

Gruppenpuzzle „Ionenbindung – was die Kristalle zusammenhält“

1 Die Edelgas- oder Oktettregel

Wenn Chlor mit den Elementen Na (1. Hauptgruppe), Mg (2. Hauptgruppe), Al (3. Hauptgruppe) und Si (4. Hauptgruppe) reagiert, so entstehen die folgenden Verbindungen:

1. Hauptgruppe	2. Hauptgruppe	3. Hauptgruppe	4. Hauptgruppe
NaCl	MgCl ₂	AlCl ₃	SiCl ₄

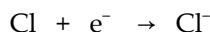
Hinter dieser Regelmäßigkeit steckt ein Prinzip, das man als „Oktettregel“ bezeichnet, oder auch als „Edelgasregel“. Dabei geht es um folgendes:

Die Edelgase scheinen eine Besonderheit darzustellen, und irgendeine Gemeinsamkeit scheint sie besonders Reaktionsträge zu machen. Irgendetwas bremst also ihr Bestreben, zu reagieren und Verbindungen einzugehen. Oder anders gesagt: Sie befinden sich als Element in einem so „erstrebenswerten“ Zustand, dass sie keine Veranlassung haben, diesen zu verlassen und in einer chemischen Reaktion eine einzugehen.

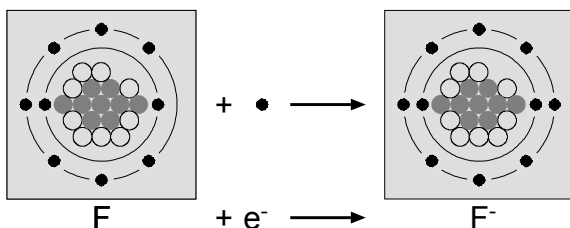
Betrachtet man die Verteilung der Elektronen in den Edelgasatomen Ne, Ar, Kr, Xe und Rn, so findet man eine Gemeinsamkeit. (Bitte schau im Material erst einmal nach und suche nach einer Gemeinsamkeit, bevor Du weiterliest).

Mit Ausnahme des Heliums besitzen die Edelgasatome auf der äußersten Schale 8 Elektronen. In der Tat ist dieser Zustand für ihre Reaktionsträgheit verantwortlich. Mehr noch: In chemischen Reaktionen sind alle die Atome bestrebt, genau diesen Edelgaszustand einzunehmen, indem sie die Anzahl der Elektronen auf der äußersten Schale erhöhen oder erniedrigen.

Beispiel: Chlor hat auf seiner äußersten Schale 7 Elektronen, benötigt also nur noch ein Elektron zur vollen Achterschale wie das Edelgas Argon:



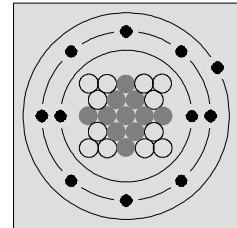
Das einzelne zusätzliche Elektron wird in die äußerste Schale eingebaut – und gut! :-). Für das Fluor geschieht ganz ähnliches:



Ganz anders liegt der Fall für das Natriumatom: Dieses hat (nach der Tabelle) ein einzelnes Elektron auf der äußersten Schale und müsste daher 7 weitere Elektronen beherbergen, um auf eine volle Achterschale wie beim Argon zu kommen. Natrium verhält sich daher völlig anders als Chlor: Es gibt ein Elektron von der äußersten Schale ab, wodurch die darunterliegende Edelgasschale des Neons zum Vorschein kommt. Natrium reagiert also zu einem Natriumion und einem Elektron:



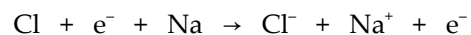
Übung: Zeichne diese Elektronenabgabe des Natriums genau so ins Heft, wie oben die Elektronenaufnahme des Fluors abgebildet ist.



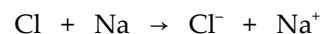
²³₁₁Na

Bei diesen Reaktionen entstehen Atome, die mehr oder weniger Elektronen haben als Protonen im Kern. Sie sind daher elektrisch nicht mehr neutral, sondern sie sind geladen. Bei einem Elektronenüberschuss entsteht eine negative Ladung, die durch ein Minuszeichen angedeutet wird. Fehlen hingegen Elektronen, so wird dies durch ein hochgestelltes Plus angezeigt. Mehrere Ladungen werden so gekennzeichnet: O²⁻ und Al³⁺. Solche geladenen Atome werden *Ionen* genannt. Negative Ionen heißen *Anionen* und positive Ionen *Kationen*.

