

1.11. Chemie der Hauptgruppenelemente

1.11.1. Die 1. Hauptgruppe (Alkalimetalle)

siehe 1.4.3.

Übungen: Aufgaben zur Chemie der Hauptgruppenelemente Aufgabe 1

1.11.2. Die 2. Hauptgruppe (Erdalkalimetalle)

Calcium und Magnesium vergleichen

Namen und Vorkommen

Name	Vorkommen
Beryllium Be (nach dem Halbedelstein Beryll)	Beryll $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$, Smaragd (mit Cr^{3+}) Aquamarin (mit Fe^{3+})
Magnesium Mg (nach der Region Magnesia in Thessalien)	Asbest $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, Spinell MgAl_2O_4 , Magnesia = Talk $\text{Mg}_3(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$,
Calcium Ca (lat. calx = Kalkstein)	Kalkstein/Kreide/Marmor = Calciumcarbonat CaCO_3 , Gips = Calciumsulfat CaSO_4
Strontium Sr (nach dem Fundort Strontian in Schottland)	Strontianin = Strontiumcarbonat SrCO_3 , Zölestin = Strontiumsulfat SrSO_4
Barium Ba (griech barys = schwer)	Baryt = Schwerspat = Bariumsulfat BaSO_4
Radium Ra (lat radius = Strahl)	radioaktiv mit Halbwertszeit 1600 Jahre

Allgemeine Tendenzen innerhalb der Gruppe

Be	Atomradius	Ionisierungsenergie
Mg	Reaktivität	Elektronegativität
Ca	Dichte und Sp	↓
Sr	↓ nehmen	↓ nehmen
Ba	↓ zu	↓ ab
Ra	↓	↓

- *Metallglanz*
- *Leitfähigkeit*
- *Anschneiden von Mg und Ca und Beobachtung der Schnittstelle*
- *Reaktion mit Wasser bzw. verdünnter Säure*

Eigenschaften

- Alle Erdalkalimetalle sind **glänzend, biegsam** und **elektrisch leitfähig**, also typische **Metalle**
- Die Erdalkalimetalle reagieren mit **Sauerstoff** zu **Metalloxiden**: $2 \text{Ca} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CaO}$
- Die Erdalkalimetalle reagieren mit **Wasser** zu **Laugen**: $\text{Ca} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2 \text{OH}^- + \text{H}_2$
- Da für das Erreichen der stabilen Edelgasschale nur **zwei Elektronen** abgegeben werden müssen, ist die Reaktivität insgesamt höher als bei den Metallen der 3. Hauptgruppe.
- Wegen der Abnahme der Ionisierungsenergie nimmt die Heftigkeit der Reaktionen von oben nach unten zu: Be und Mg sind infolge Bildung einer sehr stabilen, luftdichten Oxidschicht (**Passivierung**) an der Luft beständig, Ca, Sr und Ra müssen vor Luft und Wasser geschützt werden

Flammenfärbung mit SrCl_2 und BaCl_2 , Kalkwasser mit verd. Schwefelsäure und Kohlensäure (hineinblasen mit Schutzbrille) reagieren lassen.

Nachweis der Metallionen

- **Flammenfarben**: Ca orangerot, Ba grün, Sr hellrot, Radium carminrot
- **Schwerlösliche Sulfate und Carbonate**: Gibt man zu einer Ca^{2+} -oder Ba^{2+} -haltigen Lösung Sulfat-Ionen SO_4^{2-} oder Carbonat-Ionen CO_3^{2-} , so erhält man weiße Niederschläge der entsprechenden Salze.

+	Sulfat SO_4^{2-}	Carbonat CO_3^{2-}
Ca²⁺	Calciumsulfat CaSO_4 (Gips)	Calciumcarbonat CaCO_3 (Kalk)
Ba²⁺	Bariumsulfat BaSO_4 (Schwerspat)	Bariumcarbonat BaCO_3

Verwendung von Kalk

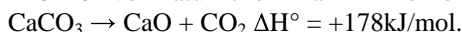
Kalk ist der mengenmäßig am häufigsten hergestellte Stoff der Erde. Jährlich werden ca. 1 Milliarde Tonnen produziert.

1. **Kalkmörtel**
2. Schlackebildner bei der **Stahlherstellung**
3. Fällungsmittel bei der **Zuckerherstellung**
4. **Glas** (bis zu 12 %)
5. **Papier** (bis zu 15 %).

