

Lösungen zu den Übungsaufgaben thermische Verfahrenstechnik

Aufgabe 1

Weg A: $\int dp = n \cdot R \cdot T_1 \cdot \left(\frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1} \right)$

Weg B: $\int dp = \frac{n \cdot R}{V_2} \cdot (T_2 - T_1)$

Weg C: $\int dp = n \cdot R \cdot T_2 \cdot \left(\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2} \right)$

Weg D: $\int dp = \frac{n \cdot R}{V_1} \cdot (T_1 - T_2)$

$\rightarrow \oint dp = 0$

Aufgabe 2

A) $\Delta q_{01} = 200 \text{ kJ/kg}; \quad \Delta q_{12} = 131,83 \text{ kJ/kg}; \quad \Delta q_{23} = -200 \text{ kJ/kg}; \quad \Delta q_{30} = -65,93 \text{ kJ/kg};$

$\rightarrow \oint dq = 65,92 \text{ kJ/kg}$

B) $\Delta s_{01} = 0,693 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}; \quad \Delta s_{12} = 0,33 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}; \quad \Delta s_{23} = -0,693 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}; \quad \Delta s_{30} = -0,33 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K};$

$\rightarrow \oint ds = 0 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$

Aufgabe 3

a) $V_2/V_1 = p_1/p_2 = 0,1883$

b) $P = W_{12}/t = p_1 \cdot \frac{V_1}{t} \cdot \ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right) = 5 \text{ kW}$

c) $Q_{12} = -W_{12} = P \cdot t = -18,02 \text{ MJ}$

Aufgabe 4

a) $n = 1,44 \text{ mol}; \quad m = 41,6 \text{ g}$

b) $p_{\bar{u}} = 2,17 \text{ bar}$

c) $p_{\bar{u}} = 2,08 \text{ bar}$

Aufgabe 5

a) $T_2 = 586,3 \text{ K} = 313,2 \text{ }^\circ\text{C}$

b) $\Delta U = 1250 \text{ J}$

c) $W_{\text{elekt}} = Q_{12} = 1750 \text{ J}$

Aufgabe 6

$p_1^{\text{K}} \cdot V_1^{\text{K}} = p_2^{\text{K}} \cdot V_2^{\text{K}}$

a) $V_2 = 2,896 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3, \quad T_2 = 570,5 \text{ K} = 277,4 \text{ }^\circ\text{C}$

b) $W_{12} = \int_{V_1}^{V_2} p(V) \cdot dV, \quad W_{12} = 349 \text{ J}$

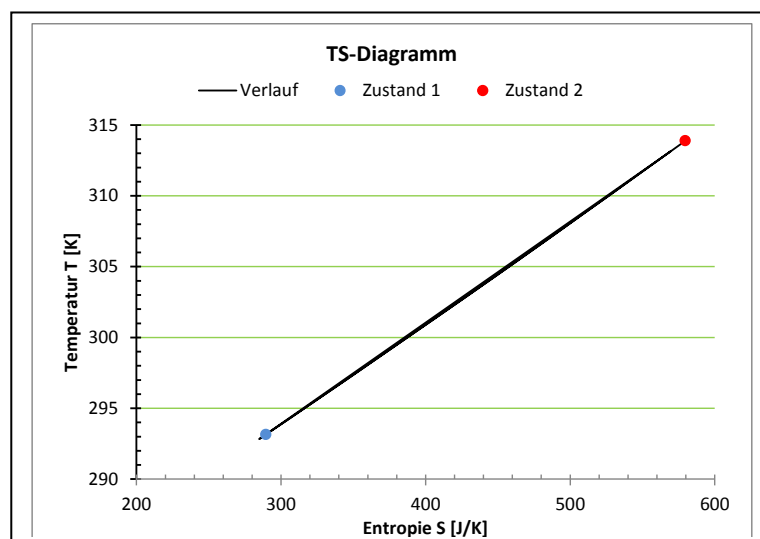
Aufgabe 7

$\Delta S = S_2 - S_1$

$S_1 = 289,5 \text{ J/K}$

$S_2 = 569,5 \text{ J/K}$

$\Delta S = 280 \text{ J/K}$



Aufgabe 8

Claudius-Clapeyron- Gleichung:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H}{T \cdot (v_m^v - v_m^l)}, \quad V_m^v \gg V_m^l \quad \rightarrow \quad T_2 = 371,32 \text{ K} = 98,17 \text{ °C} \quad \rightarrow \quad \Delta T = 1,83 \text{ K}$$

