

## Genauigkeit von Messgeräten; Messungen mit Strom- und Spannungsmessgerät

**Klasse :** \_\_\_\_\_  
**Name :** \_\_\_\_\_  
**Datum :** \_\_\_\_\_

Will man mit einem analogen bzw. digitalen Messgeräte Ströme oder Spannungen (evtl. sogar Widerstände) messen, so muss man über die Genauigkeit der gemessenen Größe Bescheid wissen.

### Güteklassen analoger Messgeräte

Analoge Messgeräte zur Messung elektrischer Größen werden je nach ihrer Anzeigengenauigkeit in Güteklassen eingeteilt, die auf den Geräten (rechts unten!) angegeben sind.

Das abgebildete Strommessgerät hat die Güteklasse 2,5.

Dieser Zahlenwert bedeutet, dass der vom Messgerät angezeigte Zahlenwert einer Messung um 2,5% vom Skalenendwert abweichen kann.

Der absolute Fehler einer jeden Messung in diesem Messbereich beträgt somit:



$$\Delta I = 2,5\% \cdot 100\mu\text{A} = 2,5\mu\text{A}$$

Das hat nun folgende Auswirkungen:

abgelesener Messwert I	100µA	50µA	20µA
Absoluter Fehler $\Delta I$	2,5µA	2,5µA	2,5µA
Relativer Fehler $\frac{\Delta I}{I}$	$\frac{2,5\mu\text{A}}{100\mu\text{A}} = 2,5\%$	$\frac{2,5\mu\text{A}}{50\mu\text{A}} = 5,0\%$	$\frac{2,5\mu\text{A}}{20\mu\text{A}} = 12,5\%$

Der relative Fehler wird also umso größer, je kleiner der abgelesene Messwert ist.

Folgerung: Um den relativen Fehler möglichst klein zu halten ist es zweckmäßig elektrische Messinstrumente im letzten Skalendrittel zu benutzen.

Wenn möglich also in den kleinstmöglichen Messbereich umschalten!

## Genauigkeit von Digitalmultimetern (DMM)

Genauigkeitsklassen (also auf den Messbereich bezogene Genauigkeitsangaben) gibt es bei Geräten mit digitaler Anzeige nicht.

Die Genauigkeit des Messwerks von DMM hängt aber auch vom Messbereich ab:

Fehlerberechnung für eine Gleichstrommessung (DC) mit einem DMM:

Das Messwerk eines DMM hat einen Anzeigebereich von 0.000 - 1.999. Dem entsprechen 2000 Digits.

Ist also der Messbereich auf 200 mA eingestellt so bedeutet das, dass 1 Digit einer

Stromstärke von  $\frac{200\text{mA}}{2000} = 0,1\text{mA}$  entspricht.

Wird also in dieser Einstellung eine Stromstärke von 120 mA angezeigt, dann beträgt der absolute Fehler:

$$\Delta I = \pm(1,0\% \cdot \text{Messwert} + 2 \text{ Digits})$$

$$\Delta I = \pm(1,0\% \cdot 120\text{mA} + 2 \cdot 0,1\text{mA}) = \pm 1,4\text{mA}$$

