

2. Temperaturabhängigkeit des Widerstands

2.1 Welchen mittleren Temperaturkoeffizienten α hat ein Werkstoff, wenn die Stromstärke bei Erhöhung der Temperatur um 100 °C bei einer konstanten Spannung von 6,6 A auf 5,0 A sinkt?

2.2 Ein Draht wird in einem Wasserbad von 20°C auf 100°C erhitzt. Dabei nimmt sein Widerstand um 12,8 % zu. Um welchen Leitungswerkstoff handelt es sich, wenn man oben stehende Tabelle als Grundlage nimmt. ?

3. Gemischte Aufgaben

3.1 Der Kaltwiderstand (20 °C) einer Wolframglühbirne, die bei 230 V angeschlossen wurde beträgt 55 Ω .

- a) Berechnen Sie die Endtemperatur, wenn der Warmwiderstand 0,60 k Ω beträgt.
- b) Erklären Sie kurz, weshalb bei Metallen der Widerstand mit steigender Temperatur zunimmt.
- c) Berechnen Sie die Stromstärke I bei Betriebstemperatur.
- d) Berechnen Sie die elektrische Leistung der Glühbirne.

3.2 a) Berechnen Sie die Leitfähigkeit (κ) von Aluminium bei 20 °C.

b) Eine Al-Leitung mit 3 mm Durchmesser, soll durch eine Cu-Leitung gleicher Länge ersetzt werden. Wie groß ist der Cu-Durchmesser, wenn sich der Widerstand nicht ändern soll?

Lösungen unter www.laborberufe.de

Lösungen

1.1

Für die Umrechnung der Einheit Coulomb (C) in die Einheit Elementarladung (e) gilt folgende Beziehung:

$$1 e \hat{=} 1,602\,176\,634 \cdot 10^{-19} \text{ C.}$$

Rechenhilfe: 1 mol Elementarladungen (also $6,022 \cdot 10^{23}$ Elementarladungen) besitzen die Ladung $Q = 1 \text{ mol } e \approx 96485 \text{ C}$ (FARADAY-Konstante)

Beispiele:

- 1 Ca^{2+} -Ion besitzt die Ladung $Q = 2 e \approx 3,204\,353\,268 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
- 2 PO_4^{3-} -Ionen besitzen die Ladung $Q = -6 e \approx -9,613\,059\,804 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- 1 mol O^{2-} -Ionen besitzen die Ladung $Q = -2 \text{ mol } e \approx 1,204\,4 \cdot 10^{24} e \approx -192\,970 \text{ C}$

1.2

fehlt noch bzw. siehe Unterrichtsunterlagen

1.3

a) $1250 \text{ mAh} = 1250 \cdot 0,001 \text{ A} \cdot 3600 \text{ s} = 4500 \text{ As}$

b) Aus P, Q und U soll t berechnet werden.

$$\underbrace{P = \frac{W}{t}} \quad \underbrace{U = \frac{W}{Q}} \quad \text{einsetzen} \quad t = \frac{4500 \text{ As} \cdot 1,2 \text{ V}}{0,17 \text{ W}} = \frac{4500 \text{ As} \cdot 1,2 \text{ V}}{0,17 \text{ VA}} \approx 31,8 \cdot 10^3 \text{ s} \approx 530 \text{ min}$$
$$\Rightarrow P \cdot t = Q \cdot U \Rightarrow t = \frac{Q \cdot U}{P}$$

1.4

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \Rightarrow 8,4 \Omega = 8,0 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \frac{10 \text{ m}}{A} \Rightarrow A = 9,52 \text{ mm}^2$$

$$A = \pi \cdot r^2 \Rightarrow r \approx \sqrt{\frac{9,52 \text{ mm}^2}{\pi}} \approx 1,74 \text{ mm} \Rightarrow d = 2r \approx 3,5 \text{ mm}$$

1.5

fehlt noch bzw. siehe Unterrichtsunterlagen

1.6

$$W = P \cdot t = 3 \text{ kW} \cdot 1800 \text{ h} = 5400 \text{ kWh} (\text{entspricht } 270 \text{ €})$$

1.7

$$R = \frac{U}{I} = \frac{4,5 \text{ V}}{40000 \text{ A}} = 1,125 \cdot 10^{-4} \Omega$$

Es bleibt festzuhalten, dass das Ohmsche Gesetz, insbesondere bei so extremen Bedingungen in der Realität nicht, oder nur näherungsweise gültig ist.

