Chemie-Arbeitsblatt _ _ Klasse _ _ _ Name:_____ Datum:_ _._ _._

Die Triebkraft der Redoxreaktionen: Der Born-Haber-Kreisprozess

Die Beobachtungen zu LV4 **(Natriumchlorid-Direktsynthese)** zeigen, dass diese Reaktion stark exotherm verläuft. Für 2 Mole gebildeten Natriumchlorids entsprechend der Reaktionsgleichung wird dabei eine **Reaktionswärme** von 822 kJ freigesetzt: $\mathbf{\Delta H_R = -822\ kJ}$. Andererseits finden wir bei der Aufstellung der Redoxgleichungen die Teilgleichungen der Oxidation und der Reduktion mit folgenden Energiebeträgen:

(1) Oxidation: $2\ Na \longrightarrow 2\ Na^+ + 2\ e^-$; Ionisierungsenergie $\Delta H_I = +\ 1004$ kJ

(2) Reduktion: $Cl_2 \longrightarrow 2\ Cl^-$; Elektronenaffinität $\Delta H_E = -\ 726$ kJ

Betrachtet man die **energetischen** Aspekte dieser beiden Prozesse, dann steht für die Reaktion von **$2\ Na(s) + Cl_2(g) \longrightarrow 2\ NaCl(s)$** dem aufzuwendenden Energiebetrag von +1004 kJ/mol für die **Ionisierung** der Na-Atome ein freiwerdender Energiebetrag von -726 kJ/mol für die Ionisierung der Cl-Atome (**Elektronenaffinität**) gegenüber. Also dürfte diese Reaktion eigentlich gar nicht ablaufen!

Es muss also noch andere Schritte in dem Gesamtprozess geben, die dafür sorgen, dass die NaCl-Synthese im Endeffekt eine exotherme Reaktion mit einer Reaktionswärme von -822 kJ ist.

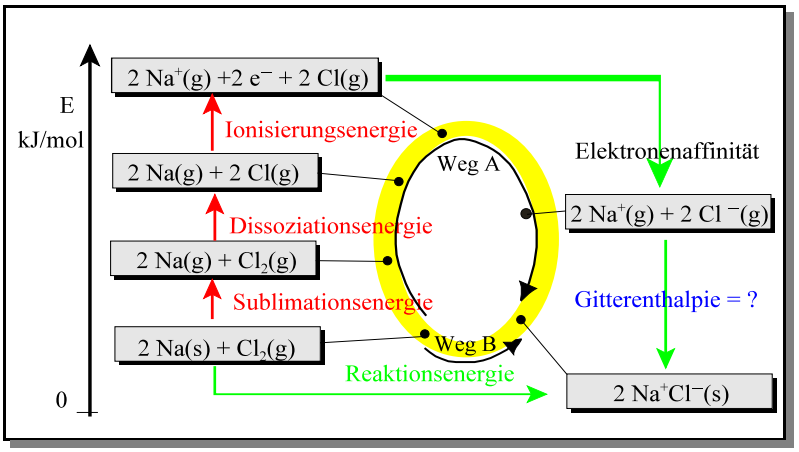
Bei der NaCl-Synthese bestehen weder die Edukte noch die Produkte aus voneinander isolierten Teilchen: Natrium-Atome befinden sich im festen Zustand in einem Natrium-Atomgitter, im Chlorgas sind jeweils zwei Atome zu einem Molekül verbunden. Im Natriumchlorid sind sehr sehr viele Ionen in einem Ionengitter angeordnet. Betrachtet man die Einzelschritte der Reaktion, findet man folgende Vorgänge mit den entsprechenden Energiebeträgen:

Einzelschritte für $2\ Na(s) + Cl_2(g) \longrightarrow 2\ NaCl(s)$: siehe Abbildung!	**Symbol**	**Enthalpiebetrag**
1. Na-Atome verdampfen aus dem festen Natrium: Sublimation; **Sublimationsenthalpie**	ΔH_S	+ 218
2. Gasförmige Chlormoleküle müssen in Chloratome gespalten werden: Dissoziation; **Dissoziationsenthalpie**	ΔH_D	+ 242
3. Natrium-Atome geben Elektronen ab: **Ionisierungsenergie**	ΔH_I	+ 1004
4. Chlor-Atome nehmen Elektronen auf: **Elektronenaffinität**	ΔH_E	- 726
5. Gasförmige Na^+ - und Cl^--Ionen bilden ein festes kristallines Gitter: **Gitterenergie**	ΔH_G	? = _____

Die **Reaktionswärme** (Reaktionsenthalpie) der Reaktion $2\ Na(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2\ NaCl(s)$ beträgt $\Delta H_R = -\ 822$ kJ. Rechnet man alle freiwerdenden und aufzuwendenden Energiebeträge gegeneinander auf:

$\Delta H_S + \Delta H_D + \Delta H_I + \Delta H_E + \mathbf{\Delta H_G} = \Delta H_R \Longleftrightarrow \mathbf{\Delta H_G} = -\Delta H_S - \Delta H_D - \Delta H_I - \Delta H_E + \Delta H_R =$ _____,

so wird deutlich, dass allein die freiwerdende _____ dafür sorgt, dass der Gesamtprozess als exotherme Reaktion abläuft. Die Gitterenergie beträgt dann: _____ kJ/mol gebildeten NaCl.

Schlussfolgerung: Die Triebkraft der Reaktion ist die Bildung energiearmer und damit stabiler Ionenkristalle im festen Zustand.

Die Entstehung dieses Zustand wird im **Born-Haber-Kreisprozess** dargestellt: Von den Edukten zum Produkt über die Freiwerdung der Reaktionsenergie **oder** von den Edukten zum Produkt über die einzelnen Schritte Sublimation, Dissoziation, Ionisierung und Elektronenaffinität. Für die starke Wärme- und Lichtentwicklung der NaCl-Synthese ist also die Energie, die freigesetzt wird, wenn sich aus Ionen im Gaszustand ein Gitter im festen Zustand bildet - die **Gitterenergie** - verantwortlich. Die Gitterenergie ist bei vielen Ionenverbindungen im Betrag viel größer als die Summe der Energien bei der Bildung der Ionen.