

3. Borgruppe

Gliederung

3.1 Vorkommen

3.2 Gruppeneigenschaften

3.3 Bor-Elementstrukturen

3.4 Darstellung und chemisches Verhalten

3.5 Verwendung

3.6 Sauerstoffverbindungen des Bors

3.7 Borane

3.8 Borhalogenide

3.9 Bor-Stickstoffverbindungen

3.10 Sauerstoffverbindungen des Aluminiums

3.11 Aluminiumhydride

3.12 Aluminiumhalogenide

3.13 Gallium und Indium

3.14 Thallium und der Inert-Pair Effekt

3.15 Biologische Aspekte

*Gruppe
13 bzw. IIIA*

| | |
|-----------|------|
| 5 B | 1808 |
| 13 Al | 1825 |
| 31 Ga | 1875 |
| 49 In | 1863 |
| 81 Tl | 1861 |
| 113 Nh | 1998 |

„Triele oder Borgruppe“

3.1 Vorkommen

Wegen Ihrer hohen Reaktionsfähigkeit kommen die Elemente der 3. Hauptgruppe nicht elementar vor (Aluminium ist das häufigste Metall der Erdkruste)

Bor (boron)

Mineral: Borax

$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ Borax
 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ Kernit
 $\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ Ulexit



Aluminium (alumen)

lat.: Alaun

Al_2O_3 Korund, Saphir, Rubin
 $\text{Al}(\text{OH})_3$ Hydrargillit
 $\text{AlO}(\text{OH})$ Diaspor, Böhmit
 $\text{Al}_2(\text{OH})_4[\text{Si}_2\text{O}_5]$ Kaolinit (Ton)
 $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$ Kryolith



Gallium (gallia)

lat.: Frankreich

Indium

indigoblaue Spektrallinie

Thallium (thallus)

griech.: grüner Zweig

selten, stets vergesellschaftet, z.B. mit Zn (ZnS)
 → Ressourcenproblem
 selten, meist vergesellschaftet mit Zn (ZnS)
 → Ressourcenproblem
 TlAsS_2 Lorandit



3.2 Gruppeneigenschaften

Bor ist das elektropositivste aller Nichtmetalle (eigentlich ein Halbmetall), alle anderen Elemente der Gruppe sind Metalle

| | B | Al | Ga | In | Tl |
|--|---|---|--|---|--|
| Ordnungszahl | 5 | 13 | 31 | 49 | 81 |
| Elektronen- konfiguration | [He] 2s ² 2p ¹ | [Ne] 3s ² 3p ¹ | [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ¹ | [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p | [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ¹ |
| Elektronegativität | 2,0 | 1,5 | 1,8 | 1,5 | 1,4 |
| Ionisierungsenergie [eV] | 8,3 | 6,0 | 6,0 | 5,8 | 6,1 |
| Standardpotential Me/Me ³⁺ [V] | -0,87 | -1,68 | -0,53 | -0,34 | +0,72 |
| Oxidationsstufen | +3 | +3 | (+1), +3 | (+1), +3 | +1, +3 |
| Schmelzpunkt T _m [°C] | 2080 | 660 | 30 | 157 | 304 |
| Siedepunkt T _b [°C] | 3860 | 2518 | 2200 | 2080 | 1457 |
| Dichte [g/cm ³] | 2,34 | 2,70 | 5,91 | 7,31 | 11,85 |

- Die stabilste Oxidationsstufe von B, Al, Ga und In ist erwartungsgemäß +3
- Ga⁺ und In⁺ sind starke Reduktionsmittel
- Tl³⁺ ist ein kräftiges Oxidationsmittel

3.3 Bor-Elementstrukturen

Von Bor sind vier kristalline Modifikationen bekannt, wobei in allen Strukturen B_{12} -Ikosaeder (Zwanzigflächner) als Struktureinheiten auftreten

α -rhomboedrisches Bor

Kubisch-dichteste Packung von B_{12} -Ikosaedern

α -tetragonales Bor

Hexagonal-dichteste Packung von B_{12} -Ikosaedern + einzelne Boratome

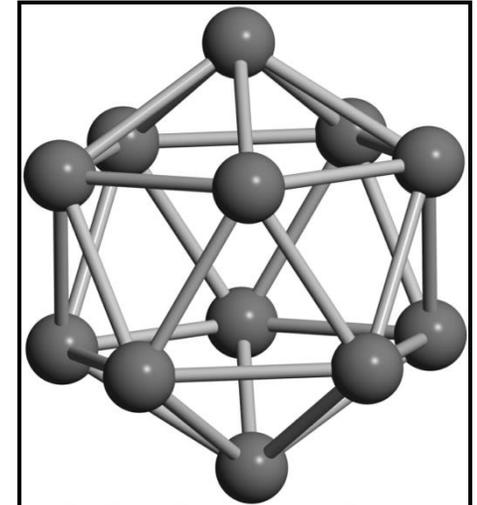
β -rhomboedrisches Bor

Komplexe Struktur mit 105 B-Atomen pro Elementarzelle

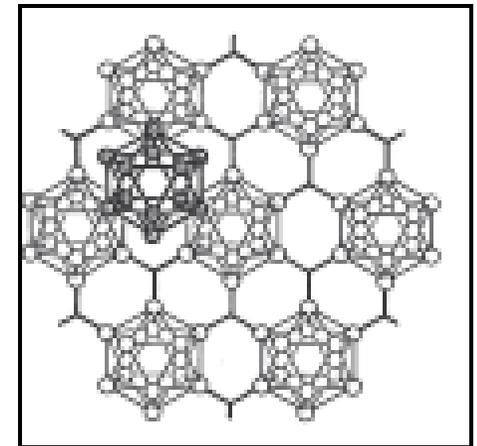
β -tetragonales Bor

Komplexe Struktur mit 190 B-Atomen pro Elementarzelle

Die komplizierten Strukturen sind eine Folge des Elektronenmangels der Boratome, die 4 Valenzorbitale, aber nur 3 Elektronen besitzen
 \Rightarrow offene und geschlossene 2-Elektronen-3-zentrenbindungen (2e3c)



