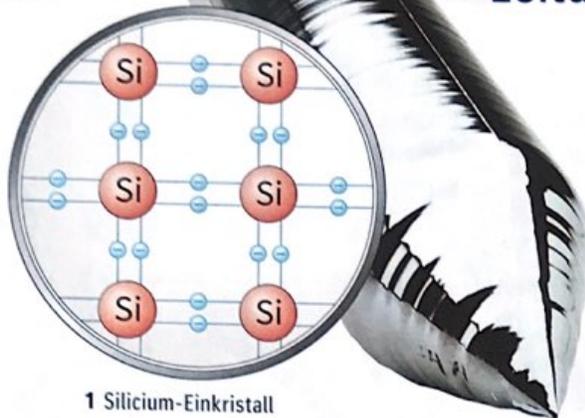
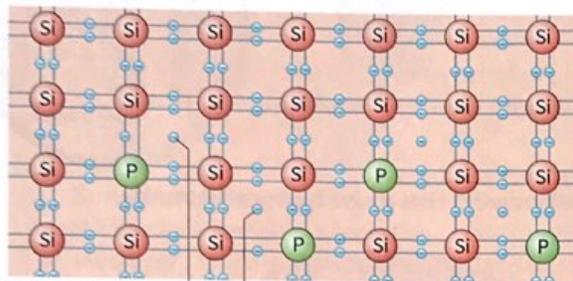




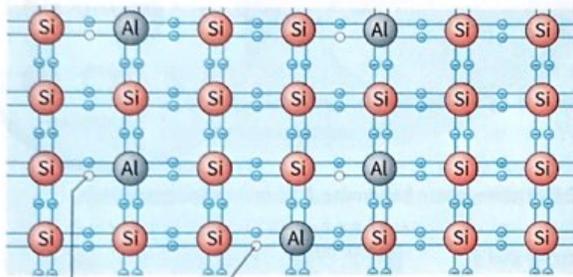
# Leitungsvorgänge in Halbleitern



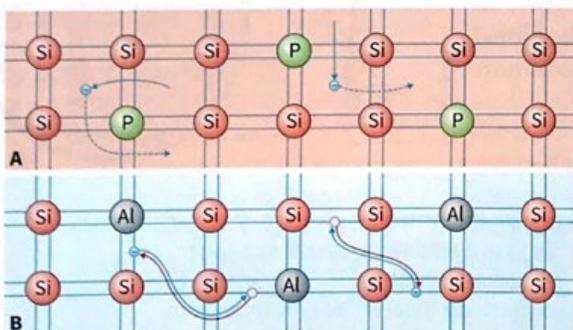
1 Silicium-Einkristall



freie Elektronen  
2 n-Dotierung



Loch  
3 p-Dotierung



4 A Elektronenleitung, B Löcherleitung

1.

Beschreibe drei Möglichkeiten, wie ein Siliciumkristall zum elektrischen Leiter werden kann.

## Halbleitereigenschaften gezielt verändern

Halbleiter haben bei Raumtemperatur nur eine sehr geringe Anzahl freier Elektronen. Es gibt aber die Möglichkeit, in die Kristallstruktur Fremdatome einzubauen, sodass zusätzliche Elektronen zur Verfügung stehen oder Elektronen fehlen. Dieser Vorgang heißt **Dotierung**. Es gibt zwei Verfahren.

### n-Dotierung

In Siliciumkristalle werden Phosphoratom eingebaut. Diese haben jeweils ein Elektron mehr als die Siliciumatome. Wenn Siliciumatome und Phosphoratom durch Elektronenpaare gebunden werden, bleibt deshalb jeweils ein Elektron frei. Es wird zur Bindung nicht gebraucht. Der Kristall aus Silicium und Phosphor enthält jetzt freie Elektronen und ist zu einem Leiter geworden. In dem n-dotierten Stoff funktioniert die **Elektronenleitung** wie in einem metallischen Leiter. Wird er als Leiter in einen elektrischen Stromkreis geschaltet, entsteht im Inneren des Kristalls ein gerichteter Elektronenstrom.

### p-Dotierung

Aluminiumatome haben ein Elektron weniger als die Atome des Siliciums. Beim Einbau in einen Siliciumkristall kann ein Atom nur für 3 benachbarte Siliciumatome je ein Bindungselektron zur Verfügung stellen. Beim vierten Atom fehlt ein Elektron zur Bindung. Diese Fehlstelle wird **Loch** genannt. Auf ein freies Elektron wirkt es wie eine positive Ladung. In diesem Kristall findet keine gerichtete Elektronenbewegung statt. Die freien Elektronen werden durch die Löcher eingefangen. Auf einen freien Platz kann auch ein Elektron von einem Nachbaratom wechseln. Dies ist infolge der thermischen Bewegung der Atome möglich. Durch die Bewegung der Atome um ihre Ruhelage werden immer wieder Elektronen aus ihrem Verband losgerissen. Sie setzen sich dann auf einen freien Platz. Damit wird an der bisherigen Stelle ein Platz frei. Auf diese Weise wandern auch die Löcher durch den Kristall. Es entsteht eine **Löcherleitung**.