Wenn man die beiden Reaktionsgleichungen auf beiden Seiten zusammenfasst, so erhält man:



Auf beiden Seiten der Gleichung steht noch ein Elektron, das man getrost weglassen kann. Dann lautet die Reaktion zwischen Chloratomen und Natriumatomen:



Daher bilden Natrium und Chlor die Verbindung NaCl, die man in Ionenschreibweise auch Na⁺ Cl⁻ nennen kann.

Nun bist Du bestens gerüstet, um an die Aufgaben auf dem Übungsblatt zu gehen. Möge die Weisheit mit Dir sein!

Vokabeln:

Ion, Ladung, Anion, Kation

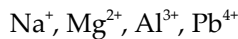
2 Die Ladungen der Ionen machen seltsame Summenformeln

Wenn Chlor mit den Elementen Na (1. Hauptgruppe), Mg (2. Hauptgruppe), Al (3. Hauptgruppe) und Si (4. Hauptgruppe) reagiert, so entstehen die folgenden Verbindungen:

1. Hauptgruppe	2. Hauptgruppe	3. Hauptgruppe	4. Hauptgruppe
NaCl	MgCl ₂	AlCl ₃	SiCl ₄

Hinter dieser Regelmäßigkeit steckt das Prinzip des Ladungsausgleichs. In Mineralien sind nämlich die die Atome geladen: Metallatome tragen positive Ladungen und Nichtmetallatome tragen negative Ladungen.

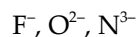
Metallatome der ersten Hauptgruppe sind einfach positiv geladen, Metalle der zweiten Hauptgruppe sind zweifach positiv geladen, usw.:



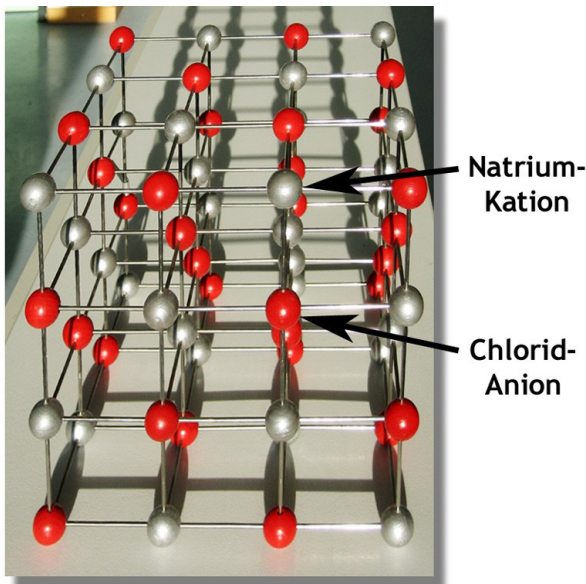
Solche geladenen Atome heißen *Ionen*. Positiv geladene Ionen heißen *Kationen*.

Übung: Schreibe JETZT die Ionen des Calciums, Kaliums, Bors und Zinns (Sn!) auf.

Nichtmetallatome der siebten Hauptgruppe sind einfach negativ geladen, die der sechsten Hauptgruppe zweifach negativ und die der fünften Hauptgruppe dreifach negativ:

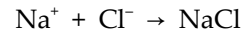


Übung: Schreibe JETZT die Ionen des Fluors, Broms und Iods auf, die des Schwefel und die des Phosphors.



In einem Mineral müssen genau so viele positive wie negative Ladungen vorhanden sein. Alle Ladungen gleichen sich gegenseitig aus.

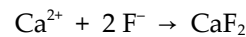
Es müssen also gleich viele positive wie negative Ladungen vorhanden sein. Im Falle des Natriumchlorids ist das ganz einfach: Jedes Natriumion gleicht die Ladung eines Chlorid-Ions aus, denn beide sind einfach geladen:



(In der Summenformel schreibt man die Ladungen nicht mehr aus.)

Komplizierter wird es, wenn die Metallionen stärker geladen sind als die Nichtmetallanionen, oder umgekehrt. Dann ändern sich die Verhältnisse.

Darum hat Calciumfluorid die Formel CaF₂, denn Calciumionen sind zweifach positiv geladen, die Fluorid-Ionen hingegen nur einfach negativ:



Vokabeln

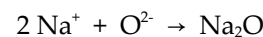
Die wichtigen *Nichtmetall-Ionen* sind:

Fluorid (F⁻), Chlorid (Cl⁻), Bromid (Br⁻) und Iodid (I⁻), sowie Oxid (O²⁻) und Sulfid (S²⁻).

Welche Formel hat also beispielsweise Natriumoxid?