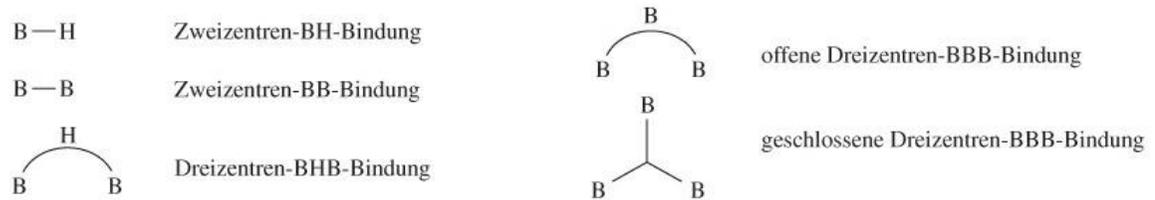
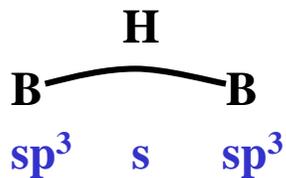
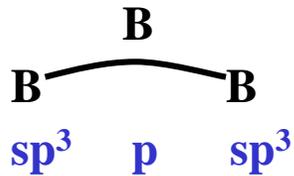
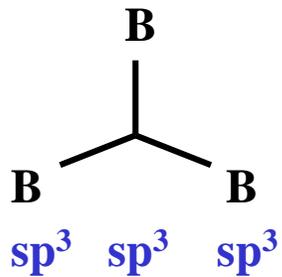
Aus "Allgemeine und Anorganische Chemie" (Broschert, Vogel, Weller, Vogel-Carlson), erschienen bei Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, © 2004 Elsevier GmbH München, Abbildung 17-01.jpg



3.3 Bor-Elementstrukturen

Die Strukturen der allotropen Bor-Modifikationen und der Borane werden sowohl durch Zwei- als auch durch Dreizentrenbindungen bestimmt

Dreizentrenbindungen



| Beispiele | Elektronenbilanz | | |
|--------------------------------|------------------|----------------------|----------------|
| | Bindungstyp | Anzahl der Bindungen | Elektronen |
| B ₂ H ₆ | B—H | 4 | 8 |
| | | 2 | <u>4</u> 12 |
| B ₆ H ₁₀ | B—H | 6 | 12 |
| | B—B | 2 / | 4 |
| | | 4 | 8 |
| | | 2 / | <u>4</u> 28 |

Aus "Allgemeine und Anorganische Chemie" (Binnewies, Jäckel, Willner, Rayner-Canham), erschienen bei Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg; © 2004 Elsevier GmbH München. Abbildung17-08.jpg

3.4 Darstellung und chemisches Verhalten

Bor

Darstellung

- Reduktion von Borhalogeniden: $2 \text{BCl}_3(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{B}(\text{s}) + 6 \text{HCl}(\text{g})$
- Metallothermische Reduktion von Boroxid: $\text{B}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3 \text{Mg}(\text{s}) \rightarrow 2 \text{B}(\text{s}) + 3 \text{MgO}(\text{s})$

Chemisches Verhalten

- Bei RT ist B reaktionsträge und wird nur von oxidierenden Säuren zur Borsäure oxidiert
- Bildung von Metallboriden: Mn_4B , CrB , TiB_2 , MgB_2 , WB_4 , CaB_6 , YB_{66}

Aluminium

Darstellung

(Weltjahresproduktion 1990: $18,5 \cdot 10^6$ t, 2002: $25,5 \cdot 10^6$ t, 2014: $53,9 \cdot 10^6$ t)

- F. Wöhler 1827: $\text{AlCl}_3(\text{s}) + 3 \text{K}(\text{s}) \rightarrow \text{Al}(\text{s}) + 3 \text{KCl}(\text{s})$
- 1. Schritt: Al_2O_3 -Gewinnung aus Bauxit ($\text{AlO}(\text{OH}) + \text{Fe}_2\text{O}_3$) durch das Bayer-Verfahren
 $\text{AlO}(\text{OH})(\text{s}) + \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + \text{NaOH}(\text{s}) \rightarrow \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4](\text{aq}) + \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) \xrightarrow{\Delta\text{T}} \text{„Rotschlamm“}$
 $2 \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{Al}(\text{OH})_3\text{-Impfkristalle} \rightarrow 2 \text{NaOH} + 2 \text{Al}(\text{OH})_3 \xrightarrow{\Delta\text{T}} \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- 2. Schritt: Schmelzflusselektrolyse von Al_2O_3 unter Zusatz von Kryolith (Na_3AlF_6) als Flussmittel (Eutektikum bei 18,5 mol-% Al_2O_3 : $T_m = 935$ °C)

Kathode: $\text{Al}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Al}(\text{l})$

Anode: $2 \text{O}^{2-} + \text{C}(\text{s}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 4 \text{e}^-$

3.4 Darstellung und chemisches Verhalten

Aluminium

Chemisches Verhalten

- **Oxidation:** $4 \text{ Al(Pulver)} + 3 \text{ O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{ Al}_2\text{O}_3(\text{s}) : \Delta H^\circ_{\text{R}} = -3352 \text{ kJ/mol}$
 \Rightarrow Blitzlichtlampen für die Fotografie
- **Mit verd. Säuren:** $2 \text{ Al(s)} + 6 \text{ H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{ Al}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{ H}_2(\text{g}) + 6 \text{ H}_2\text{O(l)}$
- **Mit oxid. Säuren:** Passivierung durch Oberflächenoxidation
- **In alkal. Lösungen:** $2 \text{ Al(s)} + 2 \text{ OH}^-(\text{aq}) + 6 \text{ H}_2\text{O(l)} \rightarrow 2 [\text{Al(OH)}_4]^-(\text{aq}) + 3 \text{ H}_2(\text{g})$
- **In verd. wässrigen Lösungen liegt Al^{3+} als Hexaaquaaluminium vor, das sauer reagiert:**
 $[\text{Al(H}_2\text{O)}_6]^{3+}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O(l)} \rightleftharpoons [\text{Al(OH)(H}_2\text{O)}_5]^{2+}(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$

