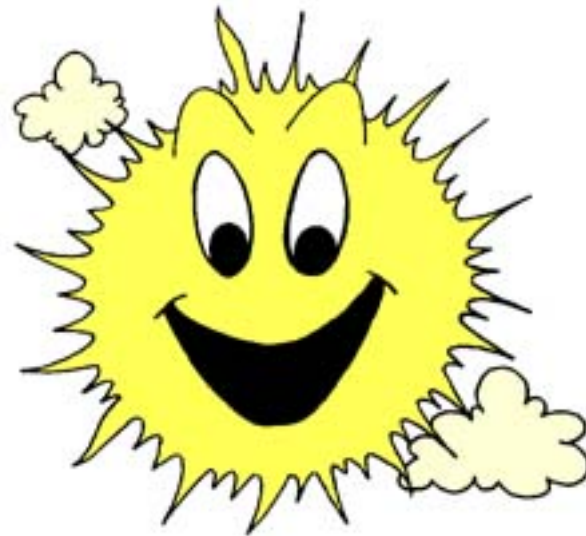


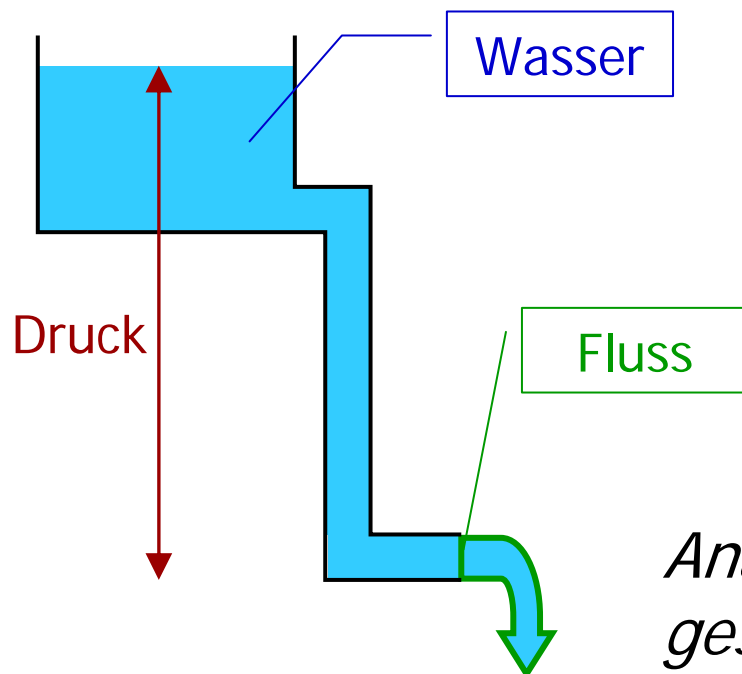
Wiederholung der 9. Vorlesung



6 Wiederholung Grundbegriffe E-Lehre

Elektrizität ist die Grundlage der meisten technischen Errungenschaften der Gegenwart.

*Bis zu gewissen Grenzen und mit der notwendigen Vorsicht kann man für **Elektrizität** Analogien zu Flüssigkeiten ziehen, z.B. Wasser.*

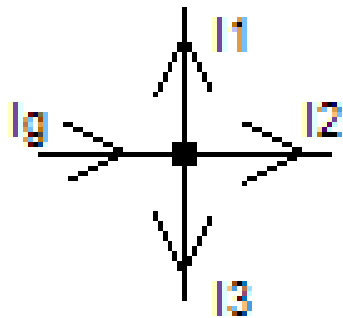


Analogie-Elektrizität:

- Druck – **Spannung U**
- Wasser – **Ladung Q**
- Fluss = Wasser / Zeit
- Fluss – **Strom I**
= Ladung / Zeit = **dQ/dt**

