

Elektrischer Widerstand

In diesem Versuch sollen Sie die Grundbegriffe und Grundlagen der Elektrizitätslehre wiederholen und anwenden. Sie werden unterschiedlichen Verfahren zur Messung ohmscher Widerstände kennen lernen, ihren eigenen Körperwiderstand messen und den spezifischen Widerstand von Leitungswasser bestimmen.

Schriftliche VORbereitung:

- Wie sind Strom I , Spannung U und Widerstand R in der Physik definiert, in welchen Einheiten werden diese Größen gemessen?
- Was sagt das Ohmsche Gesetz aus, für welche Widerstände gilt das Gesetz nicht?
- Wie lauten die Kirchhoffsche Regeln (Knoten- und Maschenregel)? Wenden Sie die Regeln auf die Knoten A und B und die beiden Maschen a und b in Abb. 1 an.
- Wie funktioniert die Wheatstonesche Messbrücke?
- Warum ändert sich der elektrische Widerstand mit der Temperatur?

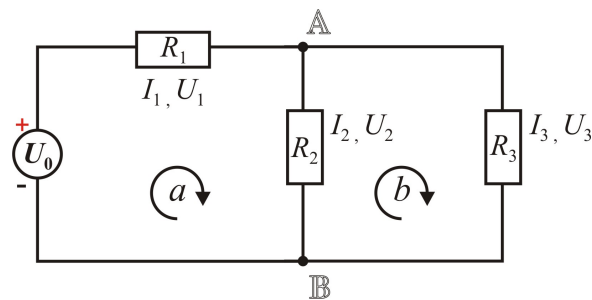
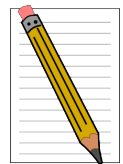


Abbildung 1: Schaltung mit zwei Knoten A und B und zwei Maschen a und b
 Bilder zu diesem Versuch finden Sie hier: <http://www.iqo.uni-hannover.de/1288.html>

Wie groß ist der Widerstandswert?

Ein unbekannter Widerstand R_X lässt sich bestimmen aus dem Strom I durch ihn und aus der Spannung U , die an ihm anliegt:

$$R_X = \frac{U}{I} \quad (1)$$

Zwei Schaltungen sind für diese Messung möglich, aber beide sind mit Messfehlern behaftet:

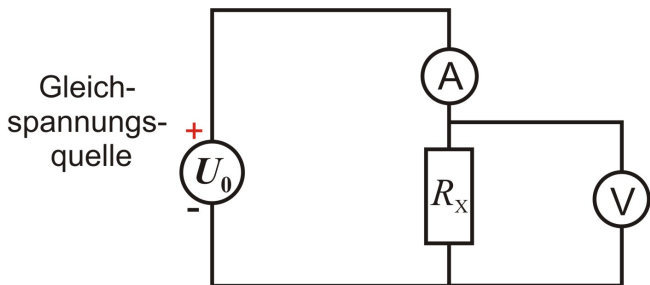


Abbildung 2: Spannungsrichtige Schaltung
Hier wird nur die Spannung des Widerstandes richtig gemessen.

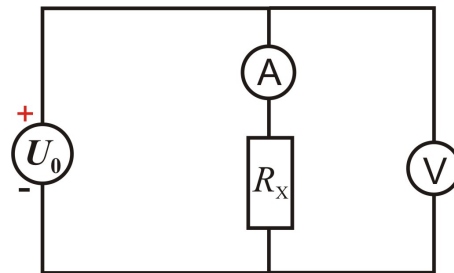


Abbildung 3: Stromrichtige Schaltung
... und hier nur der Strom.

- (M1) Messen Sie mit den beiden Digitalmessgeräten Strom und Spannung nach der Schaltung Abb. 2 und nach der Schaltung Abb. 3. Die unterschiedlichen Ergebnisse sollten Sie nicht beunruhigen. Jede Messung in der Physik ist vom Messverfahren abhängig. Genauere Werte könnten Sie hier nur erreichen, wenn Sie auch noch den Innenwiderstand der Messgeräte berücksichtigten.
- (M2) Wie groß sind die Innenwiderstände von idealen Spannungs-(Strom-)Messgeräten?
- (A1) Berechnen Sie jeweils die Widerstandswerte R_X nach Gl. (1).

Widerstandsmessung mit einem Ohmmeter

Für die Widerstandsmessung besitzen Digitalmessgeräte intern eine Konstantstromquelle. Durch einen angeschlossenen Widerstand fließt, unabhängig von seinem Wert, stets derselbe Strom. Das Messgerät misst die am Widerstand abfallende Spannung und zeigt den aus dem ohmschen Gesetz ermittelten Widerstandswert an.

- (M3) Messen Sie den Widerstandswert direkt mit einem der Digitalmessgeräte im Ω -Messbereich.
- (M4) Wie groß ist ihr eigener Widerstand? Zwischen linker und rechter Hand – mit dem Ω -Messbereich des Digitalmessgerät? Zwischen ...?

