

Labor Grundlagen der Elektrotechnik 1

Versuch 2: Gleichspannungsquellen

Modul/Unit-Nr. TEL 1005.2

Kurs-Nr. TEL.....GR.....

Name der/s Studierenden:

- Laborausarbeitung in Ordnung.
- Laborausarbeitung ungenügend.

Betreuer: Prof. H.-R. Weiss

Ort/Datum:

Unterschrift:

Labor

Grundlagen der Elektrotechnik

Teil 2

Gleichspannungsquellen Temperaturwiderstand

Inhaltsverzeichnis

1. Spannungsquelle.....	2
1.1. Ideale Spannungsquelle.....	2
1.2. Reale Spannungsquelle.....	2
1.3. Ohmscher Spannungsteiler als Spannungsquelle.....	3
1.4. Versuche Spannungsteiler als Spannungsquelle.....	7
2. Solarzellen-Panel.....	8
2.1. Solarzelle als Spannungsquelle.....	8
2.2. Versuche Solarzelle als Spannungsquelle.....	9
3. Veränderlicher Temperaturwiderstand.....	11
3.1. Passive Auswerteschaltungen.....	11
3.2. Versuche veränderlicher Temperaturwiderstand.....	12

1. Spannungsquelle

Einführende Fragen:

- Frage 1:** Was ist die Leerlaufspannung einer Spannungsquelle und wie misst man sie?
- Frage 2:** Was bedeutet der Kurzschlussstrom einer Spannungsquelle und wie bestimmt man ihn?
- Frage 3:** Was ist der Innenwiderstand einer Spannungsquelle und wie kann man ihn bestimmen?

1.1. Ideale Spannungsquelle

Eine ideale Spannungsquelle würde unabhängig von ihrer Belastung, d. h. unabhängig von dem von ihr gelieferten Strom, an ihren Klemmen eine konstante Klemmenspannung aufweisen.

1.2. Reale Spannungsquelle

Eine reale Spannungsquelle besitzt immer irgendwelche zumindest ohmschen Verluste und seien es nur die Widerstände der Anschlussdrähte oder in einer elektrolytischen Spannungsquelle der ohmsche Widerstand des Elektrolyten. Diese Verluste werden rechnerisch im sog. Innenwiderstand R_i zusammengefasst, der in Reihe zur idealen Spannungsquelle U_0 eingefügt wird. Nebenstehend ist das elektrische Ersatzschaltbild der realen Spannungsquelle.

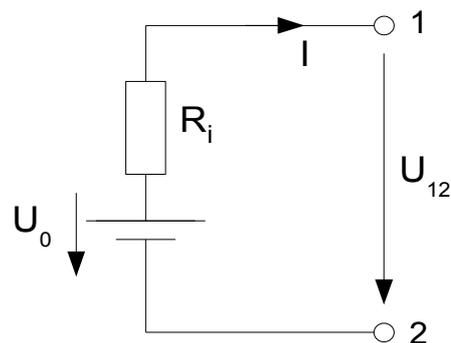


Abb. 1: Ersatzschaltung Spannungsquelle.

Die Klemmenspannung U_{12} ist abhängig vom Strom

I , da dieser am Innenwiderstand R_i einen Spannungsabfall U_{Ri} mit $U_{Ri} = R_i \cdot I$ verursacht.

Für die reale Spannungsquelle gilt somit: $U_{12} = U_0 - U_{Ri}$

==> **Klemmenspannung** $U_{12} = U_0 - R_i \cdot I$

Dies ist eine Geradengleichung: negative Steigung und Verschiebung in +U-Richtung.

Je größer der Strom I ist, den die Quelle liefern muss, desto kleiner die Klemmenspannung U_{12} . „Klemmenspannung geht bei Belastung in die Knie.“

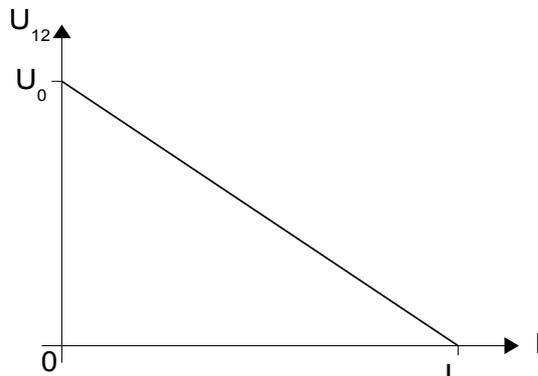


Abb. 2: Kennlinie einer Spannungsquelle.

Die Steigung der Kennlinie als auch der Kurzschlussstrom I_K sind abhängig von der Größe des Innenwiderstands R_i . Je kleiner der Innenwiderstand desto weniger Verluste in der Spannungsquelle und desto idealer ihr Verhalten.

