

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 eine Steckdose anzuschließen, die mit einer 10 A Sicherung abgesichert ist? Wieviel Strom (genauer Energie) wird es verbrauchen?

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

1. Strom- und Spannungsmessung an zwei Widerständen

Es soll ein einfacher Stromkreis bestehend aus einer Spannungsquelle, einem oder zwei Widerständen R_{x1} bzw. R_{x2} und Messgeräten für Strom I und Spannung U aufgebaut werden (siehe Abbildung E1.1). Die Messwerte für U und I in Abhängigkeit von R_x werden in tabellarischer Form (siehe Tabelle E1.1) im Protokoll notiert.

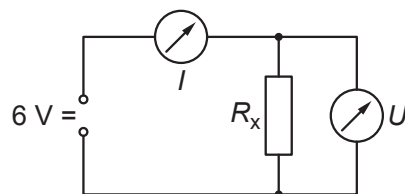


Abbildung E1.1: Stromkreis zur Bestimmung des Stroms I und des Spannungsabfalls U am Widerstand R_x .

2. Bestimmung des Widerstands

- Bestimmen Sie jeweils die Einzelwiderstände R_{x1} und R_{x2} aus Messungen von Strom I und Spannung U .
- Bestimmen Sie den Widerstand der in Serie (Reihe) geschalteten Widerstände R_{x1} und R_{x2} (siehe Abbildung E1.2A).
- Bestimmen Sie den Widerstand der parallel geschalteten Widerstände R_{x1} und R_{x2} (siehe Abbildung E1.2B).

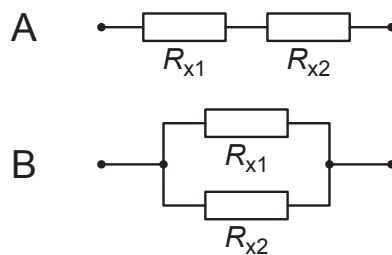


Abbildung E1.2: (A) Serienschaltung (Reihenschaltung) zweier Widerstände R_{x1} und R_{x2} . (B) Parallelschaltung zweier Widerstände R_{x1} und R_{x2} .

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?

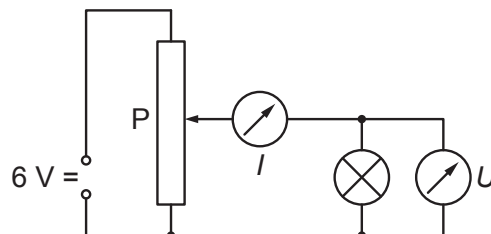


Abbildung E1.3: Schaltkreis zur Messung von Strom und Spannung an einer Glühlampe. P = Potentiometer.

4. Präzisionsmessung von Widerständen mit Hilfe der Wheatstoneschen Brücke

Es sollen zwei Widerstände $R_x = R_{x1}$ und $R_x = R_{x2}$ 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.

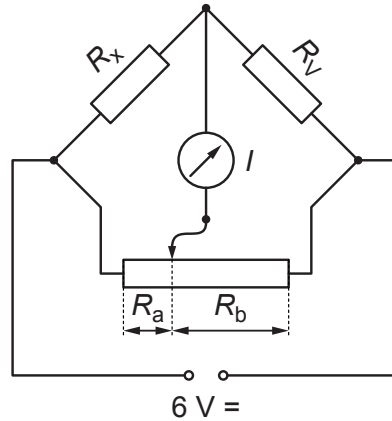


Abbildung E1.4: Schaltkreis zur Präzisionsmessung des Widerstands R_x . R_V ist ein Vergleichswiderstand.

E1.3 Versuchsdurchführung

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.

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. Der Messbereich entspricht 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. Der Innenwiderstand bei der Spannungsmessung beträgt $R_i = 40 \text{ k}\Omega/\text{V}$, also $120 \text{ k}\Omega$ im 3-V-Bereich. Der Strom, der durch das Instrument fließt, ist daher im Vergleich zum Strom, der durch den Widerstand R_x fließt, zu vernachlässigen.

2. Zur Bestimmung des Widerstands

Die Ergebnisse aus den Aufgabenteilen 1 und 2 können in der Tabelle E1.1 auf der nächsten Seite notiert werden.

