

[OG] Ohm'sche Gesetz und Wheatstone'sche Messbrücke

Der Praktikumsversuch „Ohm'sches Gesetz und Wheatstone'sche Messbrücke“ ist ein Versuch zur Elektrizitätslehre. Ziel ist es, das Ohm'sche Gesetz experimentell zu verifizieren und so zu vertiefen. Im zweiten Teil der Versuchsreihe wird Aufbau und Funktion der Wheatstone'schen Messbrücke behandelt.

Das Ohm'sche Gesetz beschreibt für einige Stoffe (z.B. Metalle, Legierungen) den Zusammenhang zwischen elektrischer Spannung und dem, durch ein Objekt hindurchfließenden, Strom. Dieser verändert sich proportional zur Spannung. Die Wheatstone'sche Messbrücke ermöglicht es dabei, einen unbekannten Widerstand zu messen und seinen Ohm'schen Widerstand zu bestimmen.

Auswertung:

1. Strom-Spannungs-Kennlinie:

a)

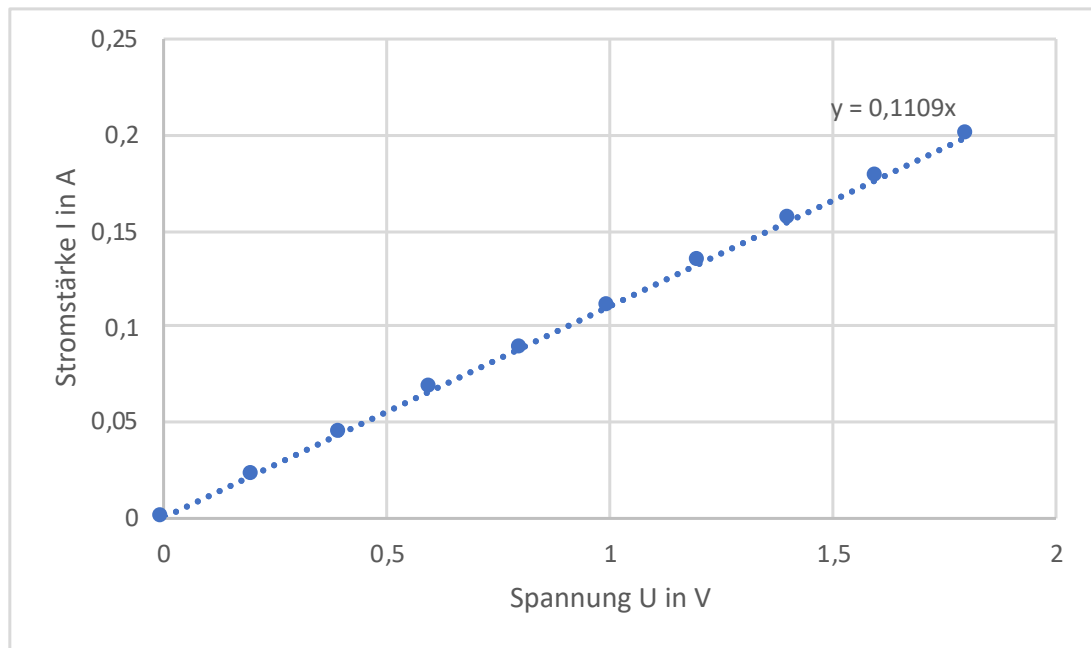


Diagramm 1: Messwerte für die Stromstärke I gegen die Spannung U aufgetragen

Die Steigung m der Ausgleichsgeraden beträgt: $m = 0,1109$

$$R = U / I$$

$$m = \Delta I / \Delta U = 0,1109$$

$$R = 1 / m$$

$$R = 9,0171 \, \Omega$$

Die Unsicherheit der Steigung beträgt: $\Delta u_m = 0,005276741$

Der Widerstand ergibt sich zu $R = 9,017 \pm 0,006 \, \Omega$

b) Berechnung Drahtdurchmesser

$$R = \rho l / A$$

$$A = \rho l / R$$

Mit $\rho = 1,43 \mu\Omega \cdot m$; $l = 1m$; $R = 9,017 \Omega$

$$A = 1,58589 \text{ E-7}$$

$$A = \pi r^2$$

$$r = \sqrt{A/\pi}$$

$$r = 0,225 \text{ mm}$$

Der Durchmesser d des Drahtes ergibt sich zu: **$d = 2r = 0,45\text{mm}$**

Der gemessene Wert für den Durchmesser d beträgt: $d = 0,45\text{mm}$

Die Werte bestätigen sich gegenseitig.

