

**Physikalisches Blockpraktikum für
Naturwissenschaftler**

Protokoll zum Versuch

**[OG] Ohmsches Gesetz, Spannungsteiler und
Wheatstonesche Brücke**

Betreuung des Versuchs: Tobias Heinz

Versuchsdurchführung und Protokollerstellung am
02.03.2017

von Carla Siegle und Julian-Samuel Gebühr

Gruppe 3

[OG] Ohmsches Gesetz

Zielsetzung:

Der Versuch soll, anhand verschiedener Schaltkreise, das Ohm'sche Gesetz $U=R \cdot I$ bestätigen.
Außerdem wird versucht ein möglichst genaues Messverfahren für Widerstände zu verifizieren.

Auswertung:

1. Strom-Spannungs-Kennlinie

a) Abhängigkeit der Stromstärke von der Spannung

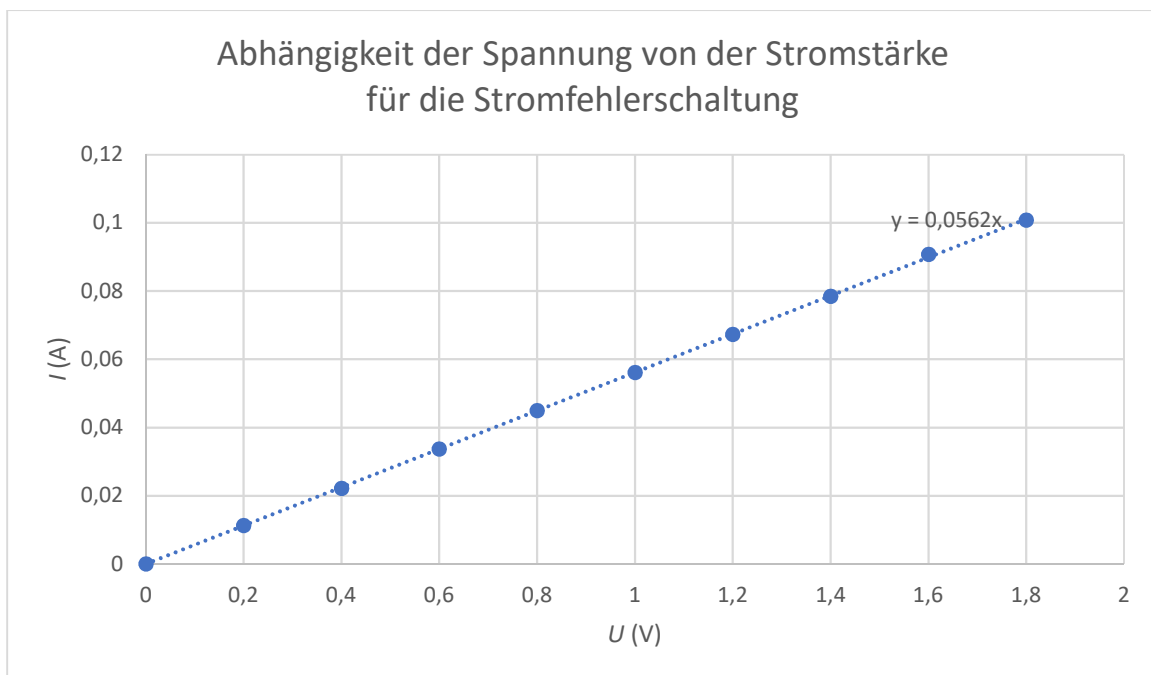


Diagramm 1

Bestimmung des Widerstands R mit Hilfe der Steigung der Geraden: $m = 0,0562$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{1}{m} = 17,8 \Omega$$

b) Durchmesser des Messdrahtes:

Nach OG.3 und unter Annahme, dass der Querschnitt des Drahtes einer Kreisfläche entspricht folgt:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} = \rho \cdot \frac{4l}{\pi d^2} \quad \rightarrow \quad d = \sqrt{\rho \cdot \frac{4l}{\pi R}}$$

Gegeben: $R = 17,8 \Omega$, $\rho = 1,43 \mu\Omega$, $l = 1\text{m} \rightarrow d = 0,32\text{mm}$

