

Physik * Jahrgangsstufe 10 * Schülerübung 3

Der spezifische Widerstand

Geräte: 1 Netzgerät, 2 Vielfachmessgeräte, Drähte der Länge 1m auf einem Brett, 1 Meterstab, 1 Prüfklemme, 4 blaue und 4 rote Kabel, 1 langes Kabel

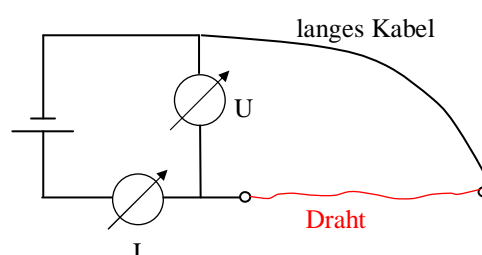
Allgemeines:

Der elektrische Widerstand eines Drahtes hängt mit dessen Eigenschaften zusammen. In dieser Schülerübung soll untersucht werden, wie dieser Widerstand abhängt vom Material und von der Länge bzw. dem Durchmesser des Drahtes.

Durchführung:

Für alle Versuche muss die am Draht abfallende Spannung U und die Stromstärke J durch den Draht gemessen werden.

Bauen Sie dazu die abgebildete Schaltung auf. Kontrollieren Sie stets **vor** dem Einschalten des Netzgerätes:



- ▶ Schaltung korrekt aufgebaut?
- ▶ Messgerät (**Spannung** oder **Stromstärke**) korrekt eingestellt?
- ▶ Größter Messbereich eingestellt? Bei sehr kleinem Zeigerausschlag erst anschließend auf kleineren Bereich umschalten!

Messung 1: Unterschiedliche Materialien

Verwenden Sie die Drähte mit dem gleichen Durchmesser ($d = 2 \cdot r = 0,20 \text{ mm}$) und der gleichen Länge $l = 1,0 \text{ m}$ (von Buchse zu Buchse) aber aus verschiedenen Materialien (Konstantan K, Eisen Fe und Chromnickel CrNi).

Stellen Sie die Spannung jeweils auf $U = 1,0\text{V}$ (am Messgerät!) ein und lesen Sie die Stromstärke J ab.

$U = 1,0\text{V}$; $r = 0,10 \text{ mm}$; $l = 1,0\text{m}$	K	Fe	CrNi
Stromstärke J in mA			

Messung 2: Unterschiedliche Durchmesser

Verwenden Sie die Drähte aus dem gleichen Material Konstantan und der gleichen Länge $l = 1,0 \text{ m}$ (von Buchse zu Buchse) aber mit verschiedenen Durchmessern ($d = 0,20 \text{ mm}$, $d = 0,30 \text{ mm}$ und $d = 0,40 \text{ mm}$).

Stellen Sie die Spannung jeweils auf $U = 1,0\text{V}$ (am Messgerät!) ein und lesen Sie die Stromstärke J ab.

$U = 1,0\text{V}$; Konstantan ; $l = 1,0\text{m}$	$r = 0,10\text{mm}$	$r = 0,15\text{mm}$	$r = 0,20\text{mm}$
Stromstärke J in mA			

Berechnen Sie auch die Querschnittsfläche $A = r^2 \cdot \pi$ in der Einheit mm^2 .

A =

Messung 3: Unterschiedliche Längen

Verwenden Sie den Konstantendraht mit dem Durchmesser $d = 0,20\text{mm}$.

Schließen Sie die lange Leitung aber nicht an der Buchse an, sondern greifen Sie mit Hilfe der Prüfklemme ein Drahtstück der angegebenen Länge l ab.

Stellen Sie die Spannung jeweils auf $U = 1,0\text{V}$ (am Messgerät!) ein und lesen Sie die Stromstärke J ab.

$U = 1,0\text{V}; K; r = 0,10\text{mm}$	$l = 0,20\text{m}$	$l = 0,40\text{m}$	$l = 0,60\text{m}$	$l = 0,80\text{m}$	$l = 1,00\text{m}$
Stromstärke J in mA					

Auswertung:

Berechnen Sie die Werte der Widerstände für die verschiedenen Messungen!