Steine mit Zement, Gips und Kalk verbinden

Herstellung von Kalkmörtel

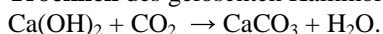
1. **Brennen** von natürlichem Kalk in Drehrohröfen bei 1000°C:



2. **Löschen** des gebrannten Kalkes auf der Baustelle:

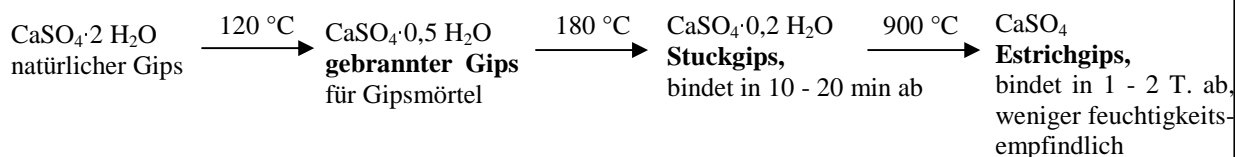


3. **Trocknen** des gelöschten Kalkmörtels an der Luft:



Kalkmörtel ist **nicht wasserbeständig** und wird heute nur noch in **Innenräumen** verwendet.

Herstellung von Gipsmörtel



Gipsmörtel ist ebenfalls nicht wasserbeständig, während **Zement** (Herstellung durch Brennen eines Gemisches aus Kalkstein und Ton bei 1500°C) auch unter Wasser abbindet.

Physiologische Bedeutung der Metallionen:

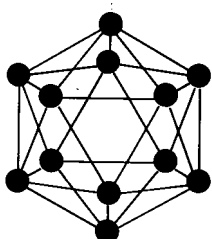
- **Be²⁺** ist stark **giftig**, da es im Körper anstelle von Mg^{2+} in lebenswichtige Moleküle eingebaut wird, die dadurch ihre Wirkung verlieren.
- **Mg²⁺** (30g/0,3g) dient zur Aktivierung vieler Stoffwechselvorgänge im Körper, z.B. zur Aktivierung der Isocitrat-Dehydrogenase im **Citrat-Zyklus** und zur Koordination von **ATP** (liegt fast immer als Mg^{2+} -Komplex vor). Mg^{2+} -Mangel führt u.a. zu Krampfneigung und Übererregbarkeit der Nerven. Mg^{2+} ist zentraler Bestandteil des grünen Pflanzenfarbstoffes **Chlorophyll**.
- **Ca²⁺** (1000g/1,2g) ist in Form von Apatit Calciumphosphat $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ der wichtigste Baustoff für **Knochen** und **Zähne**. Ca^{2+} -Mangel führt zu Knochenerweichung (**Rachitis** bei Kindern, **Osteoporose** bei älteren Frauen).

Übungen: Aufgaben zur Chemie der Hauptgruppenelemente Aufgabe 2

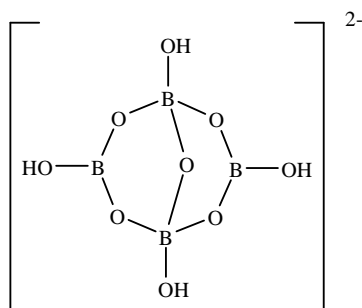
1.11.3. Die 3. Hauptgruppe

Bor

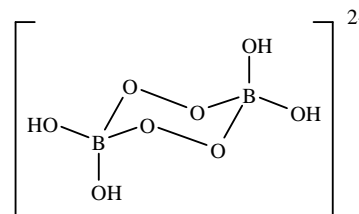
- **Bor B** (von **Borax**) ist ein **Halbmetall** mit vielen **Ähnlichkeiten** zu **Silizium**:
- **Modifikationen**: sind aus B₁₂-Ikosaedern aufgebaut mit hohen **Härten** und **Schmelzpunkten** (2180 °C)
- **Vorkommen** als **Borax** Na₂[B₄O₅(OH)₄]·8 H₂O
- **Verwendung** als Zusatz für hitzebeständige und harte **Borosilikat-Gläser** und als **Bleichmittel** in Waschmitteln.



Ikosaeder = Zwanzigflächner



Borat-Anion



Perborat-Anion

Borsäure untersuchen, Flammenfarbe, Nachweis von Perboraten in Waschmitteln

Perborate und Borsäure in Waschmitteln

- **Borsäure** reagiert nicht durch Abgabe von H⁺ sondern durch Aufnahme von OH⁻:

$$\text{B(OH)}_3 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{B(OH)}_4^- + \text{H}_3\text{O}^+$$
- **Natriumborat** Na[B(OH)₄] ist das Salz der Borsäure. **Nachweis** der Borate durch Zugabe von konz H₂SO₄ und Methanol, wobei sich die flüchtigen **Borsäuremethylester** mit **grüner Flammenfarbe** bilden
- **Natriumperborat** Na₂[B₂(O₂)₂(OH)₄] wird als Bleichmittel in **Waschmitteln** für europäische Waschmaschinen, eingesetzt, da es bei über 70 °C **Wasserstoffperoxid** H₂O₂ freisetzt:

$$\text{Na}_2[\text{B}_2(\text{O}_2)_2(\text{OH})_4] + 4 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Na}[\text{B(OH)}_4] + 2 \text{H}_2\text{O}_2$$
Amerikanische Waschmaschinen haben keinen Kochwaschgang und enthalten andere Bleichmittel wie z.B. **Percarbonate** 2 Na₂CO₃·3 H₂O₂ = Natriumcarbonat mit eingelagertem H₂O₂

