Physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler SS 26

OG – Ohm´sches Gesetz, Spannungsteiler und Wheatstone´sche Brücke

Gruppe:	21
Betreuer:	Kikic, David
Verfasser:	[redacted]
Versuchsdatum:	25.06.2026
Abgabedatum:	03.07.2026
Abgabe:	2

Inhaltsverzeichnis

1. Versuch 1: Strom-Spannungs-Kennlinie

1.1 Einführung und Zielsetzung 3

1.2 Versuchsaufbau und Durchführung 3

1.3 Auswertung 4

1.4 Fazit 7

2. Versuch 2: Potentiometer

2.1 Einführung und Zielsetzung 8

2.2 Versuchsaufbau und Durchführung 8

2.3 Auswertung 9

2.4 Fazit 9

3. Versuch 3: Wheatstone-Brücke

3.1 Einführung und Zielsetzung 10

3.2 Versuchsaufbau und Durchführung 10

3.3 Auswertung 11

3.4 Fazit 14

4. Anhang 15

1. Versuch 1: Strom-Spannungs-Kennlinie

1.1 Einführung und Zielsetzung

Ziel dieses Versuches ist es, das Ohm´sche Gesetz experimentell zu untersuchen um somit unsere Kenntnisse zum Zusammenhang zwischen Spannung, Stromstärke und Widerstand zu vertiefen und experimentell nachzuvollziehen.

1.2 Versuchsaufbau und Durchführung

Aus einer Spannungsquelle und einem Messdraht entsteht ein Stromkreis, ein Voltmeter zur Spannungsmessung *U* [V] wird parallel zum Messdraht geschaltet. Ein Amperemeter wird in Reihe mit dem Stromkreis geschaltet damit die Stromstärke *I* [A] gemessen werden kann. Die angelegte Spannung wird von 0 V bis 1,8 V in Schritten von 0,2 V erhöht und der dabei durch einen Messdraht fließende Strom somit als Funktion der angelegten Spannung gemessen. Dieser Ablauf erfolgt für eine Stromfehlerschaltung sowohl als auch für eine Spannungsfehlerschaltung.
Es wird zusätzlich mithilfe eines Messschiebers der Durchmesser vom Messdraht bestimmt.

