

a)  $\dot{Q}_{\text{aus}}$ ?

Energiebilanz  $\rightarrow$  siedende Flüssigkeit

$$\dot{m}(h_1 - h_2) + 100 \text{ kW} - \dot{Q}_{\text{aus}} = 0 \text{ (stationär)}$$

$\hookrightarrow h_1$  bei  $70^\circ\text{C}$  } Es ist eine ideale Flüssigkeit  
 $h_2$  bei  $100^\circ\text{C}$  } d.h. es hängt nicht vom Druck ab.

$$h_1(70^\circ\text{C}) = 292.98 \quad h_2(100^\circ\text{C}) = 419.09$$

$$\dot{Q}_{\text{aus}} = 0.3 \left( \frac{\text{kg}}{\text{s}} \right) \left( 292.98 - 419.09 \right) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 100 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = \dot{Q}_{\text{aus}}$$

$$- 37.82 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} + 100 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 62.182 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = \underline{\underline{62.182 \text{ kW}}}$$

$\dot{Q}_{\text{aus}}$  ist abgefeuert

$$b) \bar{T}_{\text{kr}} = \frac{\int_{s_1}^{s_2} T ds}{S_2 - S_1} = \frac{s(298.15 - 288.15) \text{ K}}{S_2 - S_1} =$$

$$\frac{s \cdot 10 \text{ K}}{S_{\text{aus}} - S_{\text{ein}}} =$$

c)  $\dot{S}_{\text{erg.}}$

Entropiebilanz

adiabat  $\Rightarrow 0$

$$\frac{dS}{dt} = \dot{m} \cdot s_i + \sum \underbrace{\frac{Q_j}{T_j}}_{0} + \dot{S}_{\text{erg.}}$$

Weiter

1c)

$$\dot{Q} = \dot{m} (s_1 - s_2) + \dot{s}_{enz}$$

$$\dot{s}_{enz} = \dots \quad \text{S}_2, S_1 \text{ sind als ziedende Flüssigkeiten vorhanden.}$$

$$S_2(100^\circ\text{C}) = 1.3069$$

$$S_1(70^\circ\text{C}) = 0.9549$$

$$\dot{s}_{enz} = 0.3 \text{ kg/s} \left( 1.3069 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} - 0.9549 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right) =$$

$$= \left[ 0.1056 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{s}} \right] = \left[ 105.6 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{s}} \right]$$

1d)

$\Delta m_{12}$ -? Energiebilanz für ein halboffenes System

$$\Delta E = \cancel{m_2 \dot{Q}_{ext}} \Delta m_{12} (h_2 - h_1) + \sum Q_j - \sum W_n$$

$$h_2 = (70^\circ\text{C}) \Rightarrow 292.98 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \xrightarrow{300} 35 \text{ MJ}$$

$$h_1 (100^\circ\text{C}) = \cancel{334.16} \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \rightarrow ?$$

1e)  $\Delta S_{12}$ -?

