Elektrizitätslehre

Ladungstransport und Strom

Ohm’sches Gesetz

BESTÄTIGUNG DES OHM’SCHEN GESETZES.

- Bestätigung des Ohm’schen Gesetzes für einen Konstantandraht und einen Messingdraht.
- Bestätigung des Ohm’schen Gesetzes für Konstantandrähte unterschiedlicher Länge.
- Bestätigung des Ohm’schen Gesetzes für Konstantandrähte unterschiedlicher Dicke.

UE3020320

06/15 MEC/UD

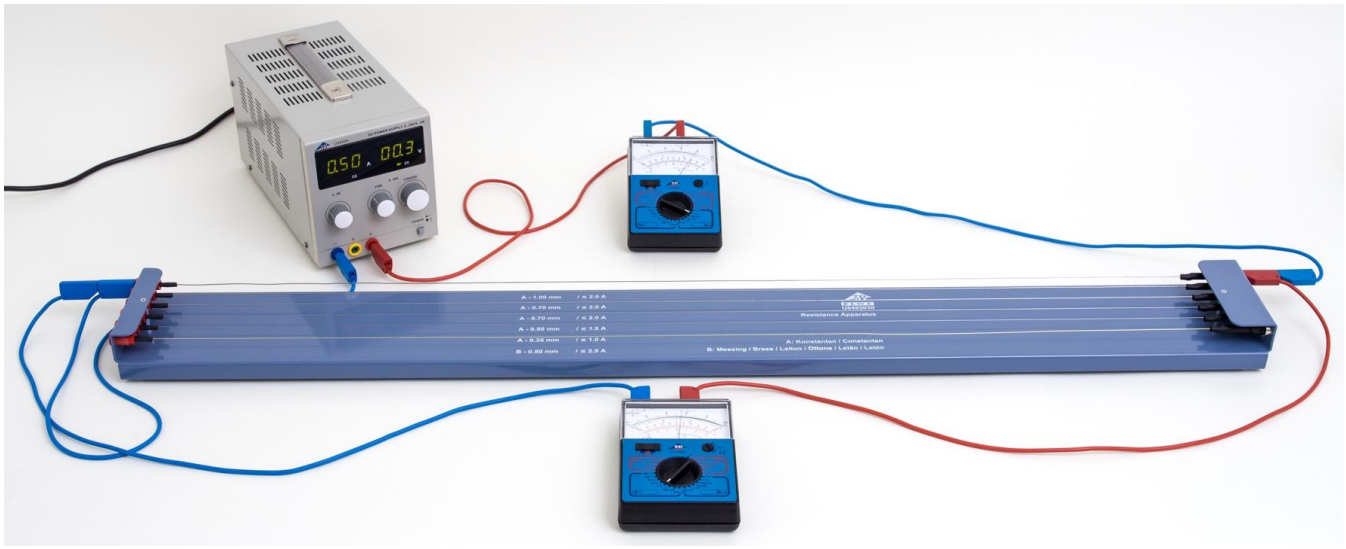

Fig. 1: Messanordnung.

ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

***Georg Simon Ohm* zeigte 1825 als Erster, dass der durch einfache elektrische Leiter fließende Strom proportional zur angelegten Spannung ist.**

D.h. es gilt das Ohm’sche Gesetz

(1) $U = R \cdot I$

mit der Proportionalitätskonstanten R, dem Widerstand des Leiters. Bei einem metallischen Draht mit der Länge x und der Querschnittsfläche A ist der Widerstand R gegeben durch

(2) $R = \rho \cdot \frac{x}{A}$.

Hierbei ist der spezifische Widerstand ρ vom Drahtmaterial abhängig.

Zur Bestätigung dieser fundamentalen Zusammenhänge wird im Experiment die Proportionalität zwischen Strom und Spannung für Metalldrähte unterschiedlicher Dicke, unterschiedlicher Länge und unterschiedlichen Materials untersucht. Außerdem wird der spezifische Widerstand bestimmt und mit den Literaturwerten verglichen.