c)

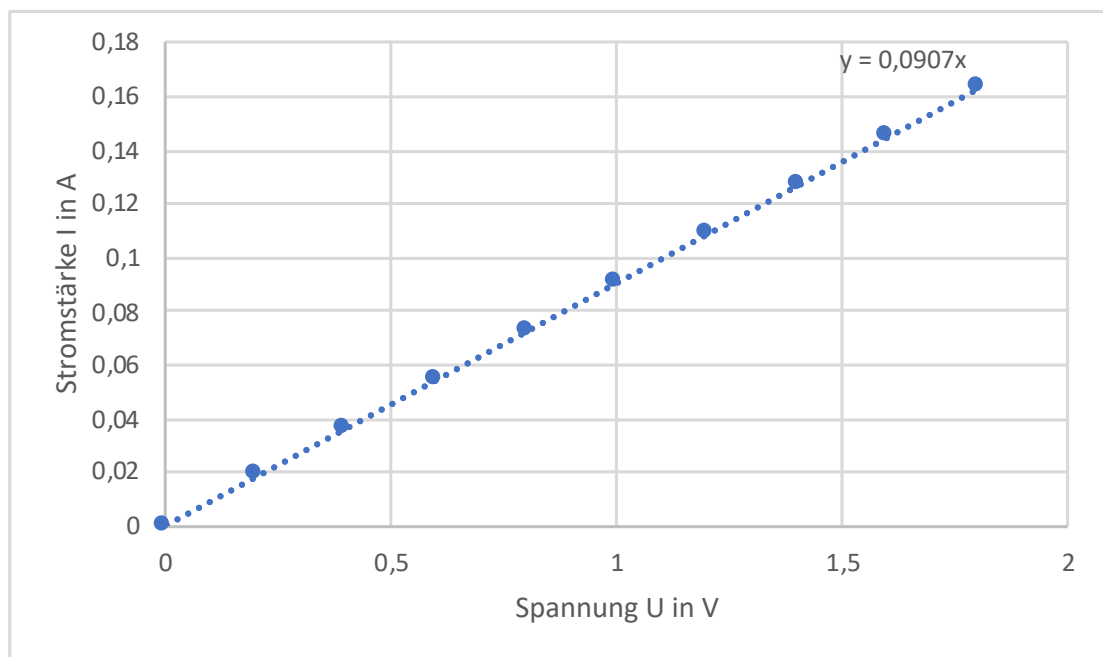


Diagramm 2: Messwerte für die Stromstärke I gegen die Spannung U

Die Steigung m der Ausgleichsgeraden beträgt: $m = 0,0907$

Somit ist der Widerstand $R = 11,025 \Omega$

Die Unsicherheit der Steigung beträgt: $\Delta u_m = 0,006972$

Der Widerstand beträgt: **$R = 11,025 \pm 0,007 \Omega$**

d)

Die Widerstände R aus Aufgabenteil a und c weichen von einander ab. Die Stromfehlerschaltung ergab einen Widerstand von $9,02 \Omega$, die Spannungsfehlerschaltung einen Widerstand von $11,04 \Omega$.

Diese Abweichung kommt zustande, da jedes Messinstrument einen Innenwiderstand besitzt, der das elektrische Verhalten des Stromkreises verändert. Dabei kann man die Abweichung minimieren, indem man ein Spannungsmessgerät benutzt, welches ein möglichst großen Innenwiderstand besitzt. Der Innenwiderstand des Strommessgerätes hingegen muss möglichst klein sein. Dadurch ist insgesamt gewährleistet, dass der meiste Strom durch den Widerstand fließt und der Spannungsabfall im Messgerät klein gehalten wird.