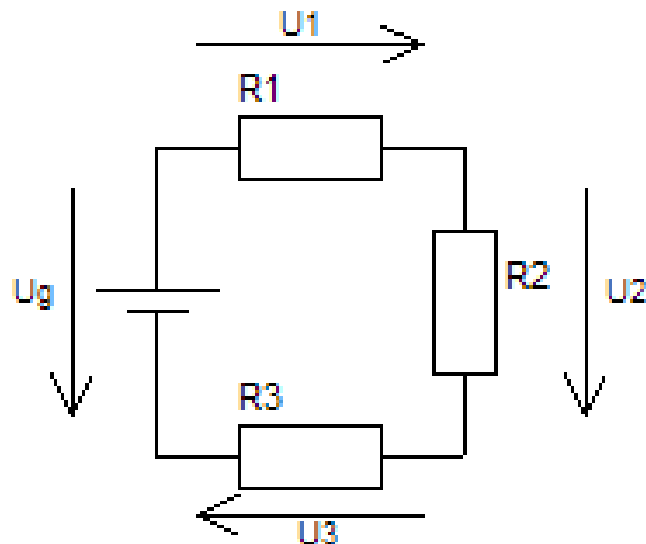
Analogie nur vernünftig bei einem geschlossenem Wasser-Kreislauf

6 Grundbegriffe Knoten- und Maschenregel



Die **Knotenregel** sagt aus, dass sämtliche Ströme eines Knoten in einer Schaltung in der Summe immer 0 ergeben müssen. D.h. die Summe aller zufließenden Ströme entspricht der Summe der abfließenden Ströme.

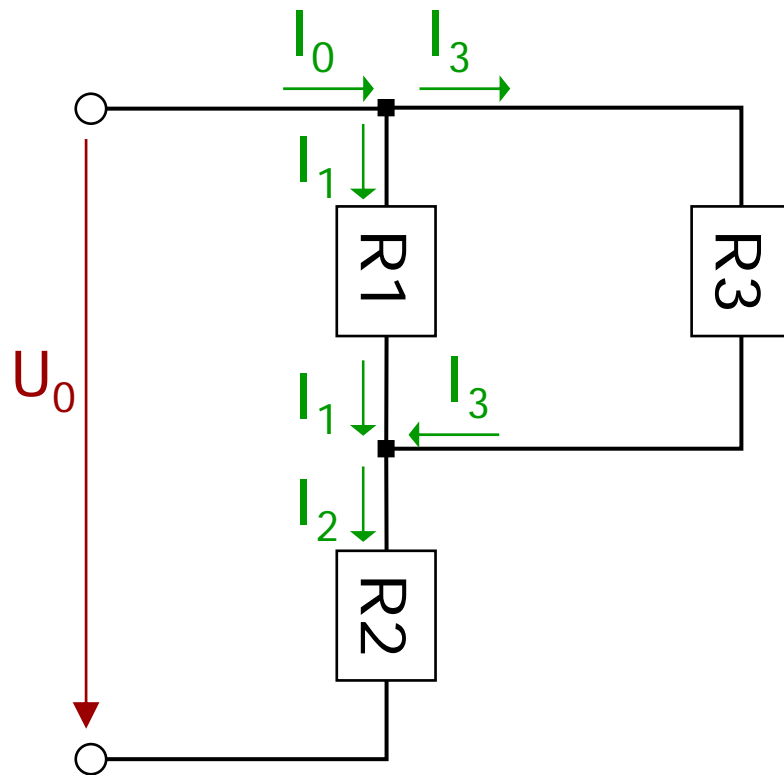
$$\sum_i I_i = 0$$



Die **Maschenregel** besagt, dass die Summe aller Spannungen innerhalb einer Masche 0 ergeben muss. D.h. die Werte der Spannungsquellen muss gleich der Summe der einzelnen Verbraucherspannungen sein.

