# **AB 7: Verhältnisformeln von Salzen aus Kristallgittern ableiten:**

# **Die Elementarzelle**

Setze dir das Ziel zu verstehen, wie man die Verhältnisformel aus der Elementarzelle des Salzgitters bestimmt.

Salze finden in unserem täglichen Leben in vielen verschiedenen Bereichen Anwendung. Kochsalz (Natriumchlorid) kann z. B. zum Würzen von Speisen oder zum Auftauen von Schnee und Eis genutzt werden. Streusalz ist eine Mischung aus verschiedenen Salzen. Neben einem Hauptanteil von ca. 98% Natriumchlorid enthält es auch einen kleinen Anteil Calciumchlorid.

Salze sind Ionenverbindungen. Ein Salzkristall besteht aus sehr vielen Ionen, die regelmäßig in einem Kristallgitter angeordnet sind. Um die Anordnung der Ionen zu beschreiben, genügt es, einen repräsentativen Ausschnitt, die *Elementarzelle*, zu betrachten.

Aus dem Anzahlverhältnis der Ionen in der Elementarzelle lässt sich die Verhältnisformel des Salzes bestimmen. Dabei muss man beachten, ob die Ionen vollständig in der Elementarzelle liegen (Innen) oder ob sie auf der Grenze der Zelle liegen, also auf einer Fläche, einer Kante oder einer Ecke der Zelle:

Tabelle 1: Lage und Anteil der Ionen in einer Elementarzelle

|  |  |
| --- | --- |
| **Lage der Ionen** | **Anteil an der Elementarzelle** |
| Innen | 1 |
| Fläche |  |
| Kante |  |
| Ecke |  |

Multipliziert man nun die Anzahl der Ionen der jeweiligen Lage mit dem Anteil, ergibt sich die Gesamtzahl der Ionen in der Elementarzelle (vgl. Aufgabe 1, S. 2). Auf diese Weise lässt sich das Anzahlverhältnis der Kationen und Anionen im Kristallgitter bestimmen. Das kleinste Anzahlverhältnis der Ionen entspricht der Verhältnisformel des Salzes.

**Beispiel: Natriumchlorid-Gitter**

Die Chloridionen haben einen größeren Ionenradius als die Natriumionen, sie sind in Abbildung 1 blau dargestellt. Zählt man die Chloridionen in der abgebildeten Elementarzelle, erhält man folgende Werte:

An den Kanten befinden sich keine Chloridionen (Tabelle 2, Zeile 1), dafür aber 8 auf den Ecken des Würfels. Diese werden jeweils zu einem Achtel gezählt (Tabelle 2, Zeile 2).

In den sechs Flächen sind sechs Ionen angeordnet. Diese werden jeweils zur Hälfte gezählt (Tabelle 2, Zeile 3). Es befindet sich kein Chloridion im Inneren der Zelle; die Summe der Chloridionen ist pro Elementarzelle also 4.

**Aufgabe 1:** Ergänzt in der Tabelle die Angaben zu den Natriumionen und bestimmt aus dem Verhältnis der Ionen die Verhältnisformel für Natriumchlorid.

Tabelle 2: Bestimmung der Anzahl der Ionen in einer Elementarzelle



Abbildung 1: Elementarzelle Natriumchlorid

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Lage** | **Na+ - Ionen** | | **Cl─ - Ionen** | |
| **Anzahl** | **Anteil** | **Anzahl** | **Anteil** |
| Kante |  | ∙ = ­­­­­v | 0 | 0 ∙ = 0v |
| Ecke |  | ∙ = v | 8 | 8 ∙ = 1v |
| Fläche |  | ∙ = v | 6 | 6 ∙ = 3v |
| Innen |  | ∙ 1 = v | 0 | 0 ∙ 1 = 0v |
| **Summe** | **-** |  | **-** | **4** |

**Aufgabe 2:** Nicht alle Kristallgitter sind so aufgebaut wie das von Natriumchlorid. Es gibt verschiedene Gittertypen. Diese werden von der Verhältnisformel und den Radien der Ionen bestimmt, denn durch die Aufnahme oder Abgabe von Elektronen ändert sich der Radius eines Atoms.

**Exkurs: Infos zum Atom- und Ionenradius**

Schaut man sich den Atomradius der Elemente des Periodensystems an, kann man folgende Feststellung machen: Innerhalb einer Hauptgruppe nimmt der Atomradius von oben nach unten im Periodensystem zu. Je mehr Schalen ein Atom besitzt, desto größer ist auch sein Radius.