In der Elektrolyse kann man praktisch die gesamte Salzlösung/Schmelze als Leiter betrachten, die Leiterquerschnittsfläche ist also sehr groß. Dies erklärt, dass der Widerstand so niedrig ist.

1.8

fehlt noch

1.10

- Man erkennt, dass Metalle viele Größenordnungen besser leiten als Salzlösungen, selbst wenn diese relativ hoch konzentriert sind.
- Ein guter metallischer Leiter ist neben dem teuren und spezifisch schweren Kupfer, das billige und spezifisch leichte Aluminium. Es wurde und wird aus Gründen der Kostenersparnis in ärmeren Ländern als Leitermaterial in Stromkabeln eingesetzt (z.B. DDR, Sowjetunion). Aluminium kann auch vorteilhaft als elektrischer Leiter eingesetzt werden, wenn Gewicht eingespart werden muss (z.B. Raumfahrt). Durch einen etwas größeren Leitungsquerschnitt muss die schlechtere Leitfähigkeit kompensiert werden (vgl. z.B. Aufgabe 3.2!)
- Silicium ist ein Halbleiter und zusätzlich auch ein Halbmetall. Es leitet deutlich schlechter den Strom als typische Metalle. Außerdem nimmt im Gegensatz zu den Metallen hier die Leitfähigkeit mit steigender Temperatur zu, weshalb der Temperaturkoeffizient negativ ist. !
- Je mehr Ionen Wasser (und auch andere Lösungen enthalten), desto besser leiten sie den Strom.

2.1

$$\text{Ohmsche Gesetze: } \underbrace{U = R_{\text{kalt}} \cdot I_{\text{kalt}} \quad \text{und} \quad U = R_{\text{warm}} \cdot I_{\text{warm}}}_{R_{\text{kalt}} \cdot I_{\text{kalt}} = R_{\text{warm}} \cdot I_{\text{warm}}}$$

$$\Rightarrow \frac{R_{\text{warm}}}{R_{\text{kalt}}} = \frac{I_{\text{kalt}}}{I_{\text{warm}}} = \frac{6,6 \text{ A}}{5,0 \text{ A}} = 1,32$$

Erhöht man die Temperatur um 100 K, so nimmt der Widerstand um Faktor 1,32 zu.

$$R_{\text{warm}} = R_{\text{kalt}} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta \vartheta) \Rightarrow \frac{R_{\text{warm}}}{R_{\text{kalt}}} = (1 + \alpha \cdot \Delta \vartheta) \Rightarrow 1,32 = 1 + \alpha \cdot 100 \text{ K} \Rightarrow \alpha = \frac{0,32}{100 \text{ K}} = 0,0032 \frac{1}{\text{K}}$$

2.2

Annahme: $R_k = 1 \Omega \Rightarrow \Delta R = 0,128 \Omega$.

$$\alpha = \frac{\Delta R}{\delta \vartheta \cdot R_k} = \frac{0,128 \Omega}{80 \text{ K} \cdot 1 \Omega} = 0,0016 \frac{1}{\text{K}} \Rightarrow \text{Silber}$$

3.1

Achtung. Änderung in Aufgabenstellung!

$$\text{a) } \delta \vartheta = \frac{\Delta R}{\alpha \cdot R_k} = \frac{545 \Omega}{0,0044 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 55 \Omega} \approx 2250 \text{ } ^\circ\text{C}$$

(genauere Angabe des Endergebnisses unsinnig, da α streng genommen nicht konstant ist.)

b) Stark vereinfacht kann man sich das so bildlich vorstellen, dass die Atomrümpfe stärker schwingen und den Durchtritt der Elektronen dadurch behindern. Man sollte sich aber bewusst sein, dass die Realität auf atomarer Ebene nicht mit gewöhnlichen Bildern beschrieben werden kann. Auch widersprüchliche erscheinende Sachverhalte sind dann möglich. So kann bildlich gesprochen, eine Kuh auch ein Stück weit auf der anderen Seite des Weidezauns stehen, als man sie sieht. siehe Stichwort: **Tunneleffekt**

<https://www.youtube.com/watch?v=CeFzo-1byqE>

oder <https://www.youtube.com/watch?v=kX2yvHepMsY>

auf österreichisch: <https://www.youtube.com/watch?v=4QIL3dilVZc>

c) Das geht mit dem Ohmschen Gesetz.

d) Das geht alleine.

3.2

fehlt noch bzw. siehe Unterrichtsunterlagen