Während dem Versuch haben wir den Drahtdurchmesser auf etwa 0,5mm geschätzt.

c)

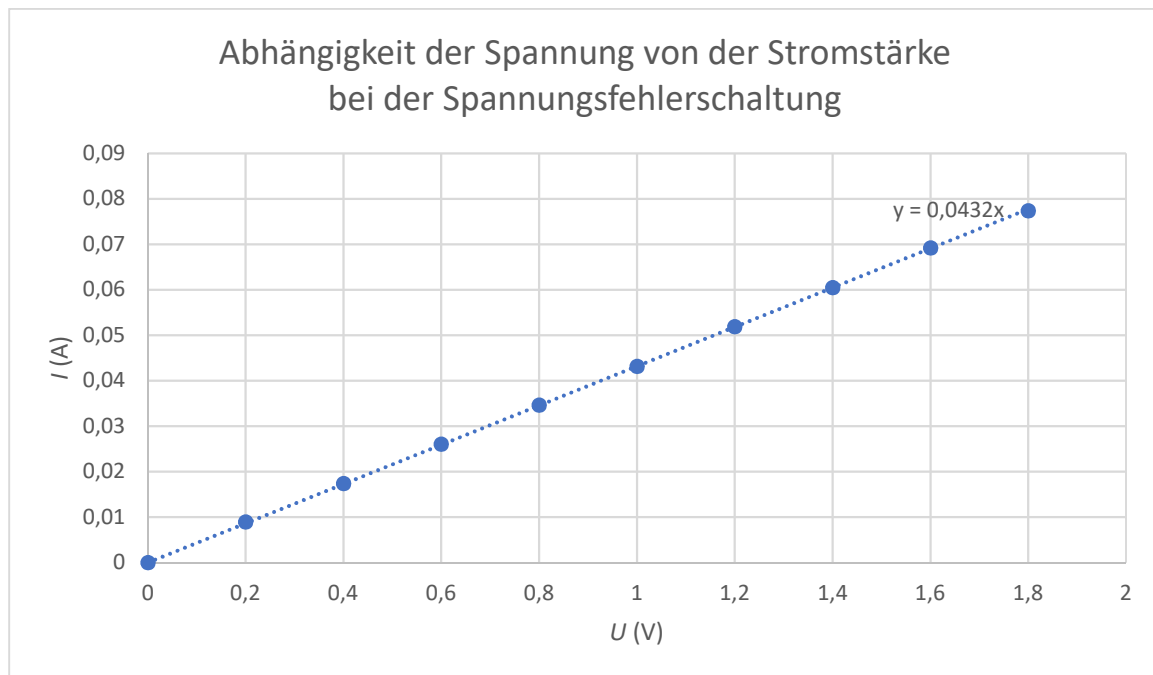


Diagramm 2

Bestimmung des Widerstands R mit Hilfe der Steigung der Geraden: $m = 0,0432$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{1}{m} = 23,15 \Omega$$

d) Vergleich der berechneten Widerstände

Die beiden Schaltungen unterscheiden sich signifikant in ihrem Ergebnis. Das liegt daran, dass keine „idealen“ Spannungs- und Strommessgeräte vorliegen, sondern der Widerstand des Spannungsmessgeräts endlich ist und auch das Stromstärkenmessgerät einen (geringen) Widerstand besitzt. Deshalb kommt es bei der Spannungsfehlerschaltung zu einem Spannungsabfall am Stromstärkenmessgerät, was einen Fehler in der Messung der Spannung am Widerstand verursacht. Je kleiner der zu messende Widerstand ist, desto verhältnismäßig größer ist der Spannungsabfall am Stromstärkenmessgerät. Daher ist diese Messmethode nur für große Widerstände sinnvoll.

