

### 1. Seine Stellung im PSE beschert dem Bor einzigartige Probleme

Eigentlich bilden Elemente mit weniger als 4 Valenzelektronen untereinander ein Metallgitter, also dichteste Kugelpackungen mit gemeinsamen Elektronengas. Das ist die gemeinsame Strategie der Metallatome gegen den herrschenden Elektronenmangel: Alle Atome geben ihre Außenelektronen in einen Pool aus dem sich alle bei Bedarf bedienen. Da fällt es nicht weiter auf, dass rechnerisch viel weniger als 8 Valenzelektronen für jedes einzelne Atom zur Verfügung stehen. Beim Elektronengas handelt sich makroskopisch betrachtet also um eine **Unendlich-Elektronen-unendlich-Zentren-Bindung!**

Bor ist allerdings eine Ausnahme und zieht kovalente Bindungen der metallischen Bindung vor. Hintergrund ist die mit  $EN = 2,0$  deutlich höhere Elektronegativität als bei den anderen Metallen ( $EN = 0,9 - 1,6$ ) und die relativ hohe Ionisierungsenergie. Beide Sachverhalte erschweren die Abgabe von Valenzelektronen in ein gemeinsames Elektronengas.

Leider besitzt Bor nur 3 Valenzelektronen. So kann es beispielsweise mit anderen Bor-Atomen durch Ausbildung gewöhnlicher Atombindungen kein Atomgitter bilden, in dem es bezüglich seiner Valenz abgesättigt ist.

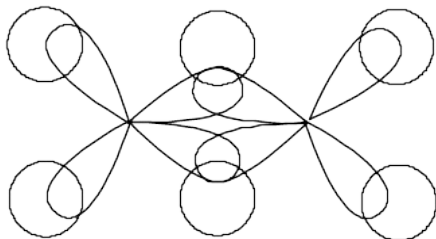
**Abb. 1.1** Das von Ihnen gezeichnete B-Atomgitter mit erfüllter Edelgasregel zeigt, dass die B-Atome dann geladen sind (z.B. im Magnesiumborid  $MgB_2$ )

Allgemein kann Bor aufgrund von nur 3 Valenzelektronen mit anderen elektronenarmen Bindungspartnern und solchen ohne freie Elektronenpaare (z.B. B-, H-) als neutrale Verbindung nur über **Mehrzentrenbindungen** den Elektronenmangel kompensieren.

Bei den **2-Elektronen-3-Zentrenbindungen**, teilen sich 3 Atome ein einziges Elektronenpaar. Solche Bindungen finden sich in den Bormodifikationen, in Borwasserstoffverbindungen (Borane) und in Carbaboranen. Hier finden Sie ausgewählte Beispiele.

### 1. Diboran ( $B_2H_6$ )

Das einfachste borhaltige Molekül mit 3-Zentrenbindungen ist das Diboran. An ihnen sind auch H-Atome beteiligt.



übliche Darstellung  
der Strukturformel:

Darstellung mit mesom. Grenzformeln und  $2e^-$ -2Z-Bindungen:

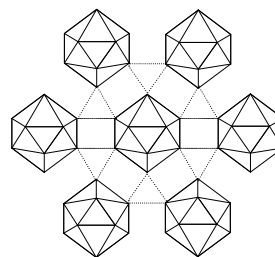
**Abb. 1.1:** Valenzbindungsmodell des Diborans (Quelle: e.W.):

### 2. Bor-Ikosaeder in Bormodifikationen

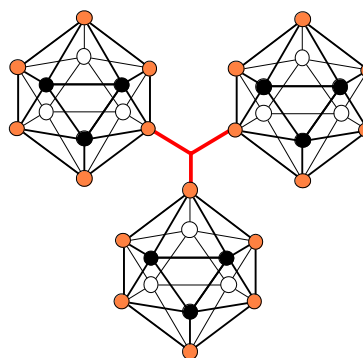
Das Phänomen, dass einige Elemente in einem Aggregatzustand in mehreren Modifikationen (Erscheinungsformen) auftreten können, nennt man **Allotropie**. Beim Bor trifft dies für den Feststoff zu.

In allen Bormodifikationen liegen **Bor-Ikosaeder**, also Zwanzigflächner, vor. Sie werden von 12 B-Atomen gebildet. In einigen Bormodifikationen treten darüber hinaus in den Strukturen noch einzelne Boratome auf, die nicht Bestandteil von Ikosaedern sind.

**Beispiel einer Modifikation:** Beim *α-rhomboedrischen Bor* entspricht die Packung der Ikosaederschichten mit A-B-A-B-A-B-.... der kubisch-dichtesten Kugelpackung. Allerdings ist die Raumauffüllung viel geringer (37%). Innerhalb einer Schicht gruppieren sich 6 Ikosaeder um einen zentralen Ikosaeder. Die 6 Boratome der zentralen Ebene sind an 2-Elektronen-3-Zentrenbindungen beteiligt, die sich jeweils über drei Ikosaeder erstreckt. 6 B-Atome gehen konventionelle Bindungen ( $2e^-2Z$ ) zu den 3 Ikosaedern der Schicht darüber bzw. darunter ein.