$$\Delta S = \Delta m_{12} (S_2 - S_1)$$

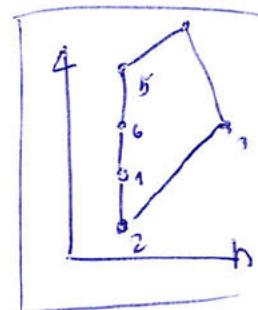
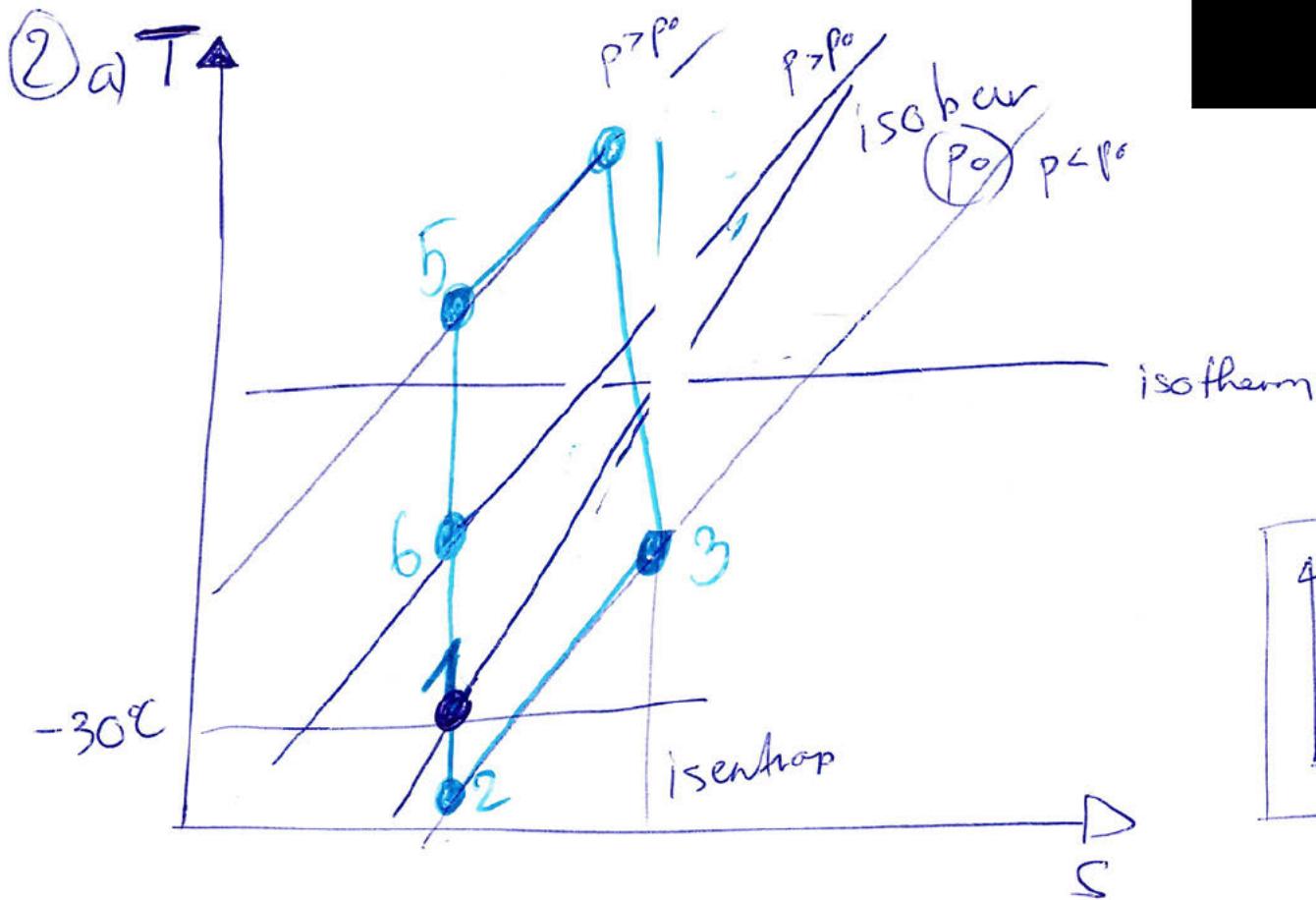
$$\Delta S = 1267.2 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

$$\Delta m_{12} = 3600 \text{ kg}$$

$$S_2^{(70^\circ\text{C})} = 0.9549$$

$$S_1^{(100^\circ\text{C})} = 1.3069$$

$$\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$



- (1-2) isentrop  $s - \text{constant}$   $p \nabla$
- (2-3) isobar  $p - \text{constant}$   $T \nabla$
- (3-4) nicht isentrop  $T \nabla$
- (4-5) isobar  $p - \text{constant}$
- (5-6) isentrop  $s - \text{constant}$