Messbereich	Genauigkeit	Auflösung	Frequenz
<b>Gleichspannung</b>			
200 mV	$\pm(0,6\% + 5\text{dgts})$	0,1 mV	
2 V	$\pm(0,6\% + 5\text{dgts})$	1 mV	
20 V	$\pm(0,6\% + 5\text{dgts})$	10 mV	
200 V	$\pm(0,6\% + 5\text{dgts})$	100 mV	
1000 V	$\pm(1,0\% + 5\text{dgts})$	1 V	
<b>Eingangsimpedanz: 10M<math>\Omega</math></b>			
<b>Wechselspannung</b>			
2 V	$\pm(1,0\% + 5\text{dgts})$	1 mV	40 Hz bis 400 Hz
20 V	$\pm(1,0\% + 5\text{dgts})$	10 mV	40 Hz bis 400 Hz
200 V	$\pm(1,0\% + 5\text{dgts})$	100 mV	40 Hz bis 400 Hz
750 V	$\pm(1,2\% + 5\text{dgts})$	1 V	40 Hz bis 400 Hz
<b>Eingangsimpedanz: 10M<math>\Omega</math>, &lt;100 pF</b>			
<b>Messung und Anzeige des Effektivwertes der Wechselspannung bei sinusförmigem Messsignal</b>			
<b>Gleichstrom DCA (nA und mA und A)</b>			
200 $\mu\text{A}$	$\pm(1,0\% + 2\text{dgts})$	0,1 $\mu\text{A}$	
2 mA	$\pm(1,0\% + 2\text{dgts})$	1 $\mu\text{A}$	
20 mA	$\pm(1,0\% + 2\text{dgts})$	10 $\mu\text{A}$	
200 mA	$\pm(1,0\% + 2\text{dgts})$	0,1 mA	
20 A	$\pm(1,2\% + 8\text{dgts})$	10 mA	
<b>Wechselstrom ACA (nA und mA und A)</b>			
200 $\mu\text{A}$	$\pm(1,0\% + 5\text{dgts})$	0,1 $\mu\text{A}$	40 Hz bis 400 Hz
2 mA	$\pm(1,0\% + 5\text{dgts})$	1 $\mu\text{A}$	40 Hz bis 400 Hz
20 mA	$\pm(1,0\% + 5\text{dgts})$	10 $\mu\text{A}$	40 Hz bis 400 Hz
200 mA	$\pm(1,0\% + 5\text{dgts})$	0,1 mA	40 Hz bis 400 Hz
20 A	$\pm(2,2\% + 5\text{dgts})$	10 mA	40 Hz bis 400 Hz
<b>Widerstand</b>			
200 $\Omega$	$\pm(1,0\% + 3\text{dgts})$	0,1 $\Omega$	
2 k $\Omega$	$\pm(1,0\% + 3\text{dgts})$	1 $\Omega$	
20 k $\Omega$	$\pm(1,0\% + 3\text{dgts})$	10 $\Omega$	
200 k $\Omega$	$\pm(1,0\% + 3\text{dgts})$	0,1 k $\Omega$	
2 M $\Omega$	$\pm(1,0\% + 3\text{dgts})$	1 k $\Omega$	
20 M $\Omega$	$\pm(1,5\% + 5\text{dgts})$	10 k $\Omega$	

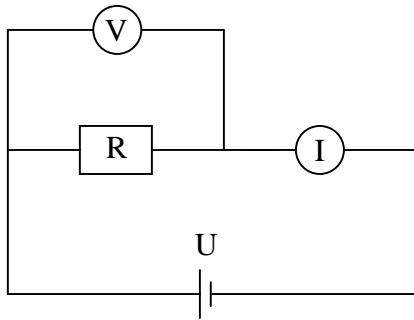
**Achtung:** Bei der Strommessung ist der Innenwiderstand von Digitalmultimetern in der Regel höher (also schlechter) als bei analogen Drehspulmessgeräten! Bei Vollausschlag tritt i.d.R. ein Spannungsabfall von 200 mV am DMM auf.

**Einfluss von Strom- und Spannungsmessgerät auf das Messergebnis**

Möchte man den elektrischen Widerstand  $R$  eines elektrischen Bauteils bestimmen, so muss man die am Widerstand abfallende Spannung  $U$  und den durch den Widerstand fließenden Strom  $I$  messen.

Dazu sind prinzipiell zwei Schaltungen möglich.

## 1. Spannungsrichtige Schaltung



Bei der Spannungsrichtigen Schaltung wird exakt die am Widerstand  $R$  abfallende Spannung  $U$  gemessen. In diesem Fall liegt jedoch eine Beeinflussung der Stromstärkemessung vor, da durch das Amperemeter die Gesamtstromstärke von Widerstand und Voltmeter fließt. Die gemessenen Stromstärke  $I_{\text{gem}}$  ist somit mit einem systematischen Fehler behaftet. Diesen Fehler kann man jedoch rechnerisch erfassen und damit die Stromstärke  $I$  durch den Widerstand berechnen. Nach der Kirchhoffschen Knotenregel gilt:

$$I_{\text{gem}} = I_V + I$$

mit der Stromstärke  $I_V$  durch das Voltmeter.

