



# Seminar zum Anorganisch- chemischen Lehramtspraktikum LAAC2

Dr. Magdalena Rusan

27.04.2026

## Ionen der 2. Hauptgruppe

### 4.2 Die Ionen der 2. Hauptgruppe

- Hier wird – etwas willkürlich - das  $\text{Mg}^{2+}$  der „löslichen Gruppe“,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  und  $\text{Ba}^{2+}$  der „Ammoniumcarbonatgruppe“ zugeordnet
- Tatsächlich unterscheidet sich das  $\text{Mg}^{2+}$  aufgrund seiner relativ hohen Ladungsdichte deutlich von seinen höheren Homologen: es ist z.B. das einzige, das nicht durch Flammenfärbung erkannt werden kann
- $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  und  $\text{Ba}^{2+}$ : Vorproben: Flammenfärbung

Magnesiastäbchen mit etwas verdünnter HCl anfeuchten, dann etwas Probensubstanz anbringen und in die Flamme des Bunsenbrenners halten

„Blitzen“: Probe mit etwas Magnesiumpulver vermengen und in die Flamme halten

Vorsicht! Nur kleine Mengen!

z.B.  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  oder  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2 + \text{Mg} + \text{Cl}$ -Quelle „pyrotechnische Mischung“



Ca

Sr

Ba

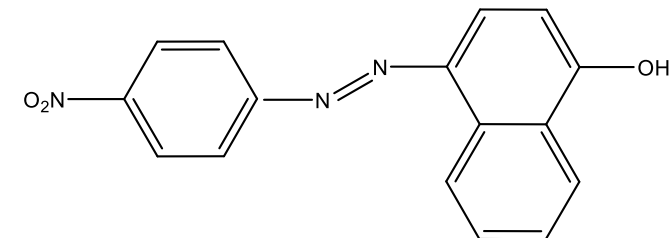
# Magnesium

## Magnesium

- Liegt in Abwesenheit koordinierender Anionen und neutraler Donoren in Wasser als  $[\text{Mg}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  mit schwach aciden Eigenschaften vor ( $\text{pK}_a = 11.2$ )
- Bei pH-Erhöhung ( $>10$ ) fällt  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  aus ( $\text{pK}_L = 11$ ), an Luft auch  $\text{MgCO}_3$ , ( $\text{pK}_L = 5$ ). Ersteres findet sich in der Natur als „Brucit“, letzteres als Mineral „Magnesit“ und Bestandteil von „Dolomit“ (mit  $\text{CaCO}_3$ )
- Mehrere verschiedene Nachweise durchführen, da einzelne Nachweise nicht immer eindeutig, wenn nicht komplett sauber getrennt wurde. Immer Blindproben verwenden!

### Nachweis mit Magneson:

- Auf Tüpfelplatte einige Tropfen der Probelösung mit 1-2 Tropfen Reagenzlösung (1 mg Magneson in 100 ml 2M NaOH) und etwas konz. NaOH versetzen (wenn Lösung sauer, dann Gelbfärbung).
- Blaufärbung bzw. blauer Niederschlag (Blindprobe durchführen)
- Zahlreiche Schwermetallkationen stören
- Nicht auf Filterpapier durchführen, da es mit Farbstofflösung Blaufärbung ergeben kann

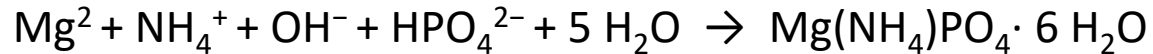


Magneson II 4-(4-Nitrophenylazo)-naphthol-(1)

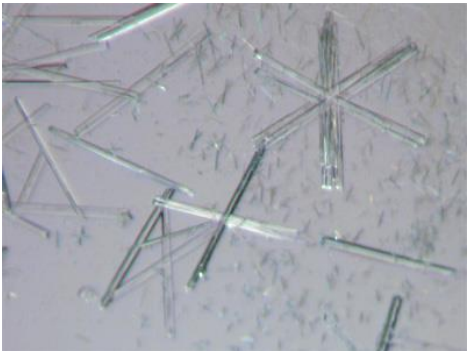
## Magnesium

### Nachweis als Magnesiumammoniumphosphat $\text{Mg}(\text{NH}_4)\text{PO}_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$

$\text{Mg}^{2+}$ -Ionen bilden mit Diammoniumhydrogenphosphat  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  in ammoniakalischer Lösung einen weißen, kristallinen Niederschlag von Magnesiumammoniumphosphat  $\text{Mg}(\text{NH}_4)\text{PO}_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ :



Die Kristalle haben bei langsamer Kristallisation aus verdünnten Lösungen eine charakteristische, sargdeckelförmige Gestalt und sind häufig X-förmig verwachsen.



Auch  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  und  $\text{Ba}^{2+}$  und andere Schwermetallkationen bilden mit Phosphat schwerlösliche Verbindungen, kristallisieren aber nicht so schön und sind eher amorph → Reaktion auf Objektträger durchführen und unter Mikroskop untersuchen

Probelösung auf Objektträger mit Reagenzlösung versetzen und auf Wasserbad erwärmen. Lösung darf nicht zu stark eindampfen, sonst kristallisieren  $\text{NH}_4^+$ -Salze in allen Formen aus.

