

CHEMISCHE BINDUNGEN METALLBINDUNGEN

Wichtig:

Das gesamte Skript darf nur von Teilnehmern dieser Vorlesung als Lehrmaterial verwendet werden. Es darf nicht (auch nicht in Teilen) veröffentlicht, vervielfältigt oder an andere Personen (weder als Ausdruck noch elektronisch) weitergegeben werden.

Metalle im PSE

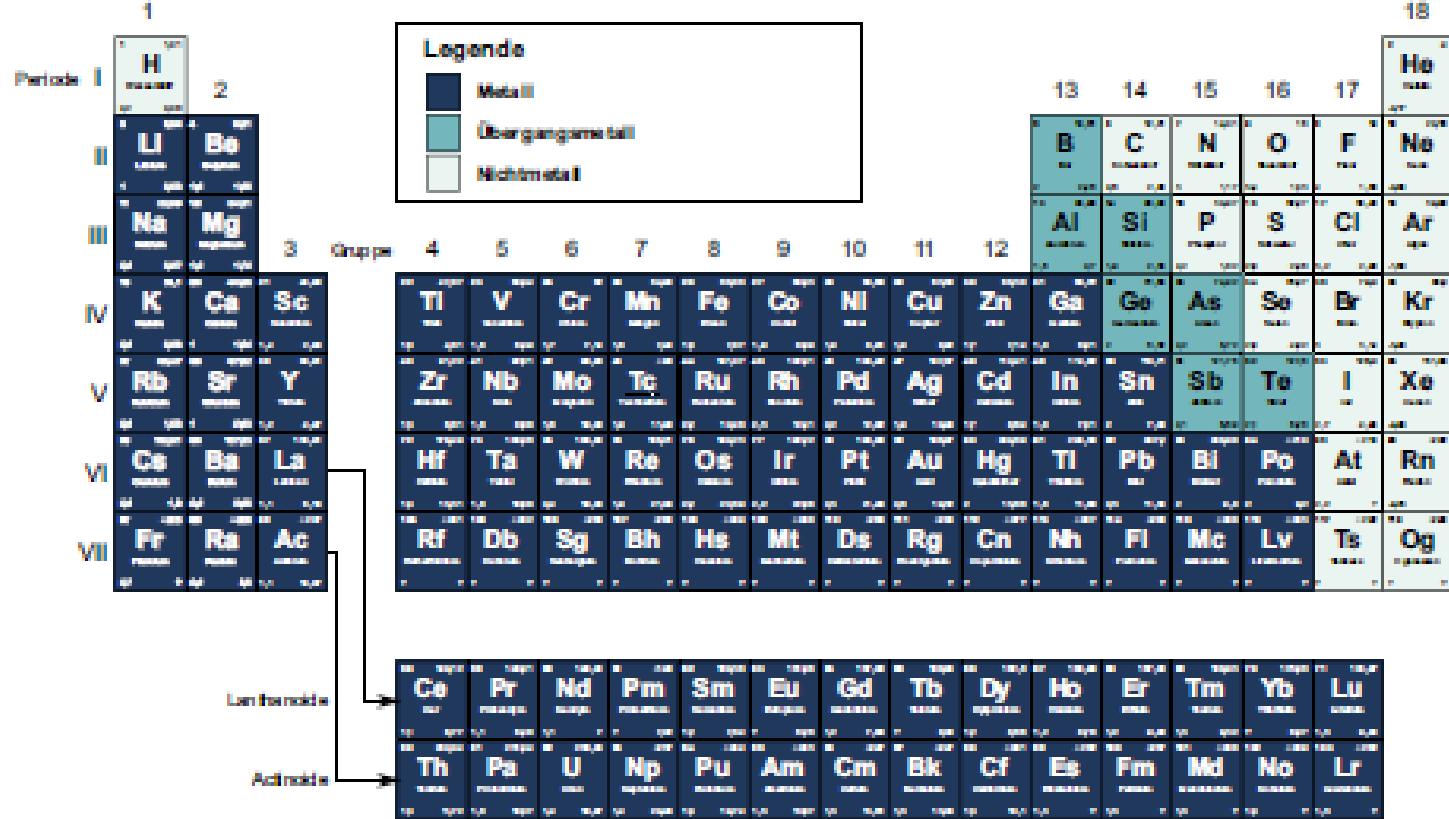
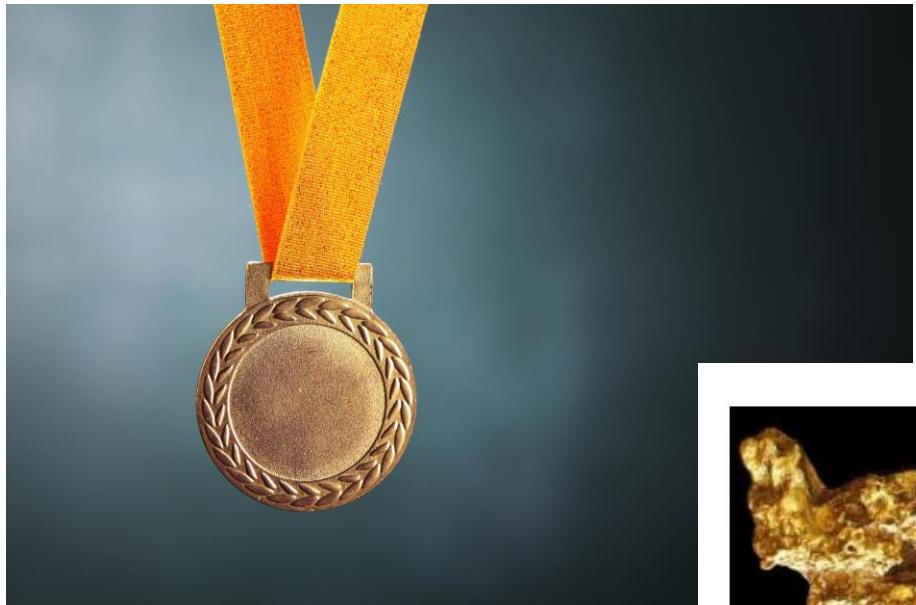


