

Musterlösung Aufgabe 1:

I. TEILAUFGABE A) ⇒ 3 PUNKTE

$$w_{t,12} = \Delta h_{12}$$

$$h_1 = h(0,8624 \text{ MPa}, 278 \text{ K}) = 519,3637 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_{2s} = h(2,9194 \text{ MPa}, s = s_1 = 2,1611 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}})$$

Interpolation:

$$h_{2s} = 568,3068 + \frac{571,0026 - 568,3068}{2,1642 - 2,1567} \cdot (2,1611 - 2,1567) = 569,888 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\eta_{s,V} = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1}$$

$$\Rightarrow h_2 = h_1 + \frac{h_{2s} - h_1}{\eta_{s,V}} = 519,3637 + \frac{569,888 - 519,3637}{0,83} = 580,2368 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$w_{t,12} = 580,2368 - 519,3637 = 60,873 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

II. TEILAUFGABE B) ⇒ 1,5 PUNKTE

$$\dot{Q}_{ab} = 7,25 \text{ kW} = \dot{m} \cdot (h_3 - h_2)$$

$$h_3 = h'(2,9194 \text{ MPa}) = 290,3816 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\Rightarrow \dot{m} = \frac{-7,25 \text{ kW}}{(290,3816 - 580,2368) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 0,025 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

III. TEILAUFGABE C) ⇒ 2.5 PUNKTE

$$h_3 = h_4 = 290,3816 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_4 = h' + x_4 \cdot (h_4'' - h_4') \Rightarrow x_4 = \frac{h_4 - h'}{h_4'' - h_4'} = \frac{290,3816 - 203,2408}{515,6256 - 203,2408} = 0,279$$

$$\epsilon_{wp} = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{\dot{Q}_{23}}{P_{12}} = \frac{7,25 \text{ kW}}{0,025 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 60,873 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 4,76$$

IV. TEILAUFGABE D) ⇒ 1 PUNKT

$$-\dot{Q}_{41} = \dot{m}_w \cdot c_{p,w} \cdot (t_{2,w} - t_{1,w})$$

$$t_{w,2} = t_{w,1} + \frac{-\dot{Q}_{41}}{\dot{m}_w \cdot c_{p,w}} = 20^\circ\text{C} + \frac{0,025 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot (290,3816 - 519,3637) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{0,1 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}} = 6,338^\circ\text{C}$$

V. TEILAUFGABE E) ⇒ 4 PUNKTE

$$\Delta \dot{E}_{v,verd.} = \dot{m} \cdot T_a \cdot \frac{T_{a^*} - T_{m,41}}{T_{a^*} \cdot T_{m,41}} \cdot (h_1 - h_4)$$

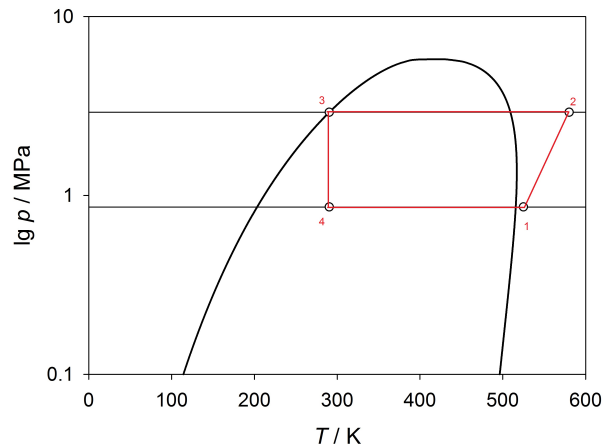
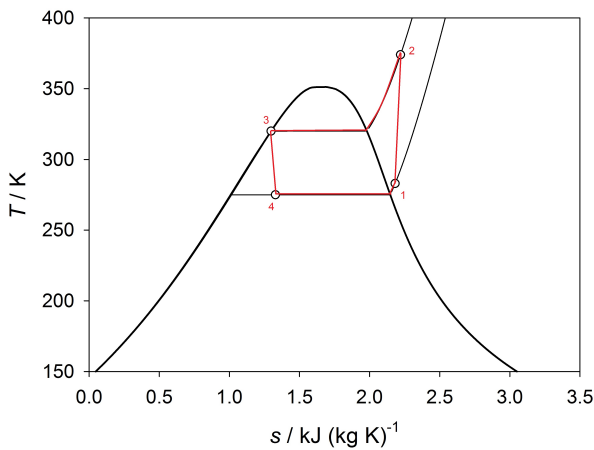
$$T_{a^*} = \frac{\Delta h_w}{\Delta s_w} = \frac{c_{p,w} \cdot (T_{w,2} - T_{w,1})}{c_{p,w} \cdot \ln\left(\frac{T_{w,2}}{T_{w,1}}\right)} = 286,265 \text{ K}$$

