Theoretische Grundlagen der Umweltchemie I

SS 2004

Lösung zu Übung 2

Aufgabe 1

$$\eta = \frac{T_\alpha - T_\beta}{T_\alpha}$$

$T_\alpha = 823\,K;\quad T_\beta = 283\,K \Rightarrow \eta_{550^\circ C} = 0{,}66$

$T_\alpha = 1673\,K;\quad T_\beta = 283\,K \Rightarrow \eta_{1400^\circ C} = 0{,}83$

$$\eta = \frac{|\oint \delta A|}{|Q_{12}|} \sim \frac{1}{CO_2\text{-Ausstoß}}$$

$$(CO_2\text{-Ausstoß})_{1400^\circ C} = \frac{\eta_{550^\circ C}}{\eta_{1400^\circ C}}(CO_2\text{-Ausstoß})_{550^\circ C} = 23700\,t$$

(6300 t pro Tag weniger!)

Aufgabe 2

2.1 $\oint \delta Q = Q_{12} + Q_{23} + Q_{34} + Q_{41}$

$= 0 + C_V(T_3 - T_2) + 0 + C_V(T_1 - T_4)$

$= C_V(T_3 - T_2 + T_1 - T_4) > 0$

$\oint \delta A = -\oint \delta Q < 0$

2.2 $\eta = \dfrac{|\oint \delta A|}{Q_{23}} = 1 - \dfrac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2}$

2.3 $T_1 = \dfrac{T_2 V_2^\kappa}{V_1^\kappa} \qquad T_4 = \dfrac{T_3 V_2^\kappa}{V_1^\kappa}$

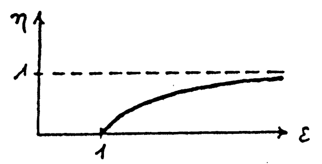
$$\eta = 1 - \frac{T_3(V_2/V_1)^\kappa - T_2(V_2/V_1)^\kappa}{T_3 - T_2}$$

$$= 1 - \frac{1}{\varepsilon^\kappa}, \quad \varepsilon = \frac{V_1}{V_2}$$

Für $\varepsilon = 7$, $\kappa = \frac{2}{5}$ gilt $\eta = 54\%$

(In Wirklichkeit: $\eta \approx 30\%$)

2.4

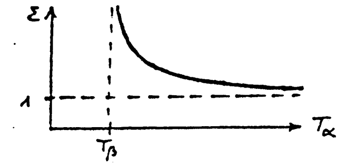


Die Kompression kann nicht beliebig hoch getrieben werden, weil das Gemisch ab einem bestimmten Druck explodiert

Aufgabe 3

3.1 $\varepsilon = \dfrac{|Q_{21}|}{|\oint \delta A|} = \dfrac{1}{\eta} = \dfrac{T_\alpha}{T_\alpha - T_\beta}$

3.2



Die Energiebilanz ist am günstigsten, wenn T_α nahe an T_β ist.

3.3 $\dfrac{|A_{Wärmepumpe}|}{\Delta t} = \dfrac{1}{\varepsilon}\dfrac{|Q_{heiz}|}{\Delta t} = \dfrac{293-282}{293} \cdot 8000\,W$

$= 300\,W$

Aufgabe 4

- Reversible Führung:

$\Delta S^{Syst}_{rev} = \int \frac{\delta Q^{Syst}_{rev}}{T} \overset{*}{=} -\int \frac{\delta A^{Syst}_{rev}}{T}$

$= \frac{1}{T}\int_{V_1}^{V_2} p\,dV = nR\int_{V_1}^{V_2}\frac{dV}{V} = \frac{p_1 V_1}{T}\ln\frac{V_2}{V_1}$

$= 2{,}34\,JK^{-1}$

* Bei einem isothermen Prozeß gilt für ein ideales Gas $dU = 0$ und daher $\delta Q = -\delta A$

$\Delta S^{Umg}_{rev} = \int \frac{\delta Q^{Umg}_{rev}}{T} = -\int \frac{\delta Q^{Syst}_{rev}}{T} = -\Delta S^{Syst}_{rev}$

$= -2{,}34\,JK^{-1}$

$\Delta S^{Gesamt}_{rev} = \Delta S^{Syst}_{rev} + \Delta S^{Umg}_{rev} = 0$

- Irreversible Führung:

$\Delta S^{Syst}_{irrev} = \Delta S^{Syst}_{rev} = 2{,}34\,JK^{-1}$

S ist eine Zustandsfunktion, d.h. hängt nur von Anfangs- und Endzustand ab.

Wegen $dU^{Syst}_{irrev} = 0$ (siehe oben) und $\delta A^{Syst}_{irrev} = 0$ gilt $\delta Q^{Syst}_{irrev} = 0$ und damit $\delta Q^{Umg}_{irrev} = 0$:

$\Delta S^{Umg}_{irrev} = \int \frac{\delta Q^{Umg}_{irrev}}{T} = 0$

$\Delta S^{Gesamt}_{irrev} = 2{,}34\,JK^{-1} > 0$