Abb. 1.41 Tendenzen des Metalcharakters im PSE und PSE mit Angabe des Metalcharakters

Metalle & Metallbindungen



Nur sehr wenige Metalle findet man als Elemente in der Natur (z.B. Gold Au).

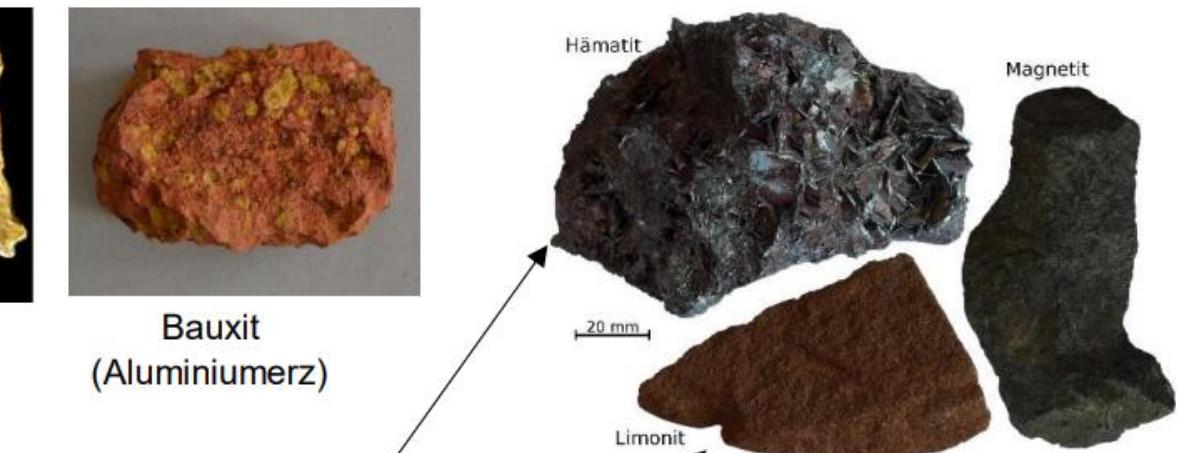
Die meisten kommen in Form von Verbindungen vor (Erze) und müssen in einem metallurgischen Prozess aus diesen gewonnen werden (Redox-Reaktionen).



