

## Gruppe 13

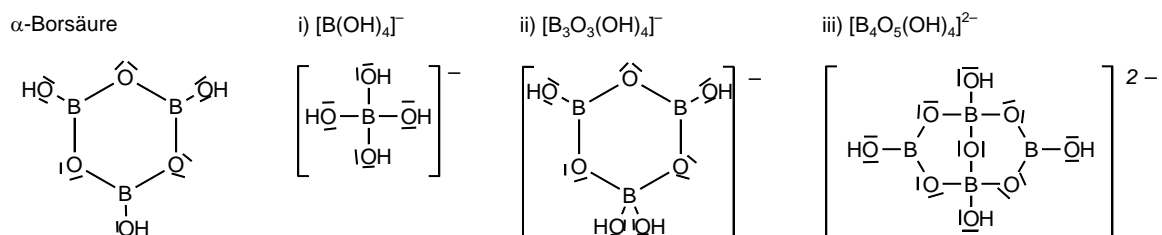
### Beispiel 1:

- a) Die gefunden Bindungsparameter deuten auf einen Doppelbindungscharakter hin. In Bortrifluorid findet eine  $p\pi-p\pi$ -Rückbindung vom Fluor auf Bor statt, durch die formal ein Elektronenoktett am Bor geschaffen wird.

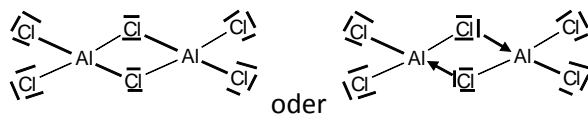
Weitere Möglichkeiten sind die Ausbildung von Zweielektronen-Dreizentrenbindungen (z. B. in  $B_2H_6$ ) sowie die Adduktbildung mit Lewis-Basen (z. B. in  $NaBH_4$ ).

- b)  $B(OH)_3 + 2 H_2O \rightleftharpoons [B(OH)_4]^- + H_3O^+$  bzw.  
 $B(OH)_3 + H_2O \rightleftharpoons [B(OH)_4]^- + H^+$

c)



d)



- e) Je stärker elektronenziehend die Substituenten sind, desto größer ist die Lewis-Acidität und desto kleiner ist die Lewis-Basizität. Daher ergeben sich folgende Reihenfolgen:

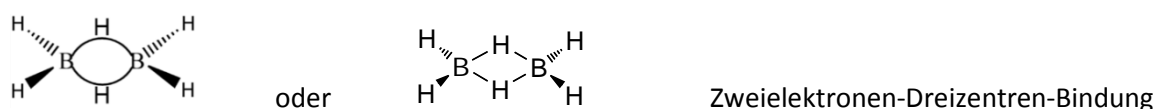


- f) Bortrihalogenide besitzen eine planare Molekülstruktur. In dieser sind  $B-X\pi$ -Wechselwirkungen möglich (vgl. Aufgabenteil a). Lagert sich an das Bortrihalogenid eine Lewis-Base an, so muss sich das planare Molekül pyramidal verzerren. Damit geht aber die  $\pi$ -Wechselwirkung verloren. Da diese beim Fluorid besonders groß ist, ist hier eine Adduktbildung energetisch nicht sehr begünstigt. Bei den höheren Homologen Chlor und Brom sind diese Wechselwirkungen geringer und sie besitzen daher eine höhere Lewis-Acidität.

### Beispiel 2

- a) Das Bor erreicht durch die Dimerisierung ein Elektronenoktett.

b)



- c) Tetraedrisch



$$\begin{aligned}
 c(\text{HIn}) &= x \cdot c_0 & c(\text{In}^-) &= y \cdot c_0 & \text{mit} & x + y = 1 \\
 0,64 &= c(\text{HIn}) \cdot 0,9 + c(\text{In}^-) \cdot 0,1 & & & 0,64 &= x \cdot c_0 \cdot 0,9 + y \cdot c_0 \cdot 0,1 \\
 \Rightarrow x &= 0,675 & c(\text{HIn}) &= 0,675 \cdot c_0 & y &= 0,325 & c(\text{In}^-) &= 0,325 \cdot c_0 \\
 K_s &= \frac{0,325 \cdot c_0 \cdot 10^{-7,4}}{0,675 \cdot c_0} & & & K_s &= 1,92 \cdot 10^{-8}
 \end{aligned}$$