$$\sum_i U_i = 0$$

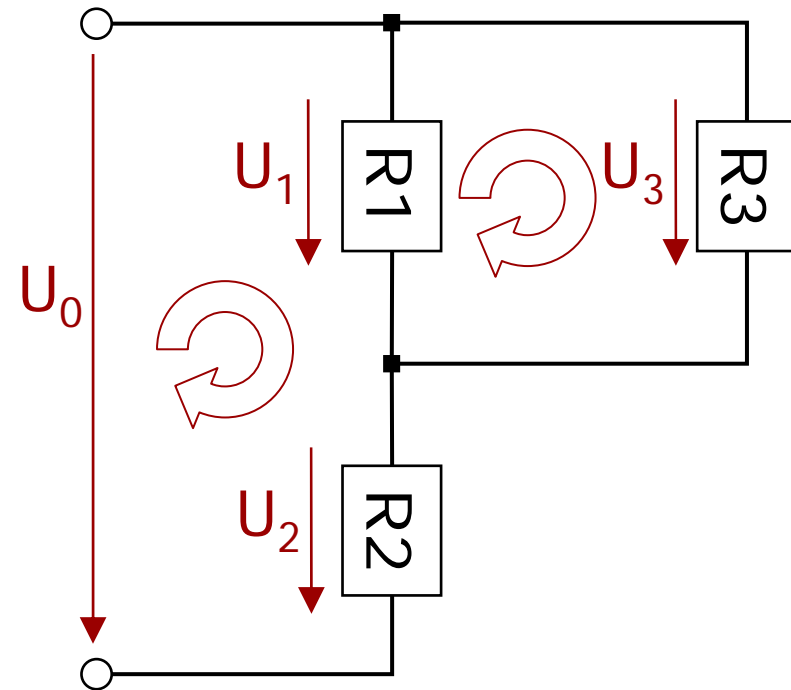
6 Grundbegriffe Knoten- und Maschenregel



Zwei **Knoten**:

1. Knoten: $I_0 = I_1 + I_3$
2. Knoten: $I_2 = I_1 + I_3$

$$\rightarrow I_2 = I_0$$



Zwei **Maschen**:

1. Masche: $U_0 + U_1 + U_2 = 0$
2. Masche: $U_1 + U_3 = 0$

$$\rightarrow U_0 = U_1 + U_2 \text{ und } U_1 = U_3$$

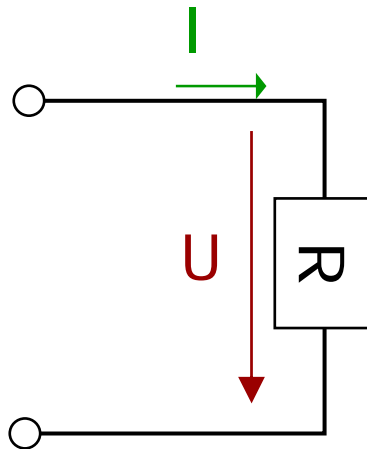
6 Spannung, Strom und Widerstand

Spannung U :

Einheit: Volt, V

Strom I :

Einheit: Ampère, A



Elektrischer **Widerstand**:

