

Versuch E05: Spannungs-Strom-Kennlinien elektrischer Widerstände

4. März 2016

I Einleitung

Eine wesentliche Eigenschaft elektrischer Widerstände (elektrische Bauelemente, Leitungen, Geräte) kann dadurch ermittelt und beschrieben werden, dass man durch sie einen elektrischen Strom fließen lässt und die zugehörige über dem Messobjekt abfallende Spannung misst. Untersucht man die Spannung U als Funktion des Stromes I und trägt U über I grafisch auf, so erhält man die sogenannte **Spannungs-Strom-Kennlinie** des Widerstandes.

Die Widerstände lassen sich gruppieren in solche mit **linearen** und solche mit **nichtlinearen** Spannungs-Strom-Kennlinien. Bei den nichtlinearen Kennlinien kann man ferner unterscheiden ob sie **symmetrisch** oder **unsymmetrisch** sind. Siehe Abbildung 1.

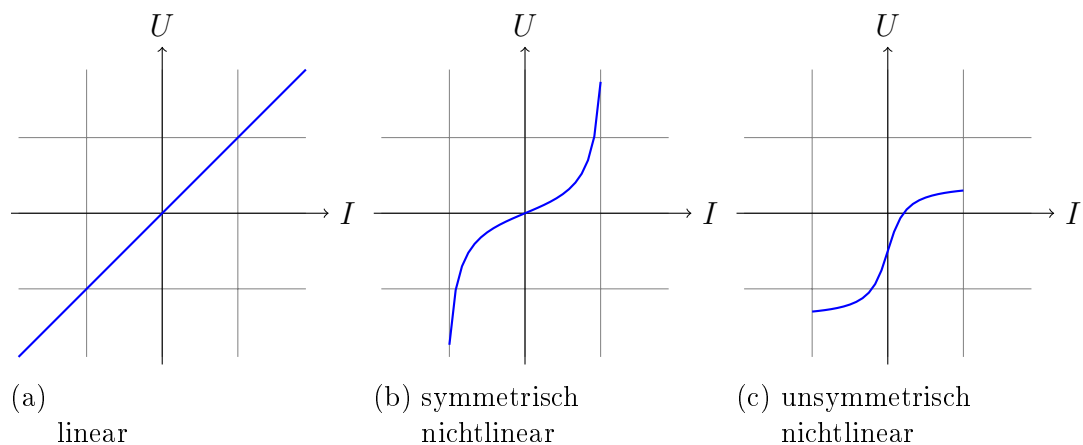


Abbildung 1: Spannungs-Strom-Kennlinien elektrischer Widerstände

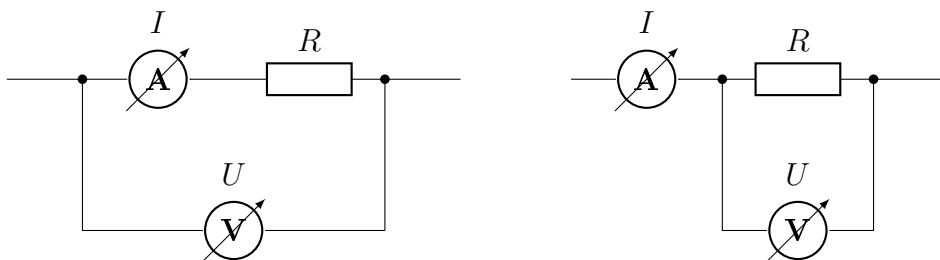
II Aufgabe

Es sollen mit Hilfe eines Volt- und eines Ampèremeters die Kennlinien von drei verschiedenen Widerständen gemessen werden, die Beispiele für lineare und symmetrisch nichtlineare Spannungs-Strom-Kennlinien geben.

Folgende Bauelemente sollen untersucht werden:

1. Ein Schichtwiderstand
2. Eine Glühlampe mit Metallfaden
3. Ein Varistor, hier ein spannungsabhängiger Widerstand, auch VDR genannt (Voltage Dependent Resistor)

Zur Messung der Widerstände mit Volt- und Ampèremeter gibt es grundsätzlich zwei Schaltungsmöglichkeiten, wie sie in Abbildung 2 skizziert sind.



(a) Hier wird der Strom I durch den Widerstand R richtig angezeigt, die abgelesene Spannung U muss korrigiert werden.

(b) Hier wird die Spannung U über dem Widerstand R richtig angezeigt, der abgelesene Strom I muss korrigiert werden.

Abbildung 2: Möglichkeiten der Messung des Widerstandes R mit Volt- und Ampèremeter

Hier werden Drehspul-Messinstrumente als Volt- und Ampèremeter verwendet, deren Innenwiderstände bekannt sein müssen, um die notwendigen Korrekturen bei den Messungen nach Abbildung 2 durchführen zu können. Denn es gilt ja unter Anwendung des OHM'schen Gesetzes (von Georg Simon OHM 1826 entdeckt) und der KIRCHHOFF'schen Gesetze der Stromverzweigung (von Gustav KIRCHHOFF Mitte des 19 Jahrhunderts angegeben) für die Messung nach Abbildung 2a):

$$U = I \cdot R_i + I \cdot R \quad (1)$$

$$R = \frac{U}{I} - R_i \quad (2)$$

wobei ${}_I R_i$ der Innenwiderstand des Ampèremeters ist, und nach Abbildung 2b):

$$I = \frac{U}{{}_U R_i} + \frac{U}{R} \quad (3)$$

$$\frac{1}{R} = \frac{I}{U} - \frac{1}{{}_U R_i} \quad (4)$$

wobei ${}_U R_i$ der Innenwiderstand des Voltmeters ist.

