

Der Born-Haber-Kreisprozess

Ist die Bildung stabiler **Edelgaskonfigurationen** durch Abgabe und Aufnahme von Elektronen die **Ursache** für die Elektronenübertragung zwischen Metall und Nichtmetall? Betrachtet man die **energetischen** Aspekte dieses Prozesses, dann steht für die Reaktion von $2 \text{Na(s)} + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{NaCl(s)}$ 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!

Tatsache jedoch ist:

Geschmolzenes Natrium reagiert _____ mit Chlorgas unter Abgabe von _____ (intensiv gelb) und _____, also in einer stark _____ Reaktion. Für 2 Mole gebildeten Natriumchlorids entsprechend der Reaktionsgleichung wird dabei eine **Reaktionswärme von - 844 kJ freigesetzt** (sog. _____ ΔH_R). Die Ionenverbindung NaCl ist also _____ als die Elemente! Die **Bildung von Ionen aus Atomen** scheint also ein **energetisch bevorzugter Vorgang** zu sein. Um die Bildung der Ionenverbindung zu klären, müssen also **alle Einzelschritte** betrachtet werden. Dies sind im folgenden:

Einzelschritte für $2 \text{Na(s)} + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{NaCl(s)}$ Alle Enthalpiebeträge in [kJ/mol]	Symbol	Enthalpiebetrag [kJ]
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 $2 \text{Na(s)} + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{NaCl(s)}$ beträgt $\Delta H_R = - 822$ kJ/mol. Rechnet man alle freiwerdenden und aufzuwendenden Energiebeträge gegeneinander auf:

$$\Delta H_S + \Delta H_D + \Delta H_I + \Delta H_E + \Delta H_G = \Delta H_R \iff \Delta H_G = - \Delta H_S - \Delta H_D - \Delta H_I - \Delta H_E + \Delta H_R = \underline{\hspace{2cm}}$$

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: Das Erreichen der **Edelgaskonfiguration** der beteiligten Ionen ist also **nicht die Triebkraft** der Reaktion, sondern die **Bildung energieärmer** und damit **stabiler Ionenkristalle im festen Zustand**. Der Vorgang wird als Born-Haber-Kreisprozess dargestellt.

Für die starke Wärme- und Lichtentwicklung der NaCl-Synthese ist also die Energie verantwortlich, die freigesetzt wird, wenn sich aus Ionen im Gaszustand ein Gitter im festen Zustand bildet. Diese **Gitterenergie** ist bei vielen Ionenverbindungen im Betrag viel größer als die Summe der Energien bei der Bildung der Ionen.

Arbeitsauftrag: Warum spricht man in diesem Zusammenhang von einem Kreisprozess?

Wortliste: energieärmer, exotherm, Gitterenergie, heftig, Wärme, Licht, Reaktionsenthalpie;