$$\mathbf{R = U / I} \quad \text{Einheit: Ohm, } \Omega \\ = \text{V/A}$$

$$\leftrightarrow \mathbf{U = R \times I}$$

$$\leftrightarrow \mathbf{I = U / R}$$

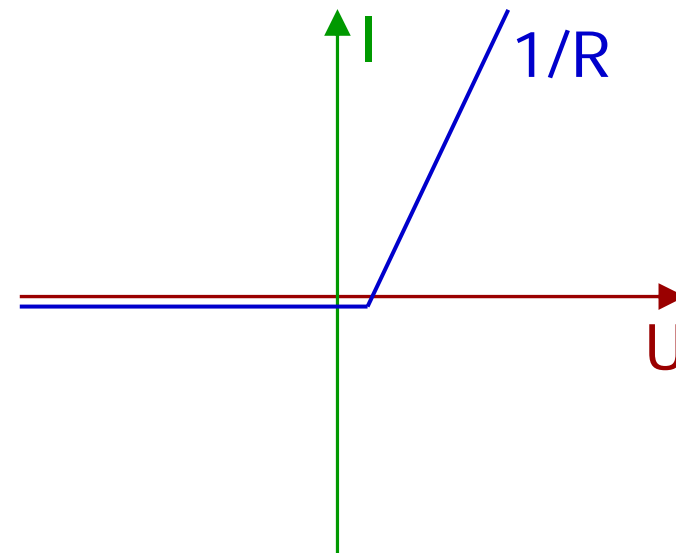
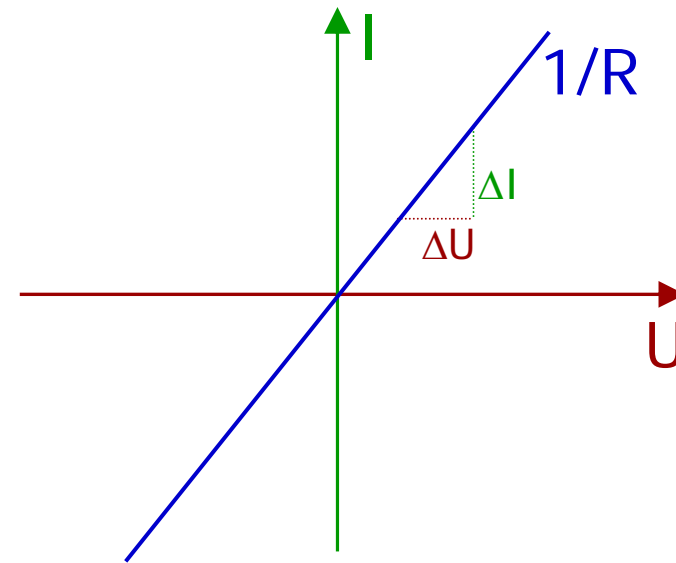
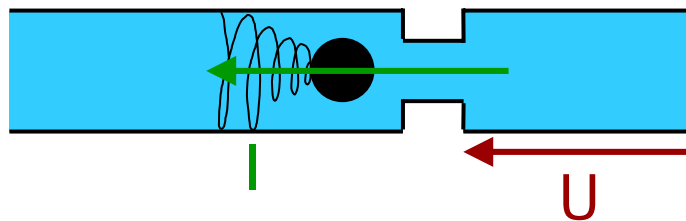
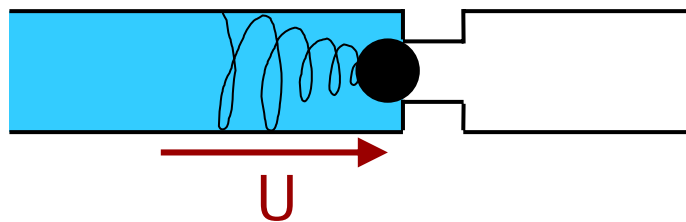
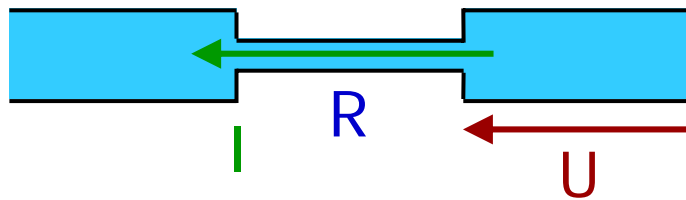
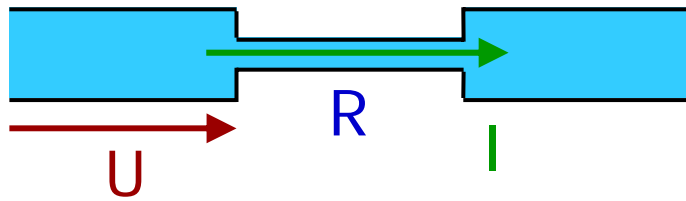
Leistung P : Einheit: Watt, VA

