id}(T)$$

$$= 500\,K \cdot 0{,}633 \frac{kJ}{kg \cdot K} = 316{,}5 \frac{kJ}{kg} = q$$

$$Q_{12} = q \cdot m = 316{,}5 \frac{kJ}{kg} \cdot 0{,}0036\,kg = \underline{\underline{1{,}14\,kJ}}$$

d)

$$\phi = \phi_f + x(\phi_g - \phi_f)$$

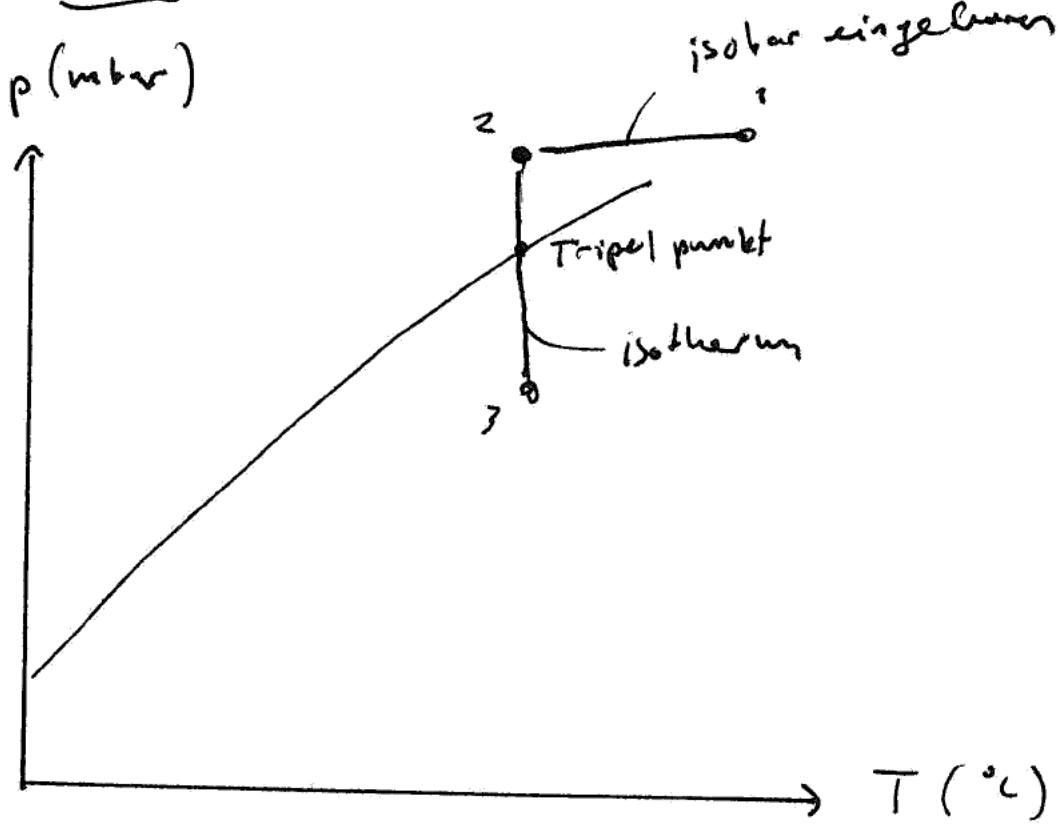
$$x = \frac{u - u_{fest}}{u_{flüssig} - u_{fest}}$$

$T = 0°C$ ~~Druck~~ $m = 0{,}1\,kg$

Geschlossenes System:

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} \rightarrow Q_{12} = \dot{Q}$$

Aufgabe 4



[redacted]

b) Kühlkreislauf

Zustand	p	
1	p1	
2	p1 -16°C	
3	8 bar	
4	8 bar	

h_4 → $\dot{Q}_k$

$x_2 = 1$

$x_4 = 0$ h_4

$T_i = -10°C$ (aus Diagramm)

Aufgabe 4

b)

TAB A11

$h_4(6\,bar;\ x_4 = 0) = 93{,}42\ \frac{kJ}{kg} = h_1$

$h_2(-16°C;\ x_2 = 1) = 240{,}15\ \frac{kJ}{kg}$

$T_1 = -10°C - 6°C = -16°C$

Stationärer Fließprozess

$$0 = \dot{m}\,[h_e - h_a] + \dot{Q} - \dot{W}$$

$$0 = \dot{m}\,[h_1 - h_2]$$

c)

$$x = \frac{h - h_f}{h_g - h_f}$$

$x(1)$

d) $\varepsilon_k = \frac{|\dot{Q}_{zu}|}{|\dot{W}_t|} = \frac{|\dot{Q}_{zu}|}{|\dot{Q}_{ab}| - |\dot{Q}_{zu}|}$

d) Die Luft würde von Gas zu Feststoff werden und es bildet sich Eis