Störungen:

- $\text{H}_2\text{O}_2$  zu Niederschlag zugeben → braun →  $\text{Mn}(\text{NH}_4)\text{PO}_4$  liegt vor
- Kristalle lösen sich in konz.  $\text{NH}_3$  →  $\text{Zn}(\text{NH}_4)\text{PO}_4$  liegt vor



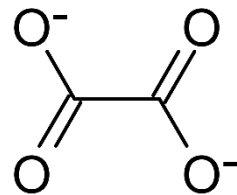
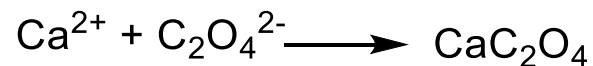
## Calcium

## Calcium

- In der Natur in Form vieler schwerlöslicher Verbindungen wie  $\text{CaCO}_3$  (Calcit),  $\text{CaSO}_4$  (Gips),  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}|\text{F})$  (Apatit),  $\text{CaF}_2$  (Fluorit), die gute Anhaltspunkte für analytische Nachweise durch Niederschlagsbildung liefern.
- In reinem Wasser liegt  $\text{Ca}^{2+}$  mit 6-8 Wassermolekülen koordiniert vor; der Aquakomplex ist schwach acide ( $\text{pK}_a > 12$ )

**Nachweis als Calciumoxalat  $\text{CaC}_2\text{O}_4$** 

- Ein relativ empfindlicher Nachweis ist die Fällung des Oxalats bei pH 5-9 mit Ammoniumoxalat ( $\text{Sr}^{2+}/\text{Ba}^{2+}$  stört, ebenso  $\text{F}^-$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$  und  $\text{PO}_4^{3-}$ ).
- Durch Zusatz von  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  zur ammoniakalischen oder schwach essigsauren calciumhaltigen Lösung fällt farbloser, kristalliner Niederschlag aus.
- $\text{Sr}^{2+}$  und  $\text{Ba}^{2+}$  werden vorher mit Überschuss an  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  als schwerlösliche Sulfate abgetrennt.



Oxalatanion



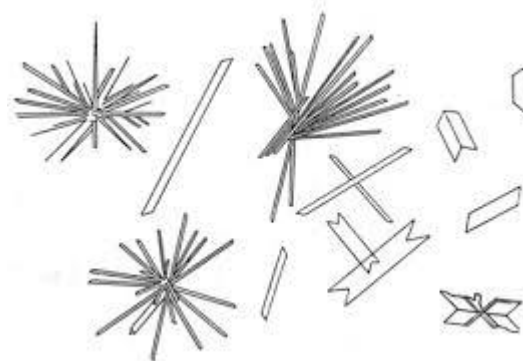
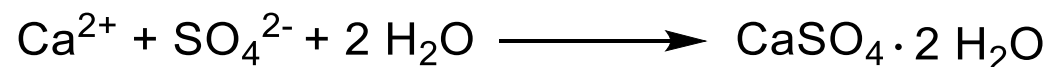
Hydroxylapatit



# Calcium

## Nachweis als $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$

- Die Fällung von Gips im HCl sauren ist insofern charakteristisch, als die entstehende Niederschlagsform als Büschel von weißen Kristallnadeln von keinem anderen Sulfat gebildet wird.
- Auf einem Objektträger versetzt man etwas salzsaure Probelösung mit 1%iger (verdünnter)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  und lässt die Flüssigkeit langsam verdampfen. Mit der Zeit bilden sich monokline Stäbchen.
- $\text{Sr}^{2+}$  und  $\text{Ba}^{2+}$  bilden ebenfalls kristalline Niederschläge, aber Kristalle sind viel feiner
- Borat,  $\text{F}^-$  und  $\text{SO}_3^{2-}$  stören



Kristalle



Gips

# Strontium

## Strontium

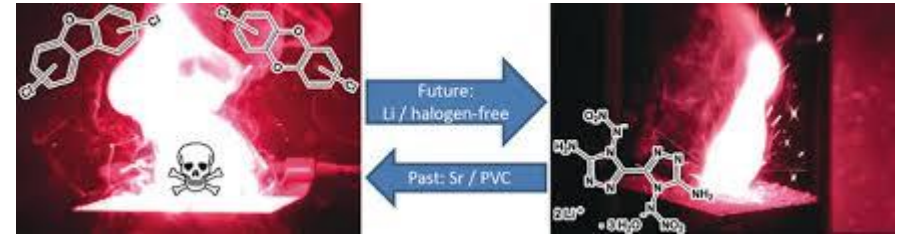
- In der Natur als Strontianit ( $\text{SrCO}_3$ ) oder Cölestin ( $\text{SrSO}_4$ )
- Nachweis durch rote Flammenfärbung
- Nachweis durch Fällung als Iodat (Störung:  $\text{Ba}^{2+}$ )



Strontianit



Cölestin



Emission Color	Light-Emitting Species	Primary Wavelengths (Approximate, nm)
Red		600–700 (overall)
	SrCl	625–670
	SrOH	650–700
	Li (atomic emission)	610–670
Orange		550–640 (overall)
	CaOH	550–625
Yellow	CaCl	580–620
	Na (atomic emission)	570–600 (overall) 589 (dominant sodium “d-line”)
Green		500–570 (overall)
	BaCl	500–530
	BaOH	490–525
	CuOH	500–600
Blue	$\text{BO}_2$	470–580 with 546 dominant <sup>d,e</sup>
		415–550 (overall)
	CuCl	415–550
	CuBr	400–550 <sup>f</sup>
	CuI	460–475 <sup>g</sup>

<sup>a</sup> Meyerriecks and Kosanke (2003).

