

Grundlagen der Elektrotechnik I

Duale Hochschule Karlsruhe

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Gerald Oberschmidt

2 Strom, Leitung, Potenzial

2.1 Stromdichte

In einer Leitung mit kreisförmigem Querschnitt A fließt ein Strom I .

- (a) Welche Kantenlänge a müsste ein Leiter mit quadratischem Querschnitt haben?

Lösung: natürlich $a = \sqrt{A}$

- (b) Um wieviel Prozent müssen Durchmesser der o.g. kreisförmigen Leiters, bzw. Kantenlänge des Quadratischen geändert werden, wenn der Strom um 3% ansteigt, die Stromdichte aber konstant bleiben soll?

Lösung: Es muss immer gelten $D'/D = a'/a = \sqrt{1,03} \approx 1,015$. Durchmesser und Kantenlänge müssen sich also um ca. 1,5% vergrößern

- (c) Welchen Leiter würden Sie bevorzugen und warum?

Lösung: Hängt von den Anforderungen der Konstruktion ab, der runde Leiter hat den Vorteil der leichteren Verarbeitbarkeit als Kabel, während der quadratische die größere Oberfläche besitzt, wodurch Wärme besser abgeführt wird und er ggf. außerdem besser zu verschrauben ist.

2.2 Strömungsgeschwindigkeit

In einem Kupferdraht von $A = 2,5 \text{ mm}^2$ fließt ein Strom von $I = 16 \text{ A}$.

- (a) Wie groß ist die Strömungsgeschwindigkeit der freien Ladungsträger, wobei die Dichte $n = 8,5 \times 10^{19} \text{ mm}^{-3}$ beträgt?

Lösung: Es gilt $I = Q/T = neAv$ und damit $v = I/(neA) \approx 0,47 \text{ mm/s}$

- (b) In einem Halbleiter sind deutlich weniger Elektronen vorhanden, in Ge z.B. nur $n = 2,4 \times 10^{10} \text{ mm}^{-3}$. Sollte ich den gleichen Strom durch den gleichen Querschnitt treiben können, wie groß wäre die Geschwindigkeit der Elektronen?

Lösung: Mit der gleichen Rechnung kommt man auf $v = 1,667 \times 10^6 \text{ m/s}$. Ob diese Geschwindigkeit tatsächlich erreicht werden kann, ist hiermit nicht gesagt!

2.3 Energie, Potenzial und Ladung

Eine Batterie wird in einer Zeit von 2h bei einer Potenzialdifferenz von 12V mit einem Strom von 3A geladen.

- (a) Welche elektrische Energie wird dem Stromkreis entzogen?

Lösung: Die Energie von 72 Wh

- (b) Welche Ladungsmenge wird durch den Verbraucher bewegt?

Lösung: Die Ladungsmenge von $q = 6 \text{ Ah} = 21\,600 \text{ As}$

- (c) Über einen Verbraucher wird die Batterie nun wieder entladen und zwar in 4 Tagen. Welcher Strom fließt durch den Verbraucher? Die Systeme seien ideal verlustlos.

Lösung: Kann man natürlich über die Ladung machen oder einfach über den Dreisatz: In 2h geladen, in 4 Tagen=96 Stunden entladen, heißt dass der Entladestrom nur der 48ste Teil des Ladestromes ist, also fließen $3/48 \text{ A} = 1/16 \text{ A} = 62,5 \text{ mA}$.

- (d) Bei dem Verbraucher handelt es sich um ein elektrisches Thermometer, das nur ca. einmal pro 5 Minuten abgefragt wird, aber kontinuierlich die Temperatur misst. Was könnte man tun, um die Lebensdauer der Batterie deutlich zu erhöhen? Geben Sie Ihre Abschätzung einer Größenordnung für die Lebensdauererlängerung an!

Lösung: Einfach nur zur Abfrage einschalten lassen und danach sofort wieder schlafen schicken. Die Lebensdauer würde sich bis in die Jahre hinein verlängern lassen.

2.4 Stromkreis mit Potenzialen

Bei dem skizzierten Stromkreis beträgt der Spannungsabfall aufgrund des inneren Widerstandes der Spannungsquelle $U_i = 10 \text{ V}$.

Die elektrischen Potenziale der Punkte A bis D haben folgende Werte:

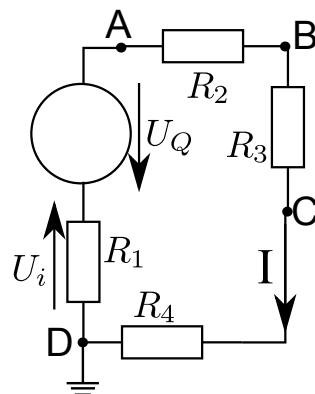
$$\Phi_A = 200 \text{ V}, \quad \Phi_B = 150 \text{ V}, \quad \Phi_C = 120 \text{ V}, \quad \Phi_D = 0 \text{ V}$$

- (a) Berechnen Sie die Quellenspannung U_Q !

Lösung: Quellenspannung beträgt $U_Q = 210 \text{ V}$.

- (b) Wie groß sind die Spannungen U_{AD} , U_{AB} , U_{AC} ?

Lösung: Die einzelnen Spannungen betragen $U_{AD} = 200 \text{ V}$, $U_{AB} = 50 \text{ V}$, $U_{AC} = 80 \text{ V}$.



2.5 Fernmeldekabel

Ein Fernmeldekabel aus Kupfer mit der Bezeichnung AWG22 (American Wire Gauge) hat einen Durchmesser von $0,644 \text{ mm}$. Es ist auf der "letzten Meile" zu Ihrem Haus verlegt. Kupfer hat einen spezifischen Widerstand von $\rho = 0,0176 \mu\Omega \text{ m}$.

- (a) Welchen Widerstand erfährt das DSL-Signal auf einer Strecke von 1 km ? Bedenken Sie, dass der Strom auch zurück muss!

Lösung: Die Fläche des Kabels (Querschnitt) ist $A = 0,326 \text{ mm}^2$, damit ist der Widerstand $R = 2 \times 1 \text{ km} \times \rho / A \approx 108 \Omega$

- (b) Üblicherweise ist die Leitung in Ihrem Haus mit $120\ \Omega$ abgeschlossen, d.h. zwischen den beiden Enden der Leitung wird so ein Widerstand angebracht. Geben Sie eine vereinfachte Ersatzschaltung des Kabels mit dem Abschluss an!
- (c) Bezeichnen Sie Potenziale, wenn am Eingang des Kabels eine Spannungsquelle mit $U = 60\ \text{V}$ angeschlossen wird.

2.6 Temperaturabhängiger Widerstand

Ein temperaturabhängiger ohmscher Widerstand R hat bei 10°C einen Widerstand von $6\ \Omega$. Wie groß ist der Widerstand bei 20°C und bei 80°C , wenn der Temperaturkoeffizient bei Kupfer bei $\theta = 20^\circ\text{C}$ genau $\alpha = 3,92 \times 10^{-3} \frac{1}{^\circ\text{C}}$ beträgt?

Lösung: Die Widerstände betragen $R(20^\circ\text{C}) = 6,245\ \Omega$, $R(80^\circ\text{C}) = 7,714\ \Omega$