### Beispiel 5:

a) Vorteile:

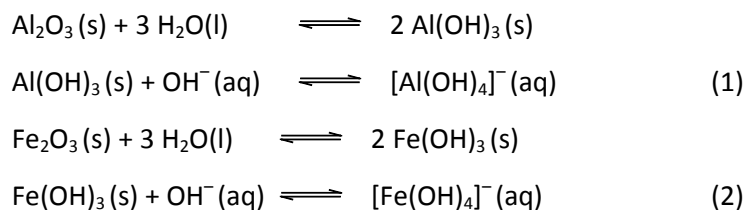
- geringe Dichte, gut geeignet im Fahrzeugbau, da Legierungen fast die Festigkeit von Stahl erreichen,
- korrosionsbeständig,
- niedriger Schmelzpunkt, weich, gut verformbar, leicht zu dünnen Folien für Verpackungen auswalzbar,
- gute elektrische Leitfähigkeit (2/3 der von Kupfer),
- große Verbrennungswärme, Verwendung in Sprengstoffen und Feuerwerkskörpern

Nachteile:

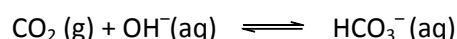
- Großer Energieverbrauch bei der Herstellung,
- sehr sorgfältige Abgasreinigung nötig, da sonst Fluorwasserstoff und geringe Anteile staubförmiger Fluoride in die Umwelt entweichen können und Schäden anrichten.

b) Die Abtrennung beruht darauf, amphoterer  $\text{Al}(\text{OH})_3$  im Unterschied zu basischem  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  in Lauge zu lösen.

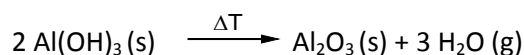
Im Bayer-Verfahren werden Aluminiumoxid und Eisenoxid mit Natronlauge ( $w(\text{NaOH}) = 35\%$ ) bei einer Temperatur von 170 bis 180 °C und unter Druck umgesetzt. Dabei entsteht ein löslicher Aluminiumkomplex und schwer lösliches Eisenhydroxid:



$\text{Fe}(\text{OH})_3$  reagiert praktisch nicht mit  $\text{OH}^-$  und das Gleichgewicht (2) liegt auf der linken Seite. Ungelöstes festes  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  wird als sog. Rotschlamm abfiltriert. Die Lösung wird dann verdünnt und mit  $\text{Al}(\text{OH})_3$ -Impfkristallen versetzt. Durch die Verdünnung wird das Gleichgewicht (1) nach links verschoben. Mitunter wird der Effekt durch Einleiten von  $\text{CO}_2$  unterstützt (Erniedrigung des pH-Wertes):

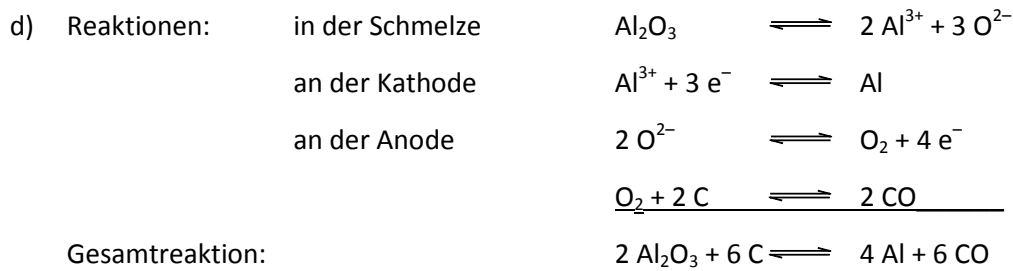


$\text{Al}(\text{OH})_3$  wird dann durch starkes Erhitzen in  $\text{Al}_2\text{O}_3$  überführt:



c) Kryolith ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) hat einen erheblich niedrigeren Schmelzpunkt ( $\sim 1000\text{ °C}$ ) als Aluminiumoxid ( $\sim 2050\text{ °C}$ ). Aus praktischen Gründen wird die Elektrolyse in einer Lösung von  $\text{Al}_2\text{O}_3$  in flüssigem

