

# E1 Elektrischer Widerstand

## E1.1 Einleitung

Dieser Versuch soll Ihnen die elektrischen Größen Stromstärke, Spannung und Widerstand veranschaulichen und einfache Methoden ihrer Bestimmung aufzeigen. Aus dem Umgang mit elektrischem Strom im Haushalt wird jeder Begriffe wie Spannung und Strom kennen; wäre es aber möglich, ein elektrisches Gerät mit 2 kW Leistung an einer Steckdose anzuschliessen, die mit einer 10 A Sicherung abgesichert ist? Wie viel Strom wird benötigt?

Im Organismus haben wir es mit einer Vielzahl von elektrischen Vorgängen zu tun: Nervenzellen beispielsweise besitzen ein negatives Ruhemembranpotential von 70–80 mV; die Nervenleitung ist das Resultat einer kurzfristigen Ionenverschiebung über die Zellmembran. Auch in der medizinischen Diagnostik beruhen zahlreiche Verfahren auf der Registrierung von Spannungen: EKG (Elektrokardiogramm), EEG (Elektroenzephalographie), ERG (Elektroretinographie), EMG (Elektromyographie).

Anwendungsbeispiele elektrischer Ströme in der Medizin: Defibrillation, Konversion, Herzschrittmacher. Widerstandsmessung der Haut: Hautgalvanische Reaktion (HGR) als psycho-vegetatives Maß.

## E1.2 Aufgabenstellung

Zeichnen Sie zu jeder Messaufgabe eine vollständige Schaltskizze in Ihr Messprotokoll und notieren Sie die verwendeten Geräte.

### 1. Strom- und Spannungsmessung an zwei Widerständen

Es sollen einfache Stromkreise bestehend aus einer Spannungsquelle, einem oder zwei Widerständen  $R_1$  bzw.  $R_2$  und Messgeräten für Strom  $I$  und Spannung  $U$  aufgebaut werden (siehe Abbildung E1.1). Die Messwerte für  $U$  und  $I$  in Abhängigkeit  $R_x$  werden in tabellarischer Form (siehe Tabelle E1.1) im Protokoll notiert.

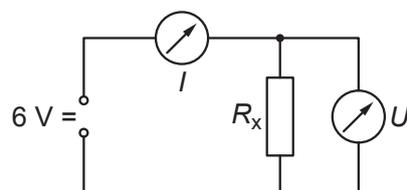


Abbildung E1.1: Stromkreis zur Messung des Stroms  $I$  und des Spannungsabfalls  $U$  am Widerstand  $R_x$ .

## 2. Bestimmung des Widerstands

- Bestimmen Sie jeweils die Einzelwiderstände  $R_1$  und  $R_2$  aus Messungen von Strom  $I$  und Spannung  $U$ .
- Bestimmen Sie den Widerstand der in Serie (Reihe) geschalteten Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  (siehe Abbildung E1.2A). Dazu wird in der Schaltung aus Abbildung E1.1  $R_x$  durch die in E1.2A abgebildete Reihenschaltung von  $R_1$  und  $R_2$  ersetzt. Bestimmen Sie zusätzlich die Spannungsabfälle  $U_1$  und  $U_2$  an den Einzelwiderständen und vergleichen Sie die Summe der Werte mit der Gesamtspannung  $U$ .
- Bestimmen Sie den Widerstand der parallel geschalteten Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  (siehe Abbildung E1.2B). Dazu wird in der Schaltung aus Abbildung E1.1  $R_x$  durch die in E1.2B abgebildete Parallelschaltung von  $R_1$  und  $R_2$  ersetzt.

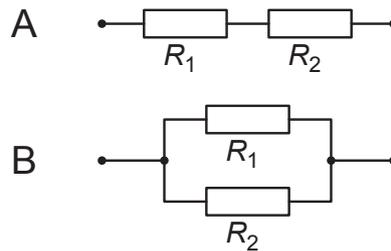


Abbildung E1.2: (A) Serienschaltung (Reihenschaltung) zweier Widerstände  $R_1$  und  $R_2$ . (B) Parallelschaltung zweier Widerstände  $R_1$  und  $R_2$ .

## 3. Potentiometerschaltung und Messung von Strom und Spannung an einer Glühlampe

Messen Sie den Strom  $I$  und die Spannung  $U$  anhand des in Abbildung E1.3 dargestellten Schaltkreises und erstellen Sie ein  $I(U)$ -Diagramm (Kennlinie). Wie verhält sich der Widerstand  $R$  der Metallfadenlampe mit zunehmender Temperatur? (Woran erkennen Sie, dass die Temperatur zunimmt?)

Ersetzen Sie die Metallfadenlampe durch den Widerstand  $R_1$ , wiederholen Sie die Messung und erstellen Sie ein  $I(U)$ -Diagramm (Kennlinie).