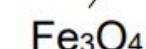
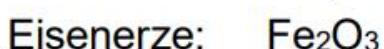
Goldnugget



Bauxit
(Aluminumerz)

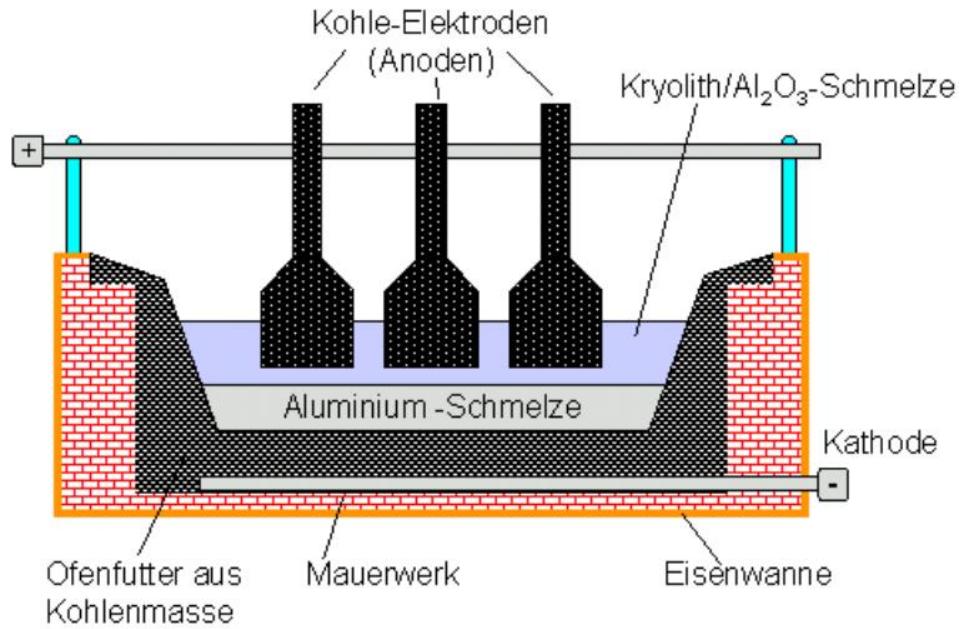


Eisenerze:



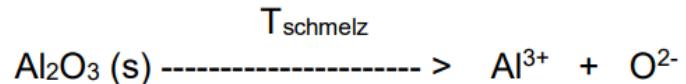
Gewinnung von Metallen

Schmelzflusselektrolyse z.B. zur Gewinnung von Aluminium



Schmelze: Aluminiumoxid Al_2O_3 / Kryolith.
Kryolith (Na_3AlF_6) dient nur dazu den Schmelzpunkt (Smp.) von Al_2O_3 herabzusetzen.
Smp. (Al_2O_3) = 2050°C; Smp. ($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_3\text{AlF}_6$ -Gemisch) = 950°C

In der Schmelze befinden sich Al^{3+} Kationen und O^{2-} (Oxid) Anionen:



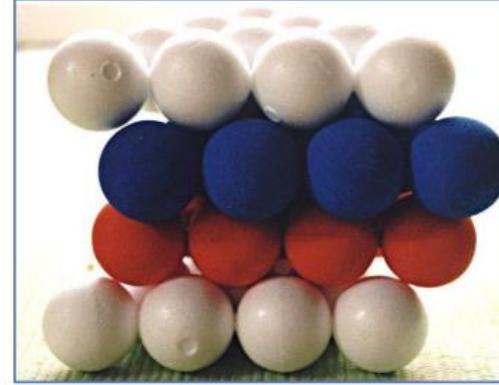
Metalle – Struktur & Eigenschaften

Struktur: Metallkristall – Metalle bilden dichte Kugelpackungen aus dicht gepackten Kugelebenen

In den Lücken können sich kleine Nichtmetallatome einlagern (z.B. H, C, N) und die Härte erhöhen



Kugelebene



Kugelpackung

Gitterstrukturen der Metalle

Hexagonal dichteste Packung

- Schichtenfolge: ABAB...
- Packungsdicke: 74%
- Eigenschaften: schlecht formbar, gut gießbar
- Beispiele: Mg, Ti, Zr, Co, Zn

Kubisch dichteste Packung

- Schichtenfolge: ABCABC...
- Packungsdicke: 74%
- Eigenschaften: relativ weich, leicht plastisch verformbar (walzen, ziehen , pressen, schmieden)
- Beispiele: Cu, Ag, Au, Ni, Pd, Pt, Al