2b)

$$\omega_6 = ? \quad T_6 = ?$$

$$\frac{T_6}{T_5} = \left( \frac{P_6}{P_5} \right)^{\frac{0.4}{1.4}}$$

$$P_5 = 0.5 \text{ bar}$$

$$T_5 = 431.9 \text{ K}$$

$$P_6 = P_0 = 0.191 \text{ bar}$$

$$\Delta T_6 = T_5 \left( \frac{0.191}{0.5} \right)^{\frac{0.4}{1.4}} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 0.286$$

$T_6 = 328 \text{ K (327.99 K)}$

~~$$\omega_6 = - \left( \int_5^6 v dp + \Delta h_e \right)$$~~

Stationär  $\Rightarrow$  Energiebilanz (Schubdüse)

$$0 = \dot{m} \left( h_e - h_a + \frac{(w_5^2 - w_6^2)}{2} \right) = 0$$

$$\sqrt{2(h_5 - h_6)} + w_5^2 = w_6^2$$

$\hookrightarrow 200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

~~$$h_5 (431.9 \text{ K})$$~~

$$h_5 - h_6 = c_p (T_2 - T_1) =$$

$$1.006$$

2c)

$$m \left( h_0 - h_c - T_0 (s_0 - s_c) + D \dot{h}_e \right) = - D \dot{E}_{x, \text{str}}$$

2d)

$$e_{x, \text{val}} = T_o \cdot \dot{S}_{\text{eq}}$$

### Aufgabe 3

a)  $P_{\text{gas}} = ?$

$C_v = 0.633 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$

$M_g = 50 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$

$T = 500^\circ\text{C} = 773 \text{ K}$

$V = 3.14 \text{ L} = 3.14 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

$PV = mRT$  1) Find p

unknown 2) use  $m = \frac{PV}{RT}$  to find m

$$P_{\text{gas}} = ? \quad 1 \text{ bar} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \cdot \text{m}^2}$$

$$P = P_{\text{amb}} + \frac{32 \text{ kg} \cdot \text{g}}{A_0} = 1 \text{ bar} + \frac{32 (\text{kg} \cdot \text{m}) \cdot 9.81}{\text{s}^2 \cdot A_0 (\text{m}^2)}$$

$$A_0 = \pi r^2 = \pi \left(\frac{10}{2}\right)^2 = \frac{100\pi}{4} = 25\pi \text{ cm}^2$$

$$25\pi \text{ cm}^2 = \\ = 25\pi \cdot 0.01^2 \text{ m}^2$$

~~$P = 1 \text{ bar} + \frac{32 \text{ kg} \cdot \text{m}}{25\pi \text{ cm}^2 \cdot 2.8}$~~

~~$P = 1 \text{ bar} + 4074.5 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}^2}$~~

~~$P = 1 \text{ bar} + \frac{32 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot 25\pi \cdot 0.01^2 \text{ m}^2}{\text{s}^2} =$~~ 

$$= 1 \text{ bar} + 0.25 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^3}{\text{s}} \quad \left( \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = N \right)$$

$$P = 1 \text{ bar} + \frac{32 \cdot 9.81}{25\pi \cdot 10^{-4}} \left( \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \cdot \text{m}^2} \right) = \frac{N}{\text{m}^2}$$

$$1 \text{ bar} + 39971 \left( \frac{N}{\text{m}^2} \right) = 1 \text{ bar} + 0.3997 \text{ bar} = \\ = 1.3997 \text{ bar}$$

m - ?

$$m = \frac{1.3997 \text{ (bar)} \cdot 3.14 \cdot 10^{-3} \text{ (m}^3\text{)}}{R \cdot 773 \text{ (K)}}$$

$$R = \frac{8.314 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}}}{50 \frac{\text{kg}}{\text{knot}}} = 0.1663 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$m = \frac{1.3997 \cdot 10^5 \text{ (kg)} \cdot \text{m} \cdot 3.14 \cdot 10^{-3} \text{ (m}^3\text{)} \cdot \text{kg) (K)}}{(\text{m}^2) \cdot (\text{s}^2) \cdot 0.1663 \text{ (kJ)} \cdot 773 \text{ (K)}} =$$