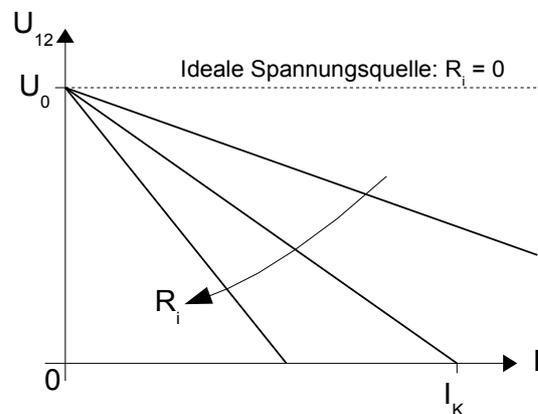


Abb. 3: Kennlinienabhängigkeit von R_i

Bestimmung der Kennlinie:

1. Messen der Leerlaufspannung $\Rightarrow U_{12} = U_0$
2. Bestimmen des Kurzschlußstrom I_K
 - direktes Messen durch Kurzschließen der Klemmen, wenn keine Zerstörung der Spannungsquelle (wie z. B. bei Batterien) durch zu hohen Strom zu erwarten ist;
 - durch Aufnahme zweier Betriebspunkte und mathematische Berechnung der Geraden (Kennlinie). Über die Schnittpunkte mit den beiden Achsen erhält man die Leerlaufspannung (sofern nicht schon direkt gemessen) und den Kurzschlusstrom.

Aus der Kennlinie (Steigung) bzw. aus der Leerlaufspannung und dem Kurzschlusstrom $I_K = \frac{U_0}{R_i}$ erhält man den Innenwiderstand:

\Rightarrow **Innenwiderstand** $R_i = \frac{U_0}{I_K}$ (innerer Spannungsverlustwiderstand)

Bsp.: Nichtlineare Kennlinie einer Brennstoffzelle:

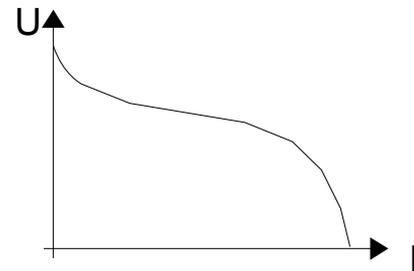


Abb. 4: Kennlinie einer Brennstoffzelle.

1.3. Ohmscher Spannungsteiler als Spannungsquelle

Werden kleinere Gleichspannungen als vorhanden benötigt, erzeugt man diese oft mittels ohmschem Spannungsteiler aus größeren (vorhandenen) Gleichspannungen. Die Ausgangsspannung eines ohmschen Spannungsteilers ist immer kleiner als seine Eingangsspannung.

Ausführungsformen von Spannungsteilern mit variablem Verhältnis $k = \frac{R_2}{R} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

(links: Drehpotenziometer, rechts: Linearpotenziometer)

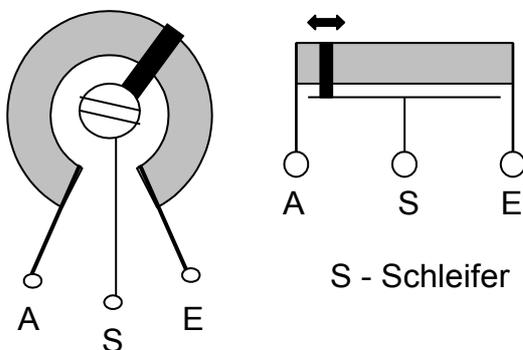


Abb. 6: Ausführungsformen von Potenziometern.

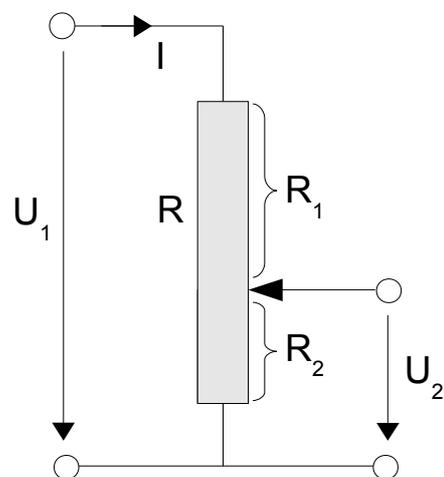


Abb. 5: Schaltbild Potenziometer

Ein Spannungsteiler mit festem Verhältnis k wird in der Regel aus zwei Einzelwiderständen aufgebaut:

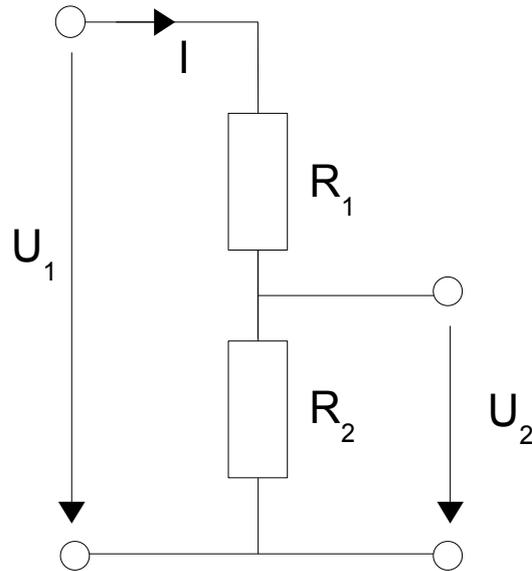


Abb. 7: Spannungsteiler mit Festwiderständen.

1.3.1. Unbelasteter Spannungsteiler

Wird an den Ausgangsklemmen kein Verbraucher angeschlossen spricht man von einem unbelasteten Spannungsteiler.

Bei einem veränderlichen Potenziometer mit $R = R_1 + R_2$ ist damit die Ausgangsspannung direkt proportional zur Schleiferstellung k .

