

Tabelle mit stoffspezifischen Paramater (Temperaturkoeffizienten sind Mittelwerte zwischen 20 °C und 100 °C)

Stoff	spez. Widerst. ( $\rho$ ) in $\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$ (20°C)	Temp.-koeffizient ( $\alpha$ ) in $\text{K}^{-1}$	Stoff	spez. Widerst. ( $\rho$ ) in $\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$ (20 °C)	Temp.-koeffizient ( $\alpha$ ) in $\text{K}^{-1}$
Aluminium	0,0265	0,0039	Messing (CuZn <sub>37</sub> )	0,07	0,0016
Blei	0,208	0,0042	Porzellan	$1 \cdot 10^{18}$	
Eisen	div. Modif. 0,10 – 0,15	0,00657	Quecksilber	0,961	0,0009
Gold	0,02214	0,0037	Silber	0,01587	0,0038
Graphit	8,0	- 0,0002	Silicium	1000	- 0,075
NaCl-Lsg. (w = 10%)	$7,9 \cdot 10^4$		Wasser (reinst)	$1 \cdot 10^{12}$	
Konstantan	0,5	0,00001	typ. Leitungswasser	$2 \cdot 10^7$	
Kupfer	0,01721	0,0038	typ. Meerwasser	$5 \cdot 10^5$	
CuSO <sub>4</sub> -Lsg. (w = 10%)	$3 \cdot 10^5$		Wolfram	0,0528	0,0044

1. Grundbegriffe der Elektrotechnik und Ohmsches Gesetz

1.1 Geben Sie die Ladungen in Coulomb (C) und in Elementarladungen (e) folgender Stoffe an.

- a) 1 Elektron
- b) 3 Elektronen
- c) 1 Aluminium-Ion
- d) 3 Magnesium-Ionen
- e) 0,2 mol Natrium-Ionen
- f) 1 g Oxid-Ionen

1.2 a) Welche Ladung Q (in C) fließt durch einen Leiterquerschnitt pro Minute, wenn die Stromstärke I = 0,2 A beträgt?  
 b) Welcher Elektronenzahl fließt pro Minute durch den Querschnitt?

1.3 Ein Akku mit U = 1,2 V kann bis zur Unterschreitung einer kritischen Mindestspannung die Ladung Q = 1250 mAh abgeben.

- a) Geben Sie die Ladung Q in Amperesekunden [As] an.
- b) Wie viel Minuten kann ein mp3-Player (mittlere Leistung: P = 170 mW) damit versorgt werden?

1.4 Ein runder Graphitstab besitzt bei einer Länge von 10 Metern einen Widerstand von 8,4 Ohm. Berechnen Sie den Durchmesser des Graphitstabs.

1.5 In einer 230 V-LED-Lampe fließt ein Strom von 22 mA.

- a) Welche Watt-Bezeichnung steht auf der Lampe?
- b) Wie viel kWh verbraucht sie bei einer Brenndauer von 12 Stunden?
- c) Wie groß ist der Wirkungsgrad des Leuchtmittels wenn die Gesamtstrahlungsleistung 4,2 Watt beträgt?

1.6 Ein Trockenschrank mit einer Leistungsaufnahme von 3000 W läuft täglich 6 Stunden. Wie hoch sind die jährlichen Betriebskosten (300 Arbeitstage), wenn der Strompreis 5 Cent pro kWh beträgt?

1.7 Wie groß ist der Widerstand einer Elektrolysezelle, wenn bei einer Spannung von 4 V ein Strom von 60 kA fließt, wenn man annimmt, dass das Ohmsche Gesetz gültig ist?

1.8 Ein Widerstand von 200  $\Omega$  wird an eine Spannung von 230 V angeschlossen. Wie groß ist der im Stromkreis fließende Strom?

1.9 Wie groß ist der Widerstand eines elektrischen Gerätes bei einer Betriebsstromstärke von 6,0 A und einer Betriebsspannung von 230 V?

1.10 Diskutieren und interpretieren Sie die Tabellenwerte: Sachverhalte herausarbeiten, Katalogisieren/Unterteilen, Erkenntnisse gewinnen, Erklärungen auf Teilchenebene finden

## 2. Temperaturabhängigkeit des Widerstands

**2.1** Welchen mittleren Temperaturkoeffizienten  $\alpha$  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  $\Omega$ .

- a) Berechnen Sie die Endtemperatur, wenn der Warmwiderstand 0,60 k $\Omega$  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 ( $\kappa$ ) 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

1.1

fehlt noch bzw. siehe Unterrichtsunterlagen

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

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

1.7

$$R = \frac{U}{I} = \frac{4 \text{ V}}{60000 \text{ A}} = 6,66 \cdot 10^{-5} \Omega$$

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.

1.10

- 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

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

$$\underbrace{R_{\text{kalt}} \cdot I_{\text{kalt}} = R_{\text{warm}} \cdot I_{\text{warm}}}$$

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

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  $\alpha$  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