$$T_{m,41} = \frac{\Delta h_{41}}{\Delta s_{41}} = \frac{290,3816 - 519,3637}{1,3286 - 2,1611} = 275,053 \text{ K}$$

$$s_4 = s' + x_4 \cdot (s_4'' - s_4') = 1,0117 + 0,279 \cdot (2,1476 - 1,0117) = 1,3286 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

$$\Delta \dot{E}_{v,verd.} = 0,025 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 288,15 \text{ K} \cdot \frac{(286,265 - 275,053) \text{ K}}{286,265 \text{ K} \cdot 275,053 \text{ K}} \cdot (519,3637 - 290,3816) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 0,235 \text{ kW}$$

VI. TEILAUFGABE F) ⇒ 4 PUNKTE



VII. TEILAUFGABE G) ⇒ 3 PUNKTE

- Konstantes Temperaturniveau (auch bei niedrigen Aussentemperaturen)
- Auslegung der Wärmepumpe einfacher
- Vorhandene Abwärme wird genutzt und nicht einfach an die Umgebung abgegeben (Effizienz)
- Höherer Energiegehalt bzw. Wärmekapazität
- ...

Musterlösung Aufgabe 2:

I. TEILAUFGABE A) ⇒ 3 PUNKTE

$$\ln(p) = 18.8314 - \frac{3964.8072}{t + 232.8977}$$

$$p_{s,1} = \exp\left(18.8314 - \frac{3964.8072}{30 + 232.8977}\right) = 42.5305 \text{ mbar}$$

$$x_1 = \frac{18,015}{28,96} \cdot \frac{0.9 \cdot 42.5305 \cdot 10^{-4} \text{ MPa}}{0.101325 \text{ MPa} - 0.9 \cdot 42.53 \cdot 10^{-4} \text{ MPa}} = 0.0244 \frac{\text{kg}}{\text{kg}}$$

$$p_s = p_{s,1} \cdot \varphi = 0.9 \cdot 42.5305 \text{ mbar} = 38.2775 \text{ mbar}$$

$$t_s = \frac{3964.8072}{18.8314 - \ln(38.2775)} - 232,8977 = 28.1761 \text{ }^\circ\text{C}$$

II. TEILAUFGABE B) ⇒ 5 PUNKTE

$$\dot{Q}_{ab} = \dot{m} \cdot (h_{1+x,2^*} - h_{1+x,1})$$

$$h_{1+x,1} = c_{p,L} \cdot t_1 + x_1 \cdot (r_0 + c_{p,D} \cdot t_1)$$

$$h_{1+x,1} = 1.007 \cdot 30 + 0.0244 \cdot (2500 + 1.86 \cdot 30) = 92.5715 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_{1+x,2^*} = c_{p,L} \cdot t_{2^*} + x_{s,2^*} \cdot (r_0 + c_{p,D} \cdot t_{2^*}) + (x_{2^*} - x_{s,2^*}) \cdot (c_{p,W} \cdot t_{2^*})$$