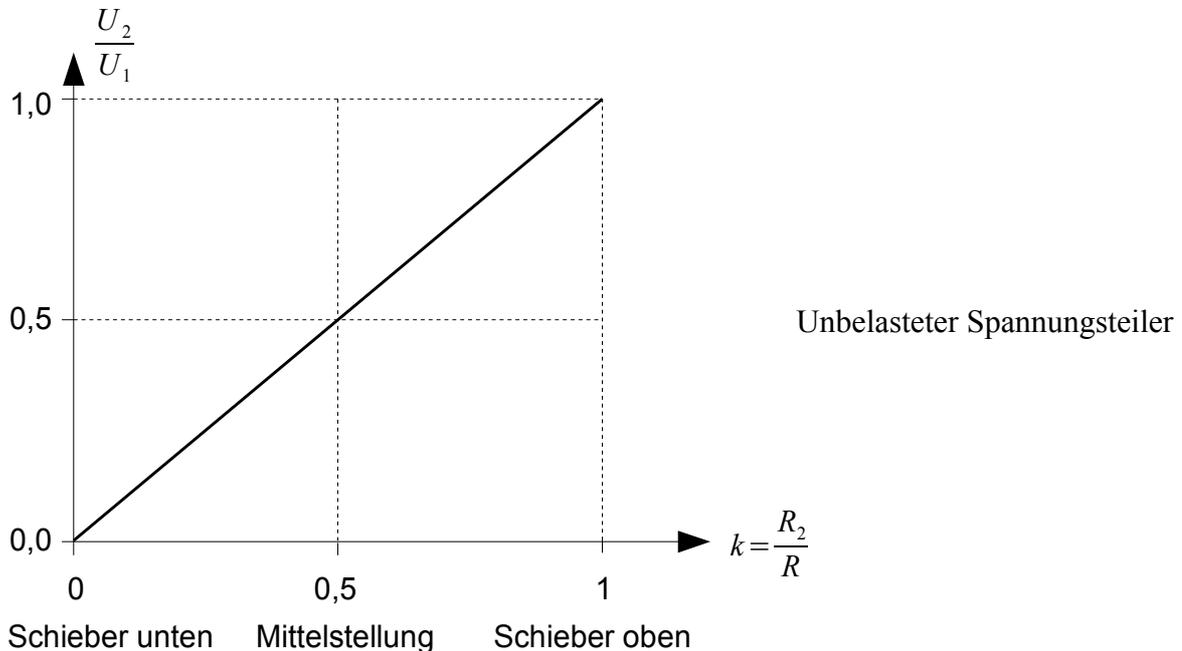


Abb. 8: Potenziometerausgangsspannung in Abhängigkeit von der Schieberstellung.

Bei der Lösung der folgenden vorbereitenden Aufgaben sowie der Darstellung Ihrer Labor-Messwerte wäre der Einsatz eines Rechners mit entsprechendem Programm (Excel, Open Office, Matlab, etc.) sinnvoll.

Aufgabe I.1

- Leiten Sie die Ausgangsspannung des unbelasteten Spannungsteilers in Abhängigkeit von U_1 , R_1 und R_2 her.
- Formen Sie Ihr Ergebnis mit $k = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ um und geben Sie die Ausgangsspannung des unbelasteten Spannungsteilers in Abhängigkeit von U_1 und k an.
- Ermitteln Sie die Ersatzspannungsquelle des Spannungsteilers, d. h. ihre Ausgangsklemmen-Leerlaufspannung, ihren Kurzschlussstrom und ihren Innenwiderstand in Abhängigkeit von U_1 , k und R .
- Erstellen Sie ein Diagramm, in dem Sie den normierten Innenwiderstand $\frac{R_i}{R}$ der Ersatzspannungsquelle über $k = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ auftragen.

I.3.2. Belasteter Spannungsteiler

Wird am Ausgang des Spannungsteilers ein Verbraucher (Last) R_L angeschlossen, entspricht dies einer Parallelschaltung von R_L zum Spannungsteilerwiderstand R_2 . Der Spannungsteiler wird niederohmiger und damit der Strom I größer.

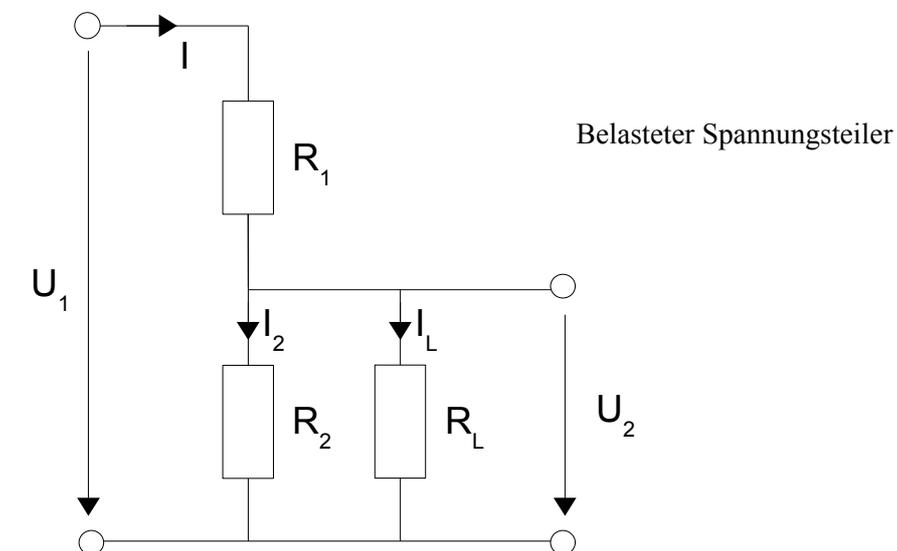


Abb. 9: Spannungsteiler als Spannungsquelle

Der Strom I teilt sich auf in die beiden Teilströme I_2 und I_L . Durch den Verbraucher R_L fließt der Teilstrom I_L .

