[redacted]

Aufgabe 1

a) Stationärer Fliessprozess um Masse im Reaktor:

$0 = \dot{m}(h_{ein} - h_{aus}) - \dot{Q}_{aus} + \dot{Q}_R$

$\Rightarrow \dot{Q}_{aus} = \dot{m}(h_{ein} - h_{aus}) + \dot{Q}_R$

$h_{ein}(70°C) = h_f(70°C) + x \cdot (h_g(70°C) - h_f(70°C))$

Mit Tabelle A-2:

$= 292{,}98 + 0{,}005(2626{,}8 - 292{,}98)$

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

$h_{aus}(100°C) = h_f(100°C) + x \cdot (h_g(100°C) - h_f(100°C))$

Mit Tabelle A-2:

$= 419{,}04 + 0{,}005(2676{,}1 - 419{,}04)$

$= 430{,}33 \frac{kJ}{kg}$

$\dot{Q}_{aus} = 0{,}3 \frac{kg}{s}\left(304{,}65 \frac{kJ}{kg} - 430{,}33 \frac{kJ}{kg}\right) + 100\ kW$

$=$

b) mit $\dot{Q}_{aus} = 65 kW$

Entropiebilanz um Kühl~~was~~flüssigkeit:

$0 = \dot{m}(s_{ein} - s_{aus}) + \sum \frac{\dot{Q}}{T} + \dot{S}_{erz}$

$\frac{\int_e^{a} T\, ds}{s_a - s_e} = \bar{T}$

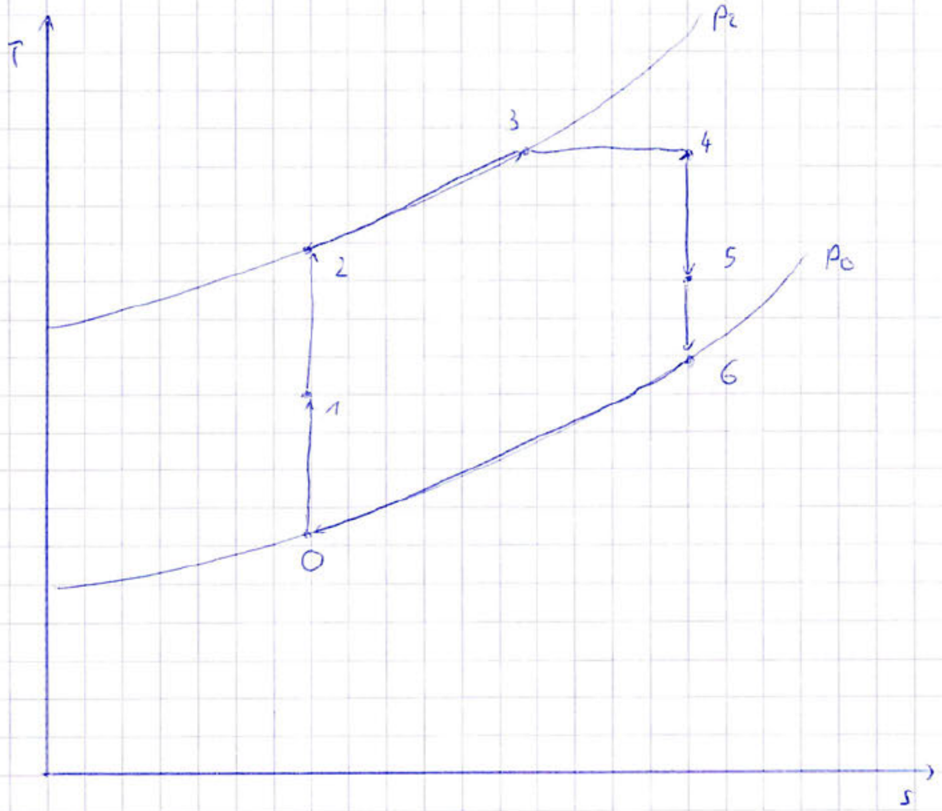
c) $0 = \dot{m}\left[s_{ein} - s_{aus}\right] + \frac{-\dot{Q}_{aus}}{\bar{T}} + \frac{\dot{Q}_R}{\bar{T}} + \dot{S}_{erz}$

d)

