

Gleichstrom - Nebenfach

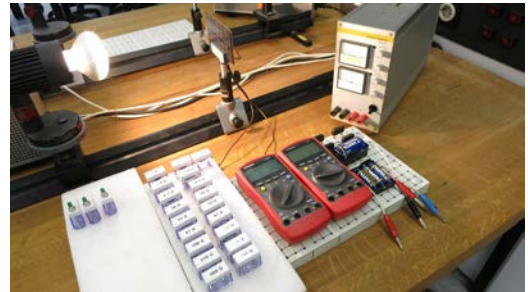
Die Kenntnis des Innenwiderstandes von Messgeräten und Stromquellen ist essenziell für den effektiven Einsatz in der Praxis. Nur wenn der Innenwiderstand des Verbrauchers an den Innenwiderstand einer Stromquelle angepasst ist, kann die maximale Leistung aus dieser entnommen werden.

1 Lernziele

- Messung von Widerständen bei strom- und spannungsrichtiger Schaltung
- Reale Gleichspannungsquellen haben einen Innenwiderstand
- Leistungsentnahme ist vom Widerstand des Verbrauchers abhängig
- bei Solarzellen steigt vornehmlich der Kurzschlussstrom und die entnehmbare Leistung bei höherer Bestrahlungsstärke, die Leerlaufspannung sättigt schnell bei ausreichender Bestrahlung

2 Experimenteller Aufbau

- Steckplatte, verschiedene elektronische Bauteile: zwei unbekannte Widerstände R_1 und R_2 , eine Reihe an bekannten Widerständen, Taster
- zwei Multimeter
- Gleichspannungsnetzteil
- Batterien
- Beleuchtung und Solarzelle



3 Messungen

- Bestimmen Sie zwei unbekannte Widerstände R_1 und R_2 durch Messung der angelegten Spannung U und des fließenden Stromes I . Bauen Sie dazu eine stromrichtige Schaltung auf und erfassen Ihre Messwertpaare für R_1 und R_2 . Bauen Sie danach Ihre Schaltung zu einem spannungsrichtigen Aufbau um, an der Sie wiederum zwei Messwertpaare für die Widerstände aufnehmen.
- Nehmen Sie für den größeren Widerstand aus Aufgabe 3a) eine Spannungs-Strom-Kennlinie $U(I)$ auf und ermitteln Sie den Widerstand durch lineare Regression der Kennlinie $U(I)$.
- Messen Sie die Widerstände R_1 und R_2 direkt mit dem Multimeter.
- Ermitteln Sie die Spannungs-Strom-Kennlinie $U(I)$ einer Batterie durch Variation des Lastwiderstandes. Bauen Sie dazu die Schaltung im Abschnitt 8 auf und messen Sie für verschiedene Lastwiderstände R_L jeweils die Klemmspannung U_K und die Spannung über den Shunt (*Messwiderstand*) welcher dem fließenden Strom proportional ist.
- Ermitteln Sie die Spannungs-Strom-Kennlinie $U(I)$ einer Solarzelle für zwei verschiedene Bestrahlungsstärken.

4 Versuchsdurchführung

- zu 3a) Bauen Sie die eine stromrichtige Widerstandsmessung mit zwei Multimetern und einem Taster auf. Beachten Sie die richtigen Anschlüsse am Messgerät für die Messung von mA/ μ A beziehungsweise Volt. Die Gleichstromquelle muss auf 0V eingestellt sein. Erst wenn die Schaltung vom Betreuer überprüft wurde, dürfen Sie den Taster betätigen und die Spannung am Netzteil erhöhen. Es dürfen **keine Ströme über 400 mA** fließen. Anschließend führen Sie die Messungen mit der spannungsrichtigen Widerstandsmessung durch. Für die beiden Aufbauten reicht es, jeweils für die Widerstände R_1 und R_2 ein Spannungs-Strom-Paar auszunehmen.
- zu 3b) Welche Schaltung müssen Sie aufbauen? Messen Sie mindestens 5 Wertepaare $U(I)$. Führen

Sie die Regression durch den Koordinatenursprung unmittelbar nach der Messung durch. Was bedeutet $\text{intercept} = 0$ physikalisch?