Verwenden Sie zur Berechnung des Gesamtwiderstands R_x im Falle der Serienschaltung von R_{x1} und R_{x2} (siehe Abbildung E1.2A) die Beziehung

$$R_x = R_{x1} + R_{x2}, \quad (\text{E1.1})$$

und im Falle der Parallelschaltung von R_{x1} und R_{x2} (siehe Abbildung E1.2B) die Beziehung

$$\frac{1}{R_x} = \frac{1}{R_{x1}} + \frac{1}{R_{x2}}. \quad (\text{E1.2})$$

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

	U	I	$R_x = U/I$	R_x (berechnet)
$R_x = R_{x1}$				$39 \Omega \pm 5 \%$ (Herstellerangabe)
$R_x = R_{x2}$				$68 \Omega \pm 5 \%$ (Herstellerangabe)
Serienschaltung				
Parallelschaltung				

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 (siehe Abbildung E1.5). Er besteht aus einem 100 cm langen Draht mit verschiebbarem Schleifkontakt S , mit dem das Instrument auf Stromlosigkeit ($I = 0$) geregelt wird.

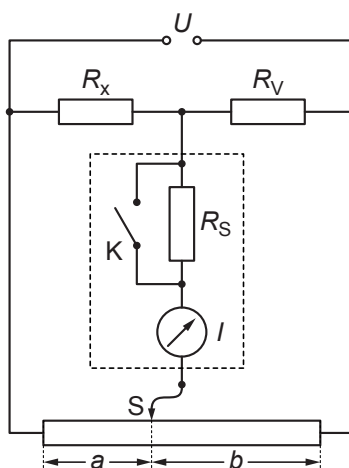


Abbildung E1.5: Schaltkreis zur Präzisionsmessung eines unbekannten Widerstands R_x . R_V ist ein bekannter Vergleichswiderstand, a und b sind Drahtlängen bei entsprechender Einstellung des Schleifkontakts S .

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 $R_b = \rho \cdot b/A$. ρ 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. R_S ist ein im Instrument eingebauter Schutzwiderstand, der zur Feineinstellung durch den Taster K überbrückt werden kann.

Als R_V benutzen Sie einen Stöpsel-Rheostaten (siehe Abbildung E1.6). R_V ist dabei die Summe der nicht durch Stöpsel kurzgeschlossenen Widerstände. Stecken Sie niemals alle Stöpsel gleichzeitig ein, da sonst Kurzschlussgefahr droht!

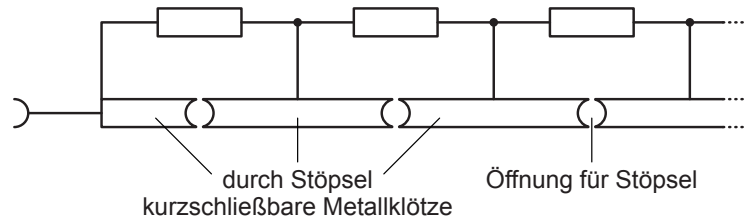


Abbildung E1.6: Schematische Darstellung eines Stöpsel-Rheostaten.

Bauen Sie die Brückenschaltung systematisch nach der Abbildung E1.5 auf. Stellen Sie den Schleifer S etwa auf Schleifdrahtmitte ($a \approx b$). Nach dem Einschalten wird das Strommessinstrument in der Regel bis zum Skalenende ausschlagen. Ziehen Sie so viele Stöpsel des Rheostaten, bis das Instrument nur wenig Stromfluss anzeigt. Mit dem Schleifer regeln Sie nun auf Stromlosigkeit ($I = 0$). Zur Empfindlichkeitserhöhung betätigen Sie den Taster K und gleichen fein ab. Tragen Sie die Werte für R_V und a/b in tabellarischer Form (siehe Tabelle E1.2) in Ihr Protokollheft ein.

Tabelle E1.2: Auswertung von Aufgabenteil 4:

	R_V	a/b	$R_x = R_V \cdot a/b$	R_x (aus Aufgabenteil 1)
R_{x1}				
R_{x2}				