

# Widerstandsmessungen

Milena Mensching, Justus Weyers

2023-01-11

## Experiment

### Thema

Bestimmung von Widerständen auf direkte und indirekte Weise. Dazu werden die Beträge der zwei zu untersuchenden Widerstände durch ablesen der Farbcodes, durch Widerstandsmessungen mit einem Multimeter und in einem Schaltkreis ermittelt.

### Material

- Zwei Multimeter
- Breadboard
- Jumperwire, Bananenstecker und Krokodilklemmen
- Netzgerät
- Zwei Widerstände unbekannter Größe

### Auslesen der Widerstandsfarbcodes

Als erste Methode zur Bestimmung des Widerstandes werden die Bauteilspezifikationen auf dem Widerstand selbst abgelesen. Im folgenden wird von "Widerstand 1" und "Widerstand 2" gesprochen.



Abbildung 1: Foto von Widerstand 1

Die Farbreihenfolge auf dem Widerstand ist *Braun, Schwarz, Schwarz, Gelb, Braun*. Dementsprechend kodiert der im Folgenden als  $R_1$  bezeichnete Widerstand für  $R_1 = (100 \cdot 10^4 \pm 1\%) \Omega \Leftrightarrow R_1 = (1,00 \pm 0,01) M\Omega$ .



Abbildung 2: Foto von Widerstand 2

Widerstand 2 ist als Widerstand von  $1\Omega$  gekennzeichnet. Aus Datenblättern im Internet geht hervor, dass auch dieser eine Toleranz von  $\pm 1\%$  aufweist (<https://de.rs-online.com/web/p/durchsteckwiderstände/1249328>). Dies bedeutet einen Widerstand von  $R_2 = (1,00 \pm 0,01)\Omega$  für dieses Bauteil.

## Direkte Messung

Messungen der Widerstände mit dem Multimeter liefert Werte von:

- $R_1 = 1,005M\Omega$
- $R_2 = 1,0\Omega$

## Messunsicherheiten der direkten Messung

Die Messunsicherheit der direkten Messung ergibt sich aus der Messunsicherheit der digitalen Skala:

$$u_{Skala} = \frac{a}{2\sqrt{3}}$$

$$1.Widerstand : u_1 = \frac{0,001M\Omega}{2\sqrt{3}} \approx \pm 0,00029M\Omega$$

$$2.Widerstand : u_2 = \frac{0,1\Omega}{2\sqrt{3}} \approx \pm 0,029\Omega$$

```
0.001/(2*sqrt(3)) #Unsicherheit 1
```

```
## [1] 0.0002886751
```

```
0.1/(2*sqrt(3)) #Unsicherheit 2
```

```
## [1] 0.02886751
```

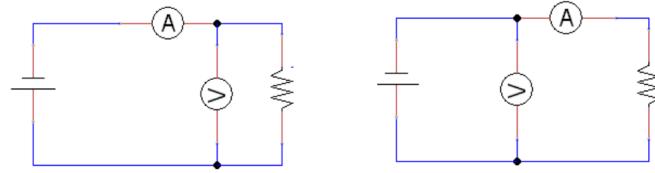


Abbildung 3: Schaltkreise zur indirekten Widerstandsmessung. Links: Variante a). Rechts: Variante b). Quelle: Universität Potsdam, Institut für Physik und Astronomie, Grundpraktikum, Skript zum Versuch E1.

## Indirekte Widerstandsmessung

Die indirekte Bestimmung der Widerstände in einem Stromkreis erfolgt in zwei Varianten. Diese unterscheiden sich in der Art des Schaltungsaufbaus. In Abbildung ... ist der Unterschied zwischen den Varianten a) und b) erkennlich.

In Variante a) wird das Voltmeter parallel zum Widerstand geschaltet, in Variante b) parallel zur Spannungsquelle.

Bei der Berechnung der Widerstände aus den gemessenen Werten werden zwei Annahmen getroffen:

- Durch das Voltmeter findet Stromfluss statt. Der tatsächliche Innenwiderstand beträgt ca.  $10M\Omega$ , wie Datenblättern des Messgerätes aus dem Internet entnommen und auch experimentell überprüft wurde.
- Das Amperemeter hat keinen Innenwiderstand. In den Datenblättern gab es keine Angaben zum Innenwiderstand des Amperemeters und auch experimentell konnte kein Widerstand bestimmt werden.

Verwendetes Datenblatt: <https://asset.conrad.com/media10/add/160267/c1/-/en/000124501DS01/datasheet-124501-voltcraft-vc250-handheld-multimeter-digital-cat-iii-600-v-display-counts-2000.pdf>.

