

**(6) Die Chemie der Salze.**

Woran erkenne ich ein Salz? Nun, als **STOFF** ist es ein (sehr oft weißer bzw. eigentlich farbloser) kristalliner Feststoff. Seine Lösung in Wasser (bzw. seine Schmelze) leitet Strom. Seine Formel zeigt immer dasselbe Muster. Dazu ein Beispiel: Calciumsulfat (mit Kristallwasser: Gips),  $\text{CaSO}_4$ , hat zwei Teile:  $\boxed{\text{Ca}^{2+}}$   $\boxed{\text{SO}_4^{2-}}$ . Der erste Teil ist das Calcium-Ion  $\boxed{\text{Ca}^{2+}}$ , Calcium ist ein **METALL**. Der zweite Teil kann seine Verwandtschaft mit Schwefelsäure nicht leugnen: Es ist (Schwefelsäure minus Wasserstoffatome), = **SÄUREREST-ION**,  $\boxed{\text{SO}_4^{2-}}$ .

Die Formel eines Salzes besteht aus: **METALL-KATION** und **SÄUREREST-ANION**.

Säurerest-Ionen haben natürlich eben so viele Minusladungen, wie die Säure Wasserstoffatome:

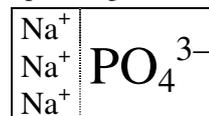
✍ Ergänze analog zu:  $\boxed{\text{HBr} - \text{Br}^-}$ ;  $\boxed{\text{HCl} - \dots\dots}$ ;  $\boxed{\text{H}_2\text{SO}_4 - \dots\dots}$ ;  $\boxed{\dots\dots - \text{PO}_4^{3-}}$ ;  $\boxed{\dots\dots - \text{NO}_3^-}$

**Bastle Dir Dein eigenes Salz:**

Das geht ganz einfach: Du nimmst ein Metall-Kation aus der folgenden Liste und ein Säure-Anion (hat so viele Minusladungen, wie die Säure H-Atome, s.o.):  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ . Bedenke:

Die Summe der Plus- und die Summe der Minusladungen im Salz müssen gleich sein! Beispiel:  $\text{Mg}^{2+}$  braucht zwei  $-$ , also z.B.  $\text{Mg}^{2+} \text{SO}_4^{2-}$ . Oder: Das Phosphatanion kommt von der Phosphorsäure  $\text{H}_3\text{PO}_4$  – daher lautet seine Formel  $\text{PO}_4^{3-}$ ! Es verlangt daher z.B. drei  $\text{Na}^+$ :

Das fertige Salz kannst Du dann nach Lust & Laune benennen (Florianat, Katharinat, Georgat, Claudiat, ...) oder doch so wie die ChemikerInnen: **NATRIUMPHOSPHAT**, **CALCIUM-**



**CHLORID**, ... Zuerst wird das Kation (bzw. Metall) genannt, darauf folgt dann der Name des Anions: Natriumchlorid, Mangan-sulfat, Silber-nitrat.

**Wie stellt man Salze her?**

- (1) Aus den Elementen: Versuch: Aluminium und Brom. Reaktionsgleichung:  
✍ ...
- (2) Aus Metall und Säure: Versuch Zink und Salzsäure (schon gesehen), Reaktionsgleichung  
✍ ...
- (3) Aus Metalloxid und Säure: Versuch Kupferoxid und Salpetersäure: Reaktionsgleichung  
✍ ...
- (4) Aus Säure und Base: Hoffentlich gut bekannt als **NEUTRALISATION**, Reaktionsgleichung  
✍ ...
- (5) Durch Verdrängung: Grundsatz: Die stabilere Säure verdrängt die weniger stabile aus ihren Salzen. Reaktionsgleichung des klassischen Nachweises auf Carbonate  
✍ ...

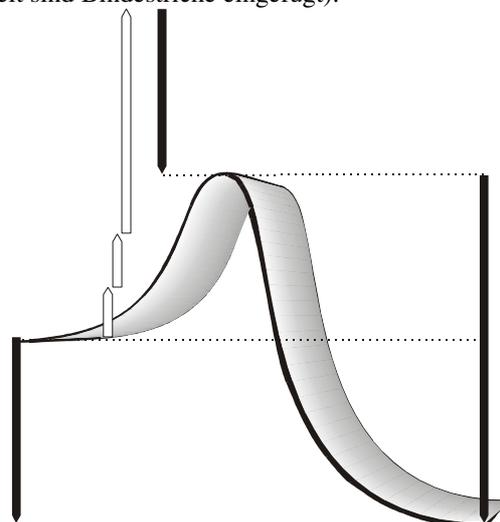
**Zusammenfassung, allgemein:**

Element 1 + Element 2	→ <b>SALZ</b>
Metall + Säure	→ <b>SALZ</b> + $\text{H}_2$
Metalloxid + Säure	→ <b>SALZ</b> + $\text{H}_2\text{O}$
Säure + Base	→ <b>SALZ</b> + $\text{H}_2\text{O}$
Salz 1 + Säure 2	→ <b>SALZ 2</b> + Säure 1

**Die Energie bei der Kochsalzbildung:**

Definition wichtiger energetischer Begriffe (zur besseren Lesbarkeit sind Bindestriche eingefügt):

