

**Widerstand eines Drahtes;
Widerstandmessung mit der
Wheatstone-Brücke**

Klasse : _____
Name : _____
Datum : _____

Versuchsziel 1: Wir wollen untersuchen, von welchen Größen der Widerstand eines Drahtes abhängig ist.

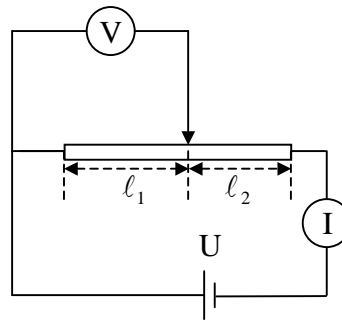
Vermutung: Wir vermuten, dass der Widerstand eines Drahtes von seinen geometrischen Größen, der Länge ℓ und seiner Querschnittsfläche A abhängig ist.

Versuch 1: Der Widerstand R eines Drahtes wird in Abhängigkeit von seiner Länge ℓ untersucht.

Benötigte Geräte

- Netzgerät als Spannungsquelle $U = 3,0\text{ V}$
- Spannungsmessgerät
- Strommessgerät
- Draht auf Längenskala
- Verschiedene Kabel

Versuchsaufbau



Versuchsdurchführung: Die am Draht mit der Länge ℓ_1 abfallende Spannung U_1 wird gemessen und mit Hilfe des gemessenen Stromes I der Widerstand R_1 des Drahtes bestimmt.

ℓ_1 in m	U_1 in V	I in mA	R_1 in Ω
0,05			
0,10			
0,15			
0,20			
0,25			
0,30			
0,35			
0,40			
0,45			

Versuchsauswertung: Zeichnen Sie auf ein eigenes Blatt ein $\ell_1 - R_1$ - Diagramm .
Was folgern Sie aus ihrem Ergebnis:

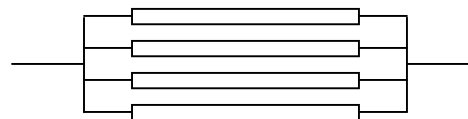
Gedankenexperiment: Vier Drahtwiderstände der gleichen Länge ℓ , mit der Querschnittsfläche A_0 und dem Widerstand R_0 werden parallel geschaltet.

Dann gilt für den Gesamtwiderstand (Ersatzwiderstand) R :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_0} + \frac{1}{R_0} + \frac{1}{R_0} + \frac{1}{R_0}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{4}{R_0}$$

$$R = \frac{1}{4}R_0$$



Würde man nun diese vier Drähte zu einem einzigen Draht „verschmelzen“, so hätte dieser die Querschnittsfläche:

$$A = 4 \cdot A_0$$

Bildet man das Produkt aus Widerstand und Querschnittsfläche, dann folgt:

$$R \cdot A = \frac{1}{4}R_0 \cdot 4 \cdot A_0$$

$$R \cdot A = R_0 \cdot A_0$$

Somit sind diese beiden Größen produktgleich. Also gilt:

$$R \cdot A = \text{konst.}$$

$$R = \frac{\text{konst.}}{A}$$

und somit:

$$R \sim \frac{1}{A}$$

Fassen Sie nun die beiden Ergebnisse zusammen:

Die Proportionalitätskonstante wird mit ρ (spezifischer Widerstand) bezeichnet:

Somit gilt für den Widerstand eines Leiters der Länge ℓ und der Querschnittsfläche A :

$$R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$$

mit dem spezifischen Widerstand ρ .

Der spezifische Widerstand ist eine Materialkonstante, für dessen Einheit gilt:

$$[\rho] = \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

Aufgabe 1: Ermitteln Sie mit Hilfe Ihres $\ell_1 - R_1$ - Diagramms den spezifischen Widerstands des von Ihnen verwendeten Drahtes. Aus welchem Material besteht der Draht?

Versuchsziel 2: Mit Hilfe der Wheatstone'schen Brückenschaltung sollen Einzelwiderstände gemessen werden.

Theorie:

Charles Wheatstone (1802 – 1875) erkannte, dass die nach ihm benannte Wheatstone'sche Brückenschaltung ein sehr präzises Messverfahren zu Widerstandsmessung liefert. Sie ist ein Grundelement der modernen Messtechnik.

Die Widerstandsbrücke ist eine Schaltung aus drei bekannten Widerständen und einem unbekanntem Widerstand R_x . Je zwei Widerstände werden nun parallel geschaltet. Die Verbindung zwischen B und C nennt man hier eine Brücke (daher auch der Name!). In diese Brücke ist ein Strommessgerät eingeschaltet. In der Regel wird dieses auch einen Strom messen, aber uns interessiert hier nur der Fall, dass die Brücke stromlos ist, also das Strommessgerät keinen Strom anzeigt.

In diesem Fall gilt:

$$I_1 = I_2 \text{ und } I_3 = I_x$$

Dann muss aber der Spannungsabfall U_1 am Widerstand R_1 gleich dem Spannungsabfall U_3 am Widerstand R_3 sein.