- **Löslichkeit von Al^{3+} :**

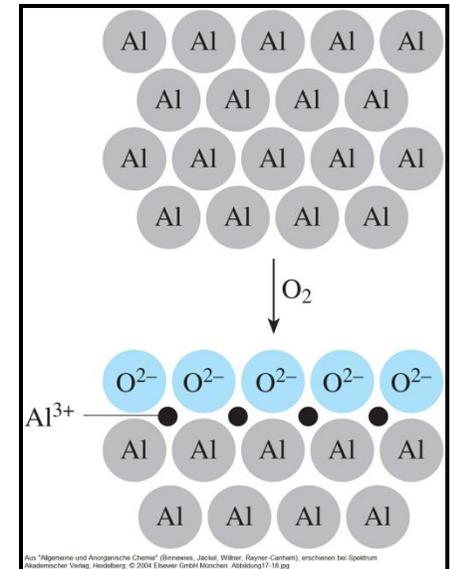
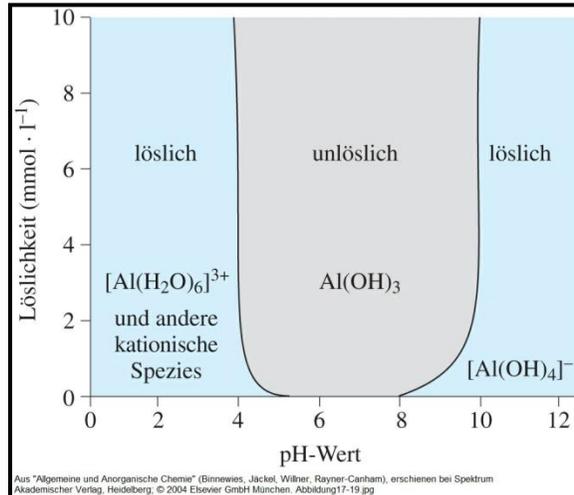
$\text{pH} < 4$



$4 < \text{pH} < 9$



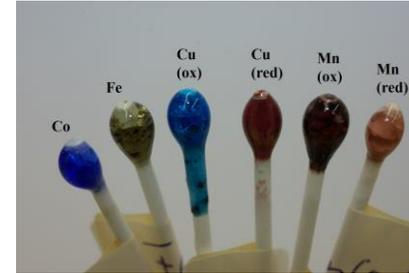
$\text{pH} > 9$



3.5 Verwendung

Bor

- ^{10}B hat einen hohen Neutroneneinfangquerschnitt \Rightarrow Moderator in Kernreaktoren
- Desoxidationsmittel in der Metallurgie
- Ferrobor zur Stahlvergütung
- Borax als Flussmittel: Festkörperchemie, Boraxperle



Aluminium

- Geringe Dichte ($2,7 \text{ g/cm}^3$): Flug-, Fahrzeug- und Maschinenbau, Container, Verpackung
- Hohe Wärmeleitfähigkeit: Bratpfannen und Kochgeschirr
- Gute elektrische Leitfähigkeit: Hochspannungskabel

Gallium, Indium

- Bilden halbleitende III/V-Verbindungen: $(\text{In,Ga})\text{N}$, $(\text{In,Ga})\text{P}$, $(\text{In,Ga})\text{As}$ LEDs
- Legierungsbestandteile in Lagermetallen
- Indiumhalogenide als blaue Emittier in Entladungslampen: In^{3+} lines/ InX band
- Für transparente Halbleiter, z.B. $\text{SnO}_2:\text{In}$ (ITO) oder $\text{SnO}_2:\text{Sb}$ (ATO)



Thallium

- Bedeutung in der Forensik (Tl-Nachweis bei Vergiftungen)
- Tl/Hg-Legierung mit 8,7% Tl gefriert bei $-60 \text{ }^\circ\text{C}$: Tieftemperaturthermometer

3.6 Sauerstoffverbindungen des Bors

Borsäuren und Bortrioxid

Ortho-Borsäure H_3BO_3

- $B(OH)_3(aq) + H_2O(l) \rightarrow H^+(aq) + [B(OH)_4]^-$
- verhält sich wie eine einprotonige Säure
- reagiert mit Alkoholen und Zuckern zu Estern
 $B(OH)_3(s) + 3 MeOH(l) \rightarrow B(OMe)_3(l) + 3 H_2O(l)$
- $T = 150\text{ °C}: H_3BO_3(s) \rightarrow HBO_2(s) + H_2O(g)\uparrow$
- $T = 300\text{ °C}: 4 HBO_2(s) \rightarrow H_2B_4O_7(s) + H_2O(g)\uparrow$

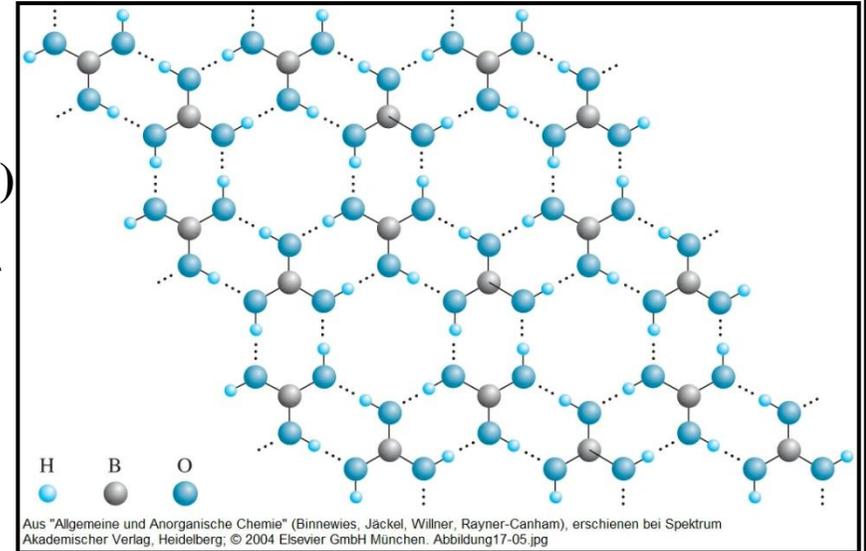
Meta-Borsäure HBO_2

- Hydrolyse ergibt H_3BO_3
- $T = 500\text{ °C}: 2 HBO_2(s) \rightarrow B_2O_3(s) + H_2O(g)\uparrow$