Ist der Widerstand einer Glühlampe konstant?

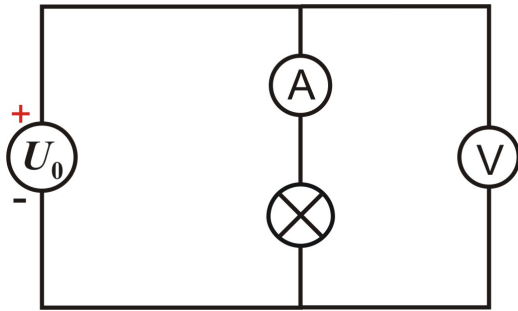


Abbildung 4: Widerstandsmessung an einer Glühlampe

(M5) Schaltung nach Abb. 4 mit einer Fahrradglühlampe als Widerstand. Nehmen Sie bitte 10 Messwerte auf, mit kleinen Spannungswerten beginnend, etwa gleichmäßig verteilt bis 10 V.

Warten Sie jeweils 1 Minute nach einer neuen Einstellung, bevor Sie U , I ablesen. Können Sie die Lampe bei den größeren Strömen noch anfassen?

(A2) Graphische Darstellung $U = U(I)$ und $R = R(I)$. Je heißer die Lampe, desto... Erklärung?

Stimmen die Kirchhoffschen Regeln?

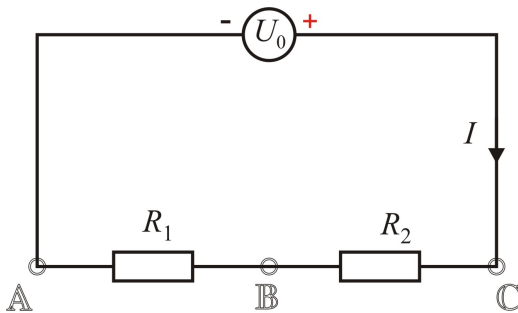


Abbildung 5: Reihenschaltung

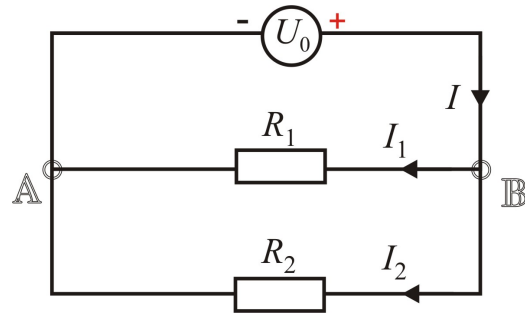


Abbildung 6: Parallelschaltung

(M6) Bauen Sie die Schaltungen nach Abb. 5 und Abb. 6 mit den Widerstandswerten am Arbeitsplatz auf. Messen und notieren Sie U_0 und I und an allen Widerständen die Spannungen und die Ströme.

(A3) Übertragen Sie die beiden Abbildungen in Ihr Protokollheft. Tragen Sie alle Spannungen und Ströme in die Zeichnungen ein. Bestätigen Ihre Messwerte für jeden Knoten und alle Maschen die Kirchhoffsche Regeln?

So kann man die Helligkeit der Glühlampe einstellen

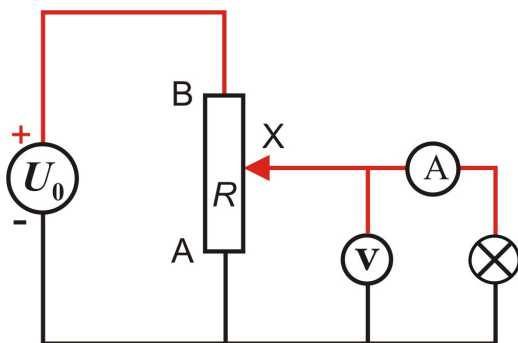


Abbildung 7: Potentiometerschaltung. Im Versuch ist das Potentiometer R ein Drehwiderstand.

Der Widerstand R (Potentiometer) ist hier ein Schleifdraht, der Abgriff X lässt sich kontinuierlich von A nach B verschieben. Sie verändern damit die abgegriffene Spannung für die Lampe.

(M7) Verfolgen Sie Strom und Spannung an der Glühlampe, wenn Sie den Abgriff X variieren.

So vergleicht man Widerstände

Die Genauigkeit der Messungen wird durch die Innenwiderstände der Messgeräte begrenzt. In einer Brückenschaltung (Wheatstonesche Brücke) nach Abb. 8 ist man davon unabhängig, benötigt wird allerdings ein bekannter Vergleichswiderstand (hier R_2).