[redacted]

Aufgabe 2

a)



b) reversibel adiabate Schubdüse → ~~iso~~ isentrop mit $n = 1,4$

$$\frac{T_6}{T_5} = \left(\frac{p_6}{p_5}\right)^{\frac{n-1}{n}} \Rightarrow T_6 = T_5 \left(\frac{p_6}{p_5}\right)^{\frac{n-1}{n}}$$

$$\Rightarrow T_6 = 431,9 \left(\frac{0,191}{0,5}\right)^{\frac{1,4-1}{1,4}}$$

$$= \cancel{328,01\,K}$$

$$= 328,07\,K$$

stationärer Fliessprocess um Schubdüse:

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

$$\Rightarrow 0 = h_5 - h_6 + \frac{w_5^2 - w_6^2}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{w_6^2 - w_5^2}{2} = c_p\,(T_5 - T_6)$$

$$\Rightarrow w_6 = \sqrt{2c_p\,(T_5 - T_6) + w_5^2}$$

$$= \sqrt{2 \cdot 1,006\,\frac{kJ}{kgK}\,(431,9 - 328,07)\,K + 220\,\frac{m^2}{s^2}}$$

$$= 507,25\,\frac{m}{s}$$

c) $e_{xstr} = h - h_0 - T_0(s - s_0) + \cancel{\ldots}\ ke + pe]$

$$\Delta e_{xstr} = h_6 - h_0 - T_0(s_6 - s_0) + \left(\frac{w_6^2}{2} - \frac{w_0^2}{2}\right)$$
$$= c_p(T_6 - T_0) - T_0 \cdot \left(c_p \cdot \ln\frac{T_6}{T_0} - R \underbrace{\ln\frac{p_6}{p_0}}_{=0}\right) + \frac{w_6^2}{2} - \frac{w_0^2}{2}$$

$$= 108\,745\ \frac{J}{kg}$$
$$= 108{,}745\ \frac{kJ}{kg}$$

d) Stationärer Fliessprozess um ganze Turbine:

$$0 = -\Delta\dot{E}_{xstr} + \sum_j \dot{E}_{xQ,j} - \sum \dot{W}_{in} - \dot{E}_{xverl} \quad | : \dot{m}$$

$$\Rightarrow e_{xverl} = -\Delta e_{xstr} + e_{xQ} - 0$$

Exergie des Wärmestroms q_B:

$$\dot{E}_{x,Q} = \left(\left(1 - \frac{T_0}{\bar{T}}\right)\dot{Q}\right), \quad \dot{Q}_B = q_B \cdot \dot{m}_K$$

$$\Rightarrow \dot{m}\, e_{xQ} = \left(1 - \frac{T_0}{\bar{T}}\right) \cdot q_B \cdot \dot{m}_K$$
$$\Rightarrow e_{xQ} = \left(1 - \frac{-30+273{,}15\,K}{1289\,K}\right) \cdot 1195\frac{kJ}{kg}$$
$$= \cancel{99}\ 969{,}58\ \frac{kJ}{kg}$$

$$\Rightarrow e_{xverl} = -108{,}745 + 969{,}58$$
$$= 860{,}835\ \frac{kJ}{kg}$$

[redacted]

Aufgabe 3

a) $p_{1g} = p_{amb} + p_{EW} + p_K$

$p_{amb} = 1\,bar = 10^5\,Pa$

~~$p_{EW} =$~~

Fläche der Membran und des Kolben.

