

## Seminar 4 - Thermodynamik

**Begriffe: System, Temperatur, Enthalpie, Satz von Heß, 1. und 2. Hauptsatz, Entropie, Freie Energie, Gibbs-Helmholtz-Gleichung und ihre Interpretation, endergon/exergon, endotherm/exotherm.**

### (1) Ergänzen Sie folgenden Satz

Ob eine chemische Reaktion freiwillig abläuft, bestimmt für ein geschlossenes System die thermodynamische Größe  $\Delta$ \_\_\_\_, genannt \_\_\_\_\_. Sie setzt sich gemäß der Gibbschen Gleichung  $\Delta$ \_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ aus den thermodynamischen Zustandsfunktionen \_\_\_\_\_ und \_\_\_\_\_ zusammen.

**(2) Die molare Verdampfungsenthalpie von Aluminium beträgt 291 kJ/mol. Wieviel Energie muß aufgewendet werden, um 100 g Aluminium zu verdampfen?**

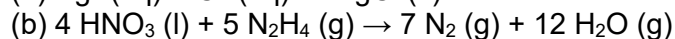
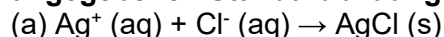
**(3) Notieren Sie das Vorzeichen (z.B.  $\Delta H > 0$ ) der angegebenen thermodynamischen Größen für folgende Reaktionen und begründen/erklären Sie:**

(a) $\text{H}_2\text{O (s)} \rightarrow \text{H}_2\text{O (l)}$	$\Delta H$	
(b) $2 \text{CH}_3\text{OH} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$	$\Delta H$	
(c) $2 \text{KBr} \rightarrow 2 \text{K} + \text{Br}_2$	$\Delta H$	$\Delta G$
(d) $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$	$\Delta H$	$\Delta G$
(e) $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HSO}_4^- + \text{H}_3\text{O}^+$	$\Delta H$	$\Delta G$
(f) $2 \text{Mg} + \text{CO}_2 \rightarrow 2 \text{MgO} + \text{C}$	$\Delta H$	$\Delta G$

**(4) Was besagt der Satz von Hess?**

**(5) Die molare Schmelzenthalpie von Wasser beträgt 6 kJ/mol während die molare Verdampfungsenthalpie 41 kJ/mol beträgt. Wieviel Energie ist notwendig, um 9 g Wasser direkt vom Eis in die Gasphase zu überführen (Sublimation)?**

**(6) Berechnen Sie die Reaktionsenthalpie für folgende Reaktionen aus den angegebenen Standardbildungsenthalpien:**



Reaktion (b) wurde bis Ende der 80er Jahre als Raketenantrieb genutzt. Raketentreibstoffe sollen u.a. eine stark negative Reaktionsenthalpie aufweisen.

$\Delta_f H^0$  in kJ/mol:  $\text{Ag}^+(\text{aq})$ : 106;  $\text{Cl}^-(\text{aq})$ : -167;  $\text{AgCl(s)}$ : -127;  $\text{HNO}_3(\text{l})$ : -174;  $\text{N}_2\text{H}_4(\text{g})$ : 95;  $\text{H}_2\text{O(g)}$ : -242

Erinnerung: Elementen bei Standardbedingungen hat man als Bezugspunkt eine Standardbildungsenthalpie von Null zugewiesen.

**(7) In der Vorlesung wurde Ammoniumchlorid in Wasser gelöst und untersucht, ob die Reaktion endotherm oder exotherm ist. Erklären Sie aus dem Versuchsergebnis, ob die Reaktionsentropie positiv oder negativ ist.**