## Aufbau (a)

Mithilfe der Kabel und des Breadboards wurde folgender Stromkreis aufgebaut:

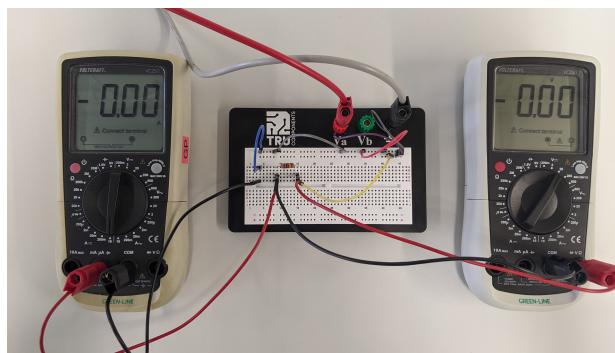


Abbildung 4: Aufbau auf Breadboard für Variante a) der indirekten Widerstandsmessung. Im Bild ist zudem bereits der Widerstand 1 eingebaut.

Folgende Werte wurden gemessen:

- Widerstand 1 (Messung bei 5,0V)

- Spannung: 5,04V
- $5,4 \mu\text{A}$
- Widerstand 2 (Messung bei 0,6V)
  - Spannung: 0,15 V
  - 150,3 mA

## Messunsicherheiten

Die Messunsicherheiten von Spannung und Strom ergeben sich aus der Messunsicherheit der digitalen Skala

$$u_{Skala} = \frac{a}{2\sqrt{3}}$$

1.Widerstand :

$$\text{Spannung : } u_{U1a} = \frac{0,01V}{2\sqrt{3}} \approx 0,0029V$$

$$\text{Strom : } u_{I1a} = \frac{0,1\mu\text{A}}{2\sqrt{3}} \approx 0,029\mu\text{A}$$

2.Widerstand :

$$\text{Spannung : } u_{U2a} = \frac{0,01V}{2\sqrt{3}} \approx 0,0029V$$

$$\text{Strom : } u_{I2a} = \frac{0,1mA}{2\sqrt{3}} \approx 0,029mA$$

```
0.01/(2*sqrt(3)) #Unsicherheit Spannung 1,2
```

```
## [1] 0.002886751
```

```
0.1/(2*sqrt(3)) #Unsicherheit Strom 1,2
```

```
## [1] 0.02886751
```

Folglich liegen die gemessenen Größen bei:

- $U1a = (5,0400 \pm 0,0029)V$
- $I1a = (5,400 \pm 0,029)\mu\text{A}$
- $U2a = (0,1500 \pm 0,0029)V$
- $I2a = (150,300 \pm 0,029)mA$

## Berechnung der Widerstände

Es gilt das Ohmsche Gesetz:

$$U = I \cdot R \Leftrightarrow R = \frac{U}{I}$$

$R$  = Widerstand

$U$  = Spannung

$I$  = Strom

Für die Widerstände ergeben sich somit für Aufbau (a) Bestwerte von:

$$1. \text{Widerstand} : R = \frac{U}{I} = \frac{5,0400V}{5,4\mu A} \approx 933333,3\Omega$$
$$2. \text{Widerstand} : R = \frac{U}{I} = \frac{0,1500V}{150,3mA} \approx 0,998004\Omega$$

```
(5.04/(5.4*10**-6)) #Widerstand 1
```

```
## [1] 933333.3
```

```
(0.15/(150.3*10**-3)) #Widerstand 2
```

```
## [1] 0.998004
```

## Messunsicherheiten

Die Messunsicherheit für die indirekt bestimmten Widerstände ergibt sich mit folgender Formel:

$$u_R = \sqrt{\left(\frac{\partial R}{\partial U} \cdot u_U\right)^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial I} \cdot u_I\right)^2}$$
$$u_R = \sqrt{\left(\frac{1}{I} \cdot u_U\right)^2 + \left(\frac{-U}{I^2} \cdot u_I\right)^2}$$
$$1. \text{Widerstand} : u_{R1a} = \sqrt{\left(\frac{1}{5,4\mu A} \cdot 0,0029V\right)^2 + \left(\frac{-5,04V}{5,4\mu A^2} \cdot 0,029\mu A\right)^2} \approx \pm 5000\Omega$$
$$2. \text{Widerstand} : u_{R2a} = \sqrt{\left(\frac{1}{150,300mA} \cdot 0,0029V\right)^2 + \left(\frac{0,1500V}{150,300mA^2} \cdot 0,029mA\right)^2} \approx \pm 0,019\Omega$$

```
# Unsicherheit Widerstand 1
```

```
sqrt(((1/(5.4*10**-6))*0.0029)**2+(5.04/((5.4*10**-6)**2)*0.029*10**-6)**2)
```

```
## [1] 5041.033
```

```
# Unsicherheit Widerstand 2
```

```
sqrt(((1/(150.3*10**-3))*0.0029)**2+(0.15/((150.3*10**-3)**2)*0.029*10**-3)**2)
```

```
## [1] 0.0192957
```