Boroxid B_2O_3

- Hydrolyse ergibt H_3BO_3
- $B_2O_3 + MO \rightarrow M(BO_2)_2$
- $B_2O_3 + Ln_2O_3 \rightarrow 2 LnBO_3$ (Ln = Sc, Y, La-Lu)
- $SrO + 2 B_2O_3 \rightarrow SrB_4O_7$
- $Gd_2O_3 + 2 MgO + 5 B_2O_3 \rightarrow 2 GdMgB_5O_{10}$

Struktur von kristalliner ortho-Borsäure



Dotierung

$Co^{2+/3+}$, Fe^{2+} , etc.
 Eu^{3+} , Tb^{3+} , Tm^{3+}
 Eu^{2+}
 Ce^{3+} , Tb^{3+}

Anwendungen

Boraxperlen
Plasmafernseher
UV ($\lambda = 366\text{ nm}$)
Fluoreszenzlampen

3.6 Sauerstoffverbindungen des Bors

Borate

Ortho-Borate

- Isolierte trigonal-planare $[\text{BO}_3]^{3-}$ -Einheiten
- Polymorphe LnBO_3 -Phasen sind isomorph zu den CaCO_3 -Modifikationen (Calcit, Vaterit, Aragonit)

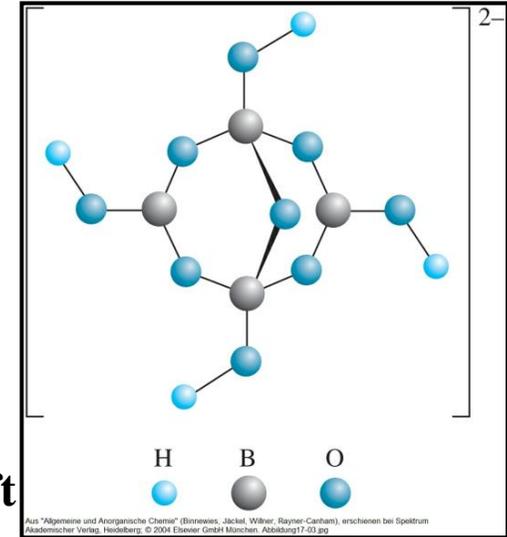
Meta-Borate

- BO_3 -Gruppen sind über Sauerstoffatome zu Ringen verknüpft
- Hydroxoborate wie $[\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_5]^{2-}$ und $[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4]^{2-}$ sind hydratisierte meta-Borate

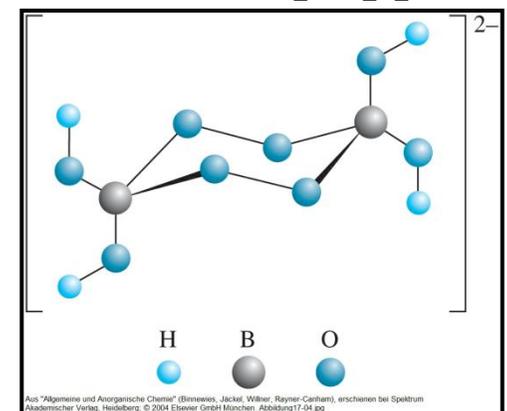
Per-Borate

- Enthalten die $[\text{B}_2(\text{O}_2)_2]$ -Einheit
- Als Natriumperborat im **Waschmittel** (→ **Vorträge**)

Struktur von $[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4]^{2-}$



Struktur von $[\text{B}_2(\text{O}_2)_2(\text{OH})_4]^{2-}$

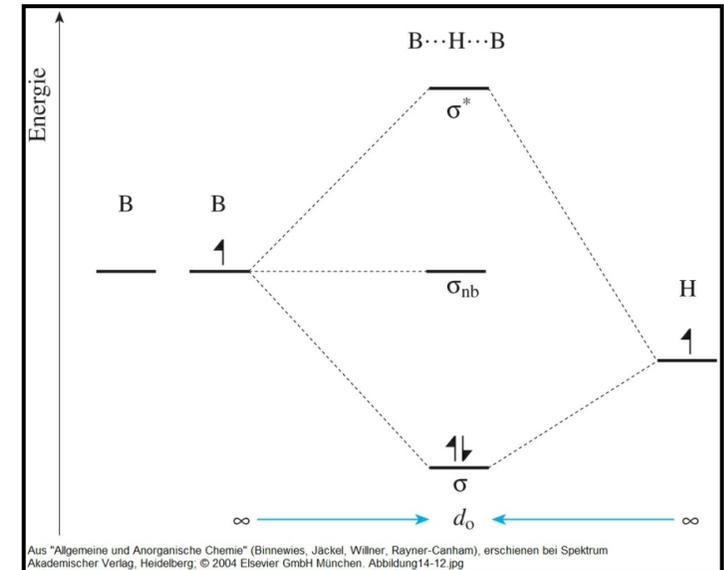
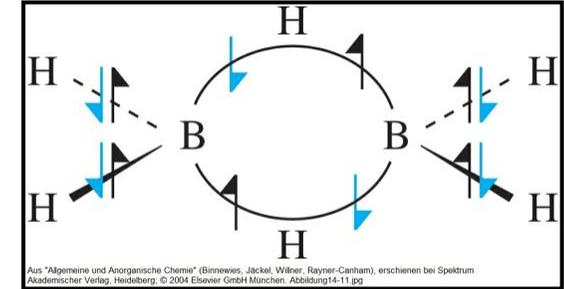
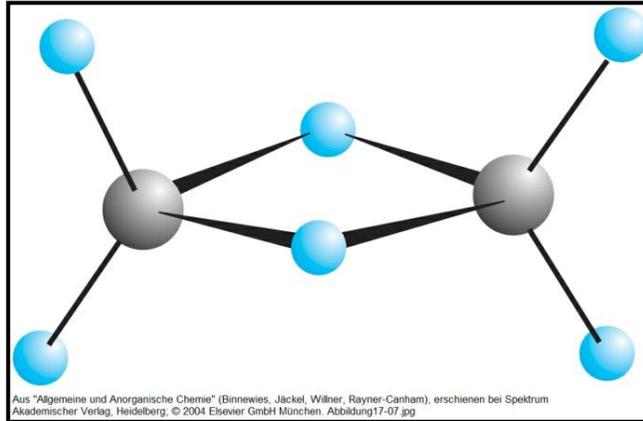


