



Physikalisches Praktikum I

Bachelor Physikalische Technik: Lasertechnik, Biomedizintechnik

Prof. Dr. H.-Ch. Mertins, MSc. M. Gilbert

E 01 Ohmsches Gesetz & Innenwiderstand (Pr_PhI_E01_Innenwiderstand_5, 13.06.2014)

Name	Matr. Nr.	Gruppe	Team
1.			
2.			
Protokoll ist ok	O	Datum	Abtestat
Folgende Korrekturen nötig	O		
Teilnahme erfordert erfolgreiches Beantworten der Zulassungsfragen am Versuchstag (siehe Anleitung).			

1. Ziel

In diesem Praktikum lernen Sie grundlegende elektronische Widerstandsschaltungen kennen, sowie die präzise Bestimmung des elektrischen Widerstandes unter Berücksichtigung der Innenwiderstände von Messgeräten.

2. Theorie

2.1 Elektrische Grundgrößen

Fließt die Ladung Q in der Zeit t durch einen elektrischen Leiter, so fließt ein Strom

$$(1) \quad I = Q/t \quad \text{Stromstärke (Einheit Ampere)}$$

Die technische Stromrichtung ist historisch für positive Ladungen von Plus nach Minus definiert. Beachte, dass positive Ladung aber von Plus nach Minus läuft. Ist U die Spannung zwischen zwei Enden eines Leiters durch den der Strom I fließt, so definiert man den elektrischen Widerstand R des Leiters durch

$$(2) \quad R = U/I \quad \text{Widerstand (Einheit Ohm } \Omega = V/A)$$

Das Ohmsche Gesetz besagt: $R = \text{konstant}$, was für die meisten Leiter bei gegebener Temperatur zutrifft, d.h. R ist unabhängig von der Spannung und dem Strom selbst. Allerdings hängt der Widerstand in der Regel empfindlich von der Temperatur ab. Der Widerstand bewirkt ähnlich wie die mechanische Reibung eine Umwandlung der Energie in Wärme. Der stromdurchflossene Leiter setzt dabei elektrische in Wärmeleistung um

$$(3) \quad P = I \cdot U = I^2 \cdot R = U^2/R$$

2.2.1 Reihenschaltung

Fließt ein Strom I durch einen geschlossenen Stromkreis, so ist der Strom an allen Stellen des Stromkreises gleich. Durchfließt der Strom mehrerer hintereinander geschaltete Widerstände R_1, R_2, \dots (Reihenschaltung, Abb. 1 oben), so können diese durch einen Ersatzwiderstand der Größe R ersetzt werden:

$$(6) \quad R = R_1 + R_2 + \dots$$

Die den Strom „bremsende“ Wirkung der Einzelwiderstände addiert sich.