Insgesamt gilt, dass Stromfehlerschaltungen bei kleinen Widerständen zuverlässiger messen. In diesem Fall ist unser erster Wert mit $R = 9,02 \Omega$ zuverlässiger.

e)

Systematischer Messfehler:

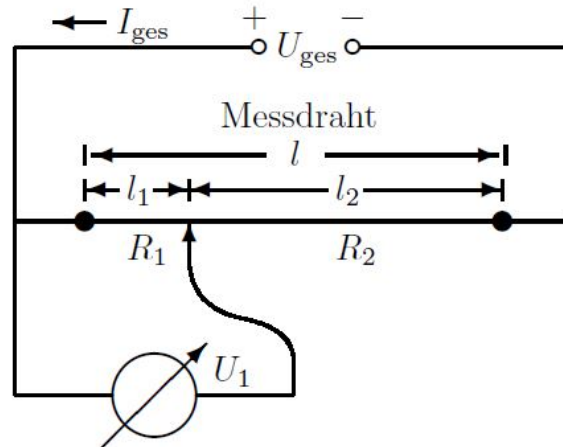
Das zur Messung verwendete Messgerät besitzt einen Innenwiderstand von 2Ω . Daraus folgt:

$$x_c = \bar{x} + e_c = 11,04 \Omega + (-2 \Omega) = 9,04 \Omega$$

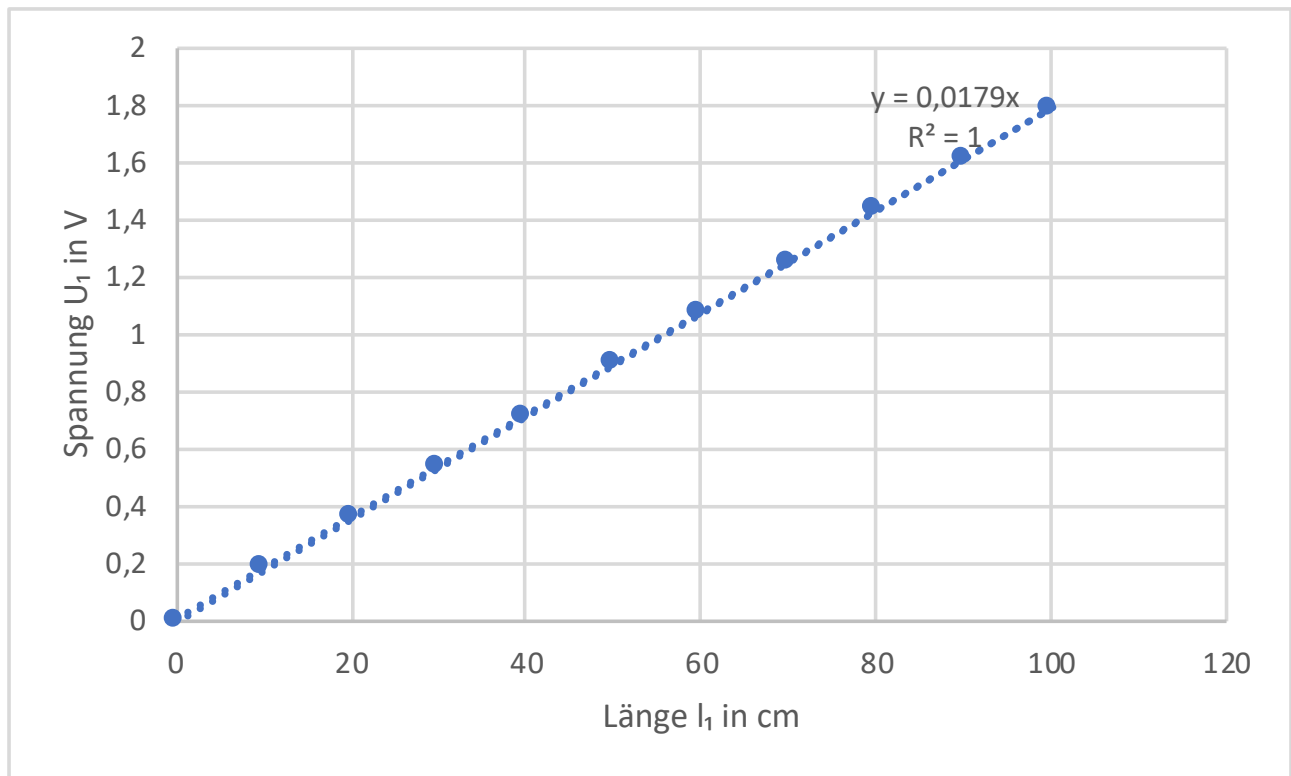
Nun fällt auf, dass die Werte für die Stromfehlerschaltung und die Spannungsfehlerschaltung sehr nah bei einander liegen. Nach Bereinigung des systematischen Fehlers erweisen sich also beide Methoden als zuverlässig.