3.7 Borane

Borwasserstoffverbindungen enthalten als Elektronenmangelverbindungen Dreizentrenbindungen (Oktettregel) und sind hochreaktiv

Diboran B_2H_6

- **Synthese:** $2 BF_3(g) + 6 NaH(s) \rightarrow B_2H_6(g) + 6 NaF(s)$
- **Hydrolyse:** $B_2H_6(g) + 6 H_2O(l) \rightarrow B_2O_3(s) + 3 H_2(g)$
- **Oxidation:** $B_2H_6(g) + 3 O_2(g) \rightarrow B_2O_3(s)$
- **Struktur: Dimer**



Natriumtetrahydridoborat $NaBH_4$

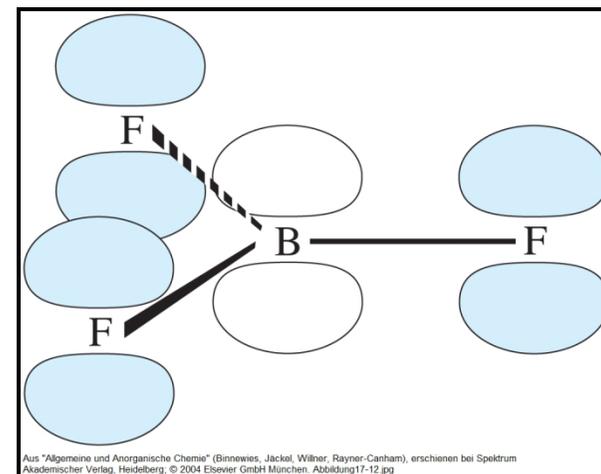
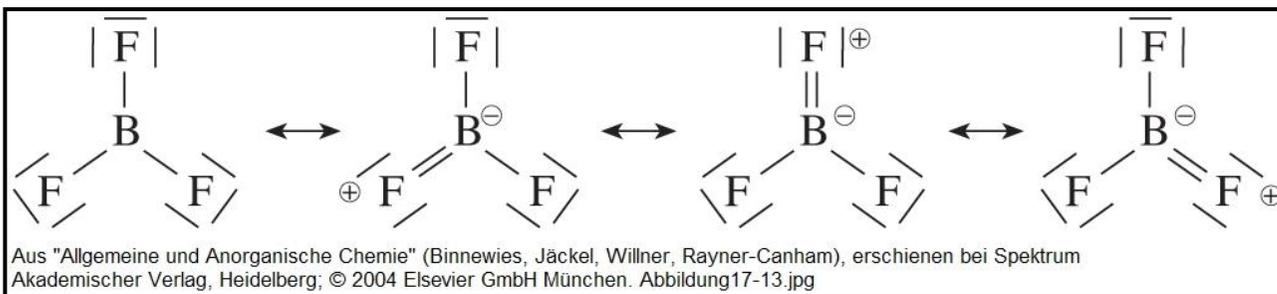
- $4 NaH(s) + B(OH)_3(s) \rightarrow NaBH_4 + 3 NaOCH_3$
- **Einziges Boran, das in großem Maßstab verwendet wird**
- **Reduktionsmittel in der organischen Chemie:**

Aldehyde \rightarrow primäre Alkohole

Ketone \rightarrow sekundäre Alkohole

3.8 Borhalogenide

Borhalogenide sind ebenfalls Elektronenmangelverbindungen und bilden π -Bindungen aus \Rightarrow Monomerer und trigonal-planarer Aufbau



Synthese

- $\text{B}_2\text{O}_3(\text{s}) + 6 \text{HF}(\text{g}) \rightarrow 2 \text{BF}_3(\text{g}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- $\text{Ph-N}\equiv\text{N}^+ + \text{BF}_4^- \rightarrow \text{Ph-F} + \text{BF}_3 + \text{N}_2$
- $\text{B}_2\text{O}_3 + 3 \text{C} + 3 \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{BCl}_3 + 3 \text{CO}$

Reaktion mit Wasser

- $4 \text{BF}_3 + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HBF}_4 + 3 \text{H}_3\text{BO}_3$
- $\text{BX}_3 + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3 \text{HX} + \text{H}_3\text{BO}_3$

Das σ -Bindungssystem im BF₃ wird durch Linearkombination der drei Bor-Atomorbitale 2s, 2p_x und 2p_y mit den drei 2p-Orbitalen der Fluoratome konstruiert. Zusätzlich entstehen 4 π -MOs durch Wechselwirkung der AOs 2p_z des Bors mit den drei 2p_z-Orbitalen des Fluors.

3.9 Bor-Stickstoffverbindungen

Bornitrid



Technische Synthese

- $\text{B}_2\text{O}_3 + 2 \text{ NH}_3 \rightarrow 2 \text{ BN} + 3 \text{ H}_2\text{O}$
- $\text{B}_2\text{O}_3 + 3 \text{ C} + \text{N}_2 \rightarrow 2 \text{ BN} + 3 \text{ CO}$

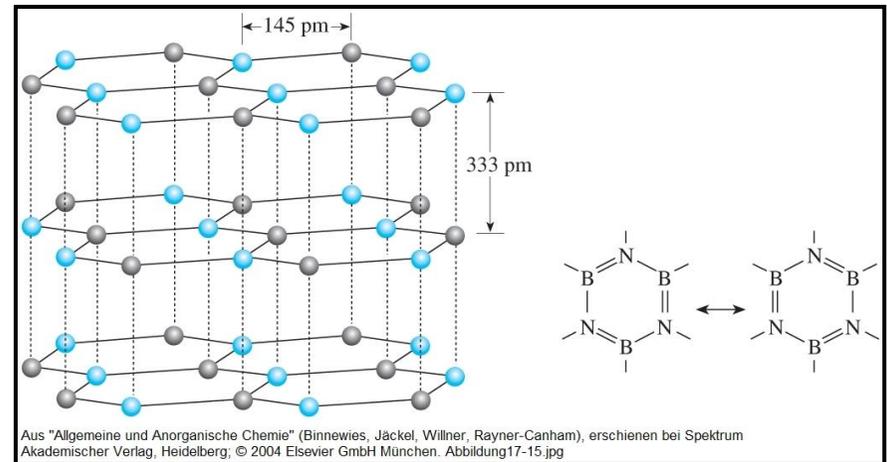
800 – 1200 °C in $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ - Matrix
1800 – 1900 °C