$$t_{2^*} = t_2 = 20^\circ\text{C}$$

$$x_{2^*} = x_1$$

$$x_{s,2^*} = x_2 = 14,72 \frac{\text{g}}{\text{kg}}$$

$$h_{1+x,2^*} = 1.007 \cdot 20 + 0.01472 \cdot (2500 + 1.86 \cdot 20) + (0,0244 - 0,01472) \cdot (4,19 \cdot 20) = 58,2988 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\dot{m}_{L,1} = \frac{\dot{Q}_{ab}}{h_{1+x,2^*} - h_{1+x,1}} = \frac{-50\text{W}}{(58.2988 - 92.5715) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 1.4589 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\dot{m}_W = \dot{m}_{L,1} \cdot (x_1 - x_2) = 1.4589 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot (0.0244 - 0.01472) = 1.4122 \cdot 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 0.0508 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

III. TEILAUFGABE D) ⇒ 2 PUNKTE

$$m_L = \frac{V}{v_{1+x}}$$

$$v_{1+x,1} = \left(\frac{1}{M_L} + \frac{x_1}{M_W}\right) \cdot \frac{T_1 \cdot R_m}{p_{ges}} = \left(\frac{1}{0.02896} + \frac{0.0244}{0.018015}\right) \cdot \frac{303.15 \cdot 8.314472}{0.101325 \cdot 10^6} = 0.89266 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$m_L = \frac{15 \text{ m}^3}{0.89266 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}} = 16.8037 \text{ kg}$$

IV. TEILAUFGABE E) ⇒ 4 PUNKTE

$$p_{s,3} = \exp\left(18.8314 - \frac{3964.8072}{9 + 232.8977}\right) = 11.4842 \text{ mbar}$$

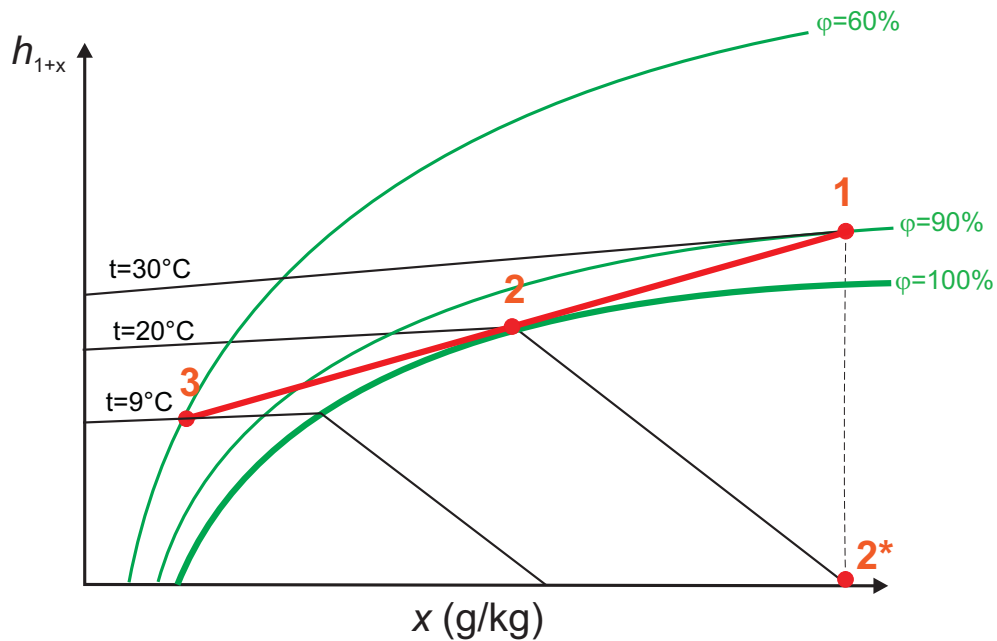
$$x_3 = \frac{18,015}{28,96} \cdot \frac{0.6 \cdot 11.4842 \cdot 10^{-4} \text{ MPa}}{0.101325 \text{ MPa} - 0.6 \cdot 11.4842 \cdot 10^{-4} \text{ MPa}} = 0.004259 \frac{\text{kg}}{\text{kg}}$$