Aluminium vorstellen, Aluminium + Brom: Verzögerung der Reaktion durch die Oxidschicht = Passivierung

Aluminium, Gallium, Indium und Thallium

Name	Bedeutung
Aluminium Al (von Alaun = NaAl(SO ₄) ₃)	Vorkommen in fast allen Mineralien (Silicaten), außerdem als Al ₂ O ₃ in Tonerde (Korund) , Rubin (mit Cr ³⁺), Saphir , und als Bauxit AlO(OH). Herstellung durch Schmelzflußelektrolyse mit Kryolith Na ₃ AlF ₆ bei 1000°C und 5 V. Verwendung als Leichtmetall in Legierungen mit Mg und Cu zur Verbesserung der Festigkeit. Al ist infolge Passivierung an der Luft beständig; durch anodische Oxidation (Eloxalverfahren) kann eine 0,02mm dicke, gegen Meerwasser, Säuren und Laugen beständige und elektrisch isolierende (!) Oxidschicht erzeugt werden.
Gallium Ga (entdeckt 1875 in Frankreich)	seltenes Metall , Verwendung als Zusatz für Halbleiter
Indium In (lat indicum nach der indigo-blauen Flammenfarbe)	seltenes Metall , Verwendung als Zusatz für Halbleiter und für niedrigschmelzende Legierungen
Thallium Tl (griech. Thallos = sprießendes Blatt nach der grünen Flammenfarbe)	seltenes, giftiges Schwermetall ohne technische Bedeutung

Übungen: Aufgaben zur Chemie der Hauptgruppenelemente Aufgabe 3

1.11.4. Die 4. Hauptgruppe

Kohlenstoff: siehe 1.7.5.

Silizium, Germanium, Zinn und Blei

Name	Bedeutung
Silizium Si (lat. silex = Kieselstein)	Halbmetall , Vorkommen in allen Steinen, Verwendung als Halbleitermaterial in Microchips, Transistoren, Dioden, usw. Struktur: α -Si, SiO_2 (Quarz), α -Ge und α Sn bilden die Diamantstruktur mit ähnlichen Härten und Schmelzpunkten
Germanium Ge (entdeckt 1886 in Deutschland)	Halbmetall , Verwendung in Halbleitern, Supraleitern und IR-durchlässige Gläser
Zinn Sn (lat. stannum = Zinn)	Metall ; Vorkommen als Zinnstein SnO_2 , Verwendung als Korrosionsschutz (Weißblech = verzinnertes Eisenblech) und in Legierungen (Lötendraht 30 % in Pb, Bronze 10 % in Cu, Zinngeschirr 90 % mit Sb und Cu)
Blei Pb (lat. plumbum = Blei)	Metall ; Vorkommen als Bleiglanz PbS , Verwendung in Akkumulatoren , als Antiklopfmittel (PbEt_4), Farbstoffe (orangenes Mennige Pb_3O_4 als rostschützende Grundierung, gelbes Bleichromat PbCrO_4)

Steine und Mineralien mit Fetten, Eiweißen und Kohlenhydraten sowie Benzin und Alkohol vergleichen

Organische und anorganische Verbindungen
<ul style="list-style-type: none"> Organische (lebende) Stoffe = Moleküle aus Kohlenwasserstoffketten $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ mit angelagerten Nichtmetallatomen (O, N und S). Beispiele: <ul style="list-style-type: none"> - Kohlenhydrate aus z.B. Traubenzucker $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, - Fette aus z.B. Stearinsäure $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ - Eiweiße aus z.B. Lysin $\text{NH}_2\text{C}_5\text{H}_9\text{NH}_2\text{COOH}$ Anorganische (nichtlebende) Materie = Ionengitter aus Siliciumdioxid SiO_2 mit eingelagerten Metallionen, (Al^{3+}, Mg^{2+} und K^+) Beispiele: <ul style="list-style-type: none"> - Feldspate (Na,K)KAlSi₃O₈, - Tonmineralien wie Kaolinit/Porzellanerde und Glimmer $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ und - Asbest (griech. asbestos = unauslöschlich) $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$.

