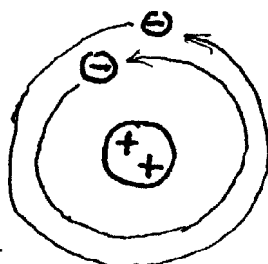




## Grundlagen

### Aufbau eines Atoms

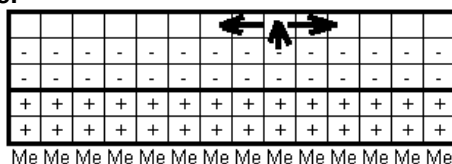
Atome haben im Kern positive Ladungen (+), die durch negativ geladene Elektronen (-) ausgeglichen werden. Jedes Elektron hat eine eigene Umlaufbahn. Es kann auf eine höhere Bahn springen, benötigt dazu aber Energie, z.B. aus Wärme, die es beim Abstieg wieder abgibt, z.B. als Licht.



→ Deshalb können heiße Stoffe glühen.

### Metallische Leiter

In Metallen sind Atome regelmäßig angeordnet und Elektronen beweglich. Sie können leicht auf höhere Bahnen und dort zu benachbarten Atomen wechseln.

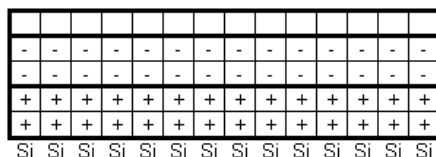


Metallatome mit Atomkern (+) und Elektronen (-)

→ Metalle sind gute elektrische Leiter.

### Halbleiter

Bei Silicium sind die Bahnen bis zu einer Barriere gefüllt, deren Überschreiten viel Energie benötigt<sup>1</sup>. Da unter der Barriere Stau herrscht, leitet Silicium Strom erst dann gut, wenn es von außen Energie erhält, zB. durch Wärme. → Silicium ist ein Halbleiter.



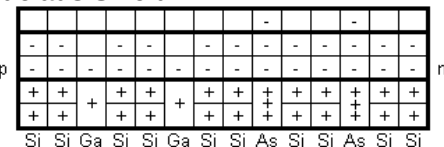
Bei Halbleitern erfordert der Sprung der Elektronen ins Leitungsband mehr Energie.

Technisch angewandte Halbleiter werden zusätzlich mit Fremdatomen geimpft. Dort können Elektronen die Barriere auf verschiedene Weise überwinden, zB. mit Licht (Photodiode, Solarzelle), oder Licht erzeugen (LED).

## Halbleiter-Dioden

### Aufbau einer Diode aus Silicium

Dioden bestehen aus einer p- und einer n-Schicht.



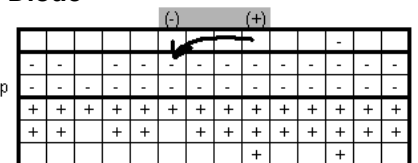
p- und n-Schicht mit Lücken und freien Elektronen

Gallium-Atome in der p-Schicht haben in ihrer äußeren Bahn weniger Elektronen. Durch diese "Löcher" können Elektronen und damit Strom fließen. Dabei wandern die Löcher, sie werden deshalb oft wie positive Ladungen dargestellt.

Arsen-Atome in der n-Schicht haben mehr äußere Elektronen, die im freien Leitungsband Strom leiten können (negative Ladungsträger).<sup>2</sup>

### Sperrschicht einer Diode

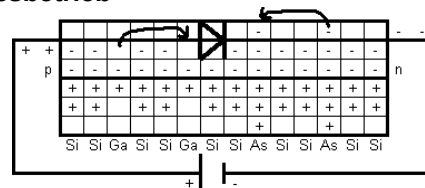
Zunächst sind alle Ladungen ausgeglichen, aber Elektronen und Löcher wandern. An der Grenze zwischen n- und p-Schicht fallen Elektronen in die Löcher. Es entsteht eine Sperrschicht ohne Ladungsträger, die sich durch die getrennten Ladungen selbst stabilisiert<sup>3</sup> und Strom nur sehr schlecht leitet.



Getrennte Ladungen stabilisieren die Sperrschicht (grau).

### Diode im Durchlassbetrieb

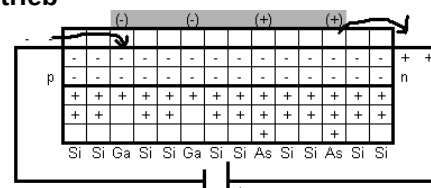
Im Durchlassbetrieb drängen Elektronen von der Batterie in die n-Schicht und ersetzen dort fehlende Elektronen, auf der p-Seite geschieht dies mit Löchern. Die Sperrschicht wird kleiner und ab der Schließenspannung von 0,7 V fließt Strom durch die Diode.



Die Sperrschicht wird kleiner.

### Diode im Sperrbetrieb

In Sperrrichtung kommen Elektronen und Löcher von der falschen Seite und verbreitern die Sperrschicht, sodass praktisch kein Strom fließen kann. Erst wenn die so genannte Durchbruchsspannung erreicht ist, wird die Diode wieder durchlässig. Diesen Effekt nutzt man bei Z-Dioden aus.



Die Sperrschicht wird breiter

## Zener-Diode

Zener-Dioden

## Quellen

[Physik für Ingenieure]

- 1 Die 3. und äußerste Elektronenschale von Silicium (Ordnungszahl 14) ist mit 4 Elektronen nur zur Hälfte gefüllt. In einem Silicium-Kristall bindet sich ein Atom mit 4 Nachbarn und teilt sich mit jedem Nachbarn 2 Elektronen, ein eigenes und ein fremdes, sodass die 3. Schale jeden Silicium-Atomes mit 8 Elektronen gefüllt ist. Das ist für Silicium eine stabile Konstellation und es kostet viel Energie, ein Elektron daraus zu lösen. Dass sich die 4 Elektronen auf die 2 Bänder 3s und 3p verteilen, spielt keine Rolle, weil sich die Bänder überlappen und sich die Elektronen zwischen den Bändern leicht austauschen können. Germanium (Ordnungszahl 32), der andere typische Grundstoff für technische Halbleiter, hat eine ähnliche Struktur in der 4. Schale. Ein weiterer Stoff mit einer ähnlichen Konfiguration ist Kohlenstoff (Ordnungszahl 6, 2. Schale) als Diamant.
- 2 Gallium (Ordnungszahl 31) und Arsen (Ordnungszahl 33) haben in ihrer 4. und äußersten Schale 3 bzw 5 Elektronen. Eingebettet in ein Siliciumkristall fehlt also eine Elektron oder es ist eines überschüssig.
- 3 Die Elektronen, die in die Löcher gefallen sind, brauchen einerseits Energie, um das niedrige Niveau wieder zu verlassen, und werden andererseits auf ihre ursprüngliche Seite gezogen, um die getrennten Ladungen wieder auszugleichen.