### Dotierung lässt leiten

Das Dotieren verändert den Ladungszustand des Siliciumkristalls. Gegenüber seinem Grundzustand hat er nun zusätzliche Elektronen oder Löcher. Elektronen oder Löcher in den dotierten Stoffen können jetzt wandern. Das dotierte Silicium ist kein Isolator mehr.

2. Beschreibe mit Bild 4 den Unterschied zwischen der Elektronenleitung und der Löcherleitung im Halbleiter.

3. Begründe, dass Dioden den Transport von Ladungsträger nur in eine Richtung zulassen.

**Der Aufbau einer Halbleiterdiode**

In einer **Diode** grenzen eine p-dotierte und eine n-dotierte Schicht aneinander. In dem Bereich, in dem sich die beiden Schichten berühren, kommt es durch thermische Bewegung zu einem räumlich begrenzten Ladungsaustausch. Elektronen aus der n-dotierten Schicht besetzen freie Löcher in der p-dotierten Schicht. So entsteht an diesem **p-n-Übergang** eine neutrale Zone ohne freie Ladungsträger, eine **Grenzschicht**. Sie schafft eine räumliche Distanz zwischen den beiden Schichten. Die Leitungselektronen der n-dotierten Schicht können diese Grenzschicht nicht mehr durchdringen. Erst durch den Anschluss an eine Stromquelle kann sie von Elektronen überwunden werden.

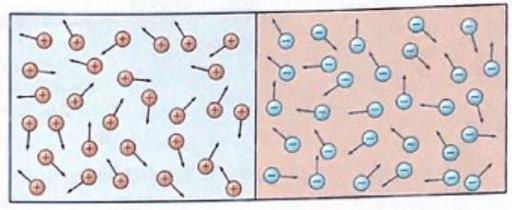
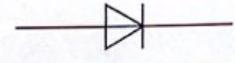
**Diode in Durchlassrichtung**

Ist die n-dotierte Schicht am Minuspol einer Batterie angeschlossen, werden weitere Elektronen in die Grenzschicht gedrückt, die Diode ist in **Durchlassrichtung** geschaltet. Ab einem bestimmten Spannungswert können die Elektronen die Grenzschicht überwinden. Dieser Spannungswert wird **Schwellenspannung** genannt. Dann zieht der Pluspol Elektronen aus der n-dotierten Schicht durch die Grenzschicht in die p-dotierte Schicht ab. Es kommt zu einem Ladungstransport im äußeren Stromkreis. Die Schwellenspannung beträgt für eine Siliciumdiode etwa 0,7 V. Übersteigt der Ladungstransport an einer Diode ein bestimmtes Maß, so wird sie zerstört.

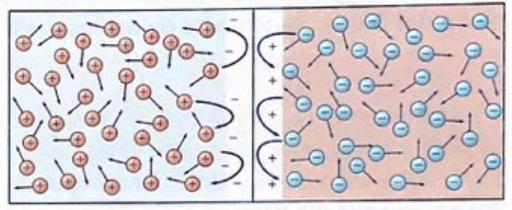
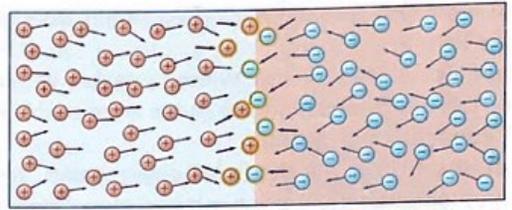
**Diode in Sperrrichtung**

Ist die n-dotierte Schicht an den Pluspol der Stromquelle angeschlossen, zieht dieser die freien Elektronen aus der Schicht ab, die Diode ist in **Sperrrichtung** geschaltet. Vom Minuspol wandern Elektronen in die p-dotierte Schicht und besetzen dort die Löcher. Die Grenzschicht wird so zu einer breiten Isolierschicht. Ein Ladungstransport ist nicht möglich. Die Spannung, gegen die diese Schicht isoliert, ist die **Durchbruchspannung**. Je nach Aufbau der Diode kann ihr Wert unterschiedlich hoch sein. Wird an einer Diode die Durchbruchspannung überschritten, so wird sie zerstört.

Du kannst den Begriff Dotierung erklären und beschreiben, wie Halbleitereigenschaften durch sie verändert werden. Du kannst den Aufbau und Funktionsweise von Halbleiterdioden beschreiben.



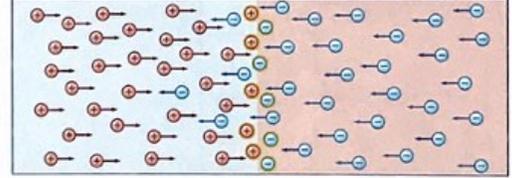
A



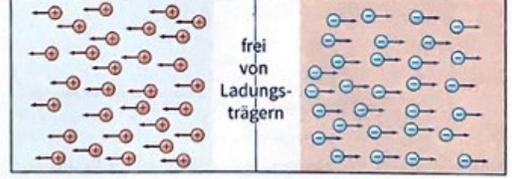
B

frei von Ladungsträgern     p-Leitung     n-Leitung

5 A Aufbau der Diode, B Entstehung der Sperrschicht



6 Diode in Durchlassrichtung



7 Diode in Sperrrichtung