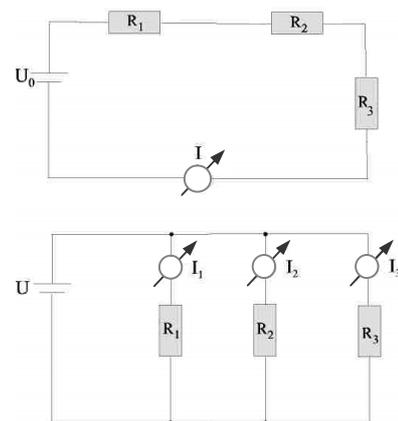


Abb.1

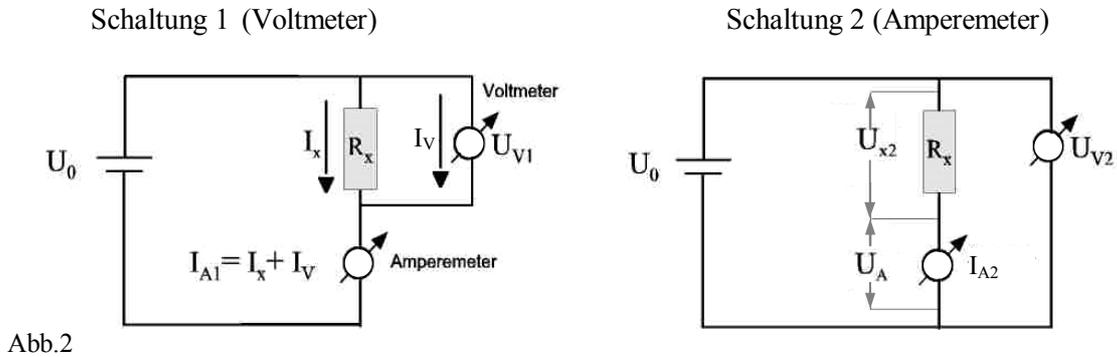
2.2.2 Parallelschaltung

Sind die Widerstände R_1, R_2, \dots parallel geschaltet (Abb. 1 unten), so liegt an jedem einzelnen Widerstand die gleiche Spannung U an. Durch jeden einzelnen Widerstand fließt der Strom $I_i = U/R_i$ mit $i = 1, 2, 3$. Da der Strom jetzt mehrere Wege hat, über die er fließen kann, muß der gesamte Strom größer werden als für den Fall eines einzelnen Widerstandes. Der Ersatzwiderstand R der Schaltung ist damit kleiner und lautet:

$$(7) \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

2.3 Messungen

Für die gleichzeitige Strom- und Spannungsmessung an einem Widerstand stehen grundsätzlich zwei verschiedene Schaltungen zur Verfügung. Dabei ist zu beachten, dass beide Messinstrumente Innenwiderstände besitzen, die in jeder Schaltungsweise zu einem systematischen Fehler führen.



Schaltung 1: Hier zeigt das Voltmeter die Spannung an, die am Widerstand tatsächlich anliegt. Das Amperemeter zeigt dagegen die Summe des Stromes durch den Widerstand und das Voltmeter. Der Strom I durch den Widerstand ergibt sich erst durch die Korrektur:

$$(8) \quad I_X = I_{A1} - I_V = I_{A1} - \frac{U_{V1}}{R_V}$$

I_{A1} und U_{V1} sind die abgelesenen Werte, R_V der Innenwiderstand des Voltmeters. Unterläßt man die Korrektur, so begeht man bei der Strommessung den relativen systematischen Fehler:

$$(9) \quad \frac{\Delta I_X}{I_X} = \frac{I_{A1} - I_X}{I_X} = \frac{I_V}{I_X} = \frac{U_{V1}/R_V}{U_{V1}/R_X} = \frac{R_X}{R_V}$$

der damit umso kleiner ist, je größer das Verhältnis von Innenwiderstand des Voltmeters zum auszumessenden Widerstandes ist. Eine fehlerarme Spannungsmessung benötigt also Voltmeter mit einem Innenwiderstand R_V der groß gegenüber dem zu messenden Widerstand R_x ist. Die Berechnung des Innenwiderstandes des Voltmeters erfolgt bei bekanntem Widerstand R_x durch Messung des Stromes I_{A1} und der Spannung U_{V1} nach Umformung von Gl. 8

$$(10) \quad R_V = \frac{1}{\frac{I_{A1}}{U_{V1}} - \frac{1}{R_x}}$$

Mit dem bekannten R_V kann dann ein unbekannter Widerstand R_x korrekt berechnet werden:

$$(11) \quad R_x = \frac{U_{V1}}{I_{A1} - \frac{U_{V1}}{R_V}}$$

Schaltung 2: Hier zeigt das Amperemeter nur den Strom an, der durch den auszumessenden Widerstand fließt. Das Voltmeter zeigt dagegen die Summe der Spannungen, die an Widerstand und Amperemeter abfallen an. Die tatsächliche Spannung am Widerstand ergibt sich erst durch die folgende Korrektur:

$$(12) \quad U_{X2} = U_{V2} - U_A = U_{V2} - R_A \cdot I_{A2}$$

U_V und I sind die abgelesenen Werte. Unterläßt man die Korrektur, so begeht man bei der Spannungsmessung den folgenden rel. systematischen Fehler:

$$(13) \quad \frac{\Delta U}{U_{X2}} = \frac{U_{V2} - U_{X2}}{U_{X2}} = \frac{U_A}{U_{X2}} = \frac{R_A \cdot I_{A2}}{R_X \cdot I_{A2}} = \frac{R_A}{R_X}$$

der umso kleiner ist, je kleiner das Verhältnis von Innenwiderstand R_A des Amperemeters zum auszumessenden Widerstand R_X ist. Eine fehlerarme Strommessung benötigt also Amperemeter mit geringem Innenwiderstand.