$$\mathbf{P = U \times I}$$

$$\leftrightarrow \mathbf{P = R \times I^2}$$

$$\leftrightarrow \mathbf{P = U^2 / R}$$

6 Widerstand – Ventil



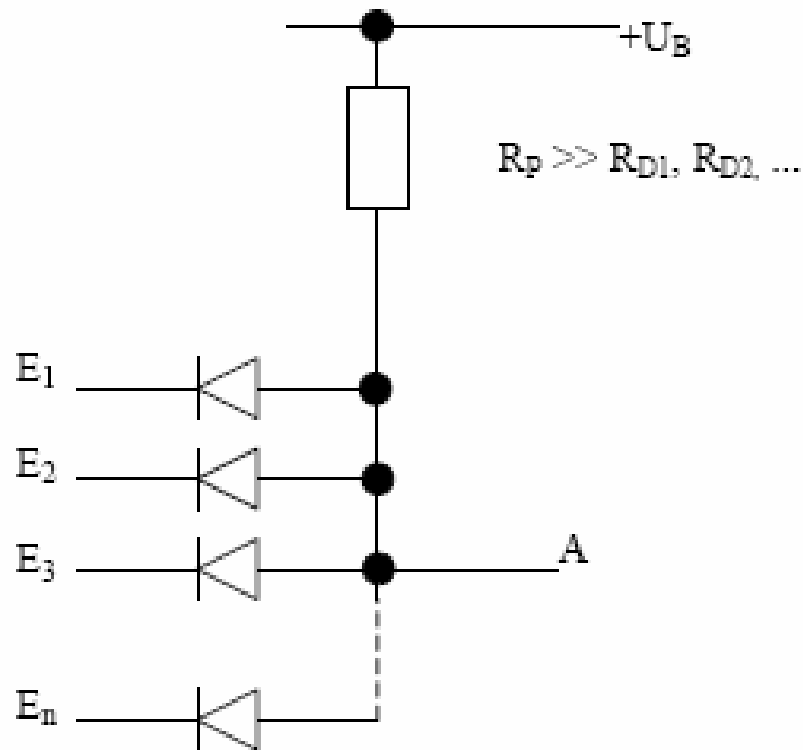
6 Dioden als logisches Element

- In einem Bereich $U > U_s$ ist die Diode durchlässig mit einem Widerstand R_D , **Durchlaßbereich**.
- In einem Bereich $U < U_s$ sperrt die Diode mit einem annähernd unendlichen Widerstand, **Sperrbereich**
- Diese Eigenschaften von Dioden erlauben den Aufbau einfacher logischer Schaltungen

Die folgenden Beispiele gehen von **positiver Logik** aus:

- ‚High‘ (hohe positive Spannung) = 1
- ‚Low‘ (niedrige Spannung) = 0

6 Dioden als logisches Element: UND



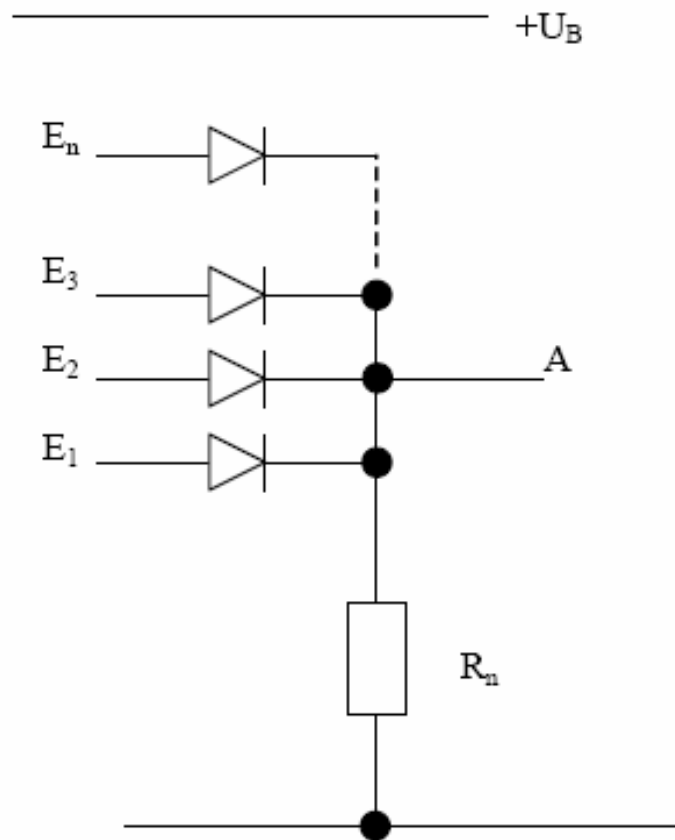
Nur wenn an allen Eingängen E_i die Betriebsspannung anliegt oder die Eingänge offen sind, ist auch am Ausgang die Spannung hoch, 'High'=1 bei positiver Logik

→ logische **UND-Schaltung**.

Liegt auch nur an einem Eingang eine niedrige Spannung ($\sim 0V$) an, so beträgt die unbelastete Ausgangsspannung $U_s = 0,6V$, also näherungsweise 'Low'=0 bei positiver Logik.

(Bei negativer Logik erhielten wir so eine ODER-Schaltung)

6 Dioden als logisches Element: ODER



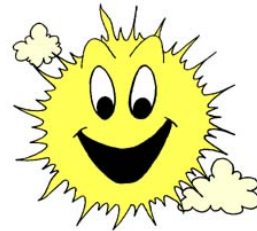
Voraussetzung:
 $R_p \gg R_{D1}, R_{D2}, \dots$

Auch für positive Logik lässt sich mit Dioden eine logische **ODER-Schaltung** realisieren.