<sup>b</sup> Sabatini (2018).

<sup>c</sup> Douda, Theory of Colored Flame Production (1964).

<sup>d</sup> Young, et al. (2009).

<sup>e</sup> Poret and Sabatini (2013).

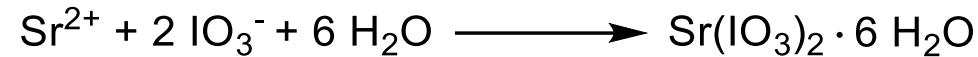
<sup>f</sup> Juknelevicious, et al. (2015).

<sup>g</sup> Klapötke, et al. (2014).

# Strontium

## Nachweis als Strontiumiodat $\text{Sr}(\text{IO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$

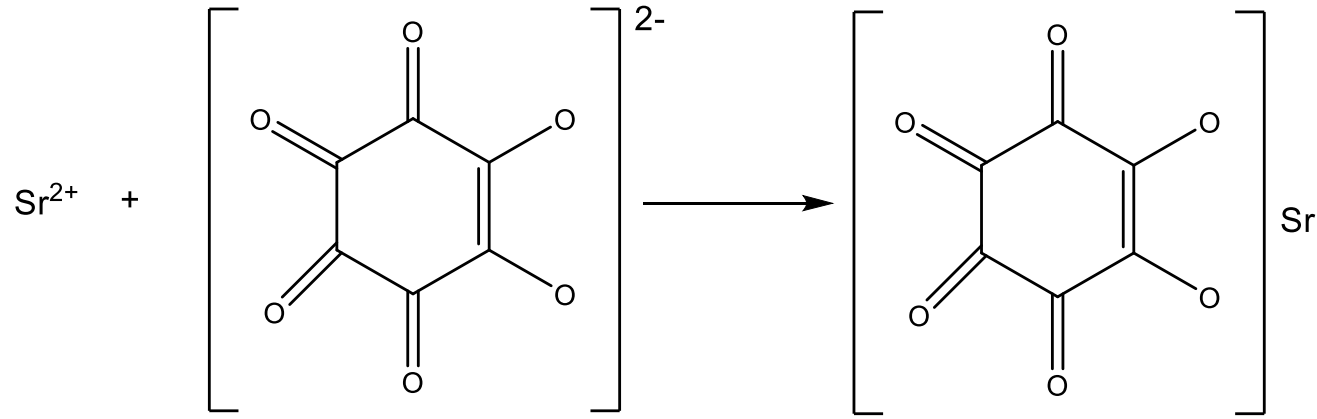
- Auf Objektträger etwas der Lösung mit etwas gesättigter  $\text{KIO}_3$ -Iodat-Lösung versetzen
- Kurz erwärmen auf Wasserbad  $\rightarrow$  charakteristische Kristallbildung
- Störung  $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Ba}^{2+}$



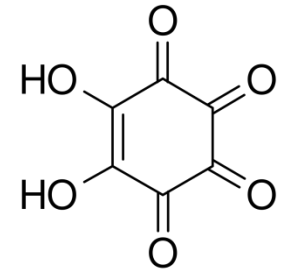
## Nachweis als Rhodizonat

- Auf ein mit  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  getränktes Filterpapier wird 1 Tropfen der Probelösung gebracht und dieser Fleck nach ca. 2 min mit 2 Tropfen Wasser benetzt. Darauf tröpfelt man etwas von ca. 0.2%iger Na-Rhodizonatlösung
- Braun-rote Färbung wenn  $\text{Sr}^{2+}$  anwesend ist  $\rightarrow$  Sr-Rhodizonat
- Während Sr-Rhodizonat in verdünnter HCl löslich ist, wird Ba-Rhodizonat unter den gleichen Bedingungen in eine schwerlösliche hellrote Verbindung umgewandelt. Wenn beide Ionen vorhanden sind  $\rightarrow$  Unterscheidung nicht möglich
- Deshalb  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  auf Filterpapier: Bildung von  $\text{BaCrO}_4$  und  $\text{SrCrO}_4$ , aber nur das Strontiumsalz ist löslich genug, um mit dem Na-Rhodizonat zu reagieren
- Mit  $\text{Ca}^{2+}$  keine Reaktion