Wie verhält sich der Widerstand  $R_1$  im Vergleich zur Metallfadenlampe? Welchen der beiden Widerstände würden Sie als Ohmschen Widerstand bezeichnen?

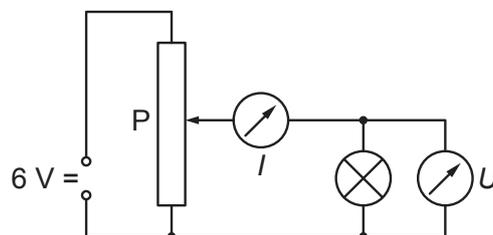


Abbildung E1.3: Schaltkreis zur Messung von Strom und Spannung an einer Glühlampe. P = Potentiometer. Es handelt sich hier um einen (durch die Glühlampe) belasteten Spannungsteiler.

#### 4. Präzisionsmessung von Widerständen mit Hilfe der Wheatstoneschen Brücke

Der Widerstand  $R_x = R_2$  soll mit Hilfe des in Abbildung E1.4 dargestellten Schaltkreises bestimmt werden. Vergleichen Sie die Messergebnisse mit denen aus Aufgabenteil 1 und überlegen Sie wovon die Genauigkeit der beiden Messmethoden abhängt.

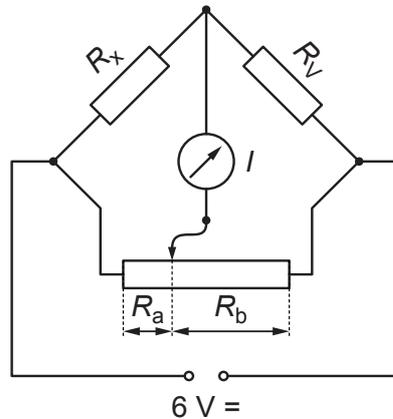


Abbildung E1.4: Schaltkreis zur Präzisionsmessung des Widerstands  $R_x = R_2$ .  $R_V = R_1$  dient als Vergleichswiderstand.

### E1.3 Versuchsdurchführung

Zur Spannungsversorgung dient eine variable Gleichspannungsquelle. Stellen Sie das Gerät auf etwa **6V** Ausgangsspannung ein. Wählen Sie **KEINE** höhere Ausgangsspannung. Sicherheit: Schalten Sie beim Aufbau oder Umbau einer Schaltung die Spannungsversorgung aus.

#### 1. Zur Strom- und Spannungsmessung an Widerständen

Als Messgeräte werden im Praktikum sogenannte Multimeter verwendet. Mit ihnen können verschiedene elektrische Größen wie z. B. der Strom, die Spannung und auch Ohmsche Widerstände gemessen werden. Es kommen sowohl Geräte mit analoger Anzeige (Zeigermessinstrument) als auch mit digitaler Anzeige zum Einsatz. Die Gerätegenauigkeit hängt nicht von der Art der Anzeige ab!

Beim Anschluss der Geräte achte man auf

- die Messgröße (Gleichstrom/Wechselstrom bzw. Gleichspannung/Wechselspannung) und den Messbereich. Man schätzt die Höhe der maximal zu erwartenden Spannungen und Ströme ab, wählt zunächst einen höheren Messbereich und kann später auf empfindlichere Bereiche umschalten. Bei Zeigermessinstrumenten entspricht der Messbereich dem Wert der Anzeige bei Vollausschlag. Achten Sie auf die zugehörige Teilung (30 oder 100 Einheiten) und lesen Sie parallaxenfrei ab.
- die Polung der Messgeräte (Plus mit Plus, Minus mit Minus verbinden!). Zeichnen Sie die richtige Polung von Spannungsquelle und Messgerät in die Schaltskizze ein.

#### 2. Zur Bestimmung des Widerstands

Die Ergebnisse aus den Aufgabenteilen 1 und 2 können in eine Tabelle analog zu E1.1 im Messprotokoll notieren werden.

Tabelle E1.1: Auswertung von Aufgabenteil 1 und 2:

	$U$	$I$	$R_x = U/I$ (berechnet)	$R_x$ ( $\Omega$ -Meter) (gemessen)	$R_x$ (Datenblatt)
$R_x = R_1$					$100 \Omega \pm 5 \%$
$R_x = R_2$					-
Serienschaltung					-
Parallelschaltung					-

Verwenden Sie zur Berechnung des Gesamtwiderstands  $R_x$  im Falle der Serienschaltung von  $R_1$  und  $R_2$  (siehe Abbildung E1.2A) die Beziehung

$$R_x = R_1 + R_2, \quad (\text{E1.1})$$

und im Falle der Parallelschaltung von  $R_1$  und  $R_2$  (siehe Abbildung E1.2B) die Beziehung

$$\frac{1}{R_x} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}. \quad (\text{E1.2})$$

