

2.1.5 Merkpunkte Kapitel 2.1

Ohmsches Gesetz

$$I \propto U = \frac{1}{R} \cdot U$$

besser:

$$j = \sigma E$$

Elektrischer Strom $j_e = \text{mechanischer Strom } j_T$ geladener Teilchen

$$j_e = q \cdot j_T$$

$q =$ Ladung des Teilchens

$$j_T = \frac{\text{Zahl Teilchen } N \text{ pro Fläche } F \text{ und Zeit } t}{F \cdot t} = \frac{N}{F \cdot t}$$

Es zählt nur der **Nettostrom** = Differenz der Teilströme. Der Nettostrom ist bestimmt durch die Driftgeschwindigkeit v_D

$$j = q \cdot n \cdot v_D$$

Damit ergibt sich die "Mastergleichung" für die **Leitfähigkeit**; μ ist der Materialparameter "Beweglichkeit" = v_D/E

$$\sigma = q \cdot n \cdot \mu$$

Die Existenz einer konstanten Driftgeschwindigkeit trotz einer konstante Kraft erfordert die Existenz von "Reibung" = **Stöße** im Mikroskopischen.

$$v_D = - \frac{E \cdot e \cdot \tau}{m}$$

$$I = 2\tau(v_0 + v_D)$$

$$\mu = \frac{v_D}{E} = \frac{e \cdot \tau}{m} = \frac{e \cdot D}{kT}$$

$$\sigma = \frac{n \cdot e^2 \cdot \tau}{m} = \frac{n \cdot e^2 \cdot l}{2 \cdot m \cdot (v_0 + v_D)}$$

- Stoßpartner für die Elektronen sind **Phononen**, Kristallgitterdefekte und andere Elektronen.

- Die entscheidenden Parameter sind die mittlere **Stoßzeit** τ und die damit verknüpfte mittlere freie Weglänge l

- Es ergeben sich die nebenstehenden Beziehungen. Dabei ist die Einstein-Smoluchowski Beziehung zwischen μ und Diffusionskonstante D schon eingetragen,

Die mittlere thermische Geschwindigkeit v_0 folgt aus der klassischen Thermodynamik:

$$E = E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v_0^2 = \frac{3}{2} kT$$

$$v_0 = \left(\frac{3 kT}{m} \right)^{1/2}$$

Für Metalle mit bekannter Konzentration n der Elektronen und gemessenen Leitfähigkeiten lassen sich die interessanten Größen ausrechnen; man erhält

Das kann nicht stimmen - insbesondere l ist viel zu klein!

Offenbar ist Quantentheorie erforderlich!

Der **Hall Effekt** betrachtet Stromfluß im Magnetfeld B_z . Bei orthogonaler Geometrie wird senkrecht zu E_x und B_z eine Hallspannung $E_y \cdot \text{Breite}$ induziert.

Damit sind Beweglichkeiten direkt meßbar; das Vorzeichen der Hallkonstante gibt direkt das Vorzeichen der fließenden Ladungen.

Gelegentlich findet man *positive* Ladungen; klassisch nicht erklärbar. *Offenbar ist Quantentheorie erforderlich!*

$$v_0 \approx 5 \cdot 10^4 \text{ m/s}$$

$$\tau \approx 4 \cdot 10^{-14} \text{ s}$$

$$v_D \approx 6 \cdot 10^{-1} \text{ m/s}$$

$$l \approx 3 \text{ nm}$$

$$E_y = \text{sgn}(q) \cdot \mu \cdot E_x \cdot B_z = R_{\text{Hall}} \cdot B_z \cdot j_x$$

$$R_{\text{Hall}} = \pm \frac{\mu}{\sigma}$$