Betrachten wir das Element Kalium: Ein Kaliumatom besitzt ein (Valenz-)Elektron auf der äußersten Schale und hat einen Atomradius von 227 pm (= 227·10-12 m). Wenn wir das Valenzelektron entfernen, verringert sich die Anzahl der Schalen. Daher hat ein Kaliumion (K+) einen kleineren Radius als ein Kaliumatom (Ionenradius: 138 pm).

Ein Calciumatom hat zwei Valenzelektronen. Entfernt man nur eines der beiden Valenzelektronen (sodass ein Ca+-Ion entsteht), ergibt sich eine interessante Beobachtung: Das Ca+-Ion hat einen geringeren Radius als das Calciumatom, obwohl sich die Anzahl der Schalen nicht geändert hat. Dies liegt an der fehlenden Abstoßung durch das entfernte Valenzelektron: Je geringer die Anzahl der Elektronen in der Atomhülle ist, desto geringer ist die Abstoßung der Elektronen untereinander. Hieraus resultiert ein geringerer Abstand zwischen den einzelnen Elektronen und somit auch ein geringerer Abstand der Elektronen zum Kern.

Die Entfernung eines Elektrons aus der Hülle bewirkt also – unabhängig davon, ob sich die Anzahl der Schalen verändert – immer eine Verringerung des Atomradius.

Ein Fluor-Atom hat sieben Valenzelektronen. Wenn das Fluor-Atom ein zusätzliches Elektron aufnimmt und dadurch zum Fluoridion (F–) wird, verändert sich die Anzahl der Schalen nicht. Trotzdem nimmt der Radius zu, denn durch das hinzugekommene Elektron sind mehr negative Ladungen vorhanden, die sich gegenseitig abstoßen und darum versuchen, sich mit dem größtmöglichen Abstand anzuordnen. Der Radius des Fluoridions ist also größer als der des Fluor-Atoms.

1. Erklärt, warum der Ionenradius eines Chloridanions größer ist als der Atomradius eines Chloratoms.
2. Erklärt, warum der Ionenradius eines Natriumkations kleiner ist als der Atomradius eines Natriumatoms.

**Aufgabe 3:** In Abbildung 2 ist die Elementarzelle von Calciumfluorid modellhaft dargestellt. Dabei sind die Fluoridionen (grün) im Vergleich zu den Calciumionen (grau) etwas größer gezeichnet.