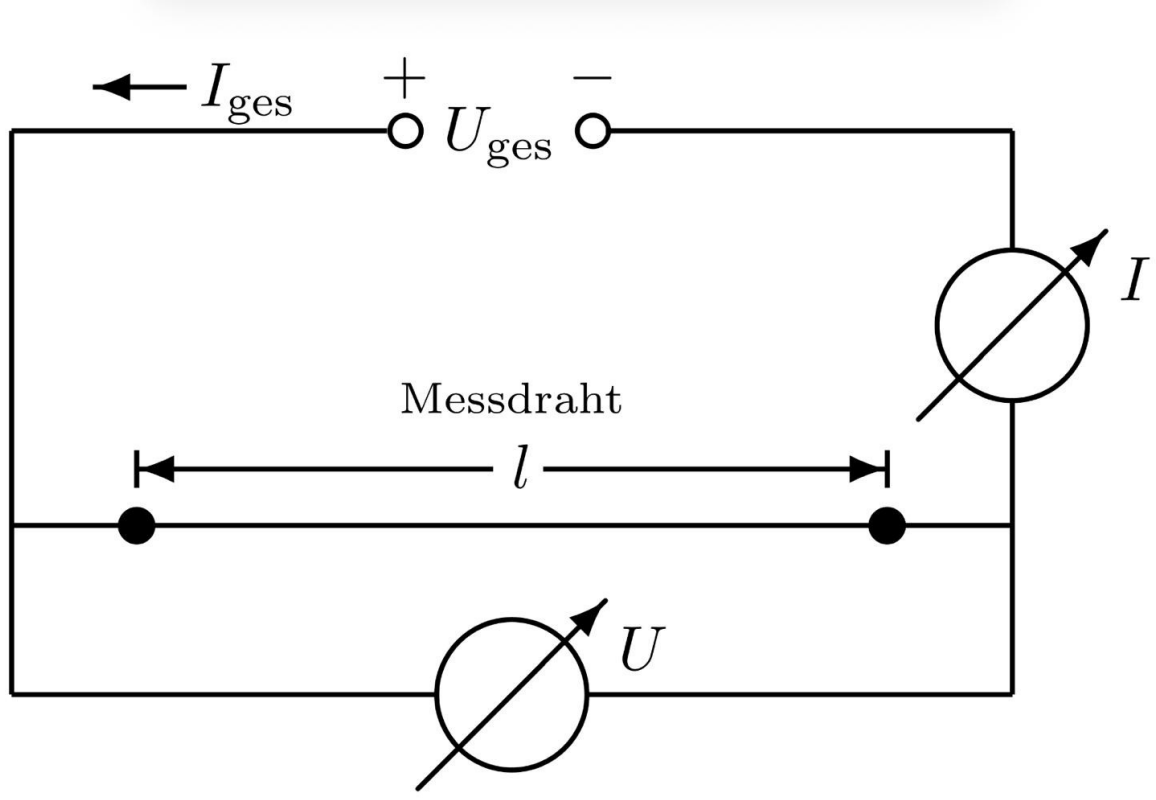


Abbildung 1: OG.7: Schaltbild zur Messung der Strom-Spannungs-Kennlinie eines Messdrahts

1.3 Auswertung

(a) Strom-Spannungs-Kennlinie für eine Stromfehlerschaltung

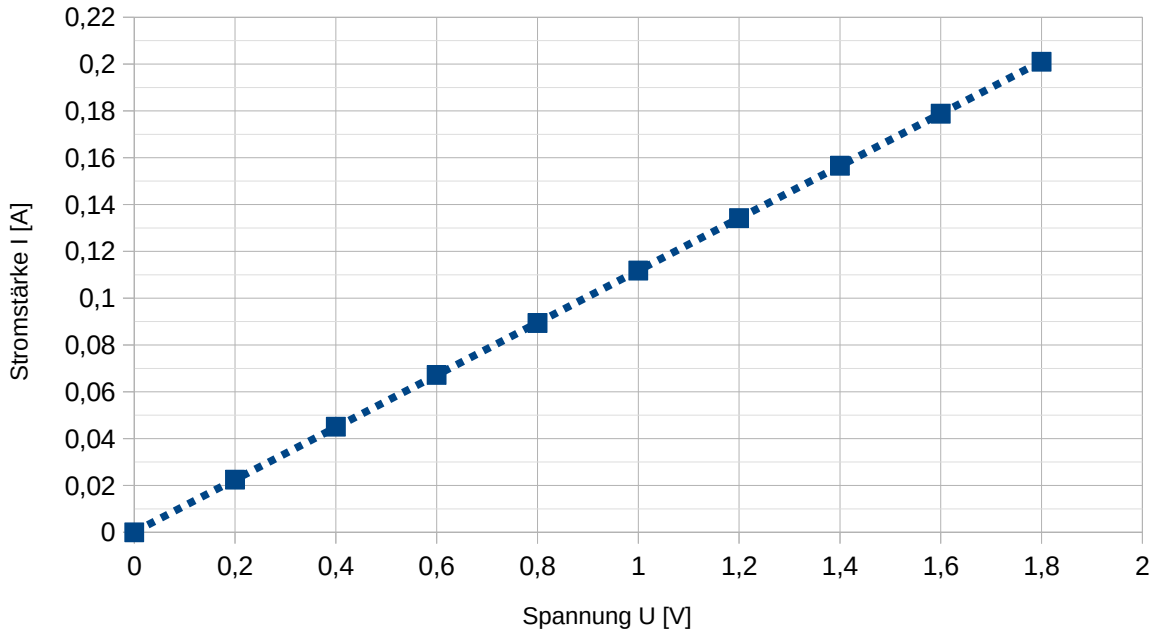


Abbildung 2: Stromstärke I [A] in Abhängigkeit von der Spannung U [V] in einer Stromfehlerschaltung

Die Steigung a und ihre Messunsicherheit Δa der Ausgleichsgeraden der obigen Tabelle lässt sich analytisch mithilfe des RGP-Befehls in Excel berechnen, daraus folgt.

$$a = 0{,}1116\ldots\ \frac{1}{\Omega}; \qquad \Delta a = 0{,}000187\ldots\ \frac{1}{\Omega}$$

Der Widerstand R des Messdrahtes und deren Messunsicherheit Δu_R lassen sich mithilfe folgender Gleichungen bestimmen.

$R = \frac{1}{a}\ \Omega$ und $\Delta u_R = 2 \cdot \frac{\Delta a}{a^2}\ \Omega$ daraus folgt:

$$R = 8{,}957\ldots\ \Omega; \qquad \Delta u_R = 0{,}030\ldots\ \Omega$$

Als Endergebnis erhält man:

$$R = (8{,}96 \pm 0{,}04)\Omega = 8{,}96(1 \pm 0{,}45\,\%)\Omega$$

(b) Strom-Spannungs-Kennlinie für eine Spannungsfehlerschaltung

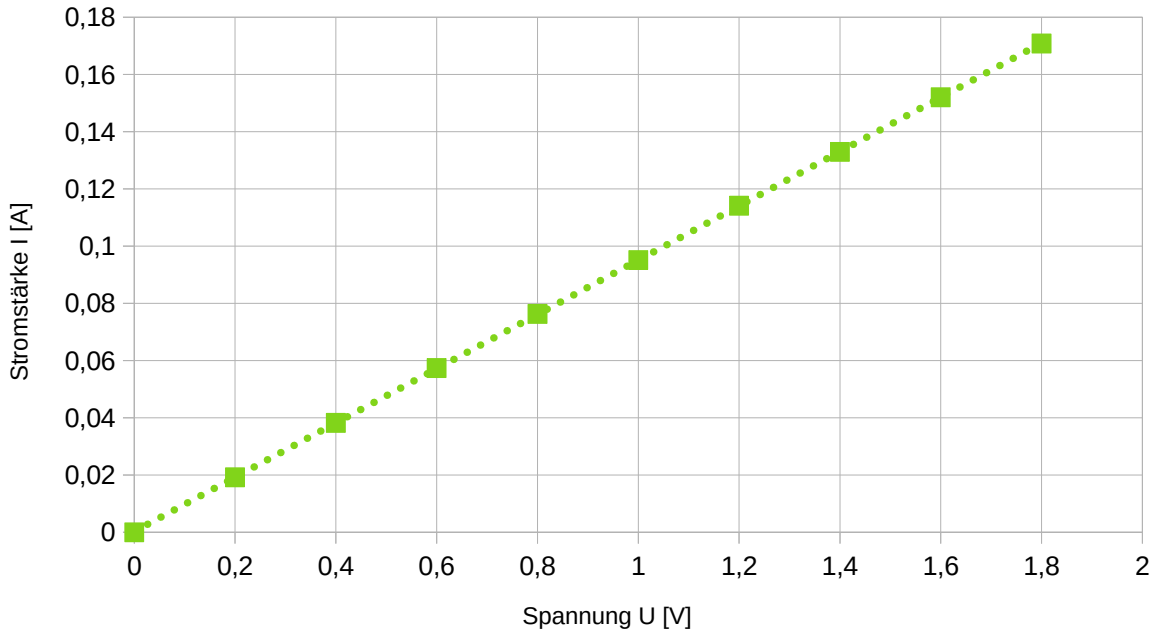


Abbildung 3: Stromstärke I [A] in Abhängigkeit von der Spannung U [V] bei einer Spannungsfehlerschaltung

Die Steigung a und ihre Messunsicherheit Δa der Ausgleichsgeraden der obigen Tabelle lässt sich analytisch mithilfe des RGP-Befehls in Excel berechnen, daraus folgt.

$$a = 0{,}094\ldots \frac{1}{\Omega}; \qquad \Delta a = 0{,}0002669\ldots \frac{1}{\Omega}$$

Der Widerstand R des Messdrahtes und deren Messunsicherheit Δu_R lassen sich auf die gleiche Art bestimmen.

$R = \frac{1}{a}\ \Omega$ und $\Delta u_R = 2 \cdot \frac{\Delta a}{a^2}\ \Omega$ daraus folgt:

$$R = 10{,}546\ldots\ \Omega; \qquad \Delta u_R = 0{,}0593\ldots\ \Omega$$

Als Endergebnis erhält man:

$$R = (10{,}55 \pm 0{,}06)\,\Omega = 10{,}55(1 \pm 0{,}57\,\%)\,\Omega$$

(c) Vergleich Stromfehlerschaltung und Spannungsfehlerschaltung

Betrachtet man die beiden berechneten Werte, fällt auf, dass diese nicht konsistent sind. Dies ist zu erwarten, da wir durch die gewählten Messverfahren einen systematischen Fehler in der Messung haben. Betrachtet man die Größenordnung der gemessenen Widerstände, so handelt es sich tendenziell eher um einen kleinen Widerstand, weswegen die Stromfehlerschaltung hier genauere Ergebnisse liefern wird, da der Innenwiderstand des Voltmeters sehr hoch ist und es somit nur zu einer verhältnismäßig kleinen Verfälschung des Ergebnisses kommen wird.

(d) Innenwiderstand Messgeräte

Wie in 1.1.3 bereits ausgeführt, eignet sich die Stromfehlerschaltung besser für kleinere Widerstände, wohingegen die Spannungsfehlerschaltung eher für größere Widerstände geeignet ist und hier einen größeren systematischen Fehler aufweist. Zum Abschätzen des Innenwiderstandes ziehen wir folgende Überlegung heran: Mit der Spannungsfehlerschaltung wird die Spannung gemessen, die über dem unbekannten Widerstand und dem Innenwiderstand des Amperemeters abfällt. Demnach berechnen wir den Gesamtwiderstand der Reihenschaltung der beiden Widerstände. Nachdem wir, wie oben ausgeführt, dem Wert aus der Stromfehlerschaltung für den unbekannten Widerstand vertrauen, können wir nach OG.5 die Differenz der beiden berechneten Werte heranziehen und den Innenwiderstand ca. auf 1,6 Ω schätzen.