Die am Verbraucher umgesetzte Leistung ist somit $P_L = U_2 \cdot I_L$

Aufgabe 1.2

- a) Leiten Sie den Strom I des belasteten Spannungsteilers in Abhängigkeit von U_1 , R_1 , R_2 und R_L her.
- b) Bestimmen Sie den Strom I_L durch R_L in Abhängigkeit von U_1 , dem Lastwiderstand R_L und dem Verhältnis $k = \frac{R_2}{R} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$.
- c) Leiten Sie die Ausgangsspannung U_2 des belasteten Spannungsteilers in Abhängigkeit von U_1 , dem Verhältnis $k = \frac{R_2}{R} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ und dem Lastwiderstand R_L her.
- d) Ermitteln Sie die im Lastwiderstand R_L umgesetzte Leistung $P_L = U_2 \cdot I_L$ in Abhängigkeit von U_1 , dem Verhältnis $k = \frac{R_2}{R} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ und dem Lastwiderstand R_L .
- e) Erstellen Sie ein Diagramm, in dem Sie die normierte Ausgangsspannung $\frac{U_2}{U_1}$ in Abhängigkeit vom Verhältnis $k = \frac{R_2}{R}$ für die Bedingungen $\frac{R_L}{R} \rightarrow \infty$ und $\frac{R_L}{R} = 10$ auftragen.

I.4. Versuche Spannungsteiler als Spannungsquelle

Gleichspannungsversorgung: $U_1 = 10V$ (Netzteil)

Bauteile: - Spannungsteiler: $R = 10k\ \Omega$ Potenziometer mit ablesbarer Einstellung

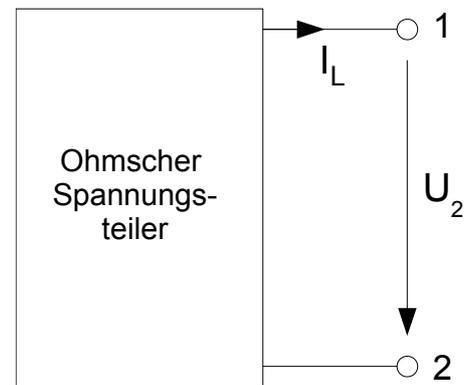
- Lastwiderstand: R_L Widerstandsdekade, einstellbar von $0\ \Omega$ und $999,999\ k\Omega$

Versuch I.1:

Betrachten Sie den Spannungsteiler als Spannungsquelle, die den Widerstand R_L mit elektrischer Leistung versorgt.

Wählen Sie für den Faktor $k = \frac{R_2}{R}$, d. h. die Potenziometerstellung, die von $0,0 \dots 1,0$ (bzw. $0 \dots 100\%$) einstellbar ist, nacheinander:

- $k = 0,25$
- $k = 0,5$



Ermitteln Sie für a) und b) die zwei Ausgangskennlinien des Spannungsteilers, d. h. $I_L = f(U_2)$. Ermitteln Sie hierzu die Leerlaufspannungen $U_{2\text{Leer}}$, die Kurzschlussströme I_K und den jeweiligen Innenwiderstand R_i . Um die Linearität der Kennlinie zu bestätigen bzw. zu überprüfen, nehmen Sie noch zwei konkrete Arbeitspunkte auf. D. h. Sie wählen zwei geeignete Lastwiderstandswerte $0 \ll R_L \ll \infty$ und messen jeweils den fließenden Strom und die Klemmenspannung.

Abb. 10: Spannungsteiler als Spannungsquelle mit Ausgangsklemmen.

Tragen Sie die zwei Kennlinien in ein Diagramm ein.

Versuch I.2:

Ermitteln Sie für $k = 0,5$ folgende Abhängigkeit: $\frac{P_L}{U_{2\text{Leer}} \cdot I_K} = f\left(\frac{R_L}{R_i}\right)$

Hierfür variieren Sie R_L und messen jeweils U_2 und I_L .

Erstellen Sie das entsprechende Diagramm.

Versuch I.3:

Variieren Sie den Faktor $k = \frac{R_2}{R}$, der von $0,0 \dots 1,0$ (bzw. $0 \dots 100\%$) einstellbar ist, und nehmen Sie für die 3 Lastwiderstände a) $R_L = 1\ k\Omega$ b) $R_L = 10\ k\Omega$ c) $R_L = \infty$, d. h. Leerlauf, jeweils folgende Zusammenhänge auf:

- $U_2 = f(k)$
- $I_L = f(k)$

Berechnen Sie daraus die im Lastwiderstand umgesetzte Leistung $P_L = f(k)$.

Erstellen Sie die drei Diagramme: $\frac{U_2}{U_1} = f(k)$, $I_L = f(k)$ und $P_L = f(k)$, in denen Sie die jeweiligen Kurvenscharen eintragen.