2. Potentiometer:

Versuchsaufbau:

**Abb. 1:** Schaltbild zum Potentiometer

(Quelle: <http://pisrv1.am14.uni-tuebingen.de/praktikum/natprakt/anleitung/OG.pdf>)

Diagramm 3: gemessener Spannungsabfall als Funktion der Länge l_1

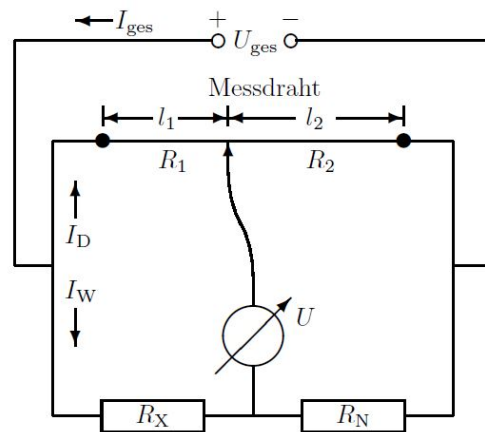
Der Korrelationskoeffizient $r_{U l_1}$ beträgt: $r_{U l_1} = 0,9999963$

Die Messung bestätigt, dass die Spannung U proportional zur Länge l_1 steigt und zwar um 0,0179 V / 10 cm.

3. Wheatstone-Brücke:

a)

Versuchsaufbau:

**Abb. 2:** Schaltbild zur Wheatstone'schen Messbrücke(Quelle: <http://pisrv1.am14.uni-tuebingen.de/praktikum/natprakt/anleitung/OG.pdf>)Für $R_x = R_7$: $R_x = l_1 R_N / l_2$

R_N in Ω	l_1 in cm	l_2 in cm	R_x in Ω
30	69,4	30,6	68,039216
40	63	37	68,108108
50	57,6	42,4	67,924528
60	53,1	46,9	67,93177
70	49,3	50,7	68,067061
80	45,8	54,2	67,601476
90	42,9	57,1	67,618214
100	40,3	59,7	67,504188

Tabelle 1: Messwerte der Länge l_1 und l_2 für verschiedene Widerstände R_N und der mit diesen Messwerten errechnete Widerstand R_x Der Mittelwert R_x beträgt: $R_x = 67,84932 \Omega$ Die Standardabweichung ΔR_x ergibt sich zu: $\Delta R_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 0,2381027 \Omega$ Die Messunsicherheit Δu_{R_x} beträgt: $\Delta u_{R_x} = 2 \frac{\Delta R_x}{\sqrt{n}} = 0,168364 \Omega$ Damit erhält man für den Widerstand $R_x = 67,85 \Omega \pm 0,17 \Omega$ Oder in relativer Schreibweise: $R_x = 67,85 \Omega \pm 0,25\%$

Für $R_Y = R_8$:

$$R_Y = l_1 R_N / l_2$$

R_N in Ω	l_1 in cm	l_2 in cm	R_Y in Ω
30	73	27	81,1111111
40	67,1	32,9	81,5805471
50	61,9	38,1	81,2335958
60	57,1	42,9	79,8601399
70	53,5	46,5	80,5376344
80	50,2	49,8	80,6425703
90	47,2	52,8	80,4545455
100	44,6	55,4	80,5054152

