

**Anorganische Experimentalchemie**  
**12. Übung:**  
**Ionische Verbindungen, Salze**

**1. Berechnen Sie die Gitterenergie von CsCl aus folgenden Angaben:**

- **Bildungsenthalpie von CsCl: -443 kJ/mol**
- **Sublimationsenthalpie von Cs: +78 kJ/mol**
- **Ionisierungsenergie von Cs: 375 kJ/mol**
- **Dissoziationsenergie von Cl<sub>2</sub>: 243 kJ/mol**
- **Elektronenaffinität von Cl: -349 kJ/mol**

**Lösung**

Für CsCl beinhaltet der Born-Haber-Kreisprozess folgende Schritte:

1. Sublimation von festem Cs zu gasförmigem Cs.
2. Ionisierung von gasförmigem Cs zu Cs<sup>+</sup>.
3. Dissoziation von Cl<sub>2</sub> zu Cl-Gas.
4. Zugabe eines Elektrons zu einem Cl-Atom, um ein Cl<sup>-</sup>-Ion zu bilden.
5. Bildung von festem CsCl aus Cs<sup>+</sup> und Cl<sup>-</sup>.

Die Gitterenergie ist dann die Differenz zwischen der Summe dieser Energien und der Bildungsenthalpie von CsCl. Die entsprechenden Energieänderungen sind:

- Bildungsenthalpie von CsCl: -443 kJ/mol
- Sublimationsenthalpie von Cs: +78 kJ/mol
- Ionisierungsenergie von Cs: +375 kJ/mol
- Dissoziationsenergie von Cl<sub>2</sub>: +243 kJ/mol (für ein Mol Cl<sub>2</sub>, um zwei Mol Cl-Atome zu erzeugen, daher wird dieser Wert halbiert)
- Elektronenaffinität von Cl: -349 kJ/mol

$$\Delta H_{\text{Bildung}} = \Delta H_{\text{Sublimation}} + \Delta H_{\text{Ionisierung}} + \frac{1}{2} \Delta H_{\text{Dissoziation}} + \Delta H_{\text{EA}} + \Delta H_{\text{Gitter}}$$

Die Gitterenergie ( $\Delta H_{\text{Gitter}}$ ) berechnet sich also wie folgt:

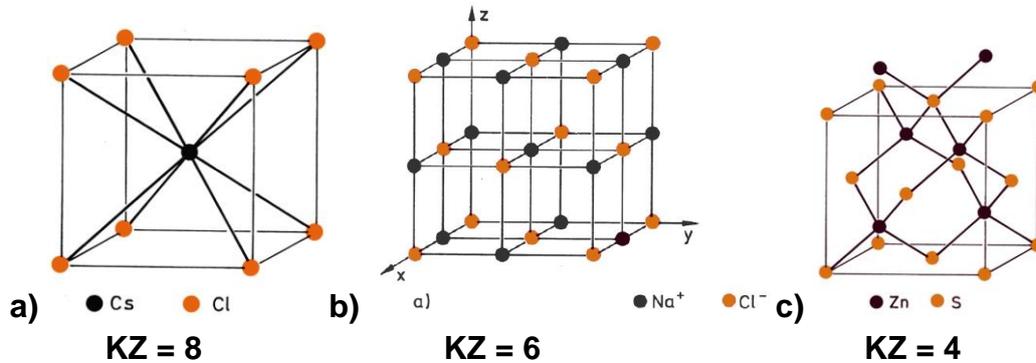
$$\Delta H_{\text{Gitter}} = \Delta H_{\text{Bildung}} - \Delta H_{\text{Sublimation}} - \Delta H_{\text{Ionisierung}} - \frac{1}{2} \Delta H_{\text{Dissoziation}} - \Delta H_{\text{EA}} =$$

$$\Delta H_{\text{Gitter}} = -443 - 78 - 375 - 121,5 - (-349) = -668,5 \text{ kJ / mol}$$

Die Gitterenergie von Cäsiumchlorid (CsCl) beträgt -668,5 kJ/mol. Dieser Wert zeigt die Energie an, die freigesetzt wird, wenn ein Mol CsCl-Kristalle aus gasförmigen Cs<sup>+</sup>- und Cl<sup>-</sup>-Ionen gebildet wird.

