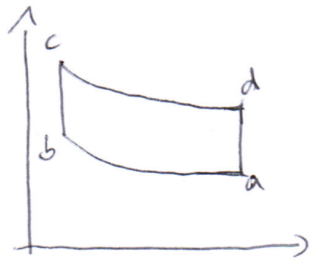


Aufgabe 1



Entropieänderung bei reversiblen

Prozessen:  $dS = \frac{dq_{rev}}{T}$

a) 1) adiabatisch, d. h.  $dq = 0 \rightarrow q_1 = 0$   
 $\rightarrow \Delta S_1 = \int dS = \int \frac{dq}{T} = \frac{q_1}{T} = 0$

2)  $V = V_b = const$ , d. h.  $dV = 0$   
 $q_2 = C_v \int_{T_b}^{T_c} dT = C_v(T_c - T_b) = C_v \Delta T \rightarrow dq = C_v dT$   
 $\rightarrow \Delta S_2 = \int dS = \int \frac{dq}{T} = C_v \int_{T_b}^{T_c} \frac{dT}{T} = C_v \ln \frac{T_c}{T_b}$

3)  $q_3 = 0$   
 $\rightarrow \Delta S_3 = 0$

4)  $\Delta S_4 = C_v \int_{T_a}^{T_d} \frac{dT}{T} = C_v \ln \frac{T_d}{T_a}$

b) Gesamtentropieänderung  
 $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4$   
 $= C_v \ln \frac{T_c}{T_b} + C_v \ln \frac{T_d}{T_a}$

mit Adiabategleichungen  $T_b = \frac{T_a V_a^{\gamma-1}}{V_b^{\gamma-1}} = \frac{T_a V_d^{\gamma-1}}{V_c^{\gamma-1}}$   
 $T_c = \frac{T_a V_d^{\gamma-1}}{V_c^{\gamma-1}}$

$\Rightarrow \Delta S = C_v \ln \frac{T_d}{T_a} + C_v \ln \frac{T_d V_d^{\gamma-1} V_c^{\gamma-1}}{V_c^{\gamma-1} T_a V_d^{\gamma-1}} = C_v \left( \ln \frac{T_d}{T_a} + \ln \frac{T_d}{T_a} \right) = 0$

1c)

Bei reversiblen Prozessen kann sich die Entropie ändern.

Bei Umkehrung eines reversiblen Prozesses wird die ursprüngliche Entropie wieder hergestellt.

Beim reversiblen Kreisprozess bleibt die Gesamtentropie konstant.

## Aufgabe 2

a) reversible, isotherme Kompression auf 10 l

$$dU = \delta q_{rev} + \delta w = 0$$

$$q_{rev} = -w = \int_{V_A}^{V_E} p dV = \int_{V_A}^{V_E} \frac{nRT}{V} dV = nRT \ln\left(\frac{V_E}{V_A}\right)$$

$$= 1 \text{ mol} \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{K mol}} \cdot 300 \text{ K} \cdot \ln\left(\frac{10 \text{ l}}{25 \text{ l}}\right)$$

$$= -2,29 \text{ kJ}$$

Entropieänderung System:

$$\Delta S_{\text{System}} = \frac{q_{rev}}{T} = \frac{-2,29 \text{ kJ}}{300 \text{ K}} = -7,6 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

Entropieänderung Umgebung:

$$\Delta S_{\text{Umgebung}} = \frac{q_{\text{Umg.}}}{T} = -\frac{q_{\text{System}}}{T} = 7,6 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

$$\text{gesamt: } \Delta S_{\text{ges}} = \Delta S_{\text{System}} + \Delta S_{\text{Umgebung}} = \underline{\underline{0}}$$

b) irreversibel auf 10 l

externer Druck analog zu Enddruck von a)

$$p_{\text{ext}} = \frac{nRT}{V_{\text{end}}} = \frac{1 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ J/K/mol} \cdot 300 \text{ K}}{0,01 \text{ m}^3} = 2,5 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 2,5 \text{ bar}$$

$$q = -w = p_{\text{ext}} (V_E - V_A) = 2,5 \cdot \frac{\text{N}}{\text{m}^2} (0,01 \text{ m}^3 - 0,025 \text{ m}^3) = -3,75 \text{ kJ}$$