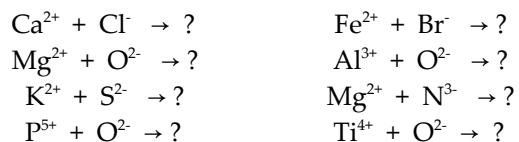
Das Natrium-Ion ist einfach positiv geladen (Na⁺). Das Oxid-Ion ist zweifach negativ geladen (O²⁻).

Die Ladungen gleichen sich also aus, wenn sich jeweils zwei Natrium-Ionen und ein Oxid-Ion zusammensetzen:



Bevor Du Dich an den Aufgaben auf dem Übungsblatt versuchst, solltest Du die folgenden Übungen bearbeiten, denn dazu sind die Lösungen angegeben. (Aber erst gucken, wenn Du einen ernsthaften Lösungsvorschlag hast!)

Übungen



Lösungen (bitte erst einmal abdecken)

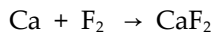
CaCl₂
MgO
K₂S
FeBr₂
Al₂O₃
Mg₃N₂
P₂O₅
TiO₂

3 Wie man Reaktionsgleichungen einrichtet

Vieles ist einfach – manches auch zweifach. Die meisten Elemente kommen in der Natur als „Einzeltäger“ vor – als einzelne Atome. Die Edelgasatome beispielsweise schweben im Gas als kleine Kügelchen durch den Raum.

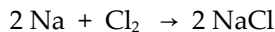
Einige wenige Elemente jedoch kommen nur als „Pärchen“ vor, und ausgerechnet diese machen ganz viel Chemie. Es sind dies die Elemente Stickstoff (N₂), Sauerstoff (O₂) und die Halogene Fluor (F₂), Chlor (Cl₂) Brom (Br₂) und Iod (I₂). Warum das so ist, werden wir später kennen lernen.

Weil nun das Fluor beispielsweise nur in Paaren – man sagt zu diesen Paaren auch „Moleküle“ – vorkommt, lautet die korrekte Reaktionsgleichung mit Calcium:

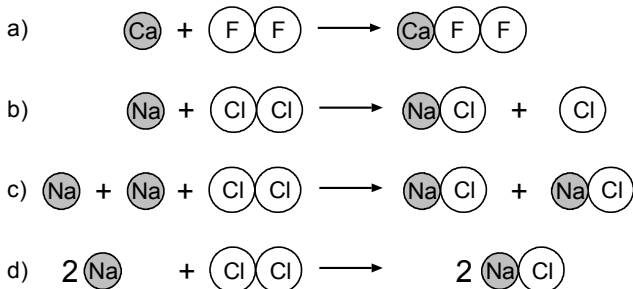


Also ganz einfach.

Weniger einfach ist es im Falle des Natriumchlorids, das bekanntlich die chemische Formel NaCl hat. Dann benötigt man so genannte Vorfaktoren, um die Gleichung stimmig zu machen:



Beim Einrichten der Reaktionsgleichung geht es also nur darum, die richtigen *Vorfaktoren* zu finden, damit die Reaktionsgleichung „aufgeht“. Die Indices hingegen, das sind die tiefgestellten, kleinen Ziffern, darf man nicht verändern. Sie sind ganz einzigartig für jeden Stoff. Beispielsweise ist normaler Sauerstoff O₂, und das Gas Ozon O₃ ist giftig und nicht atembar. Wasser hat die Formel H₂O, und das ist nicht das gleiche wie H₂O₂, das nämlich ist Wasserstoffperoxid, eine aggressive Flüssigkeit, die zum Haarebleichen eingesetzt wird.



Die Abbildung zeigt noch einmal, wie man mit den Vorfaktoren umgeht. Ca und F₂ reagieren miteinander zu CaF₂, es sind keine Vorfaktoren nötig (a).

Wenn ein Na-Teilchen und ein Cl₂-Teilchen miteinander reagieren würden, dann würde ein Cl-Teilchen übrig bleiben (b). Also müssen zwei Na-Teilchen und ein Cl₂-Teilchen miteinander reagieren (c).

Für zwei Na-Teilchen kann man auch „2 Na“ und für zwei NaCl-Teilchen „2 NaCl“ schreiben (d).

Bevor Du Dich an den Aufgaben auf dem Übungsblatt versuchst, solltest Du die folgenden Übungen bearbeiten, denn dazu sind die Lösungen angegeben. (Aber erst gucken, wenn Du einen ernsthaften Lösungsvorschlag hast!) Ach ja. Und manche Reaktionsgleichung ist auch schon fertig, da sind dann alle Vorfaktoren „1“.