Die häufigsten Elemente in der Erdkruste mit Anteil in Massenprozent

Element	Massen-%	Mol-%	Vorkommen (Beispiele)
Sauerstoff O	45,5	59,8	Granit = Feldspat + Quarz + Glimmer
Silizium Si	27,2	20,4	
Aluminium Al	8,3	6,5	
Eisen Fe	6,2	2,3	Eisenerz Fe_2O_3
Calcium Ca	4,6	2,5	Kalk, Kreide, Marmor CaCO_3
Magnesium Mg	2,7	2,3	Dolomit (Mg,Ca)CO ₃
Natrium Na,	2,2	1,9	Feldspat (Na,K)AlSi ₃ O ₈ , Kochsalz NaCl
Kalium K,	1,8	1,0	Feldspat (Na,K)AlSi ₃ O ₈
Titan Ti,	0,6	0,2	Ilmenit FeTiO_3 , Perowskit CaTiO_3 , Rutil TiO_2
Wasserstoff H,	0,14	2,9	basische Mineralien

Bemerkungen:

- Das häufigste Element im Kosmos ist der Wasserstoff.
- Wasserstoff steht auf der Erde an neunter Stelle, wenn man die Wasservorkommen mit einbezieht
- Alle anderen Elemente sind aus Wasserstoff und Helium entstanden.

Giftwirkung des Bleis

In der **Lunge** werden bis zu 50 % des in der Luft enthaltenen Bleis resorbiert, während im **Magen** nur 10% des über die Nahrung aufgenommenen Bleis in den Blutkreislauf übergehen. Das aufgenommene Blei wird zu 90% in den **Knochen** abgelagert und schädigt die **Hämoglobinbildung**. Bei Kindern kann es zu schweren Hirnschädigungen führen (Verbreitung von Schwachsinn im alten Rom infolge Genuss von **Bleizucker** PbOAc_2)

Übungen: Aufgaben zur Chemie der Hauptgruppenelemente Aufgabe 4

1.11.5. Die 5. Hauptgruppe

Stickstoff: siehe 1.7.4.

Phosphor: siehe 1.7.5.

Arsen, Antimon, Bismut, Wood-Metall vorstellen und im Wasserbad schmelzen

Arsen, Antimon und Bismut

Name	Eigenschaften und Bedeutung
Arsen As (pers. az-zarnik = Auripigment)	Halbmetall , Vorkommen als Auripigment As_2S_3 und Arsenik As_2O_3 . Verwendung als Insektizid und Fungizid sowohl als Legierungszusatz der Pb-Elektroden in Autobatterien (!)
Antimon Sb (lat. stibium)	Halbmetall , Vorkommen als Grauspießglanz Sb_2S_3 , Verwendung als Halbleitermaterial
Bismut Bi (mittelhochdeutsch wise minen = Weißes Metall \Rightarrow Wismut)	Metall , Vorkommen als Bismutglanz Bi_2S_3 , Verwendung als leichtschmelzenden Legierungen wie z.B. Wood-Metall (50 % Bi, 25 % Pb, 12,5 % Sn, 12,5 % Cd) mit Fp 70 °C für Schmelzsicherungen

Giftigkeit der Arsenverbindungen

As und As_2S_3 sind ungiftig, aber As_2O_3 reagiert aufgrund seiner hohen Affinität zu Schwefel mit den **Schwefelbrücken** der Proteine und führt zu allgemeinen Nervenstörungen \Rightarrow Taubheit, Herzrhythmusstörungen, Durchfall, Erbrechen.

Übungen: Aufgaben zur Chemie der Hauptgruppenelemente Aufgabe 5

1.11.6. Die 6. Hauptgruppe (Chalkogene = Erzbildner)

Sauerstoff: siehe 1.7.4.

Schwefel: siehe 1.7.5.

Selen, Tellur und Polonium

Name	Eigenschaften und Bedeutung
Selen (griech. selenos = Mond) wegen der Ähnlichkeit zu dem vorher entdeckten Tellur)	Nichtmetall , verschiedene Modifikationen mit Ketten und Ringen, Verwendung als Photoleiter in Photokopierern und in der Pharmazie.
Tellur (lat. tellus = Erde)	Halbmetall mit Kettenstruktur
Polonium (nach Polen , dem Geburtsland der Entdeckerin Marie Curie)	radioaktives Metall mit kubisch-primitiver Struktur, Halbwertszeit 138 Tage

Übungen: Aufgaben zur Chemie der Hauptgruppenelemente Aufgabe 6

1.11.7. Die 7. Hauptgruppe (Halogene = Salzbildner)

siehe 1.4.2.

Übungen: Aufgaben zur Chemie der Hauptgruppenelemente Aufgabe 7