

Zusammenfassung 4: Elektrischer Strom und Widerstand

Elektrischer Strom. Der *elektrische Strom* I in einem Leiter (metallisch, flüssig, gasförmig) ist das Verhältnis aus fließender Ladung dQ pro Zeitintervall dt :

$$I = \frac{dQ}{dt} = \dot{Q} .$$

Die SI-Einheit des elektrischen Stroms ist das Ampere, $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$.

Stromdichte. Die *elektrische Stromdichte* \vec{j} ist ein Vektor und hat die Dimension Strom pro Fläche. Er zeigt in Richtung der *Driftgeschwindigkeit* \vec{v}_D der Ladungsträger mit der Ladung q und der Volumendichte n :

$$\vec{j} = nq\vec{v}_D \quad , \quad I = \int_A \vec{j} \cdot d\vec{A}$$

Elektrischer Widerstand. Der elektrische Widerstand R ist das Verhältnis aus elektrischer Spannung U und Strom I , beschrieben durch das *Ohmsche Gesetz* $R = U/I$. Für den *spezifischen Widerstand* ρ eines Leiters der Länge l und mit dem Querschnitt A gilt

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = R \frac{A}{l} .$$

Hier ist σ die Leitfähigkeit der Leiters; es gilt außerdem $\vec{E} = \sigma \vec{j}$ mit dem elektrischen Feld \vec{E} . Der *spezifische Widerstand eines Metalls* ist

$$\rho = \frac{m}{e^2 n \tau}$$

mit der Elektronenmasse m , der Elementarladung e , der Ladungsträgerdichte n und der freien Flugzeit τ zweier Ladungsträgern, bevor diese wieder mit Gitteratomen zusammenstoßen. Der spezifische Widerstand eines Metalls nimmt (meist linear) mit der Temperatur T zu.

Elektrische Leistung. Die *elektrische Leistung* P eines *ohmschen Verbrauchers* ist das Produkt aus Spannung und Strom:

$$P = U I = R I^2 = U^2 / R$$

Als Einheit der elektrischen Leistung verwendet man meist das Watt, $1 \text{ W} = 1 \text{ VA} = 1 \text{ J/s}$.

Kirchhoffsche Gesetze. Zur Berechnung von Stromkreisen dienen die beiden *Kirchhoffschen Gesetze* bzw. die *Knotenregel* (1. Gesetz) und die *Maschenregel* (2. Gesetz):

$$1. \text{ Gesetz: } \oint_A \vec{j} \cdot d\vec{A} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad \sum_i I_i = 0$$

$$2. \text{ Gesetz: } \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad \sum_i U_i = 0$$

Nach der Knotenregel ist die Summe aller Ströme in einem Knoten gleich null; die Maschenregel besagt, dass in einer geschlossenen Leiterschleife (Masche) die Summe aller Spannungen null ist.