$$A = 2\pi r^2 = 2 \cdot \pi \cdot 0{,}05^2$$

$$= 0{,}0157\,m^2$$

$$p_{EW} = \frac{F}{A} = \frac{0{,}1 \cdot 9{,}81}{0{,}0157} = 62{,}48\,Pa$$

$$p_K = \frac{F}{A} = \frac{32 \cdot 9{,}81}{0{,}0157} = 19994{,}90\,Pa$$

$$p_{1g} = 10^5\,Pa + 62{,}48\,Pa + 19994{,}9\,Pa$$

$$= 120057{,}38\,Pa$$

$$(\approx 1{,}2\,bar)$$

perfektes Gas: $pV = mRT \Rightarrow m = \frac{pV}{RT}$

$$R = \frac{\bar{R}}{M} = \frac{8{,}314}{50} = 0{,}16628$$

$$m = \frac{\cancel{0{,}16628} \cdot 0{,}00314\,m^3 \cdot 120057{,}38\,Pa}{0{,}16628\,\frac{kJ}{kg\,K} \cdot (500 + 273{,}15)\,K}$$

$$= \cancel{20{,}13\,g}$$

$$= 2{,}93\,g$$

b) p_{1g}

c) Innere Energie des Gases:

$$\Delta U = m u_2 - m u_1$$

$$= m(u_2 - u_1)$$

$$= m \cdot c_v (T_2 - T_1)$$

$$= 0{,}00293\,kg \cdot 0{,}633 \frac{kJ}{kgK} \cdot (0{,}003 + 273{,}15 - (500 + 273{,}15\,K))$$

$$= -0{,}927\ J$$

$$W_{v1,2} = m \int_1^2 p\,dv$$

$$n = c_p/c_v = \frac{R + c_v}{c_v}$$

$$\cancel{= \frac{c_p}{R + c_p}} = 1{,}263$$

$$W_{v1,2} = m \int_1^2 \frac{R(T_2 - T_1)}{1 - n}$$

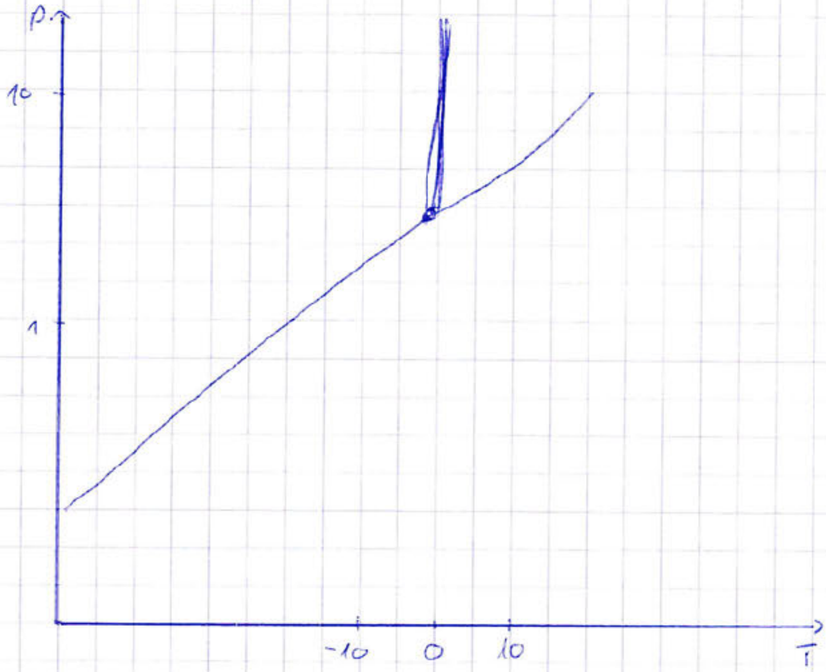
$$=$$

$$= 0{,}926\ J$$

[redacted]

Aufgabe 4

a)



b) Fliess prozess um Verdichter:

$\dot{m}(h_1 - h_3) - W_K = 0$

$\Rightarrow \dot{m} = \frac{W_K}{h_1 - h_3}$

isenthalpe Drossel: $h_4 = h_1$

$p_3 = p_4$

$\Rightarrow h_1 = h_4 = h_f(8\,bar)$

$= 93,42 \frac{kJ}{kg}$ (Tabelle A-11)

c) $\dot{m}(h_4 - h_1) = 0$

$\Rightarrow h_4 = h_1$

$\Rightarrow h_1 = 93{,}42 \ \frac{kJ}{kg}$ mit Tabelle A-11

$T_4 = T_1$