Strukturen

- α -BN hexagonal (ähnlich Graphit)
- β -BN kubisch (Diamant-Struktur)
- γ -BN metastabil (Wurtzit-Struktur)

Eigenschaften

- farblos
 - kein elektrischer Leiter (im Gegensatz zum Graphit)
 - thermisch sehr beständig ($T_m = 3270 \text{ °C}$)
- ⇒ Hochtemperaturschmiermittel, feuerfeste Auskleidungen



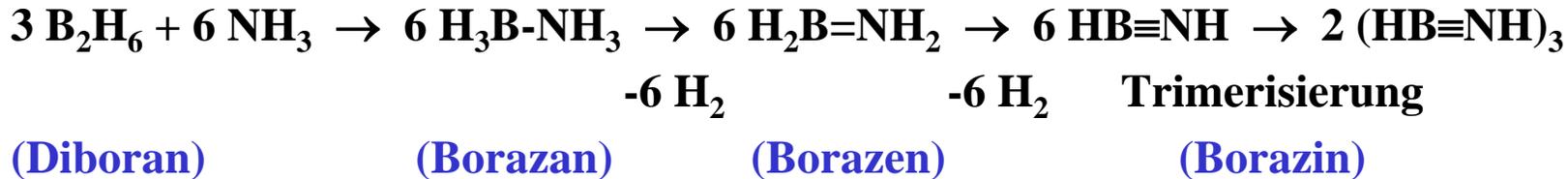
3.9 Bor-Stickstoffverbindungen

Borazin

Borazin wird als anorganisches Benzol bezeichnet

Synthese

Aus Diboran und NH_3 bei 250 - 300 °C

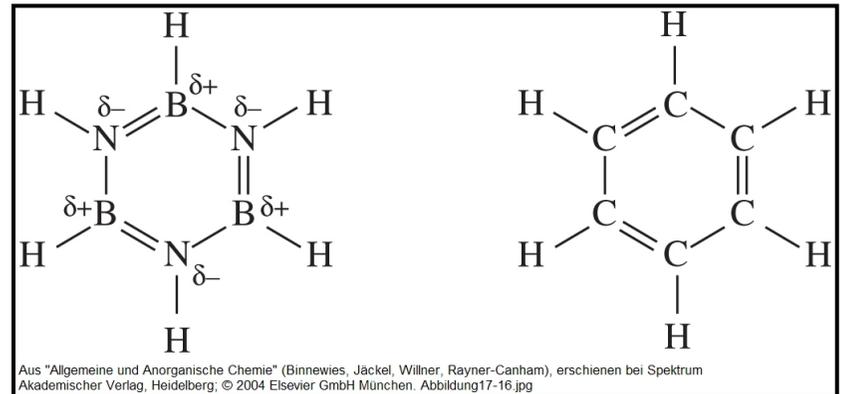


Struktur \Rightarrow

Eigenschaften

Polare B-N Bindung führt zur höheren Reaktivität im Vergleich zu Benzol

\Rightarrow Leichte Addition von Br_2 oder HCl



3.10 Sauerstoffverbindungen des Aluminiums

Aluminiumoxid und Aluminate

Darstellung: siehe Aluminiumherstellung

Al₂O₃-Modifikationen

γ -Al₂O₃

entsteht aus Al(OH)₃ bei 400 °C

Wasser unlöslich, löslich in starken Säuren und Basen

Katalysator, Katalysatorträger, T < 600 °C, OH-Gruppen

α -Al₂O₃ (Korund) entsteht beim Glühen von γ -Al₂O₃ bei T > 1000 °C

Schleif-, Poliermittel, feuerfestes Material (T_m = 2055 °C)

künstliche Edelsteine (Rubine: α -Al₂O₃ + 0,2% Cr₂O₃ bei T > 2200 °C)

β -Al₂O₃

= NaAl₁₁O₁₇ Schichtstruktur mit guter Na⁺-Ionenleitfähigkeit

Alaune

M^IM^{III}(SO₄)₂·12H₂O, z.B. KAl(SO₄)₂·12H₂O ⇒ Rasierstein

Aluminate

MeO + Al₂O₃ → MeAl₂O₄ (Me = Mg, Zn, Fe, Co) ⇒ Spinelle

MeO + Al₂O₃ → MeAl₂O₄ (Me = Ca, Sr, Ba)

⇒ „Afterglow“ Leuchtstoffe: CaAl₂O₄:Eu²⁺,Tm³⁺ 440 nm

SrAl₂O₄:Eu²⁺,Dy³⁺ 525 nm



3.11 Aluminiumhydride

Alan (Aluminiumtrihydrid) und Alanate

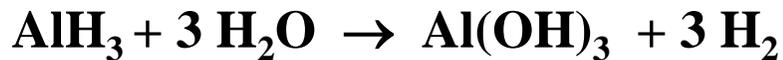
Alan AlH_3

Darstellung: $3 \text{LiAlH}_4 + \text{AlCl}_3 \rightarrow 3 \text{LiCl} + 4 \text{AlH}_3$ (in Ether)

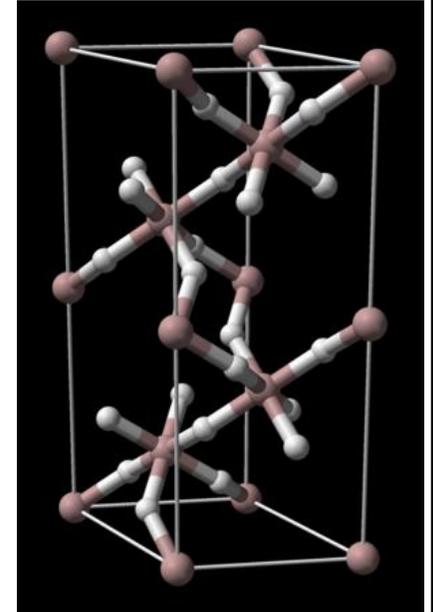
Eigenschaften: weißes Pulver, da es polymer als $(\text{AlH}_3)_x$ vorliegt

KZ 6 $\text{AlH}_{6/2}$

extrem luft- und feuchtigkeitsempfindlich



Dreizentren-Zweielektronenbindungen



Alanate MeAlH_4

Darstellung: $\text{AlX}_3 + 4 \text{LiH} \rightarrow \text{LiAlH}_4 + 3 \text{LiX}$ (X = Cl, Br)

Eigenschaften: Starkes Reduktionsmittel: Carbonsäureester \rightarrow Aldehyde

Starkes Hydrierungsmittel

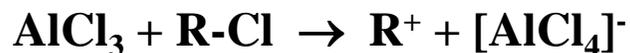
Speichermedium für Wasserstoff?