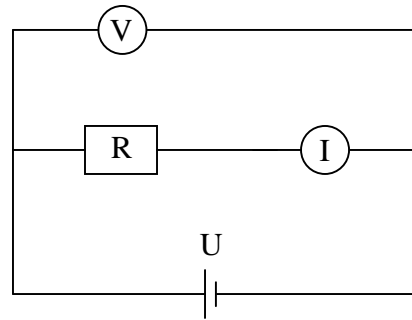
Löst man nach  $I$  auf, so erhält man:

$$I = I_{\text{gem}} - I_V$$

$$I = I_{\text{gem}} - \frac{U}{R_V}$$

Dabei ist  $U$  die gemessene Spannung am Spannungsmessgerät und  $R_V$  der Innenwiderstand des Spannungsmessgeräts.

## 2. Stromrichtige Schaltung



Bei der Stromrichtigen Schaltung wird exakt der durch den Widerstand fließende Strom  $I$  gemessen. In diesem Fall liegt jedoch eine Beeinflussung der Spannungsmessung vor, da durch das Voltmeter die am Widerstand und am Amperemeter abfallende Spannung gemessen wird. Die gemessene Spannung  $U_{\text{gem}}$  ist somit mit einem systematischen Fehler behaftet. Diesen Fehler kann man jedoch rechnerisch erfassen und damit die Spannung  $U$ , die am Widerstand abfällt, berechnen. Nach der Kirchhoffschen Maschenregel gilt:

$$U_{\text{gem}} = U + U_A$$

mit der am Amperemeter abfallenden Spannung  $U_A$ .

Löst man nach  $U$  auf, so erhält man:

$$U = U_{\text{gem}} - U_A$$

$$U = U_{\text{gem}} - R_A \cdot I$$

Dabei ist  $I$  die gemessene Stromstärke und  $R_A$  der Innenwiderstand des Strommessgeräts.

Welche Schaltung man nun letztendlich verwendet hängt von der Größenordnung des zu bestimmenden Widerstand  $R$  ab. Im Vergleich zum Innenwiderstand des Spannungsmessers  $R_V$  sind diese eher klein, so dass für  $R_V \gg R$  gilt:

$$I = I_{\text{gem}} - \underbrace{\frac{U}{R_V}}_{\approx 0} = I_{\text{gem}}$$

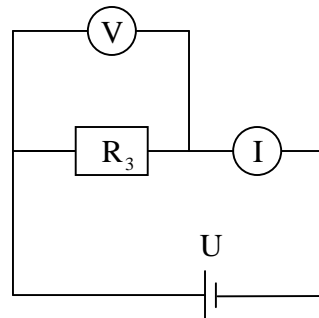
**Versuchsziel:** Bestimmung verschiedener unbekannter Widerstände durch Strom- und Spannungsmessungen mittels analoger Geräte und digitaler Messgeräte (DMM); Vergleich mit dem Messwert des Widerstands gemessen mit dem Ohmmessbereich eines DMM. Die dabei auftretenden Fehlertoleranzen sollen berücksichtigt werden und der Gesamtfehler des Widerstand mittels Fehlerrechnung bestimmt werden.

**Versuch 1:** Die Größe des Widerstands  $R_3$  wird mit einer Spannungsrichtigen Schaltung bestimmt.

**Benötigte Geräte**

- Netzgerät als Spannungsquelle  $U = 3,0\text{ V}$
- Spannungsmessgerät
- Strommessgerät
- DMM
- Widerstand  $R_3$
- Steckbrett
- Verschiedene Kabel

**Versuchsaufbau**



**Achtung:** Der Versuch darf erst nach Kontrolle durch die Lehrkraft in Betrieb genommen werden.

Messungen mit den analogen Messgeräten: (Güteklasse:.....)

Gemessener Strom I	Gewählter Messbereich	Absoluter Fehler $\Delta I$	Relativer Fehler $\frac{\Delta I}{I}$

Gemessene Spannung U	Gewählter Messbereich	Absoluter Fehler $\Delta U$	Relativer Fehler $\frac{\Delta U}{U}$

Somit ergibt sich nach dem ohmschen Gesetz für den Widerstand R:

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

Den relativen Fehler des Widerstands erhält man aus der Summe der beiden relativen Fehler aus der Strom- und Spannungsmessung. Somit gilt:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta U}{U} =$$

Für den Widerstand R gilt nun:

$$R = R \pm R \cdot \frac{\Delta R}{R} =$$

Messungen mit dem DMM:

Gemessener Strom I	Gewählter Messbereich	Relative Genauigkeit	Anzahl der fehlerhaften digits	Absoluter Fehler $\Delta I$	Relativer Fehler $\frac{\Delta I}{I}$

Gemessene Spannung U	Gewählter Messbereich	Relative Genauigkeit	Anzahl der fehlerhaften digits	Absoluter Fehler $\Delta U$	Relativer Fehler $\frac{\Delta U}{U}$

Somit ergibt sich nach dem ohmschen Gesetz für den Widerstand R:

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

Der relativen Fehler des Widerstands beträgt:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta U}{U} =$$

Für den Widerstand R gilt nun:

$$R = R \pm R \cdot \frac{\Delta R}{R} =$$

Widerstandsbestimmung mit dem Ohmmessbereich des DMM:

Gemessener Widerstand R	Gewählter Messbereich	Relative Genauigkeit	Anzahl der fehlerhaften digits	Absoluter Fehler $\Delta R$	Relativer Fehler $\frac{\Delta R}{R}$

$$R =$$

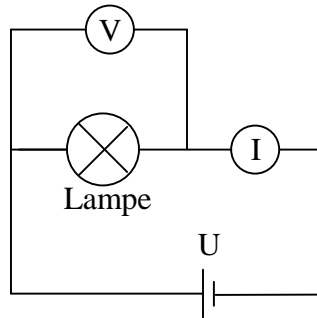
**Hausaufgabe 1:** Notieren Sie sich die Farbreihenfolge der Ringe auf ihrem Widerstand  $R_3$ . Erklären Sie, wie man mit Hilfe dieser Farbringe den Wert des Widerstands bestimmen kann.

**Versuch 2:** Der Widerstands  $R_3$  wird durch ein Glühlämpchen ersetzt. Der Wert des Widerstands dieses Glühlämpchens soll bestimmt werden

**Benötigte Geräte**

- Netzgerät als Spannungsquelle  $U = 5,0\text{ V}$
- Spannungsmessgerät
- Strommessgerät
- DMM
- Widerstand  $R_3$
- Steckbrett
- Verschieden Kabel

**Versuchsaufbau**



**Achtung:** Der Versuch darf erst nach Kontrolle durch die Lehrkraft in Betrieb genommen werden.

Messungen mit den analogen Messgeräten: (Güteklasse:.....)

Gemessener Strom I	Gewählter Messbereich	Absoluter Fehler $\Delta I$	Relativer Fehler $\frac{\Delta I}{I}$

Gemessene Spannung U	Gewählter Messbereich	Absoluter Fehler $\Delta U$	Relativer Fehler $\frac{\Delta U}{U}$

Somit ergibt sich nach dem ohmschen Gesetz für den Widerstand R:

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

Der relativen Fehler des Widerstands beträgt:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta U}{U} =$$

Für den Widerstand R gilt nun:

$$R = R \pm R \cdot \frac{\Delta R}{R} =$$

Messungen mit dem DMM:

Gemessener Strom I	Gewählter Messbereich	Relative Genauigkeit	Anzahl der fehlerhaften digits	Absoluter Fehler $\Delta I$	Relativer Fehler $\frac{\Delta I}{I}$

Gemessene Spannung U	Gewählter Messbereich	Relative Genauigkeit	Anzahl der fehlerhaften digits	Absoluter Fehler $\Delta U$	Relativer Fehler $\frac{\Delta U}{U}$

Somit ergibt sich nach dem ohmschen Gesetz für den Widerstand R:

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

Der relativen Fehler des Widerstands beträgt:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta U}{U} =$$

Für den Widerstand R gilt nun:

$$R = R \pm R \cdot \frac{\Delta R}{R} =$$

Widerstandsbestimmung mit dem Ohmmessbereich des DMM:

Gemessener Widerstand R	Gewählter Messbereich	Relative Genauigkeit	Anzahl der fehlerhaften digits	Absoluter Fehler $\Delta R$	Relativer Fehler $\frac{\Delta R}{R}$

$$R =$$

**Hausaufgabe 2:** Erklären Sie kurz, was man unter einem LDR versteht und nennen Sie zwei Anwendungsbereiche.