GERÄTELISTE

1	Widerstandsgerät	1009949 (U8492030)
1	DC-Netzgerät 0-20 V, 0-5 A @230 V	1003312 (U33020-230)
oder		
1	DC-Netzgerät 0-20 V, 0-5 A @115 V	1003311 (U33020-115)
2	Analog-Multimeter AM50	1003073 (U17450)
1	Satz 15 Sicherheits-experimentierkabel 75 cm	1002843 (U138021)

AUFBAU UND DURCHFÜHRUNG

- Messanordnung gemäß Fig. 1 aufbauen. Buchsen „+/–“ des Netzgerätes mit den Buchsen an den Enden des zu messenden Drahts verbinden. Ein Multimeter zur Strommessung in Reihe dazwischen schalten. Anderes Multimeter zur Spannungsmessung parallel mit den Buchsen an den Enden des zu messenden Drahts verbinden.

Alle Drähte haben die Länge x = 1 m.

- Für die Messung bei unterschiedlichen Drahtmaterialien den vierten Draht von oben (Konstantan, d = 0,5 mm) bzw. den sechsten Draht (Messing, d = 0,5 mm) wie oben beschrieben anschließen.
- Für die Messung bei Drahtlänge x = 1 m den zweiten (oder dritten) Draht von oben (Konstantan, d = 0,7 mm) wie oben beschrieben anschließen. Für die Messung bei Drahtlänge x = 2 m die „–“ - Buchse des Netzgeräts zunächst mit der Buchse am linken Ende des zweiten Drahtes verbinden. Dann Buchse am rechten Ende des zweiten Drahtes mit der Buchse am linken Ende des dritten Drahtes verbinden. Schließlich Buchse am rechten Ende des dritten Drahtes (über das Strommessgerät) mit der „+“ - Buchse des Netzgeräts verbinden. Diese Reihenschaltung der beiden Konstantandrähte gleicher Dicke d = 0,7 mm und Länge x = 1 m entspricht einem Draht mit Dicke d = 0,7 mm und doppelter Länge x = 2 m.
- Für die Messung bei unterschiedlichen Drahtdicken den ersten, zweiten (oder dritten), vierten und fünften Draht (Konstantan, d = 1, 0,7, 0,5, 0,35 mm) wie oben beschrieben anschließen.
- Für alle drei Messreihen die Spannung mit geeigneter Schrittweite einstellen und den Strom messen bis der maximal erlaubte Stromwert erreicht ist (2 A für Konstantan d = 1 mm, 0,7 mm, 1,5 A für Konstantan d = 0,5 mm, 1 A für Konstantan d = 0,35 mm und 2,5 A für Messing d = 0,5 mm). Alle Werte notieren (Tab. 1 – 3).

MESSBEISPIEL

Unterschiedliche Drahtmaterialien

Tab. 1: Messwerte für einen Konstantandraht und einen Messingdraht mit Länge x = 1 m und Dicke d = 0,5 mm.

Konstantan		Messing	
U / V	I / A	U / V	I / A
0,6	0,29	0,2	0,60
1,2	0,49	0,3	0,90
1,8	0,74	0,4	1,20
2,4	0,99	0,5	1,49
3,0	1,24	0,6	1,78
3,6	1,48	0,7	2,10

Unterschiedliche Drahtlängen

Tab. 2: Messwerte für Konstantandrähte unterschiedlicher Längen x und Dicke d = 0,7 mm.

x = 1 m		x = 2 m	
U / V	I / A	U / V	I / A
0,4	0,32	0,4	0,32
0,8	0,62	0,8	0,62
1,2	0,96	1,2	0,96
1,6	1,26	1,6	1,26
2,0	1,56	2,0	1,56
2,4	1,87	2,4	1,87