Kubisch raumzentriert

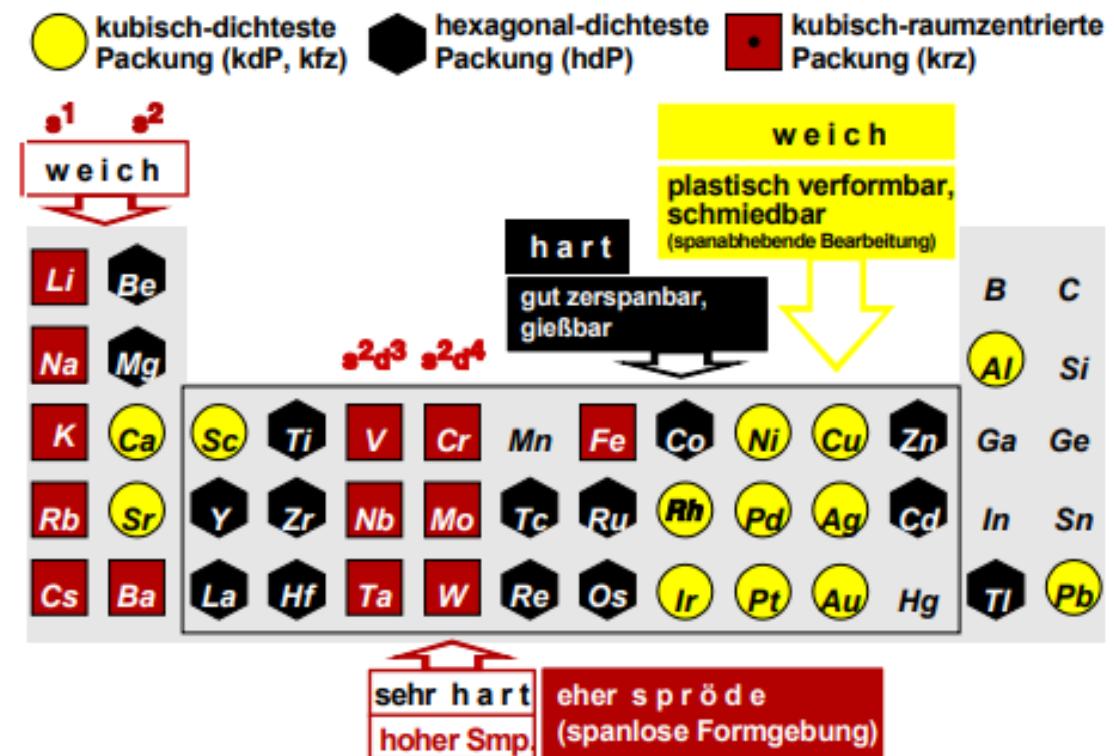
- Packungsdicke: 68%
- Eigenschaften: schlecht formbar, sehr hart, spröde
- Beispiele: 5. u. 6. Nebengruppe (V, Nb, Ta, Cr, Mo, W) und auch Alkalimetalle (Unterschiede in Eigenschaften (sehr weich) durch geringe Anzahl der Außenelektronen)

Metallgitter

▼ Metallgitter		
Kubisch dichteste Packung (kdP) = flächenzentriert (kfz)	Hexagonal dichteste Packung (hdP)	Kubisch raumzentriert (krz) innenzentriert
Kupfer- oder Goldstruktur	Magnesiumstruktur	Wolframstruktur
<p>Schichtfolge: A B C ... C in Oktaeder-, B in Tetraederlücken Koordinationszahl: 12</p> <p>Packungsdichte: $P = Z \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 / a^3 = 74\%$</p> <p>Z = 4 Atome pro Elementarzelle $a = 0,365 \text{ nm}$ Gitterkonstante ($\gamma\text{-Fe}$) $r = \text{Atomradius}$</p>	<p>Schichtfolge: A B ... B in Tetraederlücken KZ 12</p> <p>Packungsdichte: 74 %</p> <p>Z = 4 Atome pro Elementarzelle $a = 0,163 \text{ nm}$ Gitterkonstante (Mg)</p>	<p>innenzentriertes Würfelgitter, vorzugsweise für große Atome. KZ 8</p> <p>Packungsdichte: 68 %</p> <p>Z = 2 Atome pro Elementarzelle $a = 0,287 \text{ nm}$ Gitterkonstante ($\alpha\text{-Fe}$) $r = \sqrt{3}a / 4 = 0,124 \text{ nm}$ Atomradius</p>