Kryolith ausgeführt. Der Schmelzpunkt der Lösung liegt dann bei  $\sim 950\text{ }^\circ\text{C}$  (Schmelzpunktniedrigung).



(neben CO entstehen in wesentlich kleineren Mengen auch  $\text{CO}_2$ ,  $\text{COF}_2$ ,  $\text{C}_2\text{F}_4$  u.a.)

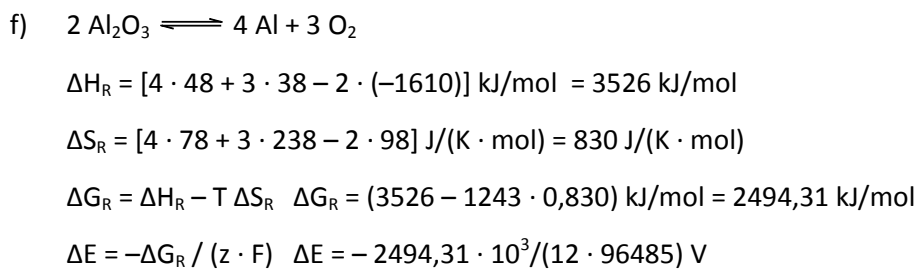
e) Arbeit = Leistung · Zeit,  $W = P \cdot t$  mit  $P = U \cdot I$   
 $W = U \cdot I \cdot t$   $W = U \cdot Q$  mit  $Q = n \cdot z \cdot F$   
 $W = U \cdot n \cdot z \cdot F$  mit  $U = 5\text{ V}$   
 $n = (1\text{ t}/26,98\text{ g})\text{ mol} = (10^6\text{ g}/26,98\text{ g})\text{ mol}$ ,  $z = 3$ ,  $F = 96485\text{ As/mol}$   
 $W = 5\text{ V} \cdot (10^6/26,98)\text{ mol} \cdot 3 \cdot 96485\text{ C/mol} = 5,364 \cdot 10^{10}\text{ W}$   $W \approx 14900\text{ kWh}$   
 Stromausbeute = 95 %  $\Rightarrow$   **$W_{(\text{für } 1\text{ t Al})} \approx 15700\text{ kWh}$**

1 t Bauxit enthält 600 kg  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Das sind  $0,6 \cdot 10^6/101,96\text{ mol Al}_2\text{O}_3$ , aus denen sich  $((2 \cdot 0,6)/101,96) \cdot 26,98\text{ t Aluminium} = 0,318\text{ t Aluminium}$  herstellen lassen.

$\Rightarrow$   **$m_{(\text{für } 1\text{ t Al})} = 0,318^{-1}\text{ t} \approx 3\text{ t Bauxit}$** . (In der Literatur werden oft 4 t angegeben.)

Für 1 mol Al werden 1,5 mol C benötigt.

$(10^6/26,98)\text{ mol Al}$  benötigen  $(1,5 \cdot 10^6/26,98)\text{ mol C}$ ,  **$m_{(\text{für } 1\text{ t Al})} \approx 670\text{ kg Graphit}$**



**Elektrolysespannung = 2,15 V**

g) Wegen des stark negativen Standardpotentials von Aluminium [ $E^\circ(\text{Al}^{3+}/\text{Al}) = -1,66\text{ V}$ ] bildet sich an der Kathode nicht Aluminium sondern Wasserstoff.

### Beispiel 6:

Eine Thermitmischung bezeichnet eine Mischung von Eisen(II)-oxid und elementarem Aluminium, die nach folgender Gleichung reagiert:  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} \longrightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Fe}$ .