Antonine-Gleichung

$$\lg(p_2) = A - \frac{B}{C+T_2} \quad \rightarrow \quad T_2 = 98,204 \text{ °C} \quad \rightarrow \quad \Delta T = 1,791 \text{ K}$$

Aufgabe 9

$w_1 = 75,6 \%$, $w_2 = 23,14 \%$, $w_3 = 1,28 \%$, $w_4 = 0,03 \%$

$p_1 = 781 \text{ mbar}$, $p_2 = 20,93 \text{ mbar}$, $p_3 = 9,3 \text{ mbar}$, $p_4 = 0,3 \text{ mbar}$

Aufgabe 10

Sättigungsdampfdrücke für $T = 20 \text{ °C}$: $p_1^0 = 100,18 \text{ mbar}$, $p_2^0 = 29,1 \text{ mbar}$,

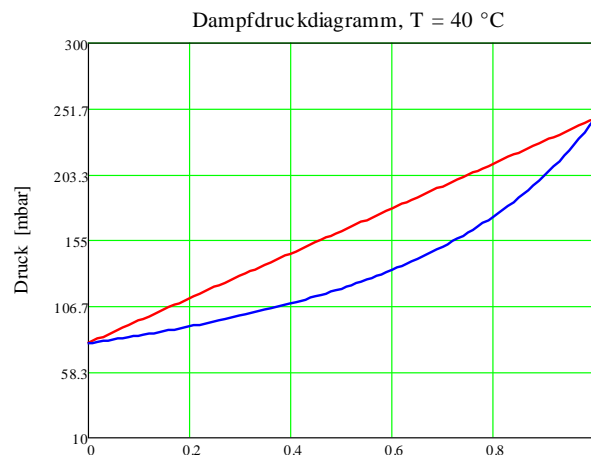
$p_1 = 40,07 \text{ mbar}$, $p_2 = 17,456 \text{ mbar}$,

$p = p_1 + p_2 = 57,53 \text{ mbar}$

Aufgabe 11

Sättigungsdampfdrücke für $T = 40 \text{ °C}$: $p_1^0 = 243,75 \text{ mbar}$, $p_2^0 = 78,86 \text{ mbar}$,

x_1	p/mbar	y_1
0	78,86	0
0,2	111,48	0,4359
0,4	144,88	0,673
0,6	177,89	0,822
0,8	210,89	0,925
1,0	243,75	1



Aufgabe 12

Henry'sche Konstante H_{21} bestimmen,

$$p_1 = x_1 \cdot p_1^0 = 21,12 \text{ mbar}$$

$$p_2 = x_2 \cdot H_{21}, \quad p = p_1 + p_2, \quad H_{21} = 109,7 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

a) $p_1 = x_1 \cdot p_1^0 = 2090 \text{ Pa}$, $p_2 = x_2 \cdot H_{21} = 5485 \text{ Pa}$, $p = p_1 + p_2 = 7575 \text{ Pa}$

b) $y_1 = 0,2759$, $y_2 = 0,7241$

Aufgabe 13

Zustand 1: $\varphi_1 = 0,8$, $\vartheta_1 = 5 \text{ °C}$, $x_1 = 4,6 \text{ g/kg} = 4,6 \cdot 10^{-3}$, $h_1 = 16,4 \text{ kJ/kg}$ aus h-x-Diagramm

Zustand 2: $\varphi_2 = 0,3$, $\vartheta_2 = 20 \text{ °C}$, $x_2 = x_1$, $h_2 = 31,8 \text{ kJ/kg}$ aus h-x-Diagramm

$$\Delta h = h_2 - h_1 = 15,4 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{Q} = 111,3 \text{ kW}$$

Aufgabe 14

$$\frac{\dot{m}_{L1}}{\dot{m}_{L2}} = \frac{40\%}{30\%} = \frac{2}{3}, \quad p_{DS1} = 23,37 \text{ mbar}, p_{DS2} = 123,35 \text{ mbar},$$

$$x_1 = 5,87 \cdot 10^{-3} = 5,87 \text{ g/kg}, \quad x_2 = 68,1 \cdot 10^{-3} = 68,1 \text{ g/kg}, \quad \rightarrow x_M = 43,21 \cdot 10^{-3}$$

$$h_1 = 35,1 \text{ kJ/kg}, \quad h_2 = 227,1 \text{ kJ/kg}, \quad \rightarrow h_M = 150,3 \text{ kJ/kg}$$

$$p_{DSM}(\vartheta_M) = 69,91 \text{ mbar}, \quad \rightarrow \vartheta_M = 38,8 \text{ }^\circ\text{C}, \quad \varphi_M = 0,929 = 92,9 \%$$