Tabelle 2: Messwerte der Länge l_1 und l_2 für verschiedene Widerstände R_N und der mit diesen Messwerten errechnete Widerstand R_Y

Der Mittelwert R_Y beträgt: $R_Y = 80,740695 \Omega$

Die Standardabweichung ΔR_Y ergibt sich zu: $\Delta R_Y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 0,5410292 \Omega$

Die Messunsicherheit Δu_{R_Y} ergibt: $\Delta u_{R_Y} = 2 \frac{\Delta R_Y}{\sqrt{n}} = 0,3825654 \Omega$

Damit erhält man für den Widerstand $R_x = 80,74 \Omega \pm 0,38 \Omega$

Oder in relativer Schreibweise: $R_x = 80,74 \Omega \pm 0,47 \%$

b) Parallelschaltung von beiden Widerstände R_x und R_y (errechnet):

Der Mittelwert lässt sich errechnen durch: $\bar{R}_{ges} = \frac{\bar{R}_x * \bar{R}_y}{\bar{R}_x + \bar{R}_y} = 36,867896 \Omega$

Die Messunsicherheit $\Delta u_{R_{ges}}$ lässt sich berechnen mit:

$$\Delta u_{R_{ges}} = \sqrt{\left(\frac{\bar{R}_y^2}{(\bar{R}_x + \bar{R}_y)^2} * \Delta u_{R_x} \right)^2 + \left(\frac{\bar{R}_x^2}{(\bar{R}_x + \bar{R}_y)^2} * \Delta u_{R_y} \right)^2} = 0,0939884 \Omega$$

Die absolute Messunsicherheit beträgt: $R_{ges} = 36,87 \Omega \pm 0,09 \Omega$

Die relative Messunsicherheit beträgt: $R_{ges} = 36,87 \Omega \pm 0,24\%$

c) Parallelschaltung von beiden Widerstände R_x und R_y (gemessen):

$R_N (\Omega)$	$l_1 (\text{cm})$	$l_2 (\text{cm})$	$R_{x,y} (\Omega)$
30	55,2	44,8	36,9642857
40	47,9	52,1	36,7754319
50	42,4	57,6	36,8055556
60	37,9	62,1	36,6183575
70	34,4	65,6	36,7073171
80	31,4	68,6	36,6180758
90	29,9	70,1	38,3880171
100	26,7	73,3	36,425648

Tabelle 3: Messwerte der Länge l_1 und l_2 für verschiedene Widerstände R_N und der mit diesen Messwerten errechnete Widerstand $R_{x,y}$

Der Mittelwert beträgt: $\bar{R}_{x,y} = 36,9128361 \Omega$

Die Messunsicherheit $\Delta u_{R_{x,y}}$ ergibt sich zu: $\Delta u_{R_{x,y}} = 0,4360854 \Omega$

Die absolute Messunsicherheit beträgt: $R_{x,y} = 36,91 \Omega \pm 0,44 \Omega$

Die relative Messunsicherheit beträgt: $R_{x,y} = 36,91 \Omega \pm 1,18\%$

d) Beim Vergleich fällt auf, dass sich die Werte nur leicht unterscheiden. Der Unterschied kommt dadurch zustande, dass bei jeder Messung zufällige Fehler auftreten können. R_{ges} beruht zudem auf zwei einzelnen Messungen, die selbst fehlerbehaftet sein können. Die gemessenen Werten für die Parallelschaltung ergeben $R_{x,y} = 36,91 \Omega \pm 0,44 \Omega$. Der errechnete Wert ist $R_{ges} = 36,87 \Omega \pm 0,09 \Omega$.

e) Reihenschaltung von beiden Widerstände R_x und R_y (errechnet):

Der Mittelwert lässt sich errechnen durch: $\bar{R}_{ges} = \bar{R}_x + \bar{R}_y = 148,59\Omega$