Die Widerstände für den Aufbau (a) ergeben sich somit insgesamt zu:

- $R1a = (933300 \pm 5000)\Omega = (0,9333 \pm 0,0050)M\Omega$
- $R2a = (0,998 \pm 0,019)\Omega$

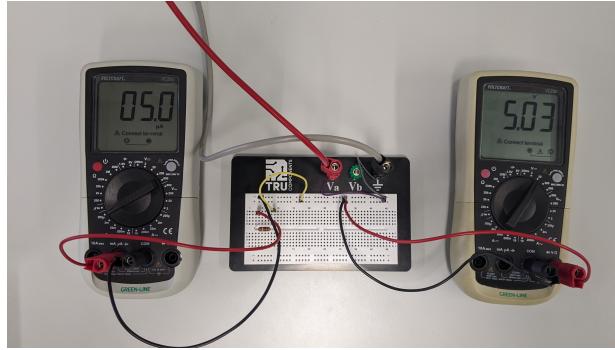


Abbildung 5: Aufbau auf Breadboard für Variante b) der indirekten Widerstandsmessung.

## Aufbau (b)

Anschließend wurde der Schaltkreis, Versuchsvariante b) entsprechend, umgebaut:

Folgende Werte wurden gemessen:

- Widerstand 1 (Messung bei 5,0V)
  - Spannung: 5,03V
  - Strom: 5,0  $\mu$ A
- Widerstand 2 (Messung bei 0,8V)
  - Spannung: 0,4 V
  - Strom: 101,8 mA

## Messunsicherheiten

Die Messunsicherheiten von Spannung und Strom sind identisch zu denen im Aufbau (a). Folglich liegen die gemessenen Größen bei:

- $U_{1b} = (5,030 \pm 0,0029)V$
- $I_{1b} = (5,000 \pm 0,029)\mu A$
- $U_{2b} = (0,400 \pm 0,0029)V$
- $I_{2b} = (101,800 \pm 0,029)mA$

## Berechnung der Widerstände

Es gilt das Ohmsche Gesetz:

$$U = I \cdot R \Leftrightarrow R = \frac{U}{I}$$

$R$  = Widerstand

$U$  = Spannung

$I$  = Strom

Für die Widerstände ergeben sich somit für Aufbau (b) Bestwerte von:

$$1. \text{Widerstand} : R = \frac{U}{I} = \frac{5,0300V}{5,000\mu A} \approx 1006000\Omega$$

$$2. \text{Widerstand} : R = \frac{U}{I} = \frac{0,4000V}{101,800mA} \approx 3,929273\Omega$$

```
(5.03/(5*10**-6)) #Widerstand 1
```

```
## [1] 1006000
```

```
(0.4/(101.8*10**-3)) #Widerstand 2
```

```
## [1] 3.929273
```

### Messunsicherheiten

Die Messunsicherheit für die indirekt bestimmten Widerstände ergibt sich mit folgender Formel:

$$u_R = \sqrt{\left(\frac{\partial R}{\partial U} \cdot u_U\right)^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial I} \cdot u_I\right)^2}$$

$$u_R = \sqrt{\left(\frac{1}{I} \cdot u_U\right)^2 + \left(\frac{-U}{I^2} \cdot u_I\right)^2}$$

$$1. \text{Widerstand} : u_{R1b} = \sqrt{\left(\frac{1}{5,000\mu A} \cdot 0,0029V\right)^2 + \left(\frac{-5,0300V}{5,000\mu A^2} \cdot 0,029\mu A\right)^2} \approx \pm 5900\Omega$$

$$2. \text{Widerstand} : u_{R2b} = \sqrt{\left(\frac{1}{101,800mA} \cdot 0,0029V\right)^2 + \left(\frac{0,4000V}{101,800mA^2} \cdot 0,029mA\right)^2} \approx \pm 0,029\Omega$$

```
# Unsicherheit Widerstand 1
```

```
sqrt(((1/(5*10**-6))*0.0029)**2+(5.03/((5*10**-6)**2)*0.029*10**-6)**2)
```

```
## [1] 5863.556
```

```
# Unsicherheit Widerstand 2
```

```
sqrt(((1/(101.8*10**-3))*0.0029)**2+(0.4/((101.8*10**-3)**2)*0.029*10**-3)**2)
```

```
## [1] 0.02850921
```

Die Widerstände für den Aufbau (b) ergeben sich somit insgesamt zu:

- $R1b = (1006000 \pm 5900)\Omega$
- $R2b = (3,929 \pm 0,029)\Omega$