3.12 Aluminiumhalogenide

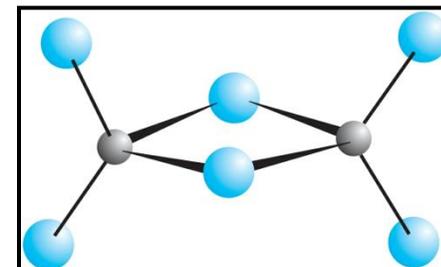
Die Eigenschaften der Aluminiumhalogenide werden durch die Polarisierbarkeit der Anionen bestimmt

Ionenladungsdichte $\text{Al}^{3+} = 370 \text{ C/mm}^3 \Rightarrow$ stark polarisierende Wirkung!

| AlX_3 | T_m [°C] | Struktur |
|------------------------|------------------|--|
| $\text{X} = \text{F}$ | 1290 | Gitter aus AlF_6 -Oktaedern |
| $\text{X} = \text{Cl}$ | 183 (sublimiert) | Festkörper: Gitter, Flüssigkeit und Gasphase: Al_2Cl_6 -Dimere |
| $\text{X} = \text{Br}$ | 97,5 | Al_2Br_6 -Dimere |
| $\text{X} = \text{I}$ | 190 | Al_2I_6 -Dimere |



Struktur von Al_2X_6



Aus "Allgemeine und Anorganische Chemie" (Binnemeyer, Jäckel, Wilber, Bayer-Carlham), erschienen bei Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, © 2004 Elsevier GmbH München, Abbildung 17.21.jpg

3.13 Gallium und Indium

Gallium und Indium sind niedrigschmelzende Metalle hoher Duktilität

Bildung von III/V-Halbleitern (W = Wurtzit, hexagonales ZnS; S = Sphalerit, kubisches ZnS)

| | GaN | GaP | GaAs | GaSb | InN | InP | InAs | InSb |
|---------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| Struktur | W | S | S | S | W | S | S | S |
| T_m [°C] | >1050 | 1465 | 1238 | 712 | >300 | 1070 | 942 | 525 |
| E_G [eV] | 3,7 | 2,3 | 1,5 | 0,7 | 1,9 | 1,4 | 0,4 | 0,2 |
| E_G [nm] | 365 | 520 | 830 | 1800 | 660 | 900 | 3100 | 6200 |

Bildung von Gallaten und Indaten (analog zu den Aluminaten)



SrGa₂S₄:Eu (λ_{max} = 525 nm) ist ein bedeutender Leuchtstoff für Elektrolumineszenzdisplays

Stabilität der einwertigen Oxidationsstufe nimmt zu:



Technisch bedeutsam ist ITO = Indium-Tin-Oxide: SnO₂:In³⁺ für transparente Elektroden

3.14 Thallium und der Inert-Pair Effekt

Tl(III)-Verbindungen sind starke Oxidationsmittel während Tl(I)-Verbindungen beständig sind

| Ionisierungs-enthalpie [MJ/mol] | $X(g) \rightarrow X^+(g) + e^-$ | $X^+(g) \rightarrow X^{2+}(g) + e^-$ | $X^{2+}(g) \rightarrow X^{3+}(g) + e^-$ |
|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---|
| Aluminium | 0,58 | 1,82 | 2,75 |
| Thallium | 0,60 | 1,98 | 2,88 |

Begründung:

Die 6s-Elektronen werden aufgrund der hohen Kernladung stark am Kern gebunden
⇒ Schrumpfung des 6s-Orbitals ⇒ stabile s²-Ionen (Tl⁺, Pb²⁺, Bi³⁺)

Chemische Eigenschaften

- $4 \text{ Tl} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ Tl}_2\text{O}$
- $\text{ Tl}_2\text{O} + \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ TlOH}$
- $2 \text{ TlOH} + \text{ CO}_2 \rightarrow \text{ Tl}_2\text{CO}_3 + \text{ H}_2\text{O}$
- Tl⁺ bildet schwerlösliche Halogenide: $\text{ Tl}^+ + \text{ X}^- \rightarrow \text{ TlX} \downarrow$ (X = Cl, Br, I)
- Hohe Ähnlichkeit zum Blei!