1. Unterschiedliche Materialien ($l = 1,0\text{m}; d = 0,20\text{mm}$)

Material	K	Fe	CrNi
Widerstand in Ω			

2. Unterschiedliche Durchmesser (Konstantan, $l = 1,0\text{m}$)

Durchmesser in mm	0,20	0,30	0,40
Querschnittsfläche A in mm^2			
Widerstand in Ω			

3. Unterschiedliche Längen (Konstantan, $d = 0,20\text{mm}$)

Länge l in m	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
Widerstand in Ω					

4. Zusammenhänge

Versuchen Sie Zusammenhänge zwischen dem berechneten **Widerstandswert R** , dem Durchmesser d (oder besser der **Querschnittsfläche A**) und der **Länge l** zu formulieren!

Gilt für jede Messreihe eine direkte oder indirekte Proportionalität der Größen?

(Ist also der Quotient bzw. das Produkt der Größen konstant?)

Welche Proportionalität scheint sinnvoll zu sein?

Wie kann man erkannte Proportionalitäten mit einer Gleichung angeben? In welchen Einheiten gibt man die zugehörige Proportionalitätskonstante an?

Lösen Sie mit Ihrem Ergebnis nun die folgenden drei Aufgaben!

Aufgaben:

1. Welche Stromstärke fließt durch einen 5,0m langen Draht aus Konstantan mit dem Durchmesser $d = 3,0\text{mm}$, wenn man eine Spannung von 24V anlegt?
2. Welchen Durchmesser sollte ein 50m langes Kabel aus Eisen haben, wenn bei einer Stromstärke von 10 A am Kabel nur eine Spannung von maximal 15V abfallen soll?
3. Welchen elektrischen Widerstand hat ein Chromnickeldraht der Länge 20m mit dem Durchmesser 5,0mm?

Messung 1: R hängt vom Material ab.

U = 1,0V ; r = 0,10 mm ; l = 1,0m	K	Fe	CrNi
Stromstärke J in mA	63	240	29
Widerstand in Ω	16	4,2	34

Messung 2: R und A sind indirekt proportional zueinander.

U = 1,0V ; Konstantan ; l = 1,0m	r = 0,10mm	r = 0,15mm	r = 0,20mm
Querschnittsfläche A in mm ²	0,0314	0,0707	0,126
Stromstärke J in mA	63	140	250
Widerstand in Ω	16	7,1	4,0
R · A in $\Omega \cdot \text{mm}^2$	0,50	0,50	0,50

Messung 3: R und l sind zueinander proportional.

U = 1,0V; K ; r = 0,10mm	l = 0,20m	l = 0,40m	l = 0,60m	l = 0,80m	l = 1,00m
Stromstärke J in mA	315	160	105	79	63
Widerstand in Ω	3,2	6,3	9,5	13	16
R / l in Ω / m	16	16	16	16	16

Insgesamt folgt damit: $R \sim \frac{1}{A}$ und $R \sim l$ also $R \sim \frac{l}{A}$

Als Gleichung: $R = \text{konst} \cdot \frac{l}{A} = \rho \cdot \frac{l}{A}$ und ρ heißt spezifischer Widerstand

$\rho = \frac{R \cdot A}{l}$ wird in der Einheit $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ gemessen.

Aus unseren Messungen ergibt sich $\rho_{\text{Konstantan}} = \frac{16\Omega \cdot 0,0314\text{mm}^2}{1,0\text{m}} = 0,50 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$

$\rho_{\text{Fe}} = \frac{4,2\Omega \cdot 0,0314\text{mm}^2}{1,0\text{m}} = 0,13 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$ und $\rho_{\text{CrNi}} = \frac{34\Omega \cdot 0,0314\text{mm}^2}{1,0\text{m}} = 1,1 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$

Aufgaben:

$$1. J = \frac{U}{R} = \frac{U}{\rho \cdot \frac{l}{A}} = \frac{U \cdot A}{\rho \cdot l} = \frac{24\text{V} \cdot 1,5^2 \text{mm}^2 \cdot \pi}{0,50 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 5,0\text{m}} = 68\text{A}$$

$$2. R_{\text{max}} = \frac{15\text{V}}{10\text{A}} = 1,5\Omega ; A_{\text{min}} = \frac{\rho \cdot l}{R_{\text{max}}} = \frac{0,13 \cdot 50}{1,5} \text{mm}^2 = 4,33\text{mm}^2 ; d = 2 \cdot \sqrt{\frac{4,33\text{mm}^2}{\pi}} = 2,3\text{mm}$$

$$3. R = \rho \cdot \frac{l}{A} = 1,1 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \frac{20\text{m}}{2,5^2 \text{mm}^2 \cdot \pi} = 1,0\Omega$$