2. Solarzellen-Panel

2.1. Solarzelle als Spannungsquelle

Eine Solarzelle besteht wie eine Diode aus einem pn-Übergang (oder auch pin-Übergang), der jedoch großflächig ist. In der Sperrschicht werden durch Photonen genügend hoher Energie Elektron-Loch-Paare generiert. Unter dem Einfluss des in der Sperrschicht bestehenden elektrischen Feldes sammeln sich die Löcher im p-leitenden Material (bei Silizium-Solarzellen im p-Si) und die erzeugten Elektronen im n-leitenden Material (bei Silizium im n-Si).

Diese durch Lichtenergie erzeugte Ladungsträger-trennung bewirkt an den beiden Anschlüssen der Solarzelle eine Fotospannung

$$U_{AB}$$

Wird zwischen die beiden Anschlüsse ein elektrischer Verbraucher geschaltet, so fließt je nach elektrischem Verbraucherwiderstand der Fotostrom I_{Foto} .

Bitte noch eintragen!

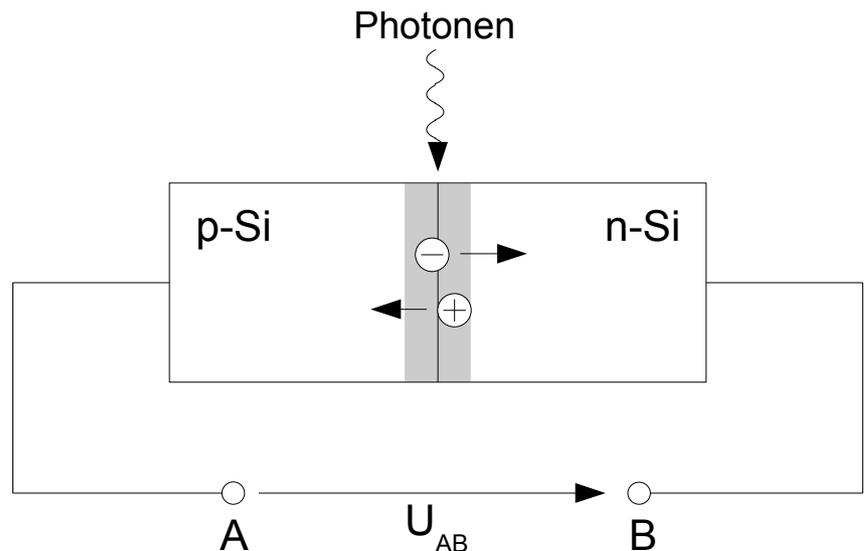


Abbildung 11: Prinzip der Solarzelle bzw. Fotodiode.

Da eine einzelne Solarzelle eine Leerlaufspannung von weniger als 0,7 V besitzt - sie ist ja schließlich eine Halbleiterdiode -, werden mehrere Solarzellen in Reihe geschaltet, um eine höhere Klemmenspannung zu erhalten. Diese Anordnung wird Solarzellen-Panel genannt. Ebenso werden Solarzellen-Panels parallel geschaltet um höhere Ströme zu erhalten.

Bitte den Fotostrom noch eintragen!

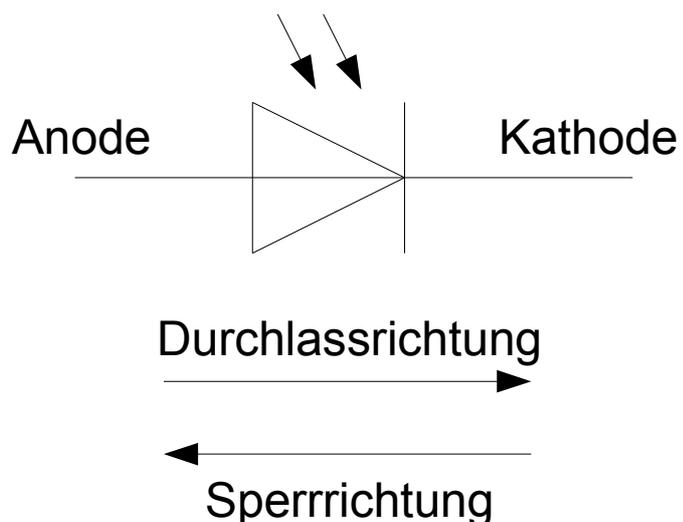


Abbildung 12: Schaltsymbol einer Solarzelle bzw. Fotodiode.

2.2. Versuche Solarzelle als Spannungsquelle

Gleichspannungsversorgung für Halogenlampe: $U = 12\text{ V}$ bzw. $U = 8\text{ V}$ (Netzteil)

Bauteile:

- Solarzellen-Panel:
- Verbraucherwiderstand R : Widerstandsdekade ($0\ \Omega$ und $999,999\ \text{k}\Omega$)

Im Versuchsaufbau kann das vorliegende Solarzellen-Panel mit einer $12\text{ V} / 20\text{ W}$ Niedervolt-Halogenlampe aus einem konstanten Abstand von ca. 18 cm beleuchtet werden. Dadurch wird das Solarzellen-Panel etwa gleichmäßig beleuchtet. Die Halogenlampe kann direkt an ein Labornetzgerät angeschlossen werden. Die Versorgungsspannung der Halogenlampe darf 12 V nicht überschreiten.

Das Erstellen der Kennlinien könnten Sie prinzipiell von Hand und auf Papier machen. Professioneller ist jedoch der Einsatz des Labor-PCs oder eines eigenen Net- oder Notebooks mit entsprechender Software (Excel, Open Office, Matlab, etc.).