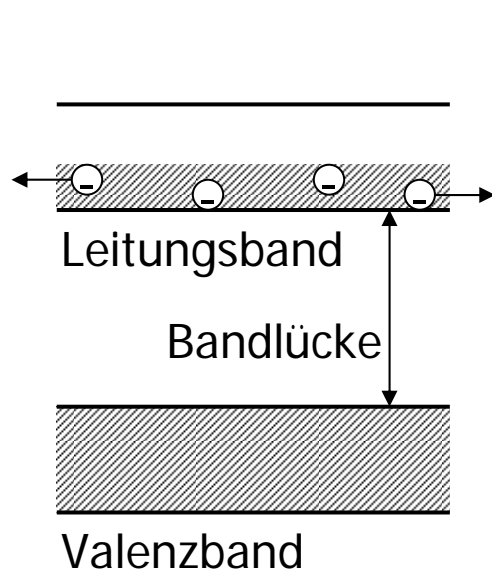
Bereits ein Eingangssignal auf ‚H‘ reicht aus, um auch die Ausgangsspannung auf ‚H‘ zu bekommen.

(Bei negativer Logik erhielten wir eine UND-Schaltung)

Ende der Wiederholung

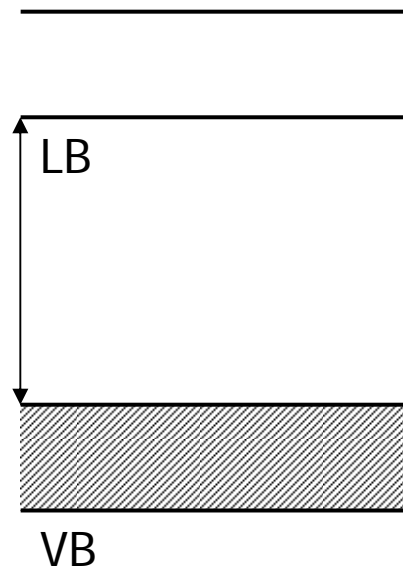


6 Leiter – Isolatoren – Halbleiter



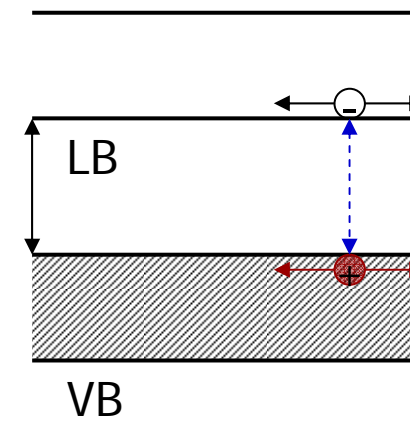
Leiter (Metalle)

Bei elektrischen Leitern sind Elektronen im LB beweglich.



Isolator

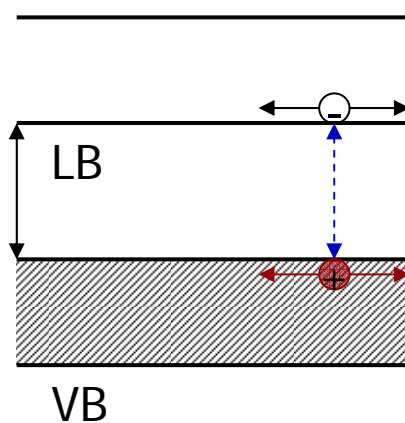
Keine freien Ladungsträger im LB vorhanden. Bandlücke unüberwindbar



Halbleiter

Bandlücke für einzelne Elektronen überwindbar. **Elektronen** im LB und **Löcher** im VB

6 Halbleiter



Halbleiter

An sich sind auch Halbleiter Isolatoren.
Durch **thermische Bewegung** können jedoch einzelne Elektron-Loch-Paare entstehen.

Sowohl **Elektronen** als auch **Löcher** sind im Gitter des Kristalls **beweglich**
→ **elektrische Leitung**.