Bei der Stromstärkenfehlerschaltung hingegen fließt auch durch das Spannungsmessgerät, das parallel zum Widerstand geschaltet ist ein Strom, der einen Fehler in der Stromstärkenmessung verursacht. Je größer der Widerstand ist, desto größer ist der Strom durch das Spannungsmessgerät, desto größer ist der Fehler. Diese Messmethode eignet sich also nur für kleine Widerstände, ist im vorliegenden Fall daher aber die sinnvollere.

$$\rightarrow R = 17,8 \Omega$$

e) Systematischer Fehler

In Teilaufgabe c) wurde aus den Messwerten für die Spannungsfehlerschaltung ein Widerstand von $R=23,15\Omega$ berechnet. Bisher ging man davon aus, dass dieser dem anliegenden Gesamtwiderstand R_{ges} der Schaltung entspricht. Da das Stromstärkemessgerät allerdings einen Innenwiderstand R_i von 2Ω besitzt und R und R_i in Reihe geschaltet sind, gilt:

$$R_{\text{ges}} = R + R_i \rightarrow R = R_{\text{ges}} - R_i = (23,15 - 2)\Omega = 21,15\Omega$$

Dieser nähert sich jenem Widerstandswert an, welcher aus den Messwerten der Stromstärkenfehlerschaltung berechnet wurde ($R=17,8\Omega$). Dies bestätigt, dass diese die geeignetere Messmethode zur Bestimmung von Widerständen ist.

2. Potentiometer

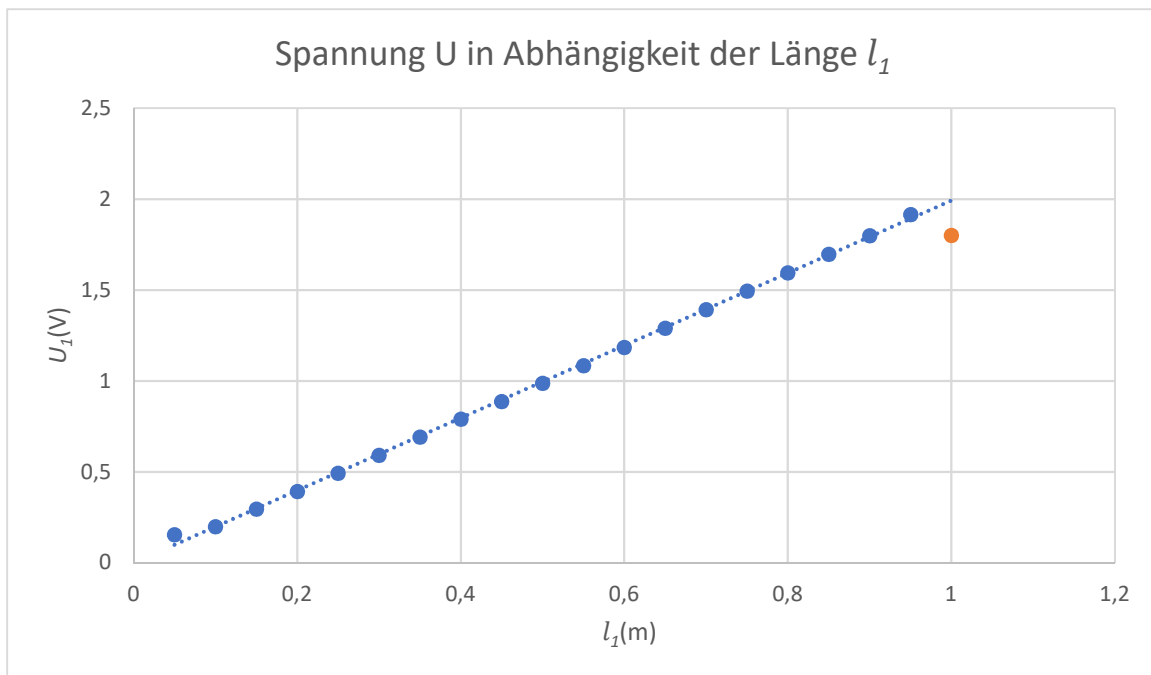


Diagramm 3

Abbildung OG.2 zeigt, dass $R_1 \sim l_1$. Da laut dem Ohmschen Gesetz $U \sim R$ folgt $U_1 \sim l_1$.