**Abb. 2.1** Schicht im  $\alpha$ -rhomboed. Bor (Quelle: e.W.)



**Abb. 2.2:** Bindungszustand der B-Atome der Ikosaeder im  $\alpha$ -rhomboedrischen Bor (Quelle: e.W.)

3. Typen von 2-Elektronen-3-Zentrenbindungen

In den Bormodifikationen und auch in Borverbindungen treten zwei Arten der 2-Elektronen-BBB-Bindungen auf, die *geschlossene Form* und die *offene Form*:

Übliche Symbole in der Strukturformelschreibweise:

geschlossen

offen

Valenzbindungsmodell:

geschlossen

offen

4. Höhere Borane am Bsp. des Pentaborans-11 ( $B_5H_{11}$ )

Die Borwasserstoff-Verbindungen und ihre Derivate werden als **Borane** bezeichnet. Die reinen Borwasserstoffmoleküle ( $B_xH_y^{z\pm/}$ ) zeigen eine außergewöhnliche Vielfalt an Käfig- und Netzstrukturen. So besitzt Pentaboran-11 ( $B_5H_{11}$ ) besitzt eine offene Käfigstruktur:

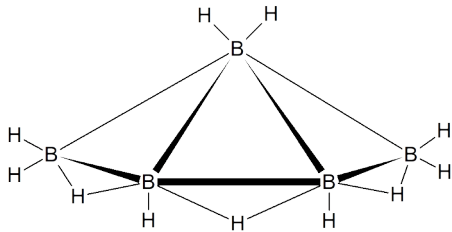


Abb. 4.1: Räumlicher Bau von Pentaboran-11 (Quelle: e.W.)

**Bindungsverhältnisse der Borane**

Bei vielen Vertretern finden sich auch 3-Zentren-Bindungen. Für einige dieser Vertreter, bspw. das Pentaboran-11 kann man auch mesomere Grenzformeln formulieren.

4.1 a) Ergänzen Sie mit dem Lehrer die Bindungen in Abb. 4.2. Überzeugen Sie sich, dass die Edelgasregel von jedem B-Atom formal erfüllt wird, d.h. 4 Striche daran zu finden sind.

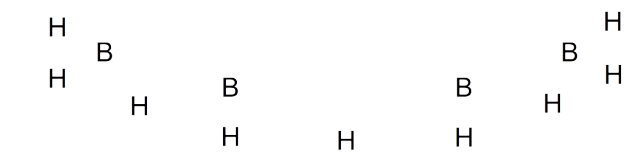
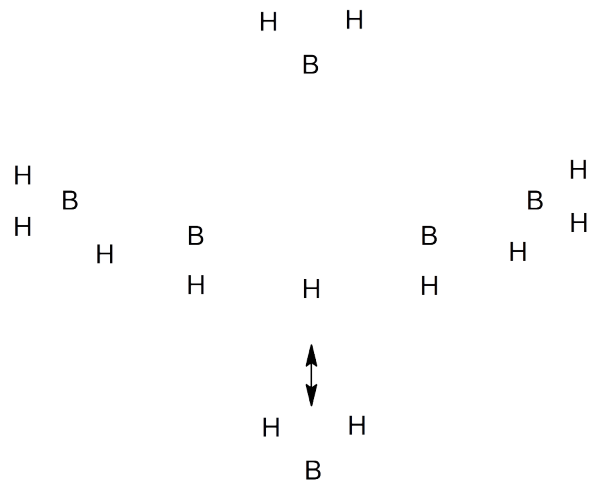
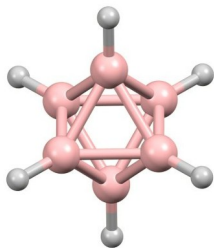


Abb. 4.2: Mesomere Grenzformeln von Pentaboran-11.  
4.1 b) Wie viel Außenelektronen wurden verbaut? Passt das zu  $B_5H_{11}$ ?



Hexaboranat-6

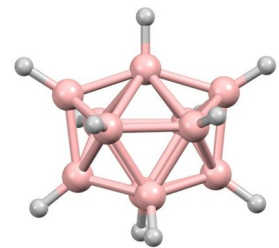
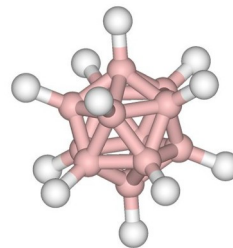
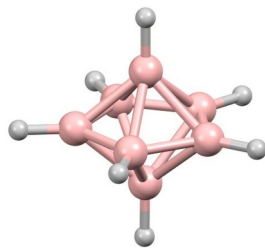


Abb.4.2 Boran-Anionen (Boranate) der Formel  $B_nH_n^{2-}$  besitzen geschlossene Käfigstrukturen. Benennen Sie die restlichen Strukturen.  
(Quelle aller Abb. : commons.wikimedia.org)