



Abbildung 3.3: Die Driftgeschwindigkeit

Wenn die Stromverteilung im Draht nicht gleichförmig ist, dann betrachtet man besser die **Stromdichte** j .

$$\boxed{j = \frac{dI}{dA} = n \cdot q \cdot v_D} \quad \text{Stromdichte in Metall} \quad (3.11)$$

3.3 Allgemeine Form des Ladungstransportes

Allgemein tragen positive und negative Ladungsträger zur Stromleitung bei, z.B. bei Elektrolyten. Es gilt dann:

$$j = q_+ n_+ v_+ + q_- n_- v_- \quad (3.12)$$

oder vektoriell
$$\vec{j} = q_+ n_+ \vec{v}_+ + q_- n_- \vec{v}_- \quad (3.13)$$

Beachte: Historisch werden \vec{j} und \vec{I} in Richtung der positiven Ladungen gezählt! Wie groß sind v_D und τ ?

Wir betrachten wieder den Kupferdraht von Seite 92. Aus der Atomphysik weiß man, dass jedes Atom ein e^- zur Leitung beiträgt, d.h.

$$n = \frac{\text{Zahl der Atome}}{\text{Volumen}} = \frac{6 \cdot 10^{23} \frac{\text{Atome}}{\text{Mol}} \cdot 8,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}{63,5 \frac{\text{g}}{\text{Mol}}} = 8,5 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-3}, \quad (3.14)$$

$$\text{damit ist } v_D = \frac{j}{e \cdot n} = \frac{I}{e \cdot n \cdot A} \simeq 7 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (3.15)$$

$$\text{und } \tau = \frac{m}{e \cdot E} v_D \simeq 2 \cdot 10^{-14} \text{ s}. \quad (3.16)$$

Beide Werte dieses Beispiels sind in der Tat typische Werte für v_D und τ .

Energie und Leistung des elektrischen Stromes

Bei einer Kondensatorentladung, beispielsweise durch verbinden der beiden Platten mit einem Draht, fließt die gespeicherte Ladung von einer Kondensatorplatte durch den Draht zur anderen. Die vor dem Entladen im Kondensator gespeicherte Energie geht bei den Stößen der Elektronen mit dem Metallgitter des Drahtes in Wärme über. Zwischen den Enden des Drahtes besteht die Potenzialdifferenz $\varphi_2 - \varphi_1 = U$, die von der Ladung $dQ = I dt$ durchlaufen wird. Dadurch wird die Energie

$$W = U dQ = U I dt \quad (3.17)$$

als Wärme frei. Man nennt sie **JOULESche Wärme**. Die elektrische Energie kann also in Wärme umgewandelt werden, aber auch in jede andere Form der Energie wie Arbeit, mechanische, kinetische oder potenzielle Energie.

Allgemein wird in der Physik die pro Zeiteinheit verrichtete Arbeit als **Leistung** bezeichnet. Damit ist die

$$\text{elektrische Leistung} \quad \boxed{P = \frac{dW}{dt} = U I.} \quad (3.18)$$

Die Einheiten von Energie und Leistung des elektrischen Stroms sind:

$$[P] = \text{V A} = \text{Watt} = \text{W} = \frac{\text{J}}{\text{s}}, \quad (3.19)$$

$$[W] = \text{Ws (Wattsekunde)} = \text{J} = \text{Nm}. \quad (3.20)$$

Beispiel:

In einer 100 W Lampe, die eine Betriebsspannung von 220 V hat, fließt also ein Strom $I = 0,45\text{A}$.

3.4 Widerstand

Im letzten Kapitel haben wir gesehen, dass der Ladungstransport durch verschiedene Phänomene gehemmt wird. Man sagt, dass der Leiter dem elektrischen Feld oder dem Strom einen **Widerstand** entgegensetzt. Man definiert:

$$\text{elektrischer Widerstand} \quad \boxed{R = \frac{U}{I} = \frac{\text{Spannung}}{\text{Strom}}.} \quad (3.21)$$

Die Einheit des Widerstandes ist das Ohm, benannt nach G. S. OHM (1798 - 1854), der diesen Zusammenhang 1826 als erster entdeckt hat.

$$[R] = \frac{[U]}{[I]} = \frac{\text{V}}{\text{A}} = \Omega = \text{Ohm}. \quad (3.22)$$