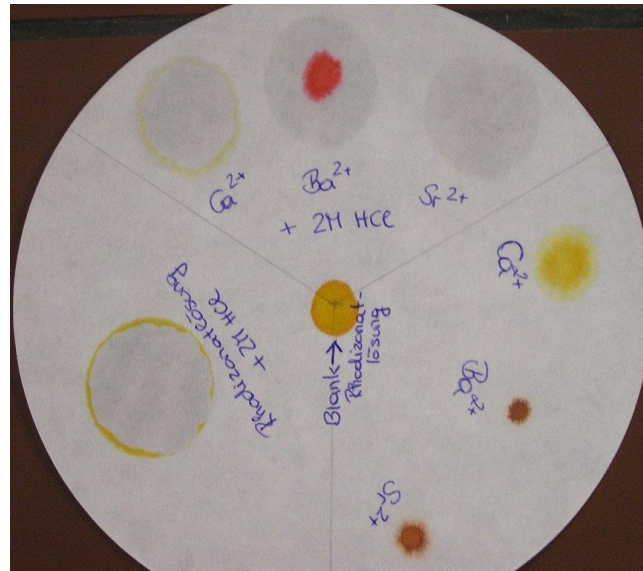
# Strontium



Rhodizonat-Anion



Rhodizonsäure



[https://docplayer.org/61583772-Lu-aus-analytischer-chemie-che-124\\_1-und-che-124\\_2-laboruebung-8-sst-lu-ss-2016.html](https://docplayer.org/61583772-Lu-aus-analytischer-chemie-che-124_1-und-che-124_2-laboruebung-8-sst-lu-ss-2016.html)

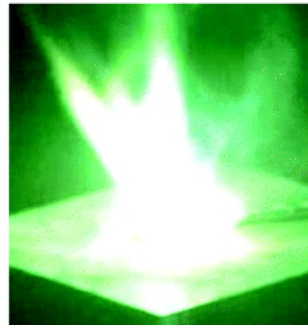
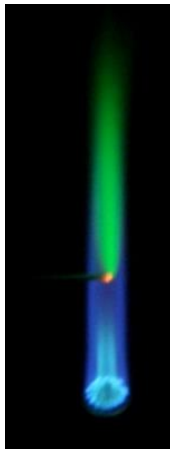
## Barium

## Barium

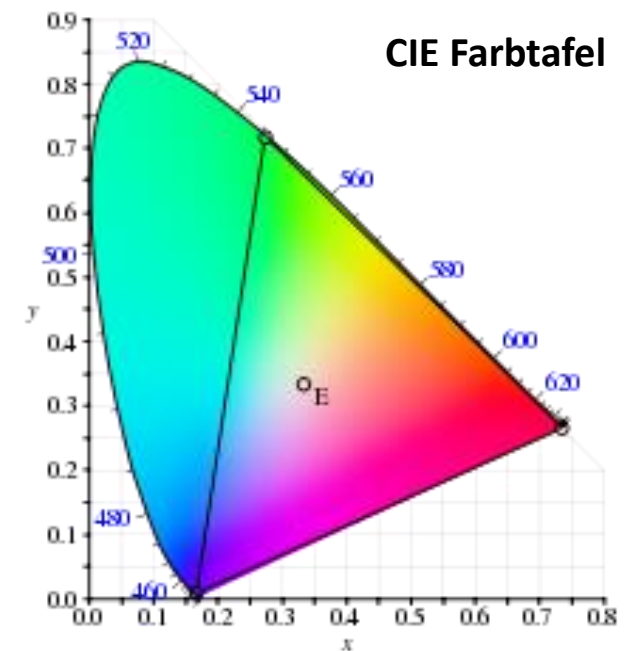
- Auch Barium kommt in der Natur als Carbonat und Sulfat vor, die allerdings beide wesentlich schwerlöslicher als die entsprechenden Ca-Salze sind.
- Daneben ist v.a. die Fällung des gelben Chromats im HOAc/Acetat-Puffer charakteristisch; sowohl mit  $\text{CrO}_4^{2-}$  als auch  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  durchführbar
- Lösliche Bariumverbindungen ( $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{BaCO}_3$ ) sind giftig, aber  $\text{BaSO}_4$  als Kontrastmittel verwendet, da schwer löslich



Bariumsulfat



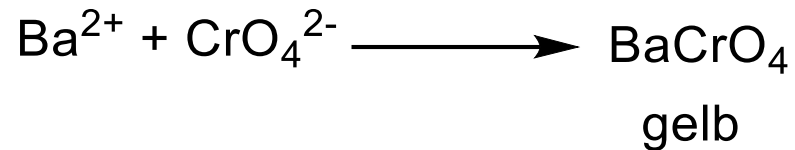
Components	Wt%
barium nitrate	46
magnesium 30/50	33
poly(vinyl chloride)	16
Laminac 4116/Lupersol	5





### Nachweis als Bariumchromat $\text{BaCrO}_4$

- Die Fällung von gelbem  $\text{BaCrO}_4$  kann wegen des Chromat/Dichromat-Gleichgewichtes sowohl mit  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  als auch mit  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  erfolgen. Jedoch müssen die bei der Fällung mit Dichromat freiwerdenden  $\text{H}^+$ -Ionen durch  $\text{NaAc}$  abgepuffert werden. Sonst verschiebt sich das Chromat/Dichromat-Gleichgewicht zugunsten des Dichromats und das Löslichkeitsprodukt von  $\text{BaCrO}_4$  wird nicht mehr überschritten. Man fällt also in neutralem oder schwach saurem Milieu.
- $\text{BaCrO}_4$  ist im Vergleich zu  $\text{SrCrO}_4$  schwerer löslich, außerdem fällt  $\text{SrCrO}_4$  erst in alkalischer Lösung aus.



gelbes Bariumchromat

# Ionen der 3. Hauptgruppe

## Die Ionen der 3. Hauptgruppe

Elemente der 3. Hauptgruppe unterscheiden sich voneinander stärker als die Alkalimetalle oder die Erdalkalimetalle untereinander: B ist Halbmetall → viele typische Eigenschaften eines Nichtmetalls, alle anderen Elemente typische Metalle