Besonderheiten und Trends

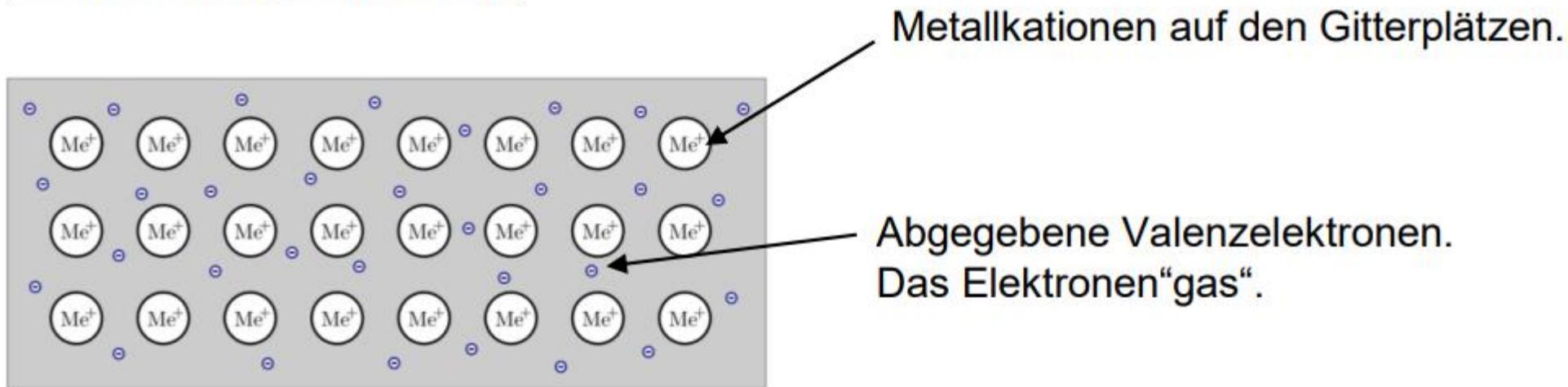
- Härteste Metallgitter:
Wolfram, Molybdän und Chrom (6-wertig)
- Diamant besitzt das stabilste Kristallgitter
- Osmium besitzt höchste Dichte aller Elemente
- Links im Periodensystem stehen leicht ionisierbare, niedrigschmelzende Elemente.
- Einwertigen Alkalimetalle sind besonders weich und reaktionsfreudig
- Härte und Schmelzpunkte nehmen in den Hauptgruppen von oben nach unten ab (siehe v.a. Kohlenstoffgruppe)
- Härte und Schmelzpunkte nehmen in den Perioden zu (z. B. Rb → Sr → In → Sn → Sb).



Elektronengasmodell der Metallbindung

- Gute elektrische Leitfähigkeit
- Gute Wärmeleitfähigkeit
- Metallischer Glanz
- Plastische Verformbarkeit
- Reagieren bei chem. Reaktionen zu Kationen

Elektronengasmodell:

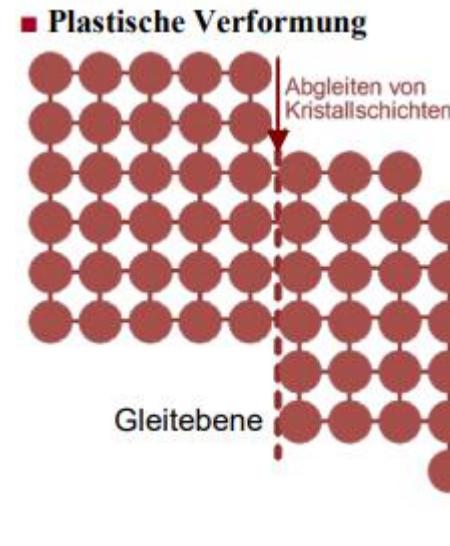


Frage: Wie verändert sich die elektrische Leitfähigkeit bei einer Erhöhung der Temperatur?

Plastische Verformbarkeit (Duktilität) der Metalle

Bei der plastischen Verformung durch Hämmern oder Walzen werden Gitterebenen in einem Metallkristall gegeneinander verschoben.

Dies geschieht, ohne dass der Gleitvorgang durch das Elektronengas behindert wird.