$$\boxed{\text{kJ} = \frac{10^3 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}} \Rightarrow m = 3.42 \cdot 10^{-3} \left( \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{kJ} \cdot \text{K} \cdot \text{s}^2}{\text{m}^2 \cdot \text{s}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}} \right)$$

$$m = 3.42 \cdot 10^{-3} \text{ kJ} = \underline{\underline{3.42 \text{ g}}}$$

3b)  $x_{\text{Eis},2} > 0$   $T_{g,2} - ?$   $p_{g,2} - ?$

R, m  $\Rightarrow$  constant V ist kleiner

~~$p_{g,2}$~~   $\therefore$  ~~v~~ nicht vom Volumen abhängt, sondern nur von  $m_k$

$\hookrightarrow T_1 = \frac{pV}{mR}$  T ist kleiner

Polytropes Temperaturverhältnis

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

$$C_p = R + C_v = \\ 0.1663 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} + 0.633 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \\ = 0.7993 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

3b) weiter

$$k = \frac{c_p}{c_v} = \frac{0.7993}{0.633} = \underline{\underline{1.263}}$$

V wird kleiner, P wird größer,  
and da Gas auch Närme verliert ist  
T kleiner.

$$T_2 = 773 \text{ K} \left( \frac{P_2}{1.5} \right)^{\frac{0.26}{1.26}}$$

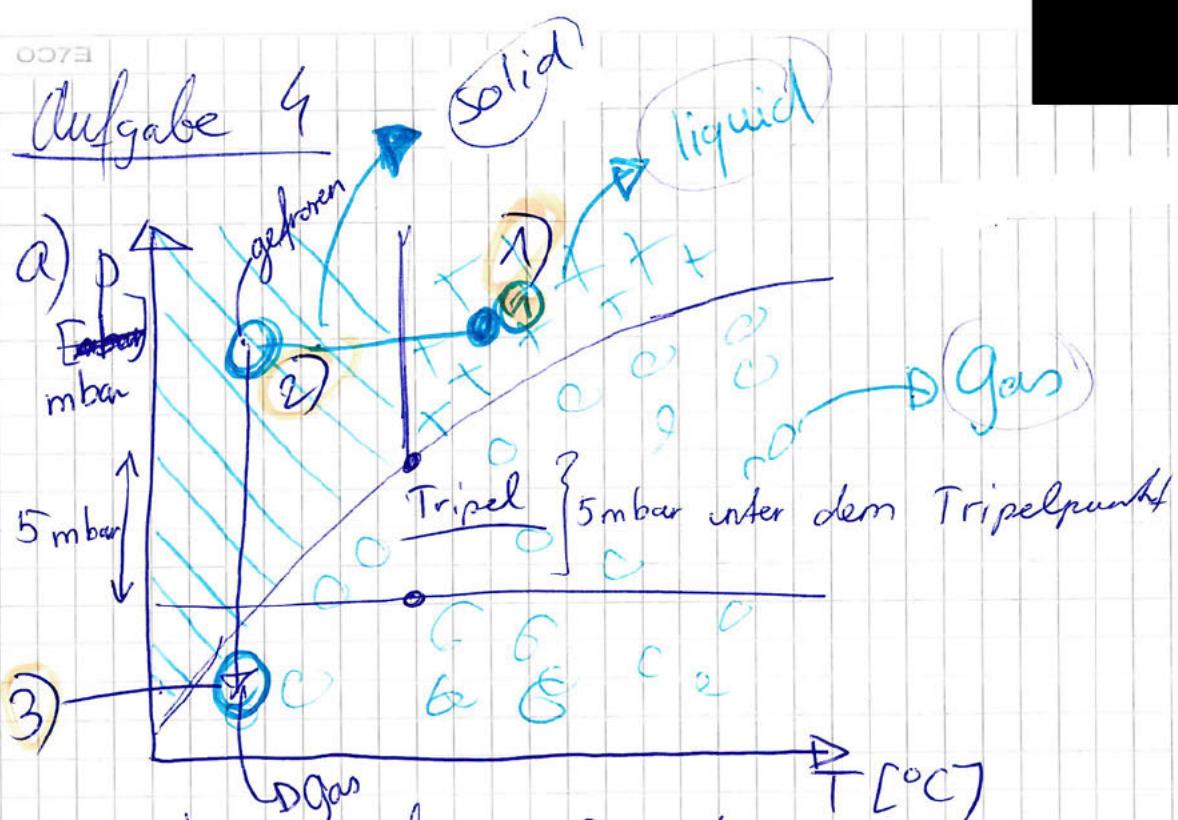
---

~~3c)~~  $Q_{12} - ?$   $T_{g,2} = 0.003^\circ\text{C}$

$$\underline{\underline{Q_{12} = m_{(gm)} c \cdot \Delta T}}$$

$$Q_{12} = \Delta h_{12} = c_p \cdot (T_2 - T_1) = 0.7993 \left( \cancel{773 \text{ K}} - 0.003 \right)$$
$$= 0.7993 \left( \cancel{500^\circ\text{C}} 0.003 - 500 \right) = \underline{\underline{-389.65 \text{ kJ}}}$$

3d)  $x_{eis,2} - ?$

Aufgabe 4

- 1) isobar gefroren.  $P_{\text{constant}}$   