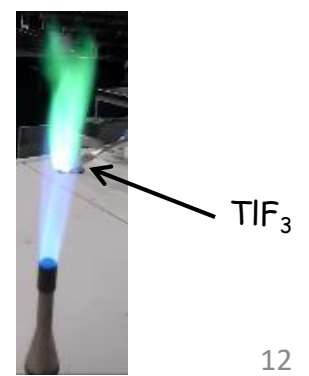
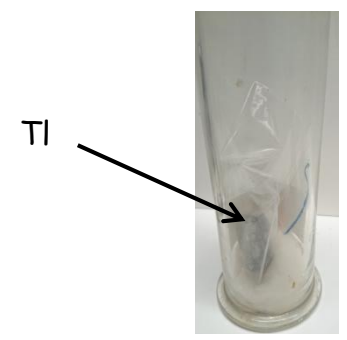
**Bor** wird als Anion (Borat) nachgewiesen: Bor hat eine sehr vielfältige Chemie

**Aluminium** kommt im wässrigen System nur in der dreiwertigen Form vor und gehört zur Urotropin- Gruppe

**Gallium** bzw. Galliumverbindungen: Anwendung in Halbleitertechnik z.B. als Galliumarsenid GaAs

**Indium** bzw. Indiumverbindungen finden in Dioden Anwendung und brennen violett-blau bzw. blau in Anwesenheit von Chlorid.

**Thallium** und Thalliumverbindungen sind sehr giftig und brennen mit grüner Flammenfarbe. Früher: Farbgeber im Feuerwerk.

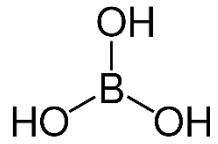


# Borate

## Borate

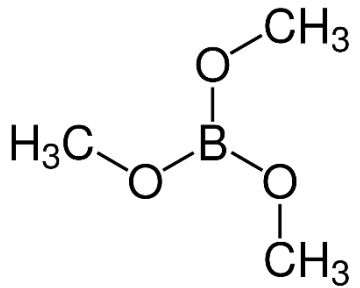
Elektronenmangelverbindungen: 6 Elektronen, kein Oktett

hydrolysierbar bei  
Anwesenheit von  
H<sub>2</sub>O oder  
Feuchtigkeit

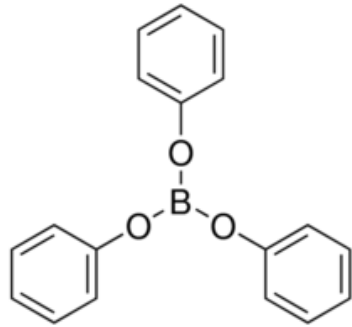


(Ortho)Borsäure

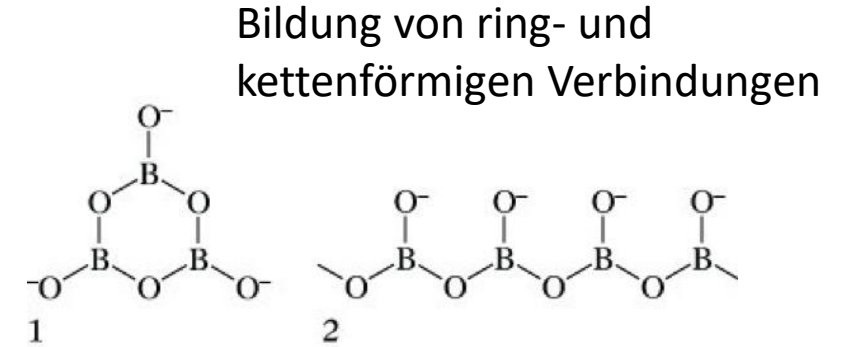
Entwässerung: Methaborsäure HBO<sub>2</sub>,  
dann B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> entsteht



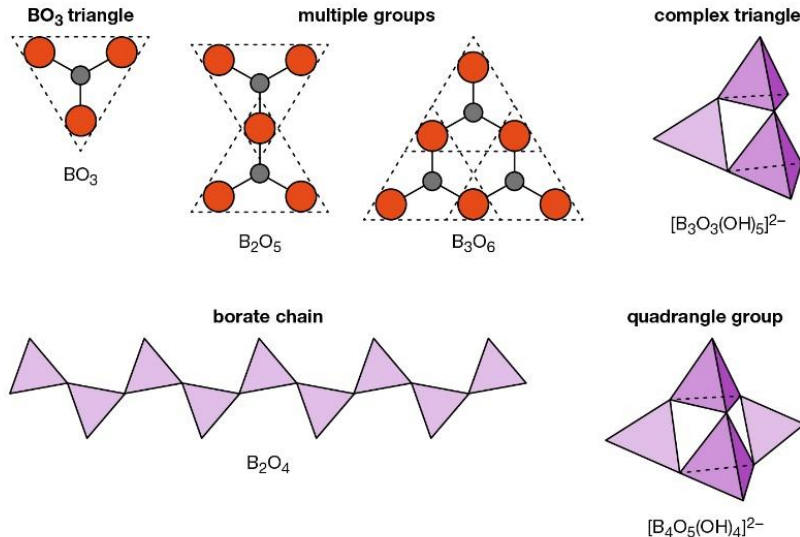
Trimethylborat



Triphenylborat



Types of borate linkages



Boratsalze

## Borsäuretrimethylester

## Borsäuretrimethylester



Borester  
(farblose Flüssigkeit)