(e) Drahtdurchmesser

Messwert: $d_{gemessen}$ = 0,5 mm; ρ = 1,77 μΩm

Aus der im Praktikumsskript gegeben Formel OG.3 und der Formel für die Kreisfläche kommt man durch Umstellen zu folgender Formel für den Drahtdurchmesser:

$$d = 2 \cdot \sqrt{\frac{\rho \cdot L}{\pi \cdot R}}$$

Dabei wird gerechnet mit ρ dem spezifischen Widerstand des Drahtes, die Länge l = 1m und dem Widerstand R = 8,957… Ω aus 1.3 (a).

Die Messunsicherheit ergibt sich aus der da vorigen Formel und Gaußschen Fehlerfortpflanzung:

$$\Delta u_d = \sqrt{\frac{\rho \cdot L}{\pi \cdot R^3}} \cdot \Delta R$$

Mit diesen Formeln ergeben sich folgende Werte:

d = 0,5015… mm
Δu_d = 0,0008… mm

Gemäß den Konventionen ergibt sich folgendes Ergebnis:

$$d = (0{,}5016 \pm 0{,}0009)\,\text{mm} = 0{,}5016\,(1 \pm 0{,}16\,\%)\,\text{mm}$$

Für die Berechnung des systematischen Fehlers der Messung mit dem Messschieber ziehen wir die Formel GR.5 hinzu

$$\Delta l_{syst} = \pm(a + b \cdot L)$$

Und wählen gemäß Tabelle GR.6 folgende Parameter für a und b:

a = 0,05 mm
b = 10^{-4}

woraus für das Ergebnis folgt:

$$d_{gemessen} = (0{,}50 \pm 0{,}06)\ \text{mm} = 0{,}50\ (1 \pm 12\%)\ \text{mm}$$

Vergleicht man die beiden Ergebnisse nun, so stellt man fest, dass diese konsistent sind.

1.4 Fazit

Betrachtet man die Ergebnisse für die Strom- und Spannungsfehlermessung zeigen sich geringe Messunsicherheiten wobei die Ergebnisse wie erwartet aufgrund des zugrundeliegenden systematischen Fehlers voneinander abweichen. Die Gründe werden an entsprechender Stelle im Protokoll erörtert. Auch die Berechnung des Drahtdurchmessers in Teil 1.3 (e) ist mit dem mit dem Messschieber gemessenen Wert konsistent.

2. Versuch 2: Potentiometerschaltung

2.1 Einführung und Zielsetzung

Bei diesem Versuchsteil soll die Proportionalität der Spannung U zu der Länge l_1 nachgewiesen werden.

2.2 Versuchsaufbau und Durchführung

Es wird eine Potentiometerschaltung aufgebaut. Bei einer konstanten Spannung von etwa 1,8 V wird die Länge l_1 in 10 cm Schritten variiert und der Spannungsabfall U gemessen.

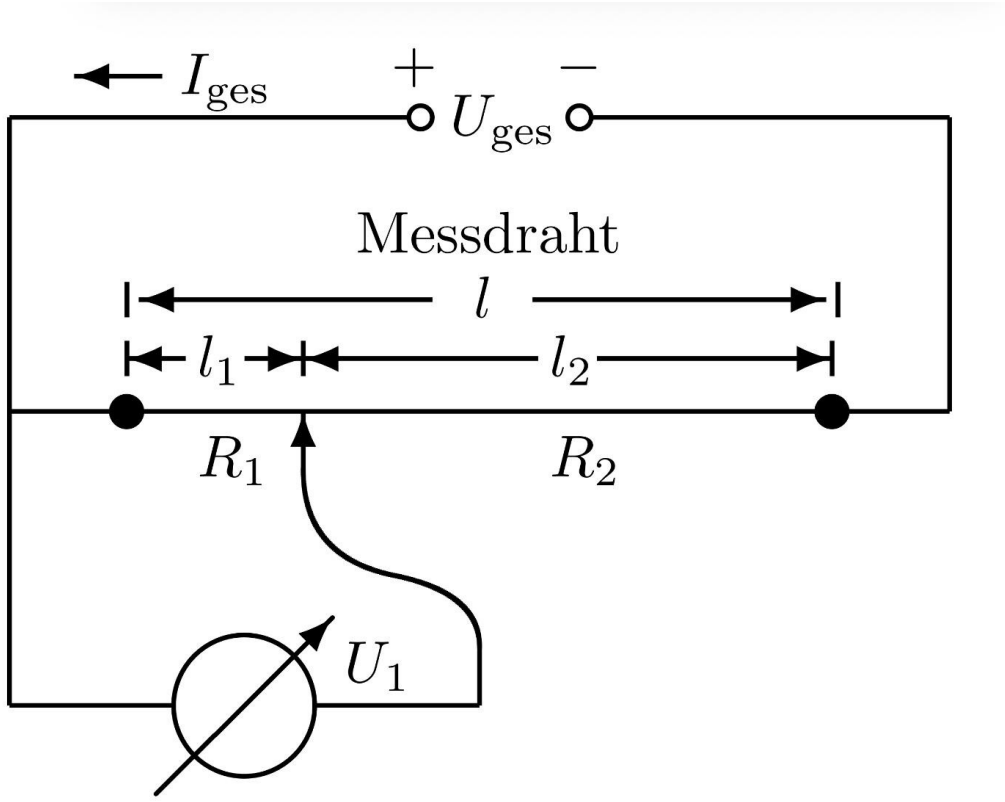


Abbildung 4: Potentiometerschaltung OG.2; durch den Messdraht und einen verstellbaren Schleifkontakt kann ein variabler Spannungsteiler mit $0V \leq U_1 \leq U_{ges}$ realisiert werden.

Die gemessenen Werte:

Tabelle 1: Messwerte der Potentiometerschaltung in V

l_1 [m]	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,98
U [V]	0,184	0,362	0,541	0,72	0,9	1,079	1,256	1,435	1,614	1,759

2.3 Auswertung

Die Messwerte aus obiger Tabelle werden nun in einem Diagramm dargestellt:

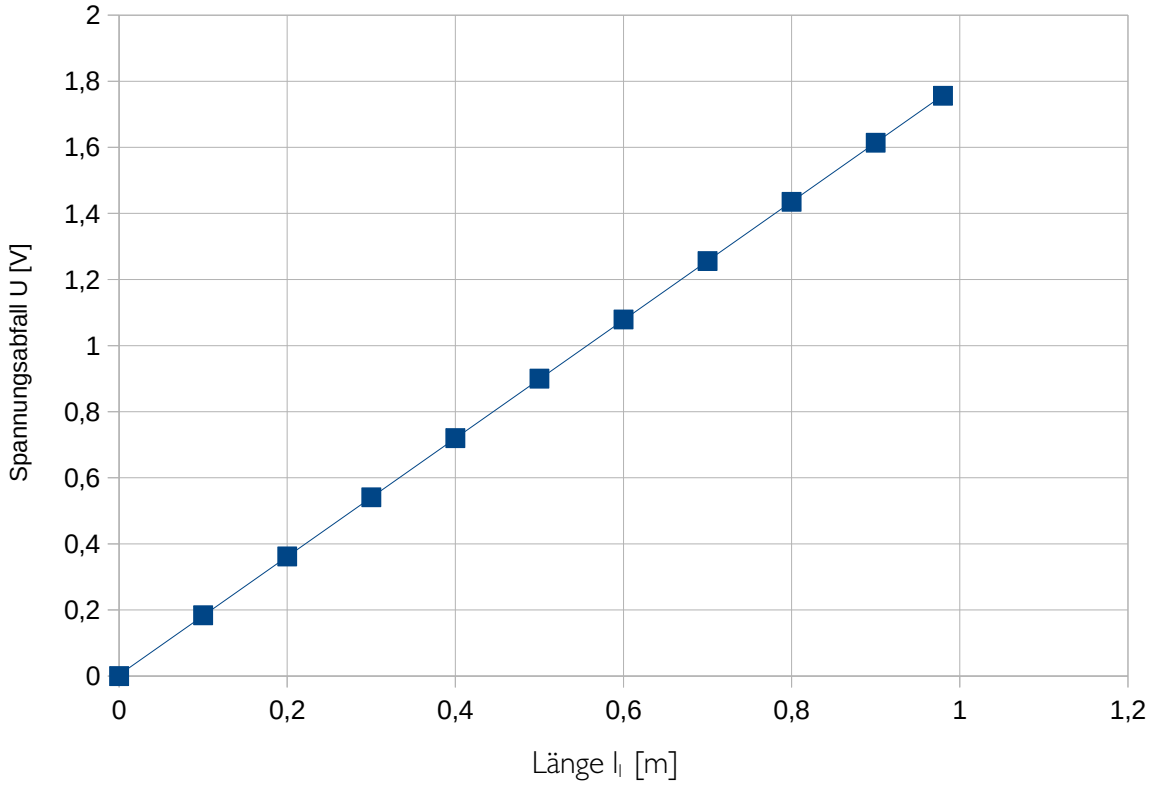


Abbildung 5: Darstellung der Spannung gegen die Länge l_1 aufgetragen mit der zugehörigen Ausgleichsgeraden

Mittels des RGP-Befehls wird die Ausgleichsgerade durch den Ursprung bestimmt für welche sich folgende Steigung ergibt

$$m = 1{,}789\ldots \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}}$$

Und demnach folgende Formel: $U = 1{,}789 \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}} \cdot l_1$

Danach wird mit dem KORREL-Befehl von Excel die Korrelation bestimmt

$$r = 0{,}999996\ldots$$

Hiermit zeigt sich eine sehr hohe, positive Korrelation zwischen Länge l_1 und gemessener Spannung.

2.4 Fazit

Die Gerade, welche in Abbildung 5 dargestellt ist, zeigt einen sehr schönen linearen Verlauf, wobei die Korrelation auch eine sehr gute Übereinstimmung zeigt. Aufgrund der im Praktikumsskript erläuterten Zusammenhänge zum Drahtpotentiometer zeigt sich eine gute Deckung mit den theoretischen Überlegungen.

3. Versuch 3: Wheatstone´sche Messbrücke

3.1 Einleitung und Zielsetzung

In dem letzten Versuchsteil sollen die unbekannten Widerstände R_x und R_y mit Hilfe von der Wheatstone'schen Messbrücke bestimmt werden. Bei dieser Methode können unbekannte Widerstände sehr genau bestimmt werden, da durch diese Art der Verschaltung, systematische Fehler wie die oben beschriebenen nicht auftreten.

3.2 Versuchsaufbau und Durchführung

Die Wheatstone'schen Messbrücke wird nach Abb. 6 aufgebaut. Als Normalwiderstand R_N, also als ein uns bekannter Widerstand, wird ein Stöpsel-Rheostat verwendet. Bei diesem können die Widerstände variieren. In unserem Versuch wird der Widerstand von 30 Ω bis 100 Ω in 10 Ω Schritten eingestellt. Dabei wirkt die Spannung U_{ges} = 1,6 V. Die unbekannten Widerstände R_x und R_y werden zuerst jeweils einzeln in den Stromkreis eingebaut und danach zusammen in einer Parallel- und Reihenschaltung. Die Brückenspannung wird dabei durch ein Voltmeter gemessen. Bei der jeweiligen Veränderung des Widerstands R muss die Länge l_1 so verändert werden, dass die Brückenspannung 0 V wird.

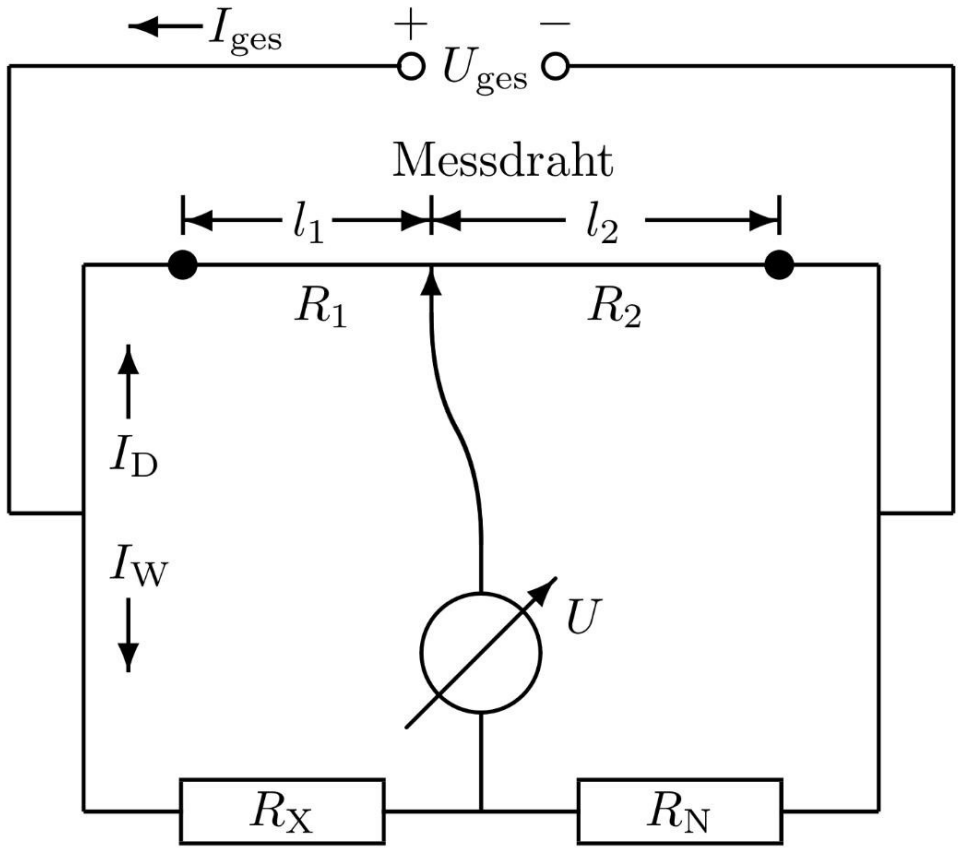


Abbildung 6: Wheatstone´sche Messbrücke OG.6, zur Bestimmung unbekannter Widerstände.

3.3 Auswertung

(a) Bestimmung der unbekannten Widerstände R_x und R_y

Unsere gemessenen Werte:

Tabelle 2: R_x in Stromkreis

R_N [Ω]	30	40	50	60	70	80	90	100
l_1 [cm]	69,2	62,6	57,5	53,0	49,1	45,9	43,0	40,4

Tabelle 3: R_y in Stromkreis

R_N [Ω]	30	40	50	60	70	80	90	100
l_1 [cm]	73,0	67,0	61,7	57,5	53,4	50,1	47,2	44,6

Gemäß Formel $R_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_N$ (OG.10) berechnen wir für jede Messung in den Tabellen 2 und 3 die Widerstandswerte von R_x und R_y:

Tabelle 4: Berechnete Werte für Rx und Ry

R_N [Ω]	R_x [Ω]	R_y [Ω]
30	67,402...	81,111...
40	66,951...	81,212...
50	67,647...	80,548...
60	67,659...	81,176...
70	67,524...	80,214...
80	67,874...	80,320...
90	67,894...	80,454...
100	67,785...	80,505...

Somit ergibt sich für den Mittelwert von R_x und für die Messunsicherheit die Standartabweichung des Mittelwertes gemäß des Praktikumsskripts:

$$\overline{R_x} = 67{,}592\ldots\ \Omega$$
$$\Delta u_{R_x} = 0{,}563\ldots\Omega$$

Gemäß den Konventionen gilt somit:

$$R_x = (67{,}6 \pm 0{,}6)\Omega = 67{,}6(1 \pm 0{,}89\,\%)\Omega$$

Analog ergibt sich für R_y:

$$\overline{R_y} = 80{,}692\ldots\ \Omega$$
$$\Delta u_{R_y} = 1{,}004\ldots\Omega\ \text{w}$$

Gemäß den Konventionen gilt somit:

$$R_y = (80{,}7 \pm 1{,}1)\Omega = 80{,}7(1 \pm 1{,}4\,\%)\Omega$$

(b) Berechnung der Parallelschaltung

Gemäß Formel OG.8 können wir aus den beiden berechneten Mittelwerten für die Widerstände, den theoretischen Widerstand der Parallelschaltung berechnen. Hierbei ergibt sich ein Widerstand von:

$$R_{x\|y} = 36{,}782\ldots\ \Omega$$

Sowie gemäß OG.13 eine Messunsicherheit voneinander

$$\Delta u_{R_{x\|y}} = 0{,}2227\ldots\ \Omega$$

Gemäß den Konventionen ergibt sich somit:

$$R_{x\|y} = (36{,}78 \pm 0{,}23)\Omega = 36{,}78(1 \pm 0{,}63\,\%)\Omega$$

(c) Messung der Parallelschaltung

Tabelle 5: R_x und R_y in Parallelschaltung

R_N [Ω]	30	40	50	60	70	80	90	100
l_1 [cm]	55	47,9	42,4	38	34,4	31,3	29	26,7

Hieraus ergibt sich gemäß Formel OG.10

Tabelle 6: Rechenergebnisse der Parallelschaltung

R_N [Ω]	$R_x \| R_y$ [Ω]
30	36,666...
40	36,775...
50	36,805...
60	36,774...
70	36,707...
80	36,448...
90	36,760...
100	36,425...

Und es ergibt sich:

$$\overline{R_{x\|y}} = 36{,}670\ldots\ \Omega$$
$$\Delta u_{R_{x\|y}} = 0{,}398\ldots\Omega$$

Gemäß den Konventionen gilt somit:

$$R_{x\|y} = (36{,}7 \pm 0{,}4)\Omega = 36{,}7(1 \pm 1{,}09\,\%)\Omega$$

(d) Vergleich von berechnetem und gemessenem Wert der Parallelschaltung

Betrachtet man die Intervalle aus 3.3 (b) und (c), so sieht man, dass die Intervalle konsistent sind und ineinander liegen. Die gerechneten und gemessenen Werte passen also zueinander.

(e) Berechnung der Reihenschaltung

Zur Bestimmung des Gesamtwiderstandes der Reihenschaltung können nach OG.5 die beiden Mittelwerte der Widerstände einfach addiert werden:

$$R_{x+y} = R_x + R_y = 148{,}285\ldots\ \Omega$$

Die Messunsicherheit berechnet sich hierbei gemäß der Gaußschen Fehlerfortpflanzung mit folgender Umformung:

$$\Delta u_{R_{x+y}} = \sqrt{(\Delta u_{R_x})^2 + (\Delta u_{R_y})^2}$$

$$\Delta u_{R_{x+y}} = 1{,}282\ldots\ \Omega$$

Gemäß den Konventionen ergibt sich hiermit:

$$R_{x+y} = (148{,}3 \pm 1{,}3)\Omega = 148{,}3(1 \pm 0{,}88\,\%)\Omega$$

(f) Messung der Reihenschaltung

Tabelle 7: R_x und R_y in Reihenschaltung

R_N [Ω]	30	40	50	60	70	80	90	100
l_1 [cm]	83,3	78,7	75	71,3	68	65,1	62,2	59,7

Hieraus ergibt sich gemäß Formel OG.10

Tabelle 8: Rechenergebnisse für die Reihenschaltung

R_N [Ω]	R_{x+y} [Ω]
30	149,640...
40	147,793...
50	150
60	149,0592...
70	148,75
80	149,226...
90	148,095...
100	148,138...

Und es ergibt sich:

$$\overline{R_{x+y}} = 148{,}837\ldots\ \Omega$$

$$\Delta u_{R_{x+y}} = 1{,}944\ldots\Omega$$

Gemäß den Konventionen gilt somit:

$$R_{x+y} = (148 \pm 2)\Omega = 148(1 \pm 1{,}4\,\%)\Omega$$

(g) Vergleich von berechnetem und gemessenem Wert der Reihenschaltung

Betrachtet man die beiden Intervalle, so sieht man, dass diese konsistent sind.

3.4 Fazit

Sowohl die Parallelschaltung, als auch die Reihenschaltung der Widerstände haben zufriedenstellende Ergebnisse geliefert. Die gemessenen Werte und die errechneten Werte liegen in einem gemeinsamen Intervall. Dabei sind die Intervalle aber relativ groß, was an den in der Theorie vernachlässigten Kabelwiderstand zurückzuführen sein könnte. Im allgemeinen sind die Messverfahren zur Bestimmung der Widerstände sehr präzise.

1. Strom-Spannungs Kennlinie

Drahtdurchmesser (Messschieber): 0,5 mm

ρ Kanthaldraht: 1,77 µΩ·m

Für Stromfehlerschaltung

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	22,50	45,1	67,2	89,4	111,8	134,2	156,6	178,8	201,0

µA; ↳ noch durch 1.000 teilen.

Für Spannungsfehlerschaltung

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	19,23	38,2	57,4	76,3	95,1	114,1	132,9	152,0	170,8

µA

2. Potentiometer

$U_{ges} = 1{,}8$ V !

< 0,98

l_1 in m	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
U in V	184	362	541	720	900	1079	1256	1435	1614	1756

3. Wheatstone Brücke

$U_{ges} = 1{,}6$ V

R7 R_x: 67,402597 R_y: 81,1 R8

R_x	67,4	66,9						
R_N in Ω	30	40	50	60	70	80	90	100
l_1 in cm	69,2	62,6	57,5	53,0	49,1	45,9	43,0	40,4
l_2 in cm	30,8	37,4	42,5	47	50,9	54,1		

l_2 = 100 − l_1

$\Rightarrow l_1/l_2 \cdot R_N$

R_y	81,1	81,21						
R_N in Ω	30	40	50	60	70	80	90	100
l_1 in cm	73,0	67,0	61,7	57,5	53,4	50,1	47,2	44,6
l_2 in cm	27,0	33,0	38,3	42,5	46,6	49,9	52,8	55,4

$R_x \mid\mid R_y$								
R_N in Ω	30	40	50	60	70	80	90	100
l_1 in cm	55,0	47,9	42,4	38,0	34,4	31,3	29,0	26,7
l_2 in cm	45,0	52,1	57,6	62,0	65,6	68,7	71,0	73,3

R_x, R_y Reihe								
R_N in Ω	30	40	50	60	70	80	90	100
l_1 in cm	83,3	78,7	75,0	71,3	68,0	65,1	62,2	59,7
l_2 in cm	16,7	21,3	25,0	28,7	32,0	34,9	37,8	40,3

Datum des Versuchstags: 25.06.2026

Gruppennummer: 21

Teilnehmer: [redacted]

Unterschrift Assistent/-in: D. Mehne