Also gilt:

$$U_1 = U_3 \text{ und dann auch } U_2 = U_x$$

Mit Hilfe des ohmschen Gesetzes folgt dann:

$$R_1 \cdot I_1 = R_3 \cdot I_3 \text{ und } R_2 \cdot I_2 = R_x \cdot I_x$$

Dividiert man beide Gleichungen, so folgt:

$$\frac{R_1 \cdot I_1}{R_2 \cdot I_2} = \frac{R_3 \cdot I_3}{R_x \cdot I_x}$$

Da aber nun $I_1 = I_2$ und $I_3 = I_x$, so kürzen sich die Stromstärken heraus und es folgt:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_x}$$

und daraus:

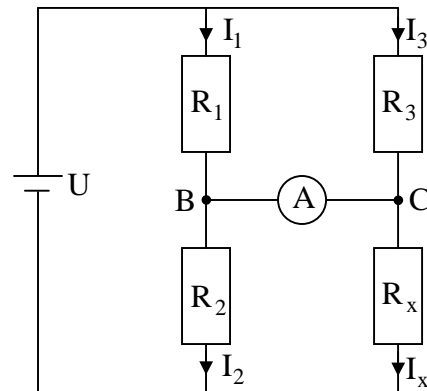
$$R_x = \frac{R_2}{R_1} \cdot R_3$$

Somit lässt sich der unbekannte Widerstand R_x aus den bekannten Widerständen berechnen (aber nur falls die Brücke stromlos ist!)

Nun wird man aber nicht das Glück haben, drei bekannte Widerstände zufälligerweise so zu wählen, dass sich mit Hilfe obiger Formel auch der unbekannte Widerstand R_x ermitteln lässt.

Bemerkung: Die Spannung U der Spannungsquelle spielt bei dieser Schaltung keine Rolle.

Bei einer Variante der Wheatstone-Brücke wird nun das Widerstandspaar R_1 und R_2 durch einen Widerstandsdraht (vgl. Versuch 1) ersetzt.



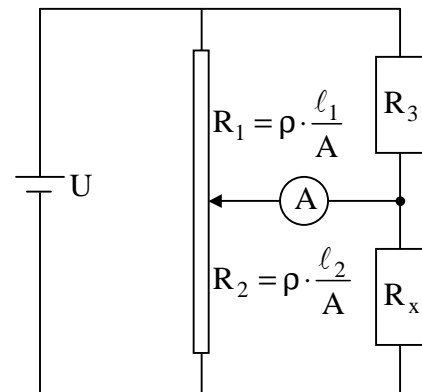
Nun folgt für den unbekannten Widerstand R_x :

$$R_x = \frac{R_2}{R_1} \cdot R_3$$

$$R_x = \frac{\rho \cdot \frac{\ell_2}{A}}{\rho \cdot \frac{\ell_1}{A}} \cdot R_3$$

$$R_x = \frac{\rho \cdot \ell_2 \cdot A}{\rho \cdot \ell_1 \cdot A} \cdot R_3$$

$$R_x = \frac{\ell_2}{\ell_1} \cdot R_3$$



Versuch 2: Bestimmung unbekannter Widerstände mit der Wheatstone-Brücke.

Benötigte Geräte

Netzgerät als Spannungsquelle $U = 3,0 \text{ V}$

Strommessgerät

Draht auf Längenskala

Verschiedene Kabel

Bekannter Widerstand

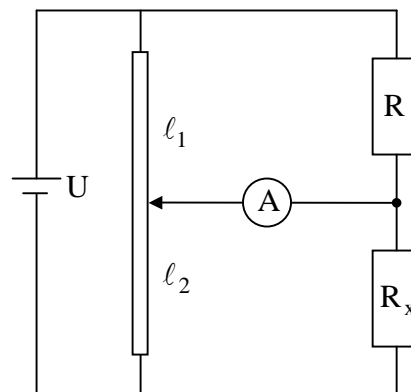
$R = R_{\text{präz.}} = 100 \Omega / 0,1\%$

Unbekannter Widerstand R_x

Schutzwiderstand $R_S = 10 \text{ k}\Omega$

Schalter S_1

Versuchsaufbau



Versuchsdurchführung: Zunächst wird das Strommessgerät in den Messbereich auf 1A geschaltet. Der Schleifkontakt wird nun solange verschoben, bis der Strommesser annähernd 0,0A anzeigt. Der Strommesser wird nun in den nächstkleineren Messbereich geschaltet und der Schleifkontakt noch soweit korrigiert, bis die Anzeige des Strommessers 0,00A anzeigt. Dies wird nun solange wiederholt, bis das Strommessgerät im kleinsten Messbereich 0mA anzeigt. Die Strecken ℓ_1 und ℓ_2 werden gemessen und der Widerstand R_x berechnet.

R_x ("Aufdruck")	Länge ℓ_1 in m	Länge ℓ_2 in m	R_x in Ω	Herstellerwert (Farbcode + Tol.)
"R2"				
"R3"				
"R4"				

Fehlerrechnung:

Schätzen Sie den absoluten Fehler bei der Längenmessung: $\Delta l_1 = \Delta l_2 = \dots\dots\dots$

Der relative Fehler des Widerstand R beträgt: $\frac{\Delta R}{R} = \dots\dots\dots$

Die Fehlerfortpflanzung liefert für den relativen Fehler des Widerstands R_x :

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \text{-----} + \text{-----} + \text{-----}$$

R_x ("Aufdruck")	Relativer Fehler				Absoluter F.
	$\frac{\Delta l_1}{l_1}$	$\frac{\Delta l_2}{l_2}$	$\frac{\Delta R}{R}$	$\frac{\Delta R_x}{R_x}$	ΔR_x
"R2"					
"R3"					
"R4"					

Auswertung und Vergleich:

R_x ("Aufdruck")	R_x – Herstellerangaben		R_x aus Messung u. Fehlerr.		Kontrolle
	$R_{x,min}$	$R_{x,max}$	$R_{x,min}$	$R_{x,max}$	
"R2"					
"R3"					
"R4"					

Hausaufgabe:

Erklären Sie die Begriffe „Innenwiderstand“, „Klemmspannung“ und „Kurzschlussstrom“. Gehen Sie auch darauf ein, wie diese Größen zusammenhängen. (Leifi-Physik!)