Cu-Wolle als Rückschlagsicherung

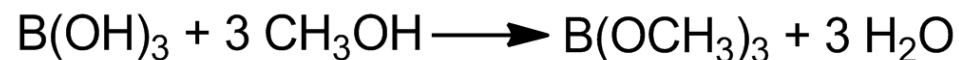


Brenngas



Borat und Methanol

Borsäure  $B(OH)_3$  und Methanol werden in eine Waschflasche gegeben. Dazu wird konzentrierte  $H_2SO_4$  dazugegeben. In der säurekatalysierten Veresterung von Borsäure mit Methanol entsteht Borsäuretrimethylester  $B(OCH_3)_3$ . Durch die Waschflasche, an der sich ein gebogenes Glasrohr (mit Kupferwolle als Rückschlagsicherung) befindet, wird Brenngas geleitet. Das Brenngas „nimmt“ den leicht flüchtigen Borester mit. Am oberen Ende des Glasrohres wird das Brenngas angezündet und brennt aufgrund der Anwesenheit des Boresters grün, da Borverbindungen eine grüne Flammenfarbe zeigen.



# Aluminium

## Aluminium

- In der Natur vor allem als „Korund“  $\text{Al}_2\text{O}_3$  in verschiedenen Varietäten (Rubin (Cr), Saphir (z.B. Fe), als „Bauxit“  $\text{AlO}(\text{OH}) \cdot \text{aq}$  sowie in zahlreichen Alumosilikaten (Feldspate, Glimmer, Tone)
- In Wasser liegt das acide  $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$  ( $\text{pK}_a = 5.0$ ) vor, das eine hohe Hydrolysetendenz aufgrund der Schwerlöslichkeit des Hydrolyse-Endprodukts  $\text{Al}(\text{OH})_3$  ( $\text{pK}_L = 33$ ) besitzt



alamy stock photo



alamy stock photo

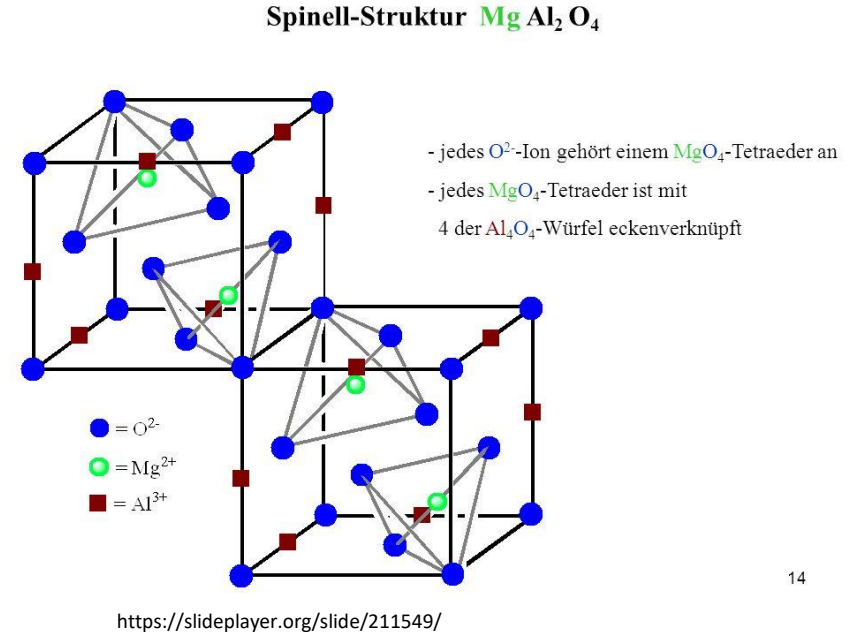
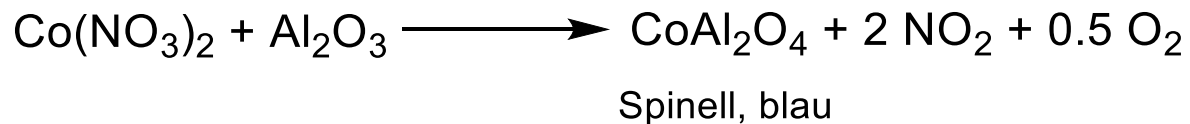


# Nachweise von Aluminium



## Nachweis als Thénards Blau

- Als Nachweis eignet sich v.a. das durch Zusammenschmelzen mit  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  gebildete „Thénards Blau“  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$ , am besten aus dem Trennungsgang, da Störung durch Silikat und Phosphat.
- Die beiden Oxide  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und  $\text{CoO}$  (aus  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  wird  $\text{CoO}$ ) reagieren unter Bildung des blauen Spinells  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$ .
- Sehr empfindliche Reaktion!