Leitfähigkeit **steigt** (exponentiell) mit der **Temperatur**. → Temperatursensoren

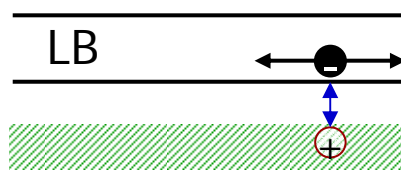
Die technisch wichtigsten Halbleiter sind:

- Silizium (Si)
- Germanium (Ge)

Aus beiden Elementen werden hochreine Kristalle aus der Schmelze gezogen und weiterverarbeitet (Wafer).

6 Halbleiter

Durch **Dotierung** von Halbleitern mit geringsten Mengen bestimmter Elemente kann man besondere elektronische Eigenschaften erzielen.



Donatoren stellen „preiswert“ **Elektronen** im Leitungsband (LB) des Halbleiters zur Verfügung.

→ **n-Dotierung**

Diese Elektronen bewirken elektr. Leitung



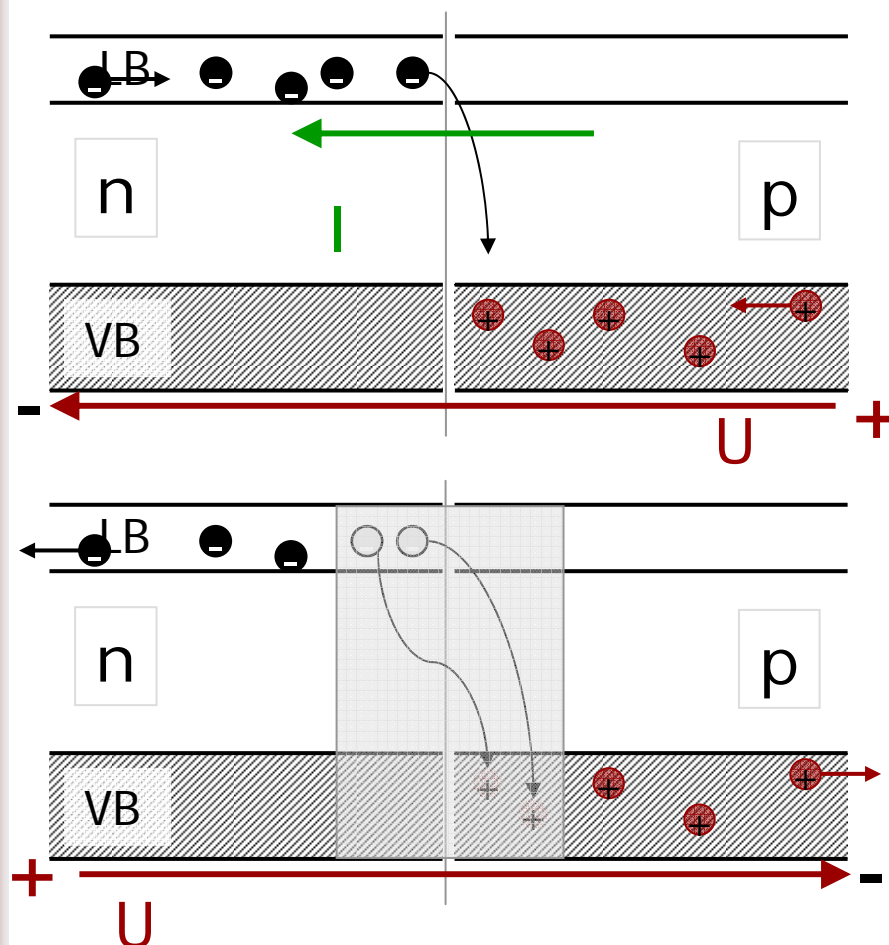
Akzeptoren stellen „preiswert“ „**Löcher**“ im Valenzband (VB) des Halbleiters zur Verfügung.

→ **p-Dotierung**

Diese Löcher bewirken elektr. Leitung

6 Halbleiter pn-Übergang

Durch **Kombination** von einem **n**-dotierten Halbleitern mit einem **p**-dotierten Halbleitern kann man eine Diode realisieren.



In dieser Richtung :
n-Seite liefert Elektronen,
p-Seite Löcher. Elektronen
plumpsen in Löcher
(rekombinieren) → Strom fließt
→ Durchlass-Richtung

In Sperr-Richtung:
Auf n-Seite fließen Elektronen weg,
Auf p-Seite die Löcher.
Durch Rekombination **verarmt** die
Übergangszone an Ladungs-
trägern. → **kein Strom**