Die Berechnung des Innenwiderstandes des Amperemeters erfolgt bei bekanntem Widerstand R_X durch Messung des Stromes I_{A2} und der Spannung U_{V2} nach Umformung von Gl. 8

$$(14) \quad R_A = \frac{U_{V2}}{I_{A2}} - R_X$$

Mit dem bekannten R_A kann dann ein unbekannter Widerstand R_X korrekt berechnet werden:

$$(15) \quad R_X = \frac{U_{V2}}{I_{A2}} - R_A$$

Fragen zur Zulassung

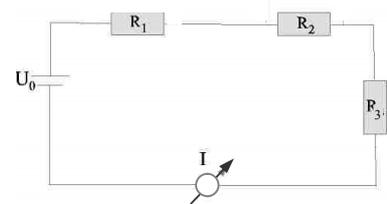
- Wie sind die Begriffe Spannung und Stromstärke definiert?
- Was ist ein Ohmscher Widerstand und wie ist er definiert?
- Wie lauten die dazugehörigen Einheiten?
- Was versteht man unter einem idealen Amperemeter bzw. Voltmeter?
- Was versteht man unter einer Reihen- bzw. Parallelschaltung von Widerständen?

3 Durchführung:

Vor dem Anschließen an die Spannungsquelle ist die Schaltung jeweils vom Laboringenieur kontrollieren zu lassen !

3.1 Bestimmen Sie mit $R=U/I$ die Widerstände R_1 , R_2 , und R_3 einzeln. Bauen Sie dazu einen einfachen Stromkreis auf, mit Spannungsquelle, Strommessgerät und dem jeweiligen Widerstand. U_0 ist frei wählbar. (Wurden die Widerstandswerte bereits im vorhergehenden Versuch E00 ermittelt, können die Werte übernommen werden.)

3.2 Bauen Sie einen Stromkreis aus den Widerständen R_1 , R_2 , R_3 , in Reihenschaltung auf (Abb.3 oben) und messen Sie den Strom, um wie in 2.2.1 beschrieben mit $R=U/I$ den Ersatzwiderstand zu berechnen.



3.3 Bauen Sie aus R_1 , R_2 , R_3 eine Parallelschaltung auf (Abb.3 unten) und messen Sie den Strom, um wie in 2.2.2 beschrieben mit $R=U/I$ den Ersatzwiderstand zu berechnen.

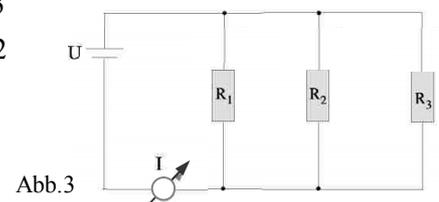


Abb.3

Um einen Widerstand mittels U/I -Messung sehr genau zu bestimmen, müssen die Innenwiderstände der Messgeräte in einem Vorversuch ermittelt werden. Dies geschieht in Folgenden mit bekannten Widerständen in Schaltung 1 und 2 aus Abb.2.

3.4 Die Schaltung 2 wird mit einem bekannten kleinen Widerstand R_{X2} mit $U_0=1\text{ V}$ erstellt und U_{V2} sowie I_{A2} gemessen. Verwenden Sie zur Strommessung das *digitale* Multimeter. Notieren Sie die verwendeten Messbereiche der Messgeräte.