Übungen	
Ca + Cl ₂ → CaCl ₂	N ₂ + O ₂ → NO
H ₂ + O ₂ → H ₂ O ₂	H ₂ + O ₂ → H ₂ O
N ₂ + O ₂ → N ₂ O ₄	N ₂ + O ₂ → N ₂ O
Cu + O ₂ → CuO	Al + O ₂ → Al ₂ O ₃
Lösungen (bitte erst einmal abdecken)	
Ca + Cl ₂ → CaCl ₂ N ₂ + O ₂ → 2 NO N ₂ + 2 O ₂ → N ₂ O ₄ 2 N ₂ + O ₂ → 2 N ₂ O H ₂ + O ₂ → H ₂ O ₂ 2 H ₂ + O ₂ → 2 H ₂ O 2 Cu + O ₂ → 2 CuO 4 Al + 3 O ₂ → 2 Al ₂ O ₃	

Nun kannst Du an die Aufgaben gehen – möge die Weisheit mit Dir sein! :-)



4 Metalle, Nichtmetalle und die Elektronegativität

In dieser Unterrichtsreihe geht es um Mineralien. Warum aber ist Aluminiumoxid (Al_2O_3) ein Mineral, Wasserstoffoxid (H_2O) aber nicht?

Wenn Du die bisher betrachteten Mineralien anschaut, dann erkennst Du, dass sie immer aus einem Metall und einem Nichtmetall zusammengesetzt sind:

Halit – Natriumchlorid – NaCl
 Hämatit – Eisenoxid – Fe_2O_3
 Saphir – Aluminiumoxid – Al_2O_3
 Fluorit – Calciumfluorid – CaF_2

Nunja. Aber: Ist Bariumtellurid (BaTe) wohl ein Mineral – eine so genannte Ionenverbindung?

Dazu gibt es einige Tricks, um dies herauszufinden.

1. Metall oder Nichtmetall?

Durch das Periodensystem der Elemente läuft eine Trennungslinie, und zwar vom Bor (B) schräg nach unten zum Astat (At). Diese Linie trennt Metalle (links von dieser Linie) und Nichtmetalle (rechts der Linie). Metalle sind also „links unten“ zu finden, Nichtmetalle „rechts oben“.

H						
Li	Be	B	C	N	O	F
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I
Cs	Ba	Tl	Pb	Bi	Po	At

Übungsaufgaben:

1. Zeichne wenn möglich in Deinem eigenen Periodensystem die Nichtmetalle und die Metalle farbige ein. (Wie in der Abbildung oben.)
2. Handelt es sich bei den Elementen Gallium, Astat, Antimon, Indium, Arsen und Selen jeweils um Metalle oder Nichtmetalle? Lege eine Tabelle im Heft an. (Es ist nicht wichtig,

diese Elemente zu behalten. Es ist wichtig, dass Du das Suchen übst und dabei in Deinem eigenen Periodensystem eine Übersicht bekommst, wo Metalle und wo Nichtmetalle zu finden sind.)

3. Warum handelt es sich bei den folgenden Verbindungen garantiert nicht um Ionenverbindungen (Mineralien)?:

Arsensulfid, Selenchlorid, Aluminiumcalcium, Sauerstoffbromid.

2. Die Elektronegativität

Mit der Elektronegativität lässt besser entscheiden, ob eine Verbindung eine so genannte Ionenverbindung ist oder nicht. Was Ionenverbindungen genau sind, erklärt Dir eine andere Gruppe. Mineralien nennt man solche Ionenverbindungen, die man in der Natur findet. Es gibt aber auch künstliche Ionenverbindungen.

Um zu entscheiden, ob eine Verbindung wirklich eine Ionenverbindung ist, muss man klären, ob das Nichtmetall ein großes Bestreben hat, zusätzliche Elektronen aufzunehmen. Dafür ist die *Elektronegativität* eines Elements ein Maß. Die Elektronegativität des Nichtmetalls um 1,7 größer als die Elektronegativität des Metalls, dann spricht man von einer Ionenverbindung. Für Natriumchlorid gilt:

$$3,2 - 0,9 = 2,3$$

23	35
11	17
Na	Cl
Natrium	Chlor
0,9/1	3,2/1

Da die Elektronegativität von Chlor um 2,3 größer ist als die von Natrium, ist Natriumchlorid eine Ionenverbindung.

Im Allgemeinen haben Metalle kleine Elektronegativitäten und Nichtmetalle große Elektronegativitäten. Die größte Elektronegativität hat Fluor mit 4,0.

Übungsaufgaben:

4. Erkläre mit einer Rechnung und einem Antwortsatz, warum Aluminiumoxid eine Ionenverbindung ist, Wasser aber nicht.

Nun bist Du bestens gerüstet, um an die Aufgaben auf dem Übungsblatt zu gehen. Möge die Weisheit mit Dir sein!

Vokabeln:

Elektronegativität, Metall, Nichtmetall