Die Messunsicherheit $\Delta u_{R_{ges}}$ lässt sich berechnen mit:

$$\Delta u_{R_{ges}} = \sqrt{(1 \cdot \Delta u_{R_x})^2 + (1 \cdot \Delta u_{R_y})^2} = 0,41797455 \Omega$$

Die absolute Messunsicherheit beträgt: $R_{ges} = 148,59 \Omega \pm 0,42 \Omega$

Die relative Messunsicherheit beträgt: $R_{ges} = 148,59 \Omega \pm 0,28\%$

f) Parallelschaltung von beiden Widerstände R_x und R_y (gemessen):

R_N in Ω	l_1 in cm	l_2 in cm	R_{ges} in Ω
30	83,3	16,7	149,640719
40	78,9	21,1	149,57346
50	74,9	25,1	149,203187
60	71,3	28,7	149,059233
70	68	32	148,75
80	65,1	34,9	149,226361
90	62,3	37,7	148,72679
100	59,6	40,4	147,524752

Tabelle 4: Messwerte der Länge l_1 und l_2 für verschiedene Widerstände R_N und der mit diesen Messwerten errechnete Widerstand R_{ges}

Der Mittelwert beträgt: $\bar{R}_{ges} = 148,9630629$

Die Messunsicherheit $\Delta u_{R_{ges}}$ ergibt sich zu: $\Delta u_{R_{ges}} = 0,47343677 \Omega$

Die absolute Messunsicherheit beträgt: $R_{x,y} = 148,96 \Omega \pm 0,47 \Omega$

Die relative Messunsicherheit beträgt: $R_{x,y} = 148,96 \Omega \pm 0,32\%$

g) Beim Vergleichen des errechneten und des gemessenen Wertes erkennt man, dass die Werte sehr nahe beieinander liegen. Für den errechneten Wert der Reihenschaltung ergab sich $R_{ges} = 148,59 \Omega \pm 0,42 \Omega$. Für den gemessenen Wert ergab sich $R_{x,y} = 148,96 \Omega \pm 0,47 \Omega$. Der Unterschied kommt dadurch zustande, dass bei jeder Messung zufällige Fehler auftreten können. R_{ges} beruht zudem auf zwei einzelnen Messungen, die selbst fehlerbehaftet sein können.

Florian Hetzel
Thomas Biergans

1. Strom-Spannungs Kennlinie

Für Stromfehlerschaltung

Abgeschätzter Drahtdurchmesser: 0,45 mm

U in V	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8
I in A	0	22,17	44,3	66,3	88,7	110,8	133,0	155,3	177,4	199,5

Für Spannungfehlerschaltung

U in V	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8
I in A	0	18,16	36,3	54,4	72,7	90,7	108,9	126,9	145	163,9

2. Potentiometer

$U_{ges} = 1,8 V$

I_1 in mV	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
U in V	184	360	537	715	893	1073	1257	1428	1606	1788

3. Wheatstone Brücke

$U_{ges} = 1,6 V$

$R_x: R_7$ $R_y: R_8$

R_x	30	40	50	60	70	80	90	100
R_N in Ω	69,4	63,0	57,6	53,1	49,3	45,8	42,9	40,3
I_1 in cm	30,6	37,0	42,4	46,9	50,7	54,2	57,1	59,7

R_y	30	40	50	60	70	80	90	100
R_N in Ω	73	67,1	61,9	57,1	53,5	50,2	47,2	44,6
I_2 in cm	27	32,9	38,1	42,9	46,5	49,8	52,8	55,4

$R_x R_y$	30	40	50	60	70	80	90	100
R_N in Ω	55,2	47,9	42,4	38,1	34,4	31,4	28,9	26,7
I_1 in cm	43,4	48,0	51,9	55,4	58,6	61,6	64,1	66,7
I_2 in cm	50,9	57,0	62,1	66,3	69,6	72,1	73,3	73,3

R_x, R_y Reihe	30	40	50	60	70	80	90	100
R_N in Ω	83,3	78,9	74,9	71,3	68	65,1	62,3	59,6
I_1 in cm	16,7	20,1	25,7	28,7	32	34,9	37,7	40,4