Man verändert bis das Messinstrument in der Brücke A-B keine Spannung mehr anzeigt. Die Brücke ist dann abgeglichen und es gilt:

$$R_X = R_2 \cdot \frac{R_3}{R_4} = R_2 \frac{a}{b}$$

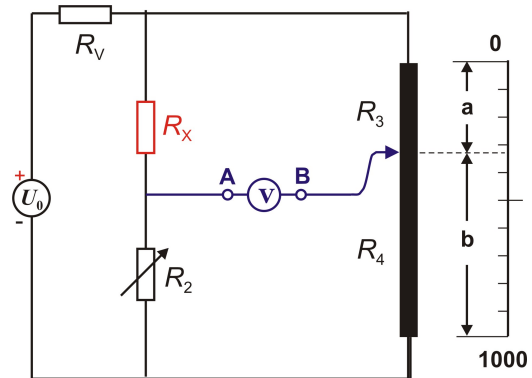


Abbildung 8: Wheatstonesche Brücke

(M8) Die Schaltung nach Abb. 8 ist in einem Gehäuse fest verdrahtet. Sie müssen lediglich den unbekanntem Widerstand R_X , den Vergleichswiderstand R_2 und das Voltmeter anschließen. Das Widerstandsverhältnis R_3/R_4 bzw. (a/b) wird mit einem 10-Gang-Potentiometer ($a + b = 1000$) eingestellt. Am Stellknopf wird der Abschnitt a abgelesen.

Der relative Fehler wird geringer, wenn der Abgriff a möglichst in der Mitte erfolgt. Stellen Sie dazu zunächst das Potentiometer auf 500 und verändern Sie R_2 bis $|U_{AB}|$ minimal wird (Vorzeichenwechsel). Drehen Sie danach das Potentiometer zum Abgleich auf $U_{AB} \cong 0$. Wegen möglicher Unsymmetrien in der Brücke wiederholen Sie bitte die Messung, nachdem Sie R_X und R_2 vertauscht haben.

Wiederholen Sie die Messungen für zwei weitere verschiedene Werte des Vergleichswiderstands R_2 .

(A4) Bestimmen Sie aus diesen 6 Werten den Mittelwert R_X und die Messabweichung.

Wie gut leitet Wasser?

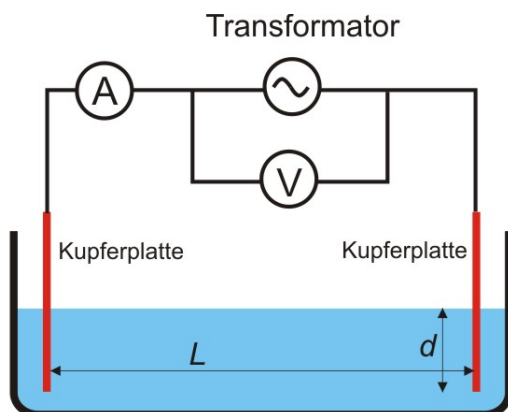


Abbildung 9: Wassertrog

In ein Becken mit Leitungswasser sind zwei rechteckige Kupferplatten der Breite b parallel zueinander und im Abstand L eingetaucht. Durch Nachgießen von Wasser lässt sich erreichen, dass die Platten eine variable Strecke d in das Wasser eintauchen. Der ohmsche Widerstand R_W des Wassers zwischen den Platten ist gegeben durch:

$$R_W = \rho_w \frac{L}{b \cdot d} \quad \text{mit } \rho_w: \text{spezifischer Widerstand des Wassers.}$$

(M9) Messen Sie den Strom I bei der Spannung U zwischen den Platten für 6 Werte der Eintauchtiefe d im Bereich zwischen 10 mm und 40 mm.

Messen und notieren Sie auch die Werte für L und b .

(A5) Bestimmen Sie R_W aus Ihren Messungen und tragen Sie R_W über $\frac{1}{d}$ auf. Zeichnen Sie die Ausgleichsgerade ein und berechnen aus ihrer Steigung den spezifischen Widerstand ρ_w des Leitungswassers.

Anwendung

In der Praxis wird für Flüssigkeiten statt des spezifischen Widerstandes ρ oft dessen Kehrwert benutzt:

Spezifische Leitfähigkeit: $\kappa = \frac{1}{\rho}$ (kappa) mit der Einheit $\frac{\text{S}}{\text{m}}$ (Siemens pro Meter).

Je größer die spezifische Leitfähigkeit ist, desto besser wird der Strom geleitet. Typische Werte:

Destilliertes Wasser: 10^{-6} S/m

Leitungswasser: $0,05 \text{ S/m}$

Metalle: 10^6 S/m

(M10) Messen Sie mit einem handelsüblichen Messgerät (von Ihrem Assistenten) die Leitfähigkeit des Wassers in Ihrem Trog und vergleichen Sie diesen Wert mit Ihrem Ergebnis aus (A5).