 $T$  geht runter  $\Rightarrow$  Zustand = solid
- 2) isotherm sublimiert.  $P$  geht runter  
 $T$  ist konstant  $\Rightarrow$  Zustand = Gas

b)  $\dot{m}_{R134a}$  - ?

Zustand (2-3): isentrop, weil es reversibel & adiabat ist.

$$\dot{m}_{R134a} (h_e - h_a) + \sum_j \dot{Q}_j - \sum_i \dot{W}_{i,m} = 0 \quad \begin{array}{l} \text{Der Prozess} \\ \text{ist statisch} \end{array}$$

Energiebilanz bei der Drossel (isenthalp.)

$$\dot{m}(0) = 0 \neq$$

Energiebilanz beim Verdichten

$$\dot{m}(h_2 - h_3) = 28 \text{ W}$$

$$\dot{m}(h_2 - h_3) = 28 \text{ W} \Rightarrow \dot{m} = \frac{28 \text{ W}}{h_2 - h_3}$$

$x_2 = 1 \Rightarrow$  vollständig Dampf (saturiert)

Was ist  $T_i$ ?

5 mbar unter Tripel... und 10 K über Sublim.

$\hookrightarrow p = 1 \text{ mbar}$  und  $T_i = -10^\circ\text{C} = 263 \text{ K}$

$\hookrightarrow T_{\text{Verdampfer}} = 257 \text{ K}$

$h_2 = h_{2,g}$   $h_3 = h_{3,f}$  (vollständig komprimiert).  
bei 8 bar.

$$h_{3,f} = h_3 = 93.42 \text{ (A. II)}$$

WZS

Die Entropie von 2-3 bleibt gleich  $\Rightarrow S_2 = S_3$

$$S_3 = S_{3,f} = 0.3459$$

bei  $x_2 = 1 \Rightarrow S_{3,f} = S_{2,g} = S_2 = 0.3459 \Rightarrow$   
 $p_2 = ?$

4c)

$$x_1 = ?$$

$$\dot{m}_{\text{R134a}} = \dot{m} \frac{h_1}{h}$$

$$T_2 = -22^\circ\text{C}$$

$x_1 = 0 \Rightarrow$  vollständig fluid.

$$x_1 = \underbrace{\frac{s_1 - s_{1,f}}{s_{1,g} - s_{1,f}}}_{}$$

Die Drossel ist adiabat mit  $p = \text{Außendruck}$   
Entropiebilanz (q-1)

$$\dot{m} (s_1 - s_1) + \underbrace{\sum \frac{\bar{Q}_j'}{T_j}}_{\text{adiabat}} + \dot{S}_{\text{erg}}$$

$$\text{4d)} E_k = \frac{|\dot{Q}_{zu}|}{|W_K|}$$

2) Die Temperatur würde sinken.