Unterschiedliche Drahtdicken

Die Querschnittsfläche A berechnet sich aus der Dicke d des Drahtes wie folgt:

$$(3) \quad A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

Tab. 3: Messwerte für Konstantandrähte unterschiedlicher Dicken d bzw. Querschnittsflächen A und Länge x = 1 m.

d = 1 mm A = 0,79 mm²		d = 0,7 mm A = 0,38 mm²		d = 0,5 mm A = 0,2 mm²		d = 0,35 mm A = 0,1 mm²	
U / V	I / A	U / V	I / A	U / V	I / A	U / V	I / A
0,2	0,33	0,4	0,32	0,6	0,29	0,7	0,14
0,4	0,65	0,8	0,62	1,2	0,49	1,4	0,28
0,6	0,98	1,2	0,96	1,8	0,74	2,1	0,42
0,8	1,30	1,6	1,26	2,4	0,99	2,8	0,57
1,0	1,63	2,0	1,56	3,0	1,24	3,5	0,71
1,2	1,96	2,4	1,87	3,6	1,48	4,2	0,85

AUSWERTUNG

- Messwerte für jeden der drei Parameter ρ, x und d jeweils in einem U-I-Diagramm darstellen (Fig. 2, 3, 5).
- An die Messpunkte $U(I)$ jeweils Geraden anpassen, aus deren Steigungen sich gemäß (1) direkt die Ohm’schen Widerstände R ergeben (Tab. 4, 6, 7).
- Im Fall unterschiedlicher Drahtmaterialien gemäß (2) mit Hilfe der bekannten Werte für die Länge x und die Dicke d den Wert für den spezifischen Widerstand ρ direkt berechnen (Tab. 5).
- Im Fall unterschiedlicher Drahtlängen und -dicken bzw -querschnittsflächen jeweils die Werte für die Ohm’schen Widerstände gegen die Länge x bzw. den Kehrwert der Querschnittsfläche A auftragen, jeweils eine Gerade anpassen (Fig. 4, 6) und aus deren Steigung gemäß (2) mit Hilfe der bekannten Werte für die Dicke d bzw. die Länge x den spezifischen Widerstand ρ bestimmen.

Unterschiedliche Drahtmaterialien

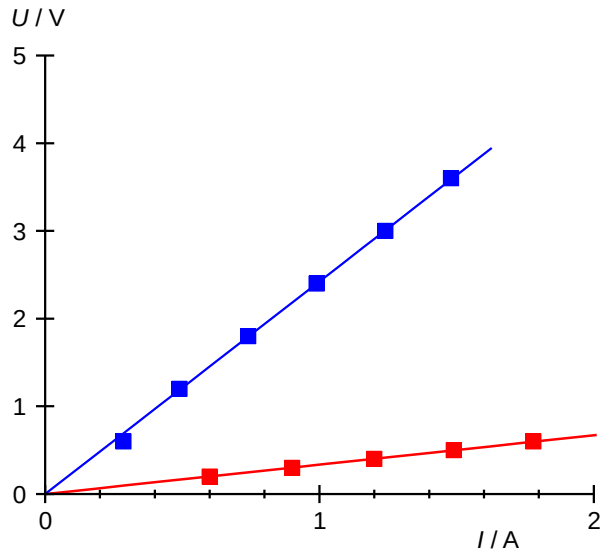

Fig. 2: *U-I*-Diagramm für Konstantandraht (blau) und Messingdraht (rot) mit Länge $x = 1$ m und Dicke $d = 0{,}5$ mm.

Tab. 4: Ohm'scher Widerstand für einen Konstantandraht und einen Messingdraht mit Länge $x = 1$ m und Dicke $d = 0{,}5$ mm, bestimmt aus der Steigung der an die Messpunkte in Fig. 2 angepassten Geraden.

Material	R / Ω
Konstantan	2,423
Messing	0,335

Aus (2) folgt:

$$(4) \quad R = \rho \cdot \frac{x}{A} \Rightarrow \rho = R \cdot \frac{A}{x} .$$

Tab. 5: Aus der Messung gemäß (4) bestimmter spezifischer Widerstand ρ für Konstantan und Messing und Vergleich mit den Literaturwerten.