[https://www.uni-bielefeld.de/chemie/ac1c\\_hair/Kapitel3\\_Qualitative\\_Analyse.pdf](https://www.uni-bielefeld.de/chemie/ac1c_hair/Kapitel3_Qualitative_Analyse.pdf)

14

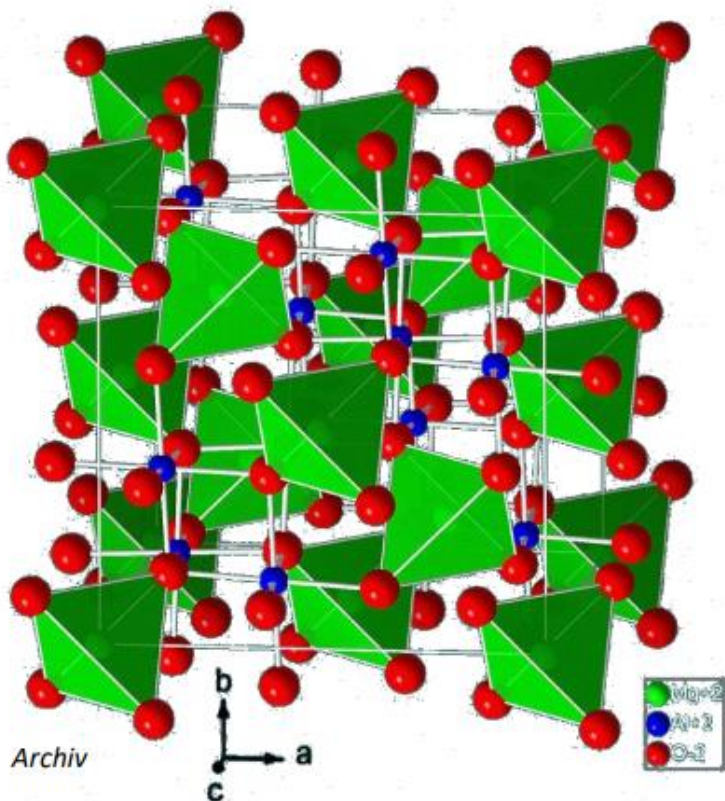
- Man taucht ein Magnesiastäbchen (vorher gut ausgeglüht) wiederholt in den gewaschenen Niederschlag und glüht solange in der oxidierenden Flamme, bis genügend Substanz auf dem Stäbchen haftet. Dann taucht man das Stäbchen kurz in sehr verdünnte  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ -Lösung (höchstens 0,1%ig) und glüht erneut → es entsteht eine blaue Färbung (zuverlässige Probe) (oder Substanz auf Magnesiumrinne mit  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ -Lösung befeuchten und glühen)
- Wenn  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ -Lösung zu konzentriert → schwarzes  $\text{Co}_3\text{O}_4$  entsteht, das das Blaue überdeckt
- Blindprobe mit Magnesiastäbchen → je nach Hersteller: können Alumosilicate enthalten und könnten schon ohne Probensubstanz eine Blaufärbung mit  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ -Lösung zeigen

# Einschub: Kugelpackungen

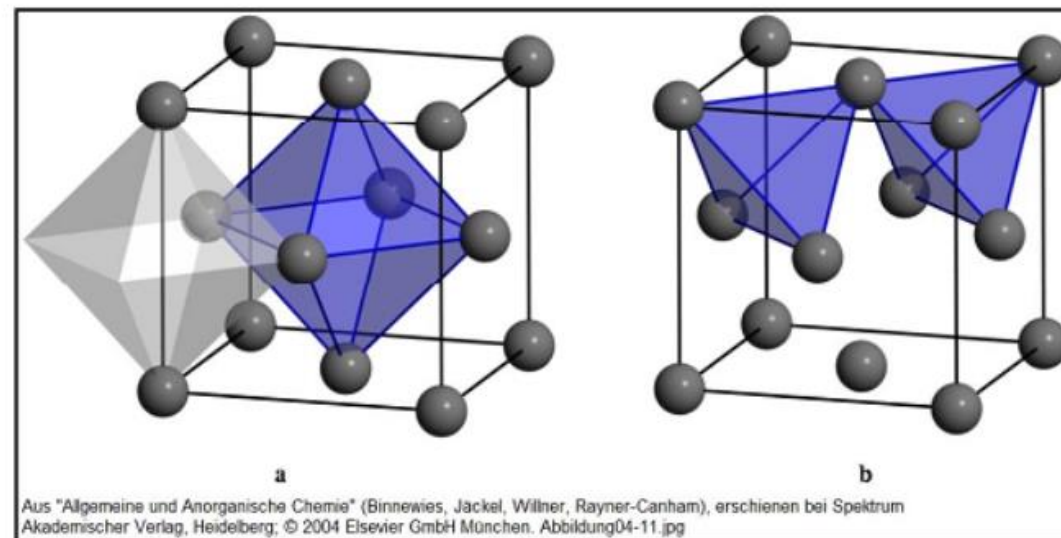


## Spinell-Struktur: $AB_2O_4$

Viele Verbindungen des Typs  $AB_2O_4$  kristallisieren im Spinell-Typ ( $A^{2+}$ ,  $B^{3+}$ )



Quelle: Prof. Ivanovic-Burmazovic



Normaler Spinell	Inverser Spinell
$O^{2-}$ kdP	$O^{2-}$ kdP
$\frac{1}{8}$ TL: $A^{2+}$	$\frac{1}{8}$ TL: $B^{3+}$
$\frac{1}{2}$ OL: $B^{3+}$	$\frac{1}{4}$ OL: $B^{3+}$
	$\frac{1}{4}$ OL: $A^{2+}$
$A^I(B^II B^III)O_4$	$A^O(B^I B^II)O_4$

kdP = kubisch dichteste Packung

TL = Tetraederlücke

OL = Oktaederlücke

Abhängig von KFSE (siehe später)