III Versuchsdurchführung

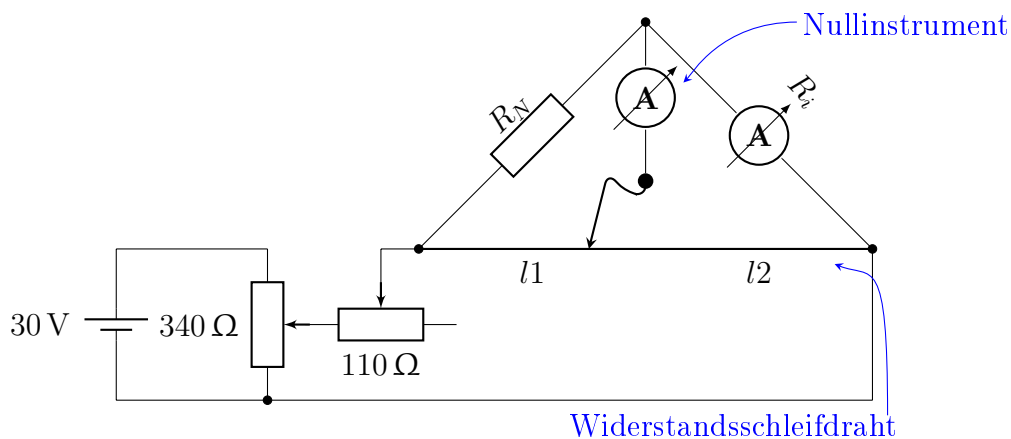


Abbildung 3: Bestimmung der Innenwiderstände der Messinstrumente mit der WHEATSTONE'schen Brücke

- 1.) Zunächst sind die Innenwiderstände ${}_I R_i$ und ${}_U R_i$ der Messinstrumente mit Hilfe einer WHEATSTONE'schen Brückenschaltung (zuerst angewendet von Charles WHEATSTONE 1843, in der vorliegenden, heute üblichen Art von Gustav KIRCHHOFF 1845) gemäß der Abbildung 3 zu ermitteln.

Bei abgeglichenen Brücke, d.h. wenn durch das Nullinstrument kein Strom fließt, gilt:

$$R_i = R_N \cdot \frac{l_2}{l_1} \quad (5)$$

Es stehen zwei Normalwiderstände R_N von 10Ω und 1000Ω zur Verfügung. Man wähle R_N jeweils so aus, dass die Messung möglichst genau

wird, d.h. die Schleiferstellung bei abgeglicherer Brücke möglichst nahe bei der Mitte des Schleifdrahtes liegt.

- 2.) Messung des Schichtwiderstandes nach Abbildung 2a oder 2b. Man fertige eine Messtabelle für ca. 6 bis 10 Messpunkte an. Die Tabelle soll die abgelesenen Werte, die korrigierten Werte und die aus den korrigierten Daten gemäß $R = U/I$ berechneten Widerstände enthalten.
- 3.) Messung der Metallfaden-Glühlampe wie unter 2.)
- 4.) Messung des VDR-Widerstandes wie unter 2.)
- 5.) Man fertige eine gemeinsame, vergleichende Grafik U gegen I für alle drei **Spannungs-Strom-Kennlinien** an.
- 6.) Man fertige eine gemeinsame, vergleichende Grafik R gegen U für alle drei **Widerstands-Spannungs-Kennlinien** an.
- 7.) Für die Spannungs-Strom-Kennlinie eines VDR-Widerstandes gilt in guter Näherung folgendes Potenzgesetz:

$$|U| = c \cdot |I|^\beta \quad \text{wobei } \beta < 1 \quad (6)$$

Es sollen die Kenngrößen c und β bestimmt werden. Man trage dazu U in Volt gegen I in Ampère in doppelt logarithmischem Papier (für jede Achse zwei Dekaden) auf.

Aus der ausgleichend eingezeichneten Geraden gemäß

$$\log |U| = \log c + \beta \log |I| \quad (7)$$

bestimmt man β aus der Steigung.

Die Konstante c erhält man, indem man einen Punkt (U_0, I_0) der Geraden entnimmt und mit dem zuvor bestimmten β aus der nach c aufgelösten Gleichung berechnet.

IV Hinweise zur Versuchsdurchführung

Den Schichtwiderstand und den VDR-Widerstand messe man bzw. bis maximal 25 V oder 100 mA.

Bei der Glühlampe dürfen die Nennwerte von 24 V, 80 mA nicht überschritten werden.

Bei der Messung mit der WHEATSTONE'schen Brücke steigert man die Versorgungsspannung der Brücke vorsichtig von Null Volt beginnend bis zur Maximalspannung und gleicht dabei zwischendurch mit dem Nullinstrument die Brücke ab. Da eine große Überlastungsgefahr des empfindlichen Nullinstrumentes besteht, gehe man besonders vorsichtig vor!

V Anmerkung zum Normalwiderstand R_N

Der Wert des Normalwiderstandes ist auf $\frac{\Delta R}{R} = 10^{-4}$ genau und bezieht sich auf eine Betriebstemperatur von 20 °C bei folgenden maximalen Strömen I :

R/ Ω	I/A (in Luft)	I/A (in Petroleum)
1000	0,03	0,08
10	0,5	1,5