↓  
System leistet Volumenarbeit, für ideales Gas hier wieder  $dU=0$   
↳ Wärme wird an Umgebung abgegeben

$$\Delta S_{\text{Umgebung}} = \frac{q_{\text{Umgebung}}}{T} = -\frac{q}{T} = \frac{3,75 \text{ kJ}}{300 \text{ K}} = 12,5 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

Fortsetzung 2b)

Entropieänderung des Systems wie im reversiblen Fall

$$\Delta S_{\text{System}} = -7,6 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

gesamt

$$\Delta S_{\text{gesamt}} = \Delta S_{\text{System}} + \Delta S_{\text{Umgebung}} = 12,5 \frac{\text{J}}{\text{K}} - 7,6 \frac{\text{J}}{\text{K}} = 4,9 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

$$\Rightarrow \text{Energie, die verloren geht: } T \cdot \Delta S_{\text{Ges}} = 300\text{K} \cdot 4,9 \frac{\text{J}}{\text{K}} = 1,47 \text{ kJ}$$

Aufgabe 3



$$\Delta_r H^\circ = -272,8 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 20,42 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 241,82 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = -51,4 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta_r S^\circ = 209 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} - 189 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} - 267 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} = -247 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$$

~~Reaktion ist exotherm und die Enthalpie nimmt ab. Die Entropie nimmt ab, da die Gasphase gebildet wird.~~

~~Wasser~~

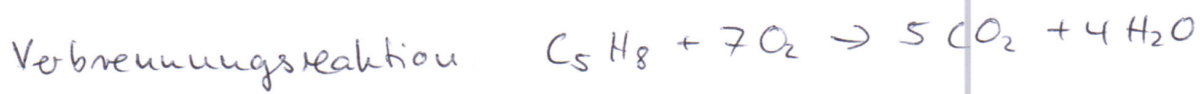
Aufgabe 4

$$\text{Kirchhoff: } \Delta_r H(T_2) = \Delta_r H(T_1) + \int_{T_1}^{T_2} \Delta C_p dT$$

$$\text{außerdem: } \Delta C_p = 2 C_{p,m}(\text{NH}_3) - 3 C_{p,m}(\text{H}_2) - C_{p,m}(\text{N}_2) = (-62,65 + 62,39 \cdot 10^{-3} \frac{\text{J}}{\text{K}} - 12,11 \cdot 10^{-6} \frac{\text{J}}{\text{K}^2}) \frac{\text{J}}{\text{K mol}}$$

$$\begin{aligned} \Delta_r H(493\text{K}) &= \Delta_r H(273\text{K}) + \int_{273\text{K}}^{493\text{K}} (-62,65 + 62,39 \cdot 10^{-3} \frac{\text{J}}{\text{K}} - 12,11 \cdot 10^{-6} \frac{\text{J}}{\text{K}^2}) \frac{\text{J}}{\text{K mol}} dT \\ &= 91,66 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \left[ -62,65 \cdot T + 31,2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{J}}{\text{K}} T^2 - 4,04 \cdot 10^{-6} \frac{\text{J}}{\text{K}^2} T^3 \right]_{273\text{K}}^{493\text{K}} \\ &= -100,6 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \end{aligned}$$

## Aufgabe 5



$$\Delta_v H_m = \sum \nu \Delta H_B(\text{Prod}) - \sum \nu \Delta H_B(\text{Reakt})$$

$$\Delta_B H(H_2O) = -286,6 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta_B H(CO_2) = -393,5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta_B H(O_2) = 0$$

$$\Delta_B H(C_5H_8) = ?$$

$$\Delta_v H_m(1,3 \text{ PD}) = ~~3186,8~~ - 3186,8 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta_v H_m(1,4 \text{ PD}) = -3216,3 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta_v H_m = 5 \cdot \Delta_B H(CO_2) + 4 \cdot \Delta_B H(H_2O) - \Delta_B H(C_5H_8)$$

$$\Rightarrow \Delta_B H(C_5H_8) = 5 \cdot \Delta_B H(CO_2) + 4 \Delta_B H(H_2O) - \Delta_v H_m$$

$$\Delta_B H(1,3 \text{ PD}) = 179,8 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta_B H(1,4 \text{ PD}) = 209,3 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Rightarrow \Delta_{iso} H = -29,5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$