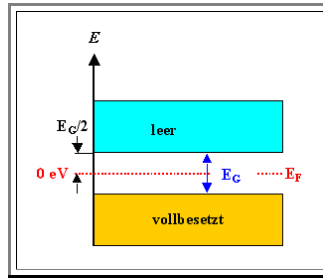


## Übung 8.3-1

### Ladungsträgerdichten im Leitungsband von Halbleitern

Gegeben sei die folgende extrem vereinfachte Bandstruktur:



Wir wollen damit ein bißchen den Umgang mit *Fermiverteilung* und *Ladungsträgerdichten* üben.

**1. Frage:** Der spezifische Widerstand typischer Halbleiter liegt um **(1 - 1.000)  $\Omega\text{cm}$** ; typische Beweglichkeiten liegen im Bereich  $\mu = \textbf{(500 - 5.000) cm}^2/\textbf{Vs}$ .

Wir nehmen an, dass nur Elektronen im Leitungsband (dem nominell leeren Band) zur Leitung beitragen können. Welche *Ladungsträgerdichten* braucht man dazu im Leitungsband?

Die notwendigen Ladungsträger müssen per *thermischer Energie* aus dem vollbesetzten Valenzband den Sprung ins Leitungsband geschafft haben. Für **Si** gibt es im Leitungsband schon "ganz unten" Platz für ca.  $N_{\text{eff}} = \textbf{3} \cdot \textbf{10}^{19}$  Elektronen pro  $\textbf{cm}^3$  (Man nennt das: "*effektive Zustandsdichte*").

Angenommen, die Fermienergie ist genau in der *Mitte* einer Bandlücke der Größe  $E_G$  (wir setzen darauf dann den Energienullpunkt). Dann ist die:

**2. Frage:** Wie groß muss die Energielücke bei Raumtemperatur ( $T_R = \textbf{300 K}$ ) sein, damit die richtige Ladungsträgerkonzentration resultiert? Wie groß bei **100 K** oder **500 K**?

Vergleiche die Ergebnisse der *exakten Formel* (= Fermiverteilung) mit der *Boltzmann-Näherung*.

**3. Frage:** Wähle in Gedanken eine Temperatur, bei der genau *ein* Elektron den Sprung vom Valenzband ins Leitungsband schafft. Vergleiche die Wahrscheinlichkeiten, dass genau *ein* Platz im Valenzband *nicht* besetzt ist, mit der Wahrscheinlichkeit, dass genau *ein* Platz im Leitungsband besetzt ist. Begründe damit, warum die Fermienergie genau in der *Mitte* der Bandlücke liegen muss!



**Lösung**