Material	ρ / (Ω·mm²·m⁻¹)	
	Messung	Literaturwert
Konstantan	0,476	0,490
Messing	0,066	0,065

Die aus der Messung bestimmten Werte stimmen sehr gut mit den Literaturwerten überein.

Unterschiedliche Drahtlängen

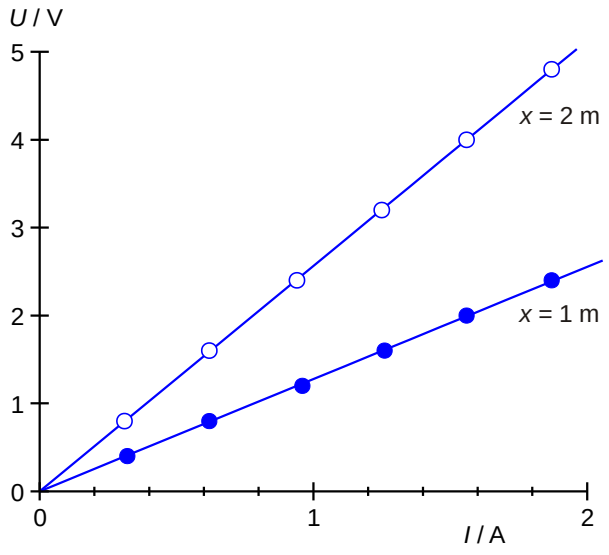

Fig. 3: *U-I*-Diagramm für Konstantandrähte unterschiedlicher Längen x und Dicke $d = 0{,}7$ mm.

Tab. 6: Ohm'scher Widerstand für Konstantandrähte unterschiedlicher Längen x und Dicke $d = 0{,}7$ mm, bestimmt aus der Steigung der an die Messpunkte in Fig. 3 angepassten Geraden.

x / m	R / Ω
1	1,277
2	2,564

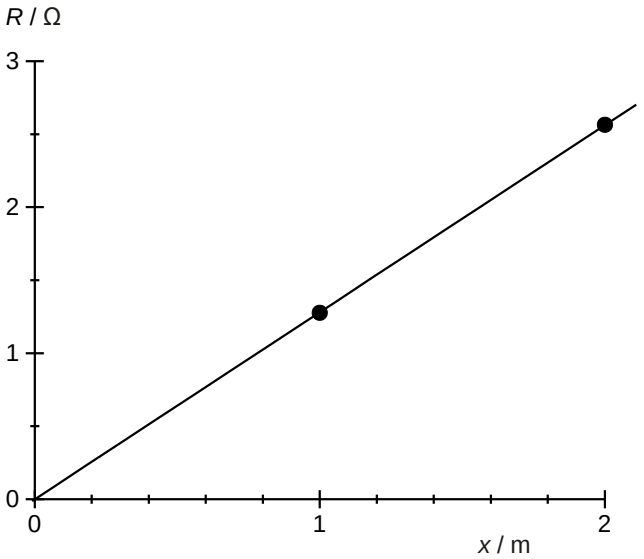

Fig. 4: Widerstand R als Funktion der Länge x.

- Spezifischen Widerstand ρ aus der Steigung *a* der an die Messpunkte *R*(*x*) angepassten Gerade bestimmen:

(5) $R = \rho \cdot \frac{x}{A} = \frac{\rho}{A} \cdot x = a \cdot x$ mit $a = \frac{\rho}{A}$

(6) $a = \frac{\rho}{A} \Leftrightarrow$

$$\rho = a \cdot A = 1{,}281 \frac{\Omega}{\text{m}} \cdot 0{,}38\ \text{mm}^2 = 0{,}487\ \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

Der aus der Messung bestimmte Wert stimmt sehr gut mit dem Literaturwert 0,49 ρ / ($\Omega \cdot mm^2 \cdot m^{-1}$) für Konstantan überein.