- zu 3d) Die Batterie hat im Vergleich zur Solarzelle einen relativ kleinen Innenwiderstand, daher sind vorzugsweise kleine Lastwiderstände zu verwenden. Der Lastwiderstand ergibt sich aus R_n und dem Messwiderstand (Shunt) von $R_S = 1\Omega$, $R_L = R_n + R_S$. Auch ein $R_n = 0\Omega$ ist möglich. Der Stromfluss I berechnet sich demnach zu $I = U_S / (1\Omega)$. Der Taster darf nur kurzzeitig zur Messwertaufnahme betätigt werden um eine Überlastung von Batterie, Messinstrumenten und Widerständen zu vermeiden.
- zu 3e) Ersetzen Sie die Batterie in der Schaltung in Abschnitt 8 durch die Solarzelle in einem Abstand von 20 cm von der Beleuchtungsquelle. Führen Sie die gleiche Messung wie in Aufgabe 3d) durch, wobei größere Widerstände zu verwenden sind. Führen Sie die Messung nochmals durch, wenn die Solarzelle einen Abstand von 40 cm zur Beleuchtungsquelle hat.

5 Auswertungen

Zur Auswertung stehen Computer mit der Software Origin® zur Verfügung. Zusätzlich zu den Auswertungen unmittelbar nach den Messungen

- R_1 und R_2 aus der strom- bzw. spannungsrichtigen Schaltung
- linearen Regression der $U(I)$ Kennlinie eines Widerstandes

sollen noch Parameter aus den Spannungs-Strom-Kennlinien $U(I)$ von Batterie und Solarzelle ermittelt werden.

- a) *Kurzschlussstrom, Leerlaufspannung*: Stellen Sie die drei Spannungs-Strom-Kennlinien $U(I)$ grafisch dar und ermitteln Sie durch Extrapolation den Kurzschlussstrom und die Leerlaufspannung. Berechnen Sie den Innenwiderstand der Batterie. Vergleichen Sie den Kurzschlussstrom und die Leerlaufspannung der Solarzelle zu den verschiedenen Abständen von der Beleuchtung.
- b) *Leistungsanpassung*: Die entnommene Leistung aus einer Gleichstromquelle berechnet sich nach $P_{out} = U_K * I$. Erstellen Sie in Ihren Worksheets eine weitere Spalte (Add New Column) und berechnen Sie die entnommene Leistung (Set Column Values). Stellen Sie diese als Funktion des Lastwiderstandes R_L für Ihre drei Messreihen dar. Vergessen Sie nicht, die Einheiten bei den Achsenbeschriftungen anzugeben.
- c) Hat die Leistungsentnahme ein Maximum und wenn ja, bei welchem Lastwiderstand? Wenn nicht, wieso nicht?

6 Literatur

In der Referenz [1] finden Sie einen Überblick über reale Spannungsquellen, strom- und spannungsrichtiges Messen und der $U(I)$ Kennlinie eines ohmschen Widerstandes. Ebenfalls finden Sie Hintergrundwissen in [2] im Kapitel 7–Gleichströme. Für Solarzellen sei auf Google und Wikipedia verwiesen.

- [1] W. Schenk und F. Kremer (Hrsg.) *Physikalisches Praktikum*. Springer, 14. Auflage, 2014. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-00666-2>.
- [2] D. Meschede. *Gerthsen Physik*. Springer, 25. Auflage, 2015. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-45977-5>.

7 Vorbereitung und Fragen

- Zusammenhang, Formelzeichen und Einheit - Strom, Spannung, Widerstand
- Definition des ohmschen Widerstandes
- Was sind Heiß- und Kaltleiter?
- Skizzieren Sie die Schaltungen für die strom- und spannungsrichtige Messung von Widerständen.
- Was sind die Innenwiderstände von idealen Strom- und Spannungsmessgeräten (Ampere- und

Voltmeter)?

- Kenngrößen einer Gleichstromquelle: Kurzschlussstrom, Leerlaufspannung und Innenwiderstand
- Skizze Spannungs-Strom-Kennlinie einer Batterie im Vergleich zur Solarzelle
- Leistung im Gleichstromkreis: Berechnung, Formelzeichen und Einheit
- maximale Leistungsentnahme bei realen Gleichstromquellen mit einem Innenwiderstand

8 Zusatzmaterial

- Schaltung zur Messung der Spannungs-Strom-Kennlinie $U(I)$ einer Batterie/Solarzelle