Versuch 2.1:

Beleuchten Sie das Solarzellen-Panel mit der Halogenlampe. Versorgungsspannung ist 12,0 V.

- Wie viel Strom fließt durch die Halogenlampe?
- Welche elektrische Leistung nimmt die Halogenlampe auf?

Versuch 2.2:

Betrachten Sie nun das beleuchtete Solarzellen-Panel als Spannungsquelle, die den Widerstand R mit elektrischer Leistung versorgt.

- Nehmen Sie die Spannungsquellen- bzw. Stromquellen-Ausgangskennlinie des Solarzellen-Panels auf, d. h. $I_{Foto} = f(U_{AB})$.

Dazu benötigen Sie die Klemmenspannung U_{AB} in Abhängigkeit vom Strom I_{Foto} oder umgekehrt. Erstellen Sie das dazugehörige Diagramm. Da die Kennlinie nichtlinear ist, achten Sie darauf, dass Sie in den entsprechenden Kennlinienbereichen genügend viele Messpunkte haben.

- Wie groß sind Leerlaufspannung und Kurzschlussstrom Ihres Solarzellen-Panels?
- Tragen Sie die am Verbraucher R umgesetzte elektrische Leistung über dem zu variierenden Verbraucher R auf, d. h. $P = f(R)$.
- Für welchen Verbraucherwiderstand ist die vom Solarzellen-Panel abgegebene Leistung maximal?
- Tragen Sie den Arbeitspunkt maximaler Leistung in die Ausgangskennlinie des Solarzellen-Panels bei dieser Beleuchtung ein.
- Wie groß ist bei dieser Beleuchtung der sog. Füllfaktor des Panels: $f = \frac{P_{el, max}}{U_{leer} \cdot I_K}$

Versuch 2.3:

Als Versorgungsspannung der Halogenlampe wählen Sie nun 8,0 V.

- Mit der jeweiligen Beleuchtungsstärke bestimmen Sie die elektrische Aufnahmeleistung der Halogenlampe und wiederholen Sie die Teile a) f) des Versuchs 2.2.

Tragen Sie die neue Ausgangskennlinie, d. h. $I_{Foto} = f(U_{AB})$, sowie die neue Funktionen $P = f(R)$ in das jeweilige Diagramm des Versuchs 2.2.

- Sie kennen die elektrische Leistungsaufnahme der Halogenlampe.

Wie groß sind die Wandlungswirkungsgrade bei Leistungsanpassung, d. h. die jeweils maximale Leistungsabgabe des Solarzellen-Panels bezogen auf die Leistungsaufnahme der beleuchtenden Halogenlampe bei 8 V und 12 V.

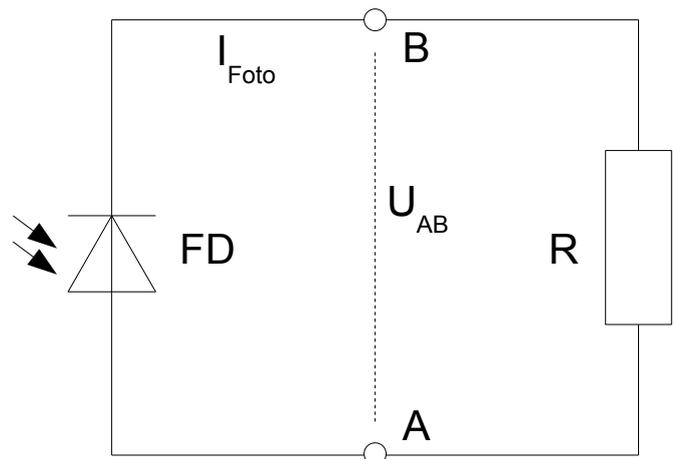


Abb.13: Solarzelle mit Verbraucherwiderstand.

3. Veränderlicher Temperaturwiderstand

Metall oder Halbleiterwiderstände zeigen eine Temperaturabhängigkeit ihres Widerstandswerts, wobei Metalle mit zunehmender Temperatur hochohmiger werden, während bei Halbleiterwiderständen je nach Dotierung der Widerstand mit steigender Temperatur zunimmt (Kaltleiter, PTC) oder abnimmt (Heißleiter, NTC).

3.1. Passive Auswerteschaltungen

Um die Änderung eines Widerstands zu messen, können z. B. folgende drei passive Schaltungen eingesetzt werden:

3.1.1. Messung des Stroms durch $R(T)$

Messung des Stroms durch den z. B. temperaturabhängigen Widerstand $R(T)$ bei konstanter Spannung (vgl. Abb. 14):

Der Strom durch $R(T)$ fällt mit steigendem Wert des Messwiderstands.

Bei genügend hochohmigem Wert von $R(T)$ ist der Innenwiderstand des Strommessers vernachlässigbar.

Frage: Welche Messfehler treten hier systematisch auf?

3.1.2. Halbbrücke oder Spannungsteiler

Der Messwiderstand ist Teil einer Halbbrücke bzw. eines Spannungsteilers an konstanter Spannungsversorgung (vgl. Abb. 15). Der obere Widerstand ist hier der temperaturabhängige Halbleiterwiderstand $R(T)$.

Der untere Widerstand R_4 ist hier ein variabler Widerstand, der so abgeglichen wird, dass bei Referenzbedingung (z. B. Raumtemperatur oder $0\text{ }^\circ\text{C}$) zwischen beiden Widerständen genau die halbe Versorgungsspannung gemessen wird.