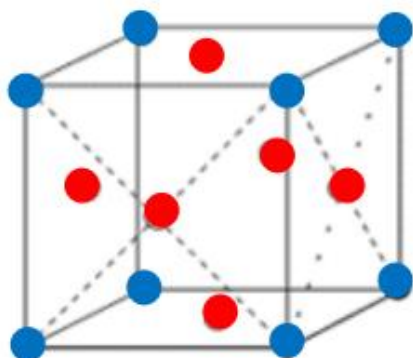
# Einschub: Kugelpackungen

Quelle: Prof. Ivanovic-Burmazovic

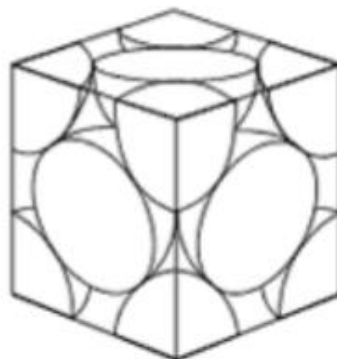
## Anzahl der Atome in einer Elementarzelle

### Elementarzelle der kdP

- Kubisch-flächenzentrierte Elementarzelle (alle Ecken und alle sechs Flächen des Würfels sind besetzt)
- Im Kristallgitter schließen sich weitere Elementarzellen an
- Teilchen auf der Fläche gehört zu insgesamt zwei Zellen
- Teilchen auf der Ecke gehört zu insgesamt acht Zellen
- Gesamtzahl der Atome: 4



Archiv



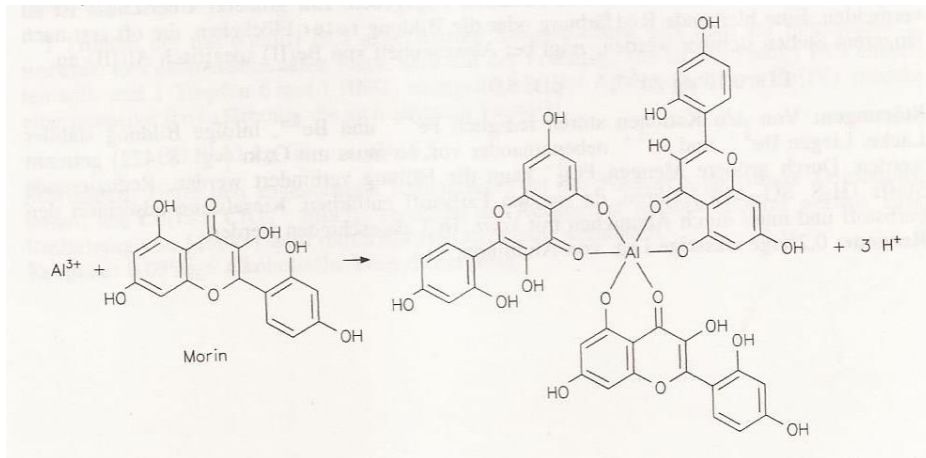
$$\text{Anzahl der Atome} \\ (8 \times 1/8) + (6 \times 1/2) = 4$$

**Eine Oktaederlücke** im kubisch-flächenzentrierten Kristall ist genau im Zentrum der Elementarzelle platziert. Dazu kommen 12 weitere Oktaederlücken, die genau in der Mitte der Kanten der Elementarzelle liegen. Diese "Kantenoktaederlücken" werden allerdings mit je drei benachbarten Elementarzellen geteilt. Die gesamte Anzahl der Oktaederlücken pro Elementarzelle beträgt somit  $1 + 12 \cdot 1/4 = 4$  (Wikipedia)

# Nachweise von Aluminium

## Nachweis mit Morin

- Daneben ist die mit Morin im Essigsäuren entstehende grüne Fluoreszenz ein empfindlicher Nachweis (ppb-Bereich!).
- $\text{Al}^{3+}$  bildet mit Morin einen intensiv grünen fluoreszierenden, kolloidalen (sehr fein verteilt) Farblack
- Hauptstörung durch  $\text{NaOH}$  (fluoresziert ebenfalls), oder Silicate und  $\text{Zr}^{4+}$



[https://www.chemieunterricht.de/dc2/tip/05\\_14.htm](https://www.chemieunterricht.de/dc2/tip/05_14.htm)

- Saure Probenlösung wird mit  $\text{KOH}$  (nicht  $\text{NaOH}$ ) stark alkalisch gemacht und dann zentrifugiert
- Einige Tropfen des Zentrifugats (im Reagenzglas oder schwarze Tüpfelplatte) mit Eisessig ansäuern und mit einigen Tropfen der Reagenzlösung (gesättigte Lösung von Morin in Methanol) versetzen
- Grüne Fluoreszenz sichtbar, mit UV-Licht am besten sichtbar (verschwindet beim Ansäuern mit  $\text{HCl}$ )
- Blindprobe wichtig (um Fluoreszenzfarbe und -stärke zu vergleichen)