

Die elektrische Stromstärke und die Beweglichkeit der Leitungselektronen

Setzt man das Metall einer elektrischen Feldstärke E aus, so wirkt auf alle Ladungen eine Kraft

$$F = e \cdot E,$$

auf die Metallionen (*Wertigkeit* z) die Kraft

$$F = +e \cdot z \cdot E$$

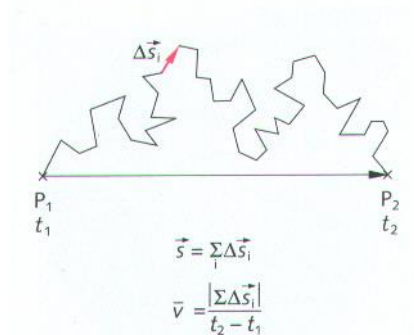
und auf die Leitungselektronen die Kraft

$$F = -e \cdot E.$$

Während die Kraft auf die Ionen nicht ausreicht, um ihre Bindungskräfte an das Gitter zu überwinden, können die Leitungselektronen durch das Ionengitter wandern. Diese Vorstellung reicht aus, den Leitungsmechanismus in Metallen hinreichend gut zu beschreiben.

Um quantitative Aussagen über den Leitungsvorgang in Metallen zu gewinnen, gehen wir davon aus, dass auf ein Elektron im elektrischen Feld eine Kraft $F = e \cdot E$ wirkt.

Die durch diese Kraft beschleunigten Elektronen stoßen mit den Gitterbausteinen zusammen. Dadurch erfolgt eine Hemmung der Bewegung. Bei konstanter Kraft stellt sich eine konstante mittlere Geschwindigkeit ein, die *Driftgeschwindigkeit* v der Elektronen im Metall.



Die Wanderung eines Elektrons durch ein Metallgitter ist nicht geradlinig.

Um die Vorgänge beim Stromfluss in Metallen weiter quantitativ zu erfassen, gehen wir von einem metallischen Leiter mit einer *Querschnittsfläche* A und einer *Länge* l aus. Wir legen an die Enden des Leiters eine *Spannung* U an.

Es bildet sich das elektrische Feld mit der *Stärke* E aus. Während der Zeit Δt bewegen sich die Elektronen durch den *Querschnitt* A des Leiters mit der *Geschwindigkeit* v und legen dabei einen Weg Δl zurück. Wenn die *Anzahldichte* (Konzentration) der Elektronen im Metall n ist, dann ist deren Anzahl im Volumen $\Delta V = A \cdot \Delta l = A \cdot v \cdot \Delta t$ mit $n \cdot \Delta V$ zu bestimmen.

Die während der Zeit Δt durch den Leiter transportierte Ladungsmenge ist demzufolge

$$\Delta Q = e \cdot n \cdot \Delta V.$$

Mit $\Delta V = A \cdot \Delta l$ und

$$v = \frac{\Delta l}{\Delta t} \text{ ergibt sich}$$

$$\Delta Q = e \cdot n \cdot A \cdot v \cdot \Delta t.$$

Der Quotient $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ ist als elektrische Stromstärke definiert. Wir erhalten:

$$I = e \cdot n \cdot v \cdot A.$$

Unsere Überlegungen, die zu der Gleichung führten, sind auch richtig für den Fall, dass der Strom nicht von Elektronen gebildet wird, sondern von anderen Ladungsträgern mit einer *Ladung* e und konstanter mittlerer *Geschwindigkeit* v .

Die Stromstärke I in einem elektrischen Leiter ist proportional zur Anzahldichte n und zur Geschwindigkeit v der Ladungsträger mit der Ladung e .