1. Bestimmt die Anteile der Calcium- und Fluoridionen in der Elementarzelle (Tabelle 3).

**Tabelle 3: Bestimmung der Anzahl der Ionen in einer Elementarzelle**

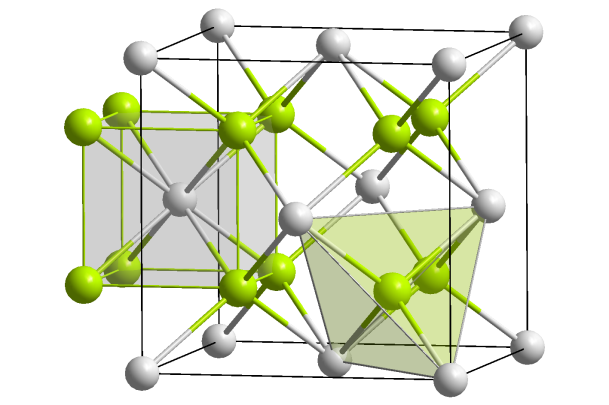


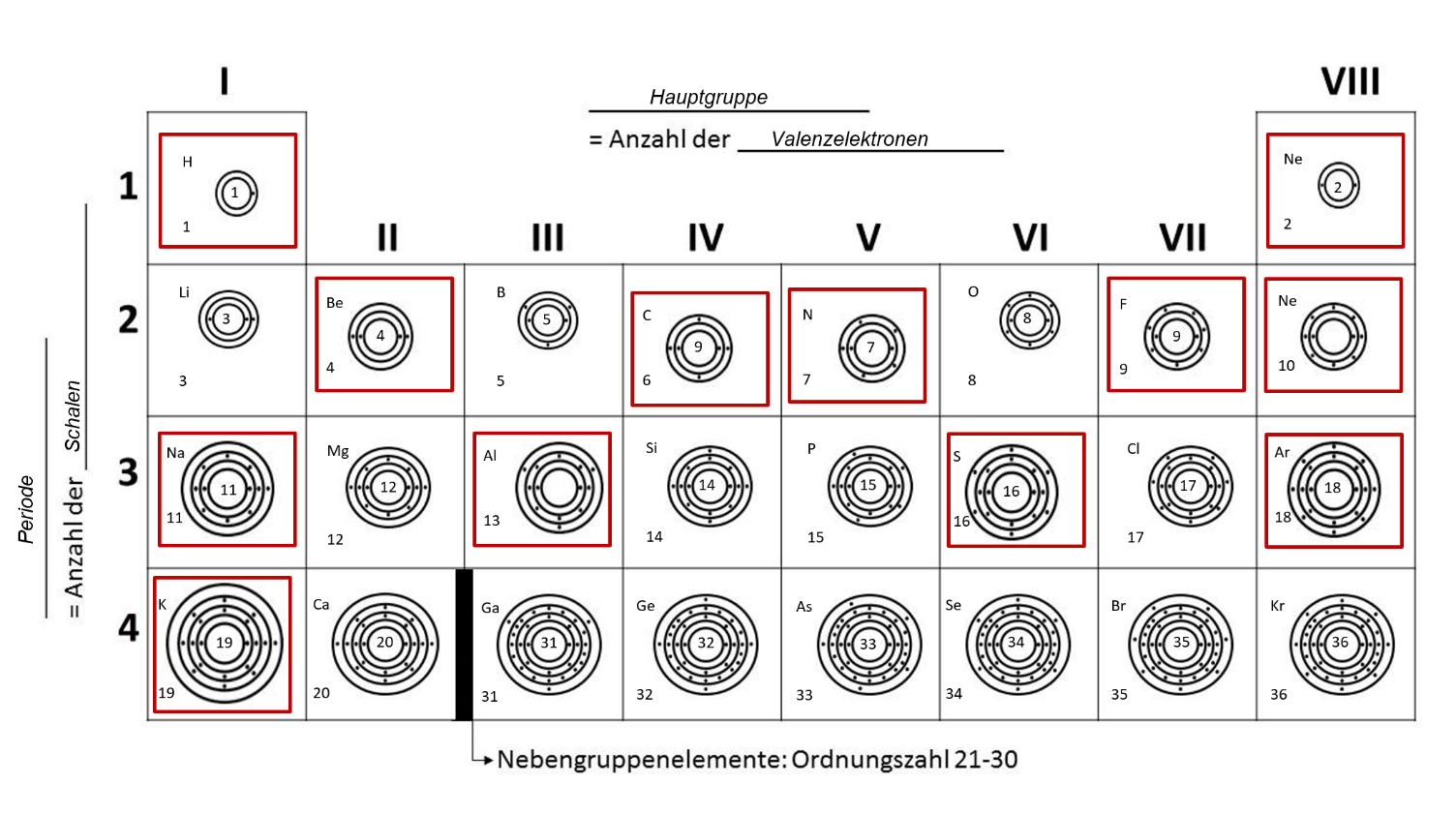
Abbildung 2: Elementarzelle Calciumfluorid1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Lage** | **Ca2+ - Ionen** | | **F─ - Ionen** | |
| **Anzahl** | **Anteil** | **Anzahl** | **Anteil** |
| Kante |  | ∙ = \_\_ |  | ∙ = \_\_ |
| Ecke |  | ∙ = \_\_ |  | ∙ = \_\_ |
| Fläche |  | ∙ = \_\_ |  | ∙ = \_\_ |
| Innen |  | ∙ 1 = \_\_ |  | ∙ 1 = \_\_ |
| **Summe** | **-** |  | **-** |  |

1. Aus den Summen der berechneten Anteile könnt ihr die Verhältnisformel ableiten. Wie lautet sie? Erläutert, wie ihr auf die Verhältnisformel anhand der Summe der berechneten Anteile gekommen seid.

1Quelle: Wimedia Commens (2008). *CA F2 .*Verfügbar unter <https://de.wikipedia.org/wiki/Calciumfluorid#/media/File:CaF2_polyhedra.png> [17.05.2021]

**Das selbstgebastelte Periodensystem der Lernleiter Atombau2**

****

Denke daran: und 

2Quelle: van Vorst, H. & Sumfleth, E. (Hrsg.). (2020). *Von Sprosse zu Sprosse*. *Innovative Erarbeitung des Bohr´schen Atomkonzepts mit der Lernleiter*. Münster: Waxmann, S. 123.