3.15 Biologische Aspekte

Aluminium

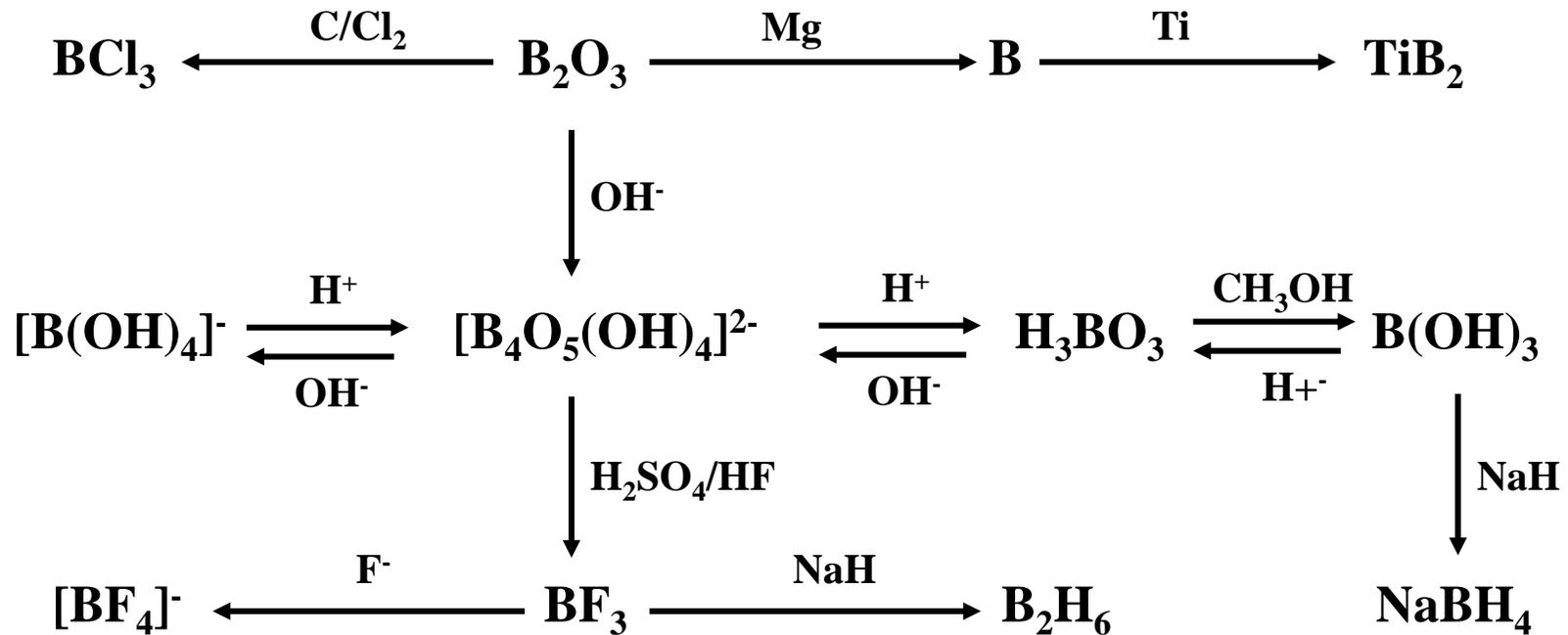
- ist als Kation für menschliches und tierisches Leben toxisch
- $5,0 \cdot 10^{-6}$ mol/l in Wasser reichen aus, um Fische zu töten
- pH-Wert Erniedrigung von Gewässern führt zur erhöhten Al^{3+} -Konzentration
- Tee enthält einen recht hohen Anteil an Al^{3+} -Ionen, die aber durch Zugabe von Milch oder Zitrone durch Komplexbildung maskiert werden
- Übersäuerung von Böden führt zur Freisetzung von Al^{3+} -Ionen
⇒ einige Pflanzen können durch Bildung von Zitronen- oder Apfelsäure auch auf sauren Böden gedeihen: Komplexbildung von Al^{3+}

Thallium

- ist äußerst giftig, da es als großes wasserlösliches Kation dem K^+ ähnelt und dadurch leicht in Zellen eindringt, wo es enzymatische Prozesse modifiziert
- Tl_2SO_4 wird als Rattengift verwendet
- Tl-Salze sind beliebte Gifte in Romanen von Agatha Christies (1890-1976)

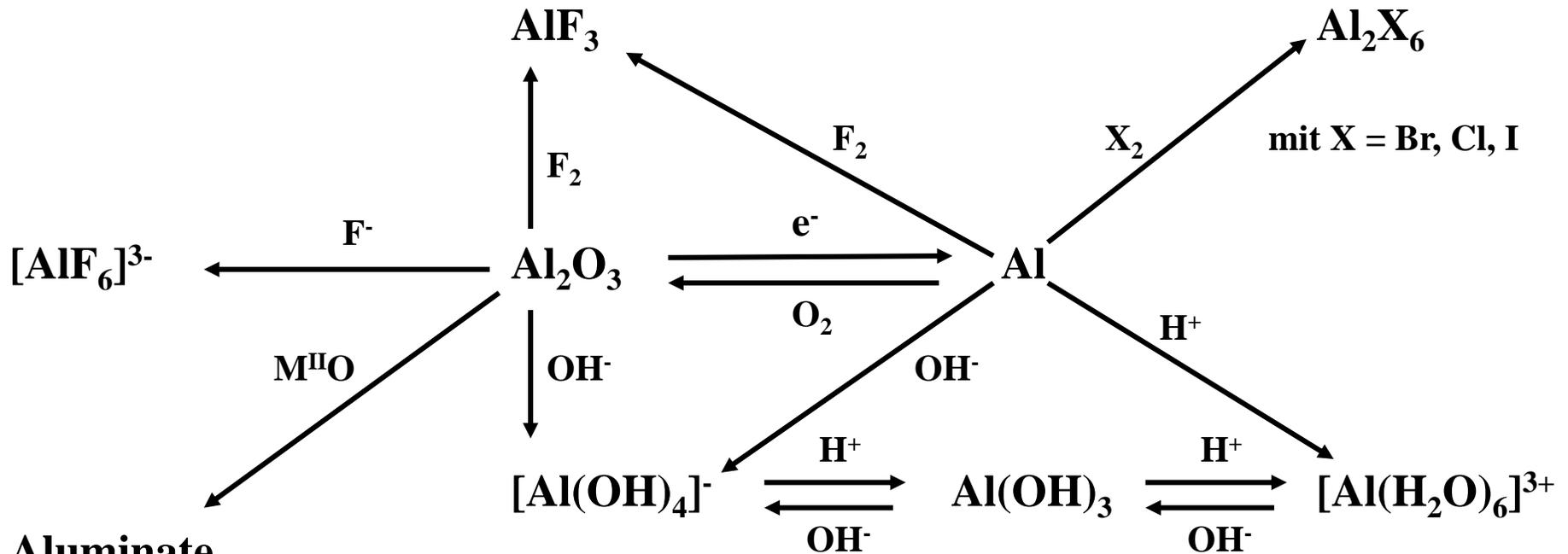
Übersicht Borchemie

Oxidationsstufen: +III, 0, -II, -III



Übersicht Aluminiumchemie

Oxidationsstufen: +III, 0



Aluminate

MgAl₂O₄ (Spinel)

Ca₃Al₂O₆ (C₃A)-Ca₁₂Al₁₄O₂₅ (C₁₂A₇)-CaAl₂O₄ (CA)-CaAl₄O₇ (CA₂)-CaAl₁₂O₁₉ (CA₆)