2. Zeichnen Sie die Elementarzellen von a) CsCl, b) NaCl und c) ZnS. Wie groß sind die Koordinationszahlen?

Lösung:



3. Berechnen Sie die Gitterenergie von CaO aus folgenden Angaben:

- Bildungsenthalpie von CaO: -636 kJ/mol
- Sublimationsenthalpie von Ca: +192 kJ/mol
- 1. Ionisierungsenergie von Ca: 590 kJ/mol
- 2. Ionisierungsenergie von Ca: 1145 kJ/mol
- Dissoziationsenergie von O<sub>2</sub>: 494 kJ/mol
- 1. Elektronenaffinität von O: -141 kJ/mol
- 2. Elektronenaffinität von O: +845 kJ/mol

Lösung:

Um die Gitterenergie von Calciumoxid (CaO) zu berechnen, verwenden wir den Born-Haber-Kreisprozess, der ähnlich wie bei CsCl strukturiert ist.

- Sublimation von festem Calcium zu gasförmigem Ca.
- Erste Ionisierung von gasförmigem Ca zu Ca<sup>+</sup>.
- Zweite Ionisierung von Ca<sup>+</sup> zu Ca<sup>2+</sup>.
- Dissoziation von O<sub>2</sub> zu 2 O-Atomen.
- Zugabe eines Elektrons zu einem O-Atom, um ein O<sup>-</sup>-Ion zu bilden.
- Zugabe eines zweiten Elektrons zu einem O-Atom, um ein O<sup>2-</sup>-Ion zu bilden.
- Bildung von festem CaO aus Ca<sup>2+</sup> und O<sup>2-</sup>.

Die Gitterenergie ist dann die Differenz zwischen der Summe dieser Energien und der Bildungsenthalpie von CaO.

- Dissoziationsenergie von O<sub>2</sub>: +494 kJ/mol (für ein Mol O<sub>2</sub>, um zwei Mol O-Atome zu erzeugen, daher wird dieser Wert halbiert) = 247 kJ

$$\Delta H_{\text{Gitter}} = \Delta H_{\text{Bildung}} - \Delta H_{\text{Sublimation}} - \Delta H_{\text{Ionisierung1}} - \Delta H_{\text{Ionisierung2}} - \frac{1}{2} \Delta H_{\text{Dissoziation}} - \Delta H_{\text{EA1}} - \Delta H_{\text{EA2}} =$$

$$\Delta H_{\text{Gitter}} = -636 - 192 - 590 - 1145 - 247 + 141 - 845 = \underline{\underline{-3514 \text{ kJ/mol}}}$$

**4. Für welche der folgenden Verbindungen in den folgenden Paaren ist die höhere Gitterenergie zu erwarten? Die beiden Verbindungen haben jeweils den gleichen Gittertyp.**

- a) CaS oder RbF
- b) RbF oder RbI
- c) CsI oder CaO
- d) NaI oder SrSe
- e)  $MgI_2$  oder  $Na_2O$

**Lösung:**

Coulomb Energie hängt v.a. von der Ladung und Größe ab.

- a) CaS,
- b) RbF
- c) CaO
- d) SrSe
- e)  $Na_2O$

**5. Nennen Sie 4 Eigenschaften von Salzen.**

**Lösung:**

u.a.

- a) Bestehen hauptsächlich aus Ionischen Bindungen
- b) Meist hoher Schmelz und Siedepunkt
- c) Schmelze leitet den elektrischen Strom
- d) Oft Wasserlöslich
- e) Oft farblos
- f) Meist hart und spröde
- g) Salze bilden kristalline Feststoffe
- h) Schmecken meist salzig