Aufgabe 15

$$\text{Gutseite: } \Delta \dot{m}_{GD} = \Delta \dot{m}_{GL} \cdot (X_{G1} - X_{G2}), \quad \text{Frischluftseite: } \Delta \dot{m}_D = \Delta \dot{m}_L \cdot (X_1 - X_2),$$

$$\Delta \dot{m}_{GD} = \Delta \dot{m}_D$$

$$\Delta \dot{m}_{GL} = 1111,1 \text{ kg/h}$$

$$p_{DS1} = 17,04 \text{ mbar}, \quad p_{DS2} = 73,75 \text{ mbar},$$

$$\rightarrow x_1 = 8,6 \cdot 10^{-3}, \quad x_2 = 28,8 \cdot 10^{-3}$$

$$\dot{m}_L = 38,5 \cdot 10^3 \text{ kg/h} \quad \rightarrow \Delta \dot{m}_D = 777,7 \text{ kg/h}$$

$$\frac{\dot{m}_L}{\Delta \dot{m}_{GD}} = 49,5$$

$$\dot{m}_1 = 38,5 \cdot 10^3 \text{ kg/h} \quad \rightarrow \dot{V} = 8,86 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{s} = 31,9 \text{ m}^3/\text{s}$$

Aufgabe 16

$$\text{a) } \dot{Q} = 37,12 \text{ kW}$$

$$\text{b) } \vartheta(x) = m \cdot x + b \quad \rightarrow b = 17 \text{ }^\circ\text{C}, m = -0,2 \text{ }^\circ\text{C/mm}, \quad \vartheta(x = x_0) = 0 \text{ }^\circ\text{C} = m \cdot x_0 + b, \quad \rightarrow x_0 = 85 \text{ mm}$$

Aufgabe 17

$$\text{a) } \dot{Q} = 118,2 \text{ kW}$$

$$\text{b) } \vartheta_2'' = 22,85 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{c) } \Delta \vartheta_{\log} = 8,36 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{d) } k = 1,09 \cdot 10^3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

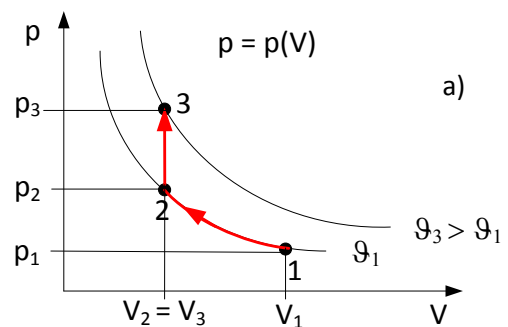
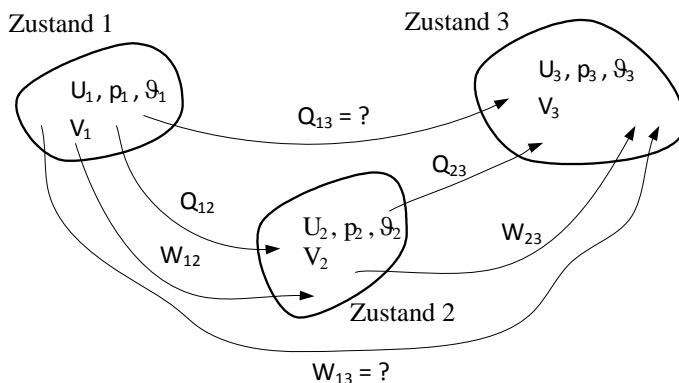
Aufgabe 18

$$\text{a) } \dot{Q} = 205,8 \text{ W} \quad \rightarrow \dot{q} = 171,5,8 \text{ W/m}^2$$

$$\text{b) } \vartheta_{si} = -2,3 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{c) } \lambda = 1,021 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

Aufgabe 19



$$\text{b) } W_{13} = W_{12} + W_{23} = 4,79 \text{ kJ}$$

$$\text{c) } Q_{13} = Q_{12} + Q_{23} = -1,671 \text{ kJ}$$

Aufgabe 20

$$p(T, V) = \frac{R \cdot T}{V - b} - \frac{a}{V^2} \quad \text{van der Waals-Gleichung}$$

$$U(T, V) = c_V \cdot T - \frac{a}{V} + \text{const.}$$

Aufgabe 21

a) $W_{\text{rev}} = -19,29 \text{ kJ}$

b) $W_{\text{irr,b}} = -9,23 \text{ kJ}$

c) $W_{\text{irr,c}} = -12,94 \text{ kJ}$

Aufgabe 22

$\Delta H = 4,87 \text{ cm}$

$H_{\text{neu}} = 2,549 \text{ m}$