Ausgewertet wird die zwischen beiden Widerständen gegen Masse gemessene Spannung U_{AB} .

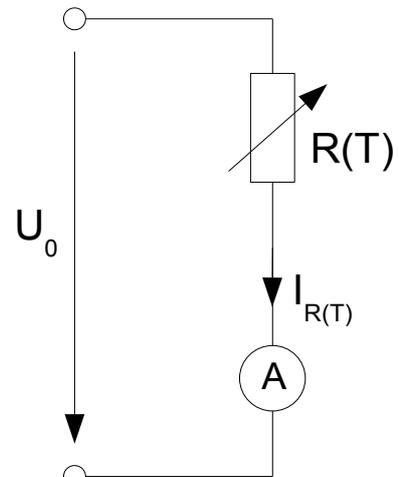


Abb. 14: Messung des Stroms durch $R(T)$ bei konst. Spannung.

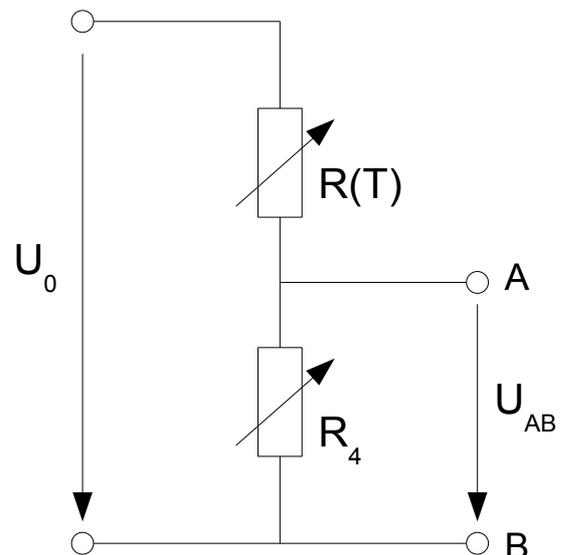


Abb. 15: Messwiderstand als Teil eines Spannungsteilers.

3.1.3. Wheatstone-Brücke mit einem veränderlichen Widerstand

Diese Brückenschaltung (sog. Vollbrückenschaltung) besteht aus zwei sog. Halbbrücken. In untenstehender Abb. 16 besteht der linke Zweig aus R_1 und R_2 . Im rechten Zweig sind der Messwiderstand $R(T)$ und der zum Abgleich variable Widerstand R_4 .

Gemessen wird die sog. Brückenspannung U_{AB} zwischen den Mittenabgriffen beider Zweige.

Der variable Widerstand R_4 , der theoretisch an beliebiger Stelle sitzen könnte, wird so abgeglichen, dass bei Referenzbedingungen (z. B. Raumtemperatur oder $0\text{ }^\circ\text{C}$) die sog. Brückenspannung $U_{AB} = 0\text{ V}$ beträgt, bzw. ein Strom zwischen A und B null ist. Je nach Position und Änderungsrichtung des veränderlichen Widerstands $R(T)$ bewirkt eine (z. B. Temperatur bedingte) Änderung des Widerstands $R(T)$ eine negative oder positive Brückenspannung, d. h. $U_{AB} \neq 0\text{ V}$.

Wheatstone-Brücken werden einerseits als sog. Messbrücken mit bis zu vier veränderlichen Messwiderständen (dann je zwei mit gegensinniger Veränderung) eingesetzt, um z. B. Temperaturen (temperaturabhängige Widerstände), oder Drücke, Kräfte bzw. Beschleunigungen (Dehnungsmessstreifen-Widerstände) zu messen.

Andererseits werden Wheatstone-Brücken als sog. Abgleich-Brücken zur Bestimmung von unbekanntem – auch komplexen - Widerständen eingesetzt.

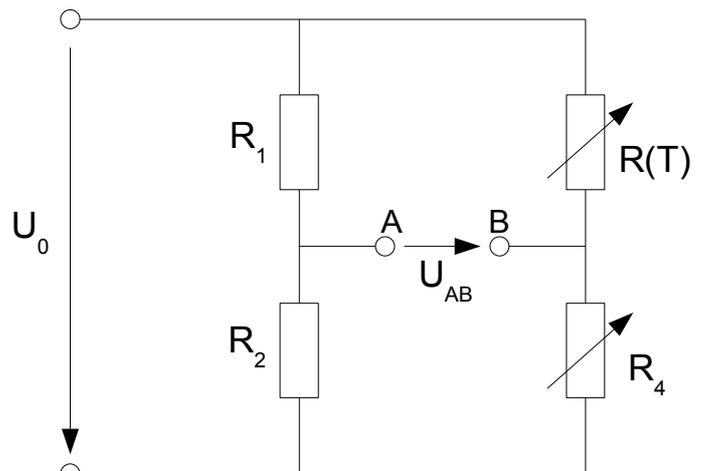


Abb. 16: Wheatstone-Brücke mit einem veränderlichen Messwiderstand $R(T)$.

3.2. Versuche veränderlicher Temperaturwiderstand

Gleichspannungsversorgung: $U_0 = 3,0 V$ bzw. $U_0 = 1,5 V$ (Netzteil)

Bauteile:

- Halbleiter-Temperaturwiderstand $R(T)$
- veränderlicher Widerstand R_4 : Widerstandsdekade (0Ω und $999,999 k\Omega$)
- feste Zweigwiderstände R_1 und R_2 , je $R = 1,1 k\Omega$

Versuch 3.1: Strommessung durch $R(T)$

Wählen Sie als Versorgungsspannung $U_0 = 1,5 V$.