Diese Proportionalität wird durch Diagramm 3 bestätigt. Aufgrund eines fehlerhaften Spannungsmessgerätes, weichen die Werte von den theoretisch zu erwartenden ab und es wurden bspw. Spannungen U_1 gemessen, welche größer als die angelegte Spannung U_{ges} waren. Aus diesem Grund wurde $U_1(1) = 1,8\text{V}$ nicht zur Bestimmung der Ausgleichsgeraden einbezogen.

3. Wheatstone-Brücke

a) Bestimmung des Widerstands R_x und R_y mit Fehlerrechnung:

Es wurde mithilfe eines Tabellenkalkulationsprogramms R_x , der Mittelwert μ die Abweichung der Messwerte von diesem berechnet.

l_1 und l_2 gibt die Position des Schiebers von links/rechts an.

R_x wurde mit Hilfe von OG.10 berechnet:

$$R_x = \frac{l_1}{l_2} \cdot R_N$$

Der Mittelwert wurde mit: $\mu = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 R_x$ berechnet

Die Abweichung a vom Mittelwert: $a = R_x - \mu$ berechnet.

R_N, R_x und die Abweichung vom Mittelwert in Ω , l_1 und l_2 in cm

R_N	l_1	l_2	R_x	Abweichung vom Mittelwert
30	67,8	32,2	63,1677019	0,272980099
40	61,1	38,9	62,8277635	-0,066958268
50	55,9	44,1	63,3786848	0,483963043
60	51,2	48,8	62,9508197	0,056097908
70	47,3	52,7	62,8273245	-0,067397286
80	43,9	56,1	62,6024955	-0,29222622
90	41,1	58,9	62,8013582	-0,09336353
100	38,5	61,5	62,601626	-0,293095748

Anschließend wurde die Standardabweichung σ berechnet:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2} = 0,2675$$

Die Unsicherheit des Mittelwerts beträgt nach

$$\Delta\mu = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} = 0,0946\Omega; \quad \frac{\Delta\mu}{\mu} = \frac{0,0946}{62,894} = 0,15\%$$

$$\rightarrow R_x = (62,8947 \pm 0,095)\Omega \text{ bzw. } R_x = (62,8947 \pm 0,15\%)\Omega$$

Analog war das Vorgehen zu R_y

R_n, R_y und die Abweichung vom Mittelwert in Ω , l_1 und l_2 in cm

R_n	l_1	l_2	R_y	Abweichung vom Mittelwert
30	70,3	29,7	71,010101	0,087657033
40	64	36	71,11111111	0,013353068
50	58,8	41,2	71,3592233	0,261465258
60	54,4	45,6	71,5789474	0,481189325
70	50,4	49,6	71,1290323	0,031274215
80	47	53	70,9433962	0,154361817
90	44,1	55,9	71,0017889	0,095969135
100	41,4	58,6	70,6484642	0,44929388

Mittelwert:

$$\mu = 71,0978 \Omega$$

Standardabweichung:

$$\sigma = 0,2787 \Omega$$

Die Unsicherheit des Mittelwerts beträgt

$$\Delta\mu = 0,0985 \Omega; \quad \frac{\Delta\mu}{\mu} = \frac{0,0985 \Omega}{71,0978} = 0,14\%$$

$$\rightarrow R_y = (71,0978 \pm 0,2787) \Omega \text{ bzw. } R_y = (71,0978 \pm 0,14\%) \Omega$$

b) Berechnung des Gesamtwiderstands mithilfe der Teilwiderstände

es gelte: $R_a = R_x$ und $R_b = R_y$

$$\bar{R}_{\text{ges}} = \frac{\bar{R}_a \cdot \bar{R}_b}{\bar{R}_a + \bar{R}_b} \quad (\text{OG.11})$$

$$\Delta u_{R_{\text{ges}}} = \sqrt{\left(\frac{R_b^2}{(R_a + R_b)^2} \cdot \Delta u_{R_a} \right)^2 + \left(\frac{R_a^2}{(R_a + R_b)^2} \cdot \Delta u_{R_b} \right)^2} \quad (\text{OG.13});$$

Für $R_x, R_y, \Delta\mu R_x$ und $\Delta\mu R_y$ wurden die in Teilaufgabe a) berechneten Werte genommen:

$$< R_{\text{ges}} > = 33,3726 \Omega$$

$$\Delta u_{R_{\text{ges}}} = 0,03436 \Omega$$

Gesamtwiderstand mit absoluter Messunsicherheit: $R_{\text{ges}} = (33,4 \pm 0,034) \Omega$