### 3. Zur Potentiometerschaltung und Messung von Strom und Spannung an einer Glühlampe

Entscheiden Sie sich wie die Spannungsquelle gepolt werden soll und bestimmen Sie entsprechend der Skizze (Abbildung E1.3) wie die Polung der Messgeräte zu erfolgen hat. Es sollen mindestens sechs Messwerte für Strom und Spannung ermittelt werden. Auf Millimeterpapier (in den Praktikumsräumen erhältlich) werden Achsen mit geeignetem Maßstab (Spannung  $U$  als Abszisse, Strom  $I$  als Ordinate) gewählt, die Messwerte eingetragen und eine Ausgleichskurve eingezeichnet.

### 4. Zur Präzisionsmessung von Widerständen

Bei der praktischen Ausführung der Wheatstoneschen Messbrücke sind  $R_a$  und  $R_b$  in Abbildung E1.4 durch einen Schiebewiderstand ersetzt. Er besteht aus einem 100 cm langen Draht mit verschiebbarem Schleifkontakt S, mit dem das Instrument auf Stromlosigkeit ( $I = 0$ ) geregelt wird.

Dann gilt

$$R_x = R_V \cdot \frac{R_a}{R_b} = R_V \cdot \frac{a}{b}, \quad (\text{E1.3})$$

mit  $R_a = \rho \cdot a/A$  und  $R_b = \rho \cdot b/A$ .

$\rho$  ist der spezifische Widerstand des Schleifdrahts und  $A$  ist die Drahtquerschnittsfläche.

Das Längenverhältnis  $a/b$  kann direkt auf einer zweiten Skala am Schiebewiderstand abgelesen werden.

Bauen Sie die Brückenschaltung systematisch nach der Abbildung E1.4 auf. Stellen Sie den Schleifer S etwa auf Schleifdrahtmitte ( $a \approx b$ ). Als Strommessgerät verwenden Sie zunächst ein Digitalmessgerät. Mit dem Schleifer regeln Sie nun auf Stromlosigkeit ( $I = \pm 0$ ). Tragen Sie die Werte für  $R_V$  und  $a/b$  in tabellarischer Form (siehe Tabelle E1.2) in Ihr Protokollheft ein.

Mit einem Präzisionsmessgerät können Sie den Stromabgleich noch genauer auf Stromlosigkeit ( $I = \pm 0$ ) einstellen. Tauschen Sie dazu das Digitalmessgerät gegen das Präzisionsmessgerät aus und regeln Sie den Schleifer S entsprechend nach.

Tabelle E1.2: Auswertung von Aufgabenteil 4:

	$R_V = R_1$	$a/b$	$R_x = R_V \cdot a/b$	$R_x$ (aus Aufgabenteil 1)
$R_{2Digi}$				
$R_{2Präz}$				

## E1.4 Kontrollfragen

Haben Sie alles verstanden? Hier ein paar Ergänzungsfragen:

- Die elektrische Leistung ist  $P = UI$ . Die im Versuch verwendeten Widerstände sind für eine max. Leistung von  $P = 1W$  ausgelegt.  
An welchem Widerstand fällt im Versuch die größte Leistung ab? Bei welcher Spannung wäre die max. Leistung von  $P = 1W$  bei diesem Widerstand erreicht?
- In Abbildung E1.3 handelt es sich um einen (durch die Glühlampe) belasteten Spannungsteiler. In *Einführung in die Elektrizität* ist dagegen ein unbelasteter Spannungsteiler dargestellt. Wie sieht ein Ersatzschaltbild (ohne Messgeräte) für den belasteten Spannungsteiler aus? Wie groß ist der Gesamtwiderstand der Schaltung?
- Der Aufbau nach Abbildung E1.1 zeigt eine spannungsrichtige Messung. Das heißt, der Spannungsabfall am Widerstand wird unverfälscht gemessen. Bei der Strommessung in dieser Schaltung ist dies jedoch nicht der Fall. Überlegen Sie anhand der Kirchhoffschen Knotenregel, warum die Strommessung verfälscht ist. Wie würde die Schaltung für eine stromrichtige Messung aussehen?
- Im Aufbau nach Abbildung E1.1 sei  $R_1 = 100\Omega$  und der Innenwiderstand des Spannungsmessgeräts  $R_i = 1M\Omega$ . Die Spannungsquelle liefere konstant 6V.  
Vergleichen Sie die Stromwerte  $I_0$  am Strommessgerät,  $I_x$  am Widerstand und  $I_i$  Spannungsmessgerät. Was bedeutet das für die Messunsicherheit der Strommessung?