- ☞ **AKTIVIERUNGS-ENERGIE:** Energie zur Erzeugung reaktionsfähiger Teilchen – diese können sofort und ohne Behinderung reagieren (Beispiel Feuer machen).
- ☞ **GITTER-ENERGIE:** Maß für die Festigkeit des Gitters – so viel Energie muss man aufbringen, um das Gitter zu zerstören (Beispiel grobes Salz zerstoßen).
- ☞ **REAKTIONS-ENTHALPIE:** aufgewendete oder freiwerdende Energiemenge in einer chemischen Reaktion (molare Mengen). Die „**BILDUNGS-ENTHALPIE**“ ist der Spezialfall der REAKTIONS-ENTHALPIE, wenn die Ausgangsstoffe alle Elemente sind (Beispiel Wasser aus  $\text{H}_2$  und  $\text{O}_2$ ).
- ☞ **SCHMELZ-WÄRME:** ist notwendig, um den Stoff vom festen in den flüssigen Zustand überzuführen; **VERDAMPFUNGSWÄRME:** ist nötig, um den Stoff aus dem flüssigen in den gasförmigen Zustand überzuführen.
- ☞ **DISSOZIATIONS-ENERGIE:** Energie, um ein Molekül in A-

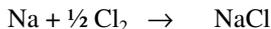


(6) DIE CHEMIE DER SALZE.

tome zu zerlegen (um eine Bindung zu spalten).

- ☉ **IONISIERUNGS-ENERGIE:** ist die Energiemenge, um aus Atomen Kationen zu machen.
- ☉ **ELEKTRONEN-AFFINITÄT:** ist die Energiemenge, um aus Atomen Anionen zu machen

**Der Born-Haber-Kreisprozess:**



Die weiter oben abgebildete Grafik veranschaulicht – am Beispiel des Natriumchlorids – wie man zur Gitterenergie gelangen kann: Name der Energien zu den Pfeilen bitte selbst einfügen! Die Kurve gibt den Reaktionsverlauf im Energiemaßstab wieder. Zugeführte Energie: weiße Pfeile, freiwerdende Energie: schwarze Pfeile.

**ENERGIEWERTE FÜR NaCl:**

ENERGIE	MESSWERT
Schmelz- + Verdampfungswärme	+109kJ/mol Na
Dissoziationsenergie	+234kJ/mol Cl <sub>2</sub>
Ionisierungsenergie	+494 kJ/mol Na
Elektronenaffinität	-364kJ/mol Cl-Atome
Gitterenergie	-766kJ/mol NaCl
Bildungsenthalpie	-410kJ/mol NaCl

Was dahinter steckt: Die Gitterenergie lässt sich experimentell nicht bestimmen. Auch die Aktivierungsenergie lässt sich nicht messen – zumindest nicht für ein mol einer Verbindung. Daher überlegten sich unabhängig von einander die beiden Wissenschaftler (Max Born, 1882-1970 und Fritz Haber, 1868-1934, beide aus Breslau), wie man die Aktivierungsenergie aus *messbaren* Energien zusammensetzen könnte.

Es wurde ihnen im Rahmen eines Gedankenexperiments klar, daß man zunächst einmal die beiden Ausgangsstoffe in einzelne Atome zerlegen muss (Na, Cl). Diese werden dann in die entsprechenden Ionen verwandelt (Na+, Cl-). Die beiden Ionen „lässt man aus unendlicher Entfernung aufeinander zufliegen“ (vom höchsten Punkt der Grafik) – dabei wird die Gitterenergie frei.

☞ Die **AKTIVIERUNGSENERGIE** setzt sich also zusammen aus:

...

☞ Die **GITTERENERGIE** setzt sich zusammen:

Aus ... und ...

**KREISPROZESS** heißt der Vorgang deshalb, weil (wichtiger Grundsatz aus der Physik!) man „auf dem Umweg“ denselben Betrag für die Gitterenergie erhalten sollte!

Ist diese **GITTERENERGIE** wirklich ein Maß für die Festigkeit des Gitters? Zerstören kann man ein Gitter entweder

- (1) Durch mechanisches Bearbeiten (mühsam und nie vollständig) oder
- (2) durch Auflösen in einem Lösungsmittel oder
- (3) durch Schmelzen.

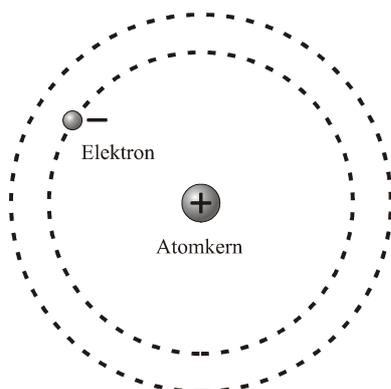
Gitterenergien, nach Born und Haber:		
Salz:	Gitter-E., [kJ/mol]	t <sub>m</sub> , [°C]
NaCl	758	800
NaBr	737	747
NaI	695	662
KCl	682	770
KBr	670	742
KI	632	682
RbCl	666	717
RbBr	657	677
RbI	620	641

☞ Schau Dir die Tabelle (rechts) an – spricht sie für oder gegen die Theorie von Haber und Born?

**(7) Ionen: Entstehung, Energie, Größe.**

**Energie und Atom:**

Zwei Elektronenbahnen, die eine weiter vom Kern entfernt.



Wir gehen vom einfachsten Atommodell aus: Ein Elektron auf einer Kreisbahn um den Kern (Abb. links).

Wie kann ein Elektron Energie (beispielsweise in Form von Strahlung: Wärme oder Licht) aufnehmen? Eine Portion Strahlung nennen wir (seit 1900: Max Planck) ein **QUANT**. Trifft ein solches auf ein Atom, dann kann es von der Elektronenhülle absorbiert („verschluckt“) werden (Abb. rechts):

Die Energie wird vom e<sup>-</sup> dazu verwendet, in eine „höhere“ (energiereichere) Bahn zu steigen.

Energiequant aus der Umgebung des Atoms wird absorbiert