Unterschiedliche Drahtdicken

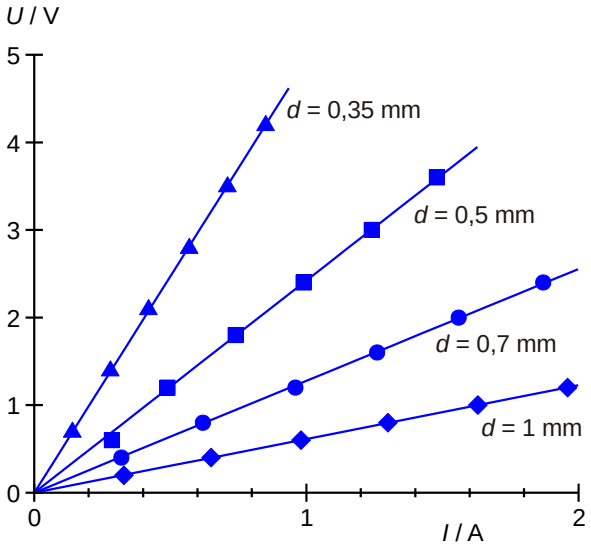

Fig. 5: *U-I*-Diagramm für Konstantandrähte unterschiedlicher Dicken *d* und Länge *x* = 1 m

Tab. 7: Ohm'scher Widerstand für Konstantandrähte unterschiedlicher Dicken *d* bzw. Querschnittsflächen *A* und Länge *x* = 1 m, bestimmt aus der Steigung der an die Messpunkte in Fig. 5 angepassten Geraden.

d / mm	*A* / mm²	*R* / Ω
0,35	0,10	4,941
0,50	0,20	2,423
0,70	0,38	1,277
1,00	0,79	0,613

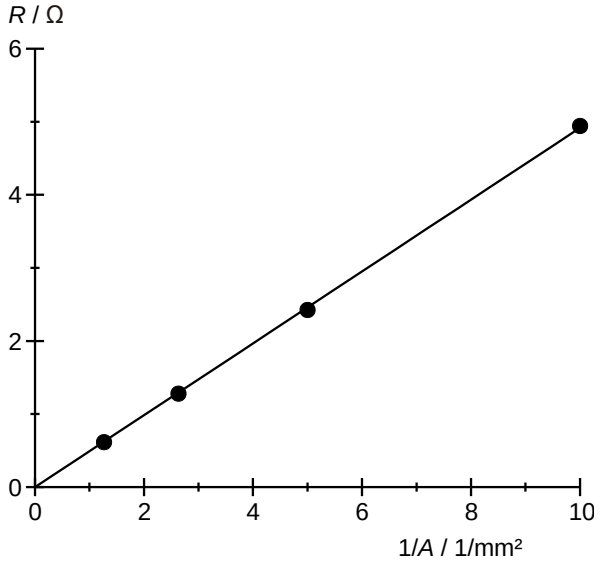

Fig. 6: Widerstand *R* als Funktion des Kehrwertes der Querschnittsfläche *A*.

- Spezifischen Widerstand ρ aus der Steigung *b* der an die Messpunkte *R*(1/*A*) angepassten Gerade bestimmen:

(7) $R = \rho \cdot \frac{x}{A} = \rho \cdot x \cdot \frac{1}{A} = b \cdot \frac{1}{A}$ mit $b = \rho \cdot x$

(8) $b = \rho \cdot x \Leftrightarrow \rho = \frac{b}{x} = \frac{0{,}492\ \Omega \cdot \text{mm}^2}{1m} = 0{,}492\ \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$

Der aus der Messung bestimmte Wert stimmt sehr gut mit dem Literaturwert 0,49 ρ / ($\Omega \cdot mm^2 \cdot m^{-1}$) für Konstantan überein.

© Copyright 2015 3B Scientific GmbH