Mischungsgerade: $m_{L,2} \cdot x_2 = (m_{L,2} - m_{L,3}) \cdot x_1 + m_{L,3} \cdot x_3$

$$\Rightarrow \frac{m_{L,3}}{m_{L,2}} = \frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1} = \frac{14.72 - 24.4}{4.259 - 24.4} = 0.4806$$

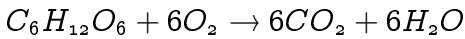
$$m_{L,3} = 16.8037 \cdot 0.4806 = 8.0759 \text{ kg}$$

V. TEILAUFGABE C) ⇒ 3 PUNKTE



Musterlösung Aufgabe 3: «Oxidation Glucose»

I. TEILAUFGABE A) ⇒ 3 PUNKTE



$$\Delta^R h_{\Theta} = \sum \nu_i \Delta^B h_{\Theta,i}$$

$$\Delta^R h_{\Theta} = [-1 \cdot (-1268,0) - 6 \cdot 0 + 6 \cdot (-393,51) + 6 \cdot (-285,83)] \frac{kJ}{mol} = -2808,04 \frac{kJ}{mol}$$

II. TEILAUFGABE B) ⇒ 3 PUNKTE

$$\Delta^R h = \Delta^R h_{\Theta} + \sum_E c_{p_i} \cdot \nu_i \cdot (T_E - T_{\Theta}) + \sum_P c_{p_i} \cdot \nu_i \cdot (T_P - T_{\Theta})$$

$$\begin{aligned} \Delta^R h &= -2808,04 \frac{kJ}{mol} + (-1 \cdot 219 \cdot (21 - 25) - 6 \cdot 31,75 \cdot (21 - 25) \\ &\quad + 6 \cdot 45,85 \cdot (36 - 25) + 6 \cdot 75,5(36 - 25)) 10^{-3} \frac{kJ}{mol} \\ &= -2808,04 \frac{kJ}{mol} + 1638 \frac{J}{mol} + 8009,1 \frac{J}{mol} = -2799,9169 \frac{kJ}{mol} \end{aligned}$$

III. TEILAUFGABE C) ⇒ 2 PUNKTE

$$m_{Gluc} = \frac{\text{Tagesbedarf (kJ)}}{\Delta^R h} \cdot M_{Gluc} = \frac{2500 kcal \cdot 4,187 \frac{kJ}{kcal}}{2799,9169 \frac{kJ}{mol}} \cdot 180,16 \frac{g}{mol} = 673,5288g$$

IV. TEILAUFGABE D) ⇒ 6 PUNKTE

$$\text{Sauerstoffbedarf: } \frac{2500 \cdot 4,187}{2799,9169} mol(Gluc) \cdot 6 = 22,431 \frac{mol O_2}{Tag}$$

Eingeatmete Luft enthält 21% Sauerstoff, ausgeatmete 16%:

der aufgenommene Sauerstoff entspricht 5% der eingeatmeten Luftmenge:

$$\frac{22,431 \frac{mol O_2}{Tag}}{0,05 \frac{mol O_2}{mol Luft}} = 448,62 \frac{mol Luft}{Tag}$$

$$v_m = \frac{R \cdot T}{p} = \frac{8,313 \frac{J}{mol K} \cdot 294,15 K}{10^5 Pa} = 0,02446 \frac{m^3}{mol}$$

$$448,62 \frac{mol Luft}{Tag} \cdot 0,02446 \frac{m^3}{mol} = 10,97 \frac{m^3 Luft}{Tag} \cdot \frac{10,97 \cdot 1000 \frac{l Luft}{Tag}}{0,5 \frac{l Luft}{Atemzug}} \cdot \frac{1}{24 \cdot 60 \frac{min}{Tag}} = 15,24 \frac{Atemzuege}{min}$$