3.5 Für einen bekannten großen Widerstand R_{X1} wird die Schaltung 1 erstellt und bei einer Quellspannung $U_0=5\text{ V}$ die Spannung U_{V1} sowie der Strom I_{A1} gemessen. Verwenden Sie zur Strommessung erneut das *digitale* Multimeter. Notieren Sie die verwendeten Messbereiche der Messgeräte

Aus den Messergebnissen aus 3.4 und 3.5 werden in der Versuchsauswertung die Innenwiderstände der Messgeräte berechnet.

3.6 Es werden nun die unbekanntenen Widerstände R_5 und R_6 , mittels U/I –Messung sehr genau bestimmt. Wählen Sie Schaltung 1 *oder* Schaltung 2. Wählen Sie die selben Messbereiche wie im Vorversuch. Notieren Sie die Farbkodierung der verwendeten Widerstände.

4 Auswertung

- 4.1 Notieren Sie das Resultat von 3.1 und 3.2 und prüfen Sie es mit Gl. 6 incl. Fehlerrechnung für die Relativen Fehler: $\Delta U_{\text{rel}} \approx 1\%$ und $\Delta I_{\text{rel}} \approx 1\%$
- 4.2 Notieren Sie das Ergebnis von 3.3 und prüfen Sie mit Gl. 7 incl. Fehlerrechnung.
- 4.3 Berechnen Sie aus den Messwerten I_{A1} und U_{V1} (Schaltung 1) sowie R_{X1} den Innenwiderstand R_V des Spannungsmessgerätes. (keine Fehlerrechnung)
- 4.4 Berechnen Sie aus den Messwerten I_{A2} und U_{V2} (Schaltung 2) sowie mit R_{X2} den Innenwiderstand R_A des Strommessgerätes. (keine Fehlerrechnung)
- 4.5 Aus den Messdaten der Widerstände R_5 und R_6 sind die Widerstandswerte mit und ohne Berücksichtigung der Innenwiderstände zu berechnen (keine Fehlerrechnung). Die Ergebnisse sind mit den Werten der Farbcodierung zu vergleichen.

Farbkodierung für Metallschichtwiderstände (wird nicht abgefragt)

	silber	gold	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Leserichtung
			schwarz	braun	rot	orange	gelb	grün	blau	violett	grau	weiß	1 2 3 4 5
1. Ring							1. Ziffer						
2. Ring							2. Ziffer						
3. Ring							3. Ziffer						
4. Ring	x 0,01	x 0,1	x 1	x10	x 100	x 1k	x 10k	x 100k	x 1M	x 10M	x 100M		
5. Ring				+ -1%	+ - 2 %			+ -0,5 %					



Betriebsanweisung für Labornetzgeräte 30V 3A

Die im Versuch verwendeten regelbaren Labornetzgeräte stellen eine maximale Ausgangsspannung von 30 V und einen maximalen Strom von 3 A zur Verfügung. Da bei dem vorliegenden Versuch ungeschützt an elektrischen Schaltungen gearbeitet wird, müssen aus Sicherheitsgründen folgende Regeln beachtet werden:

- Betreiben Sie die Geräte nur wie in der Praktikumsanleitung beschrieben.
- Die eingestellte Spannung darf 24 V nicht überschreiten. Eine Spannung von 30 V ist zwar nicht lebensbedrohlich, kann aber zu Gesundheitsschäden führen.
- Die Spannungsquellen dürfen nicht selbständig vom Praktikumsplatz entfernt werden. Schalten Sie niemals mehrere Netzgeräte in Serie.
- Vor jedem Anschluß der Spannungsquelle an eine Schaltung ist zu Prüfen, wie groß in etwa der zu erwartende Strom ist. Liegt der Wert über 0,5A darf der Anschluß nur zeitlich begrenzt (≈ 30 sek.) erfolgen, da bei Dauerbelastung der Schaltung eine Überhitzung oder Zerstörung der Bauteile nicht ausgeschlossen werden kann.
- Der Strom darf 1,5 A nicht überschreiten. Sollte ein höherer Strom in der Aufgabenstellung erforderlich sein, arbeiten Sie nur unter direkter Aufsicht des Betreuers.