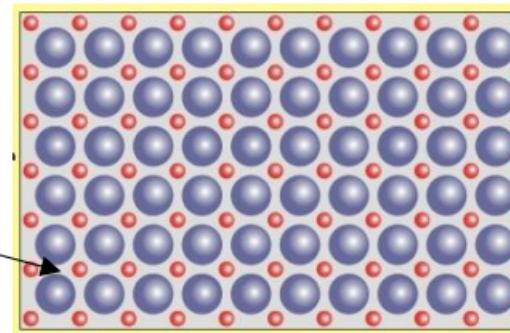


Anwendungsbeispiel Wasserstoffspeicherung

b) Metalleinlagerungshydride

- * Manche Metalle und Legierungen (Palladium Pd, LaNi₅) können in ihrem Inneren große Mengen an Wasserstoff speichern.
--> **Speichersysteme für Wasserstoffgas.**

- * Die H₂(g) Moleküle werden im Inneren des Metalls in H-Atome gespalten.
Die H-Atome lagern sich dann in die Lücken zwischen den Metallatomen ein.



- * Durch erhitzen des Metalls kann der Wasserstoff wieder aus dem Metall als H₂ entnommen werden:



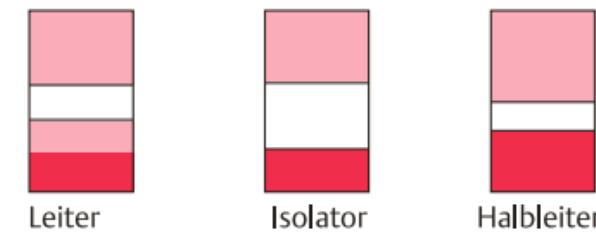
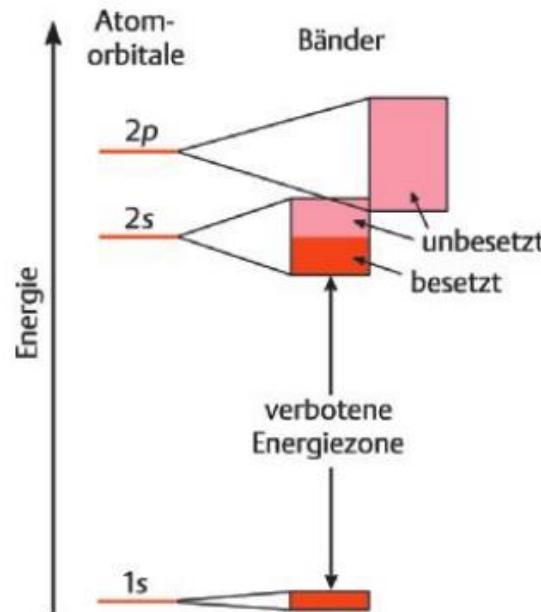
Anmerkung: Da Wasserstoff (H₂) ein extrem kleines Molekül ist, kann es durch Metalle sehr leicht hindurch diffundieren.

Bändertheorie – Bindung in Metallen

Frage: warum ist Li elektrisch leitend, warum ist Be elektrisch leitend?

Li: $1s^2 2s^1$

Be: $1s^2 2s^2$



Leiter: Valenzband teilweise besetzt oder überlapp mit Leitungsband

Isolator: volles Valenzband durch verbotene Zone von Leitungsband getrennt

Halbleiter: schmale verbotene Zone kann durch steigende Temperatur überwunden werden

- [Pink box] unbesetztes Band (Leitungsband) oder unbesetzter Bereich in einem Band
- [White box] verbotene Zone
- [Red box] besetztes Band oder besetzter Bereich in einem Band (Valenzband)

Bindung in Metallen – Halbleiter

Frage: Wie lässt sich erklären, dass Silicium oder Germanium Halbleiter sind?

Frage: Was passiert bei einer Dotierung mit Bor, Aluminium oder Gallium (III. Hauptgruppe) bzw. mit Phosphor, Arsen oder Antimon (V. Hauptgruppe)?

Verständnisfragen - Metallbindungen

1. Welche Eigenschaften haben Metalle?
2. Welche Reaktionen finden bei der Schmelzflusselektrolyse an der Kathode statt?
3. Welche Metallgitter gibt es, welche Eigenschaften sind damit verbunden?
4. Wie verändert sich die elektrische Leitfähigkeit in Abhängigkeit der Temperatur?
5. Wie unterscheiden sich Leiter, Halbleiter und Isolatoren?
6. Was ist ein Elektronengas?