Schließen Sie wie in Abb. 14 dargestellt einen Strommesser an.

a) Messung bei Raumtemperatur

Messen Sie den Strom durch $R(T)$. Warten Sie bis er sich „beruhigt“ hat.

Überprüfen Sie Sie dabei die Versorgungsspannung.

Berechnen Sie den Widerstandswert des Halbleiterwiderstands $R(T)$ bei Raumtemperatur.

Warum dauert es eine Weile bis nach Anschalten der Spannungsversorgung der Strom konstant ist?

b) Messung bei ca. $36^\circ C$

Wiederholen Sie die Messungen von a) , während Sie den Halbleiterwiderstand $R(T)$ mit der Hand oder den Fingern auf ca. $36^\circ C$ bringen.

Berechnen Sie den Widerstandswert des Halbleiterwiderstands $R(T)$ bei ca. $36^\circ C$.

Um wie viel Prozent hat sich der Wert des Halbleiterwiderstands verändert?

Können Sie eine Aussage darüber machen, ob es sich um einen PTC- oder NTC-Temperaturwiderstand handelt?

Versuch 3.2: Halbbrücke

Wählen Sie als Versorgungsspannung $U_0 = 3,0 V$. Bauen Sie die Schaltung nach Abb. 15 auf.

a) Messung bei Raumtemperatur

Stellen Sie den Widerstand R_4 so ein, dass sich an R_4 der Spannungsabfall $U_{AB} = 1,50 V$ einstellt. Evtl. müssen Sie nach ein paar Minuten nachjustieren. Überprüfen Sie die Versorgungsspannung.

b) Messung bei ca. 36°C

Nun erwärmen Sie den Widerstand $R(T)$ wie im vorigen Versuch auf ca. 36 °C . Messen Sie die Spannung U_{AB} .Warten Sie bis sich diese Spannung „beruhigt“ hat.

Um wie viel Prozent hat sich die Messspannung U_{AB} bei der Temperaturerhöhung auf 36 °C verändert.

Ohne den Strom durch $R(T)$ zu messen bestimmen Sie aus den gemessenen Werten die beiden Widerstandswerte von $R(T)$ bei Raumtemperatur und bei ca. 36°C.

Versuch 3.3: Wheatstone-Ausschlagmessbrücke – Auswertung der Brückenspannung

Wählen Sie als Versorgungsspannung $U_0=3,0V$. Bauen Sie die Schaltung nach Abb. 16 auf.

a) Messung bei Raumtemperatur

Stellen Sie den Widerstand R_4 so ein, dass sich eine Brückenspannung von $U_{AB}=0,0V$ einstellt. Eventuell müssen Sie nach ein paar Minuten nachjustieren. Überprüfen Sie parallel die Versorgungsspannung U_0 .

Messen Sie die Spannung am Punkt A gegen Masse.

Sind die beiden Widerstände R_1 und R_2 gleich groß?

b) Messung bei ca. 36°C

Nun erwärmen Sie den Widerstand $R(T)$ wie im vorigen Versuch auf ca. 36 °C . Messen Sie die Spannung U_{AB} . Warten Sie, bis sich diese Spannung „beruhigt“ hat.

Wie hat sich die Brückenspannung U_{AB} verändert?

Was ist der große Vorteil dieser Messschaltung, wenn sehr kleine Widerstandsänderungen vorliegen?

Bestimmen Sie ohne zu messen den Widerstand von $R(T)$ bei Raumtemperatur.

Versuch 3.4: Wheatstone-Abgleichbrücke – Abgleich der Brückenspannung

Wie sie wissen, kann eine Wheatstone-Brücke auch zur Bestimmung von unbekanntem Widerständen eingesetzt werden. Dies tun Sie nun. Dieser Versuch hat den gleichen Aufbau wie der letzte, sodass Sie die Schaltung von Versuch 3.3 übernehmen können.

Wählen Sie als Versorgungsspannung $U_0=3,0V$.

a) Messung des Temperaturwiderstandswerts bei Raumtemperatur

Stellen Sie den Widerstand R_4 so ein, dass sich eine Brückenspannung von $U_{AB}=0,0V$ einstellt.

Eventuell müssen Sie nach ein paar Minuten nachjustieren. Überprüfen Sie parallel die Spannung U_A . Sie sollte genau $U_0/2$ sein. Falls nicht, notieren Sie das Verhältnis U_A/U_0 .

Falls $U_A/U_0=1/2$ können Sie direkt durch Ablesen an der Widerstandsdekade den Wert des Widerstands $R(T)$ bei Raumtemperatur ablesen.

Wie müssen Sie den abgelesenen Wert korrigieren, falls $U_A/U_0 \neq 1/2$?

b) Messung des Temperaturwiderstandswerts bei ca. 36°C

Bringen Sie wie in den vorangegangenen Versuchen beschrieben den Temperaturwiderstand $R(T)$ auf ca. 36 °C und halten Sie ihn auf dieser Temperatur.

Gleichen Sie durch Variation des bekannten, da ablesbaren, Widerstandswerts der Widerstandsdekade

R_4 die Brückenspannung wieder auf den Wert $U_{AB}=0,0V$. Und bestimmen Sie wie im Teil a) den unbekanntem Wert des Temperaturwiderstands $R(T