Gesamtwiderstand mit relativem Messunsicherheit: $R_{\text{ges}} = (33,4 \pm 0,1\%) \Omega$

c) Berechnen von R_{ges} mit Messwerten der Wheatstone Brücke:

Analoges Vorgehen zu a)

R_n , R_y , Mittelwert und die Abweichung vom Mittelwert in Ω , l_1 und l_2 in cm

R_n	l_1	l_2	R_y	Abweichung vom Mittelwert	Mittelwert
30	52,5	47,5	33,1578947	0,515210641	32,6426841
40	44,3	55,7	31,8132855	-0,829398638	
50	39,1	60,9	32,1018062	-0,540877856	
60	34,7	65,3	31,8836141	-0,759070007	
70	32,1	67,9	33,0927835	0,45009941	
80	29,2	70,8	32,9943503	0,351666187	
90	26,9	73,1	33,119015	0,476330953	
100	24,8	75,2	32,9787234	0,336039309	

Standardabweichung:

$$\sigma = 0,5962\Omega$$

Die Unsicherheit des Mittelwerts beträgt

$$\Delta\mu = 0,2108\Omega; \quad \frac{\Delta\mu}{\mu} = \frac{0,2108\Omega}{32,6427} = 0,65\%$$

$$\rightarrow R_y = (32,6427 \pm 0,5962)\Omega \text{ bzw. } R_y = (32,6427 \pm 0,65\%)\Omega$$

d) Vergleich der Berechnungsmethoden

Die beiden Berechnungsmethoden unterscheiden sich um ca. 2,2%. Diese Abweichung ist dadurch zu erklären, dass bei der Berechnung über die Einzelwiderstände sich die Fehler in der Berechnung dieser fortgepflanzt haben, bzw. bei der Messung von R_{ges} in der Wheatstone Brücke Fehler wie falsches Ablesen, ungenaue Messgeräte etc. vorgekommen sind. Auch geänderte Umweltbedingungen (insbesondere Temperatur) kommen infrage.

Messwerte:

Julian-Samuel Gebühr, Carla Siegle 2. März 2017

1. Strom-Spannungs Kennlinie Abgeschätzter Drahtdurchmesser: 0,5 mm

Für Stromfehlerschaltung

U in V	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
I in A	0	0,0425	0,02216	0,03366	0,04490	0,05614	0,0673	0,0784	0,0907	0,1008

Für Spannungsfehlerschaltung

U in V	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
I in A	0	0,00892	0,01737	0,02608	0,03463	0,0432	0,0519	0,0605	0,0692	0,0779

2. Potentiometer $U_{\text{ges}} = 1,8 \text{ V}$

l_2 in m	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
U in V	0,155	0,200	0,246	0,293	0,333	0,391	0,472	0,530	0,588	0,638
l_2 in m	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
U in V	1,085	1,135	1,190	1,235	1,294	1,394	1,496	1,599	1,645	1,8

3. Wheatstone Brücke $U_{\text{ges}} = 1,6 \text{ V}$

$R_1: R19$ $R_2: R20$

R_x									
R_x in Ω	30	40	50	60	70	80	90	100	
l_1 in cm	67,8	64,1	52,9	51,2	47,5	45,9	44,1	38,5	
l_2 in cm	32,2	35,9	44,1	48,8	52,7	56,1	58,9	61,5	

R_x									
R_x in Ω	30	40	50	60	70	80	90	100	
l_1 in cm	70,3	64,0	58,8	54,4	50,4	47,0	44,1	41,4	
l_2 in cm	29,7	36,0	41,2	45,6	49,6	53,0	55,9	58,6	

$R_x R_y$									
$R_x R_y$ in Ω	30	40	50	60	70	80	90	100	
l_1 in cm	52,5	44,3	39,1	34,7	30,5	29,2	26,9	24,8	
l_2 in cm	47,5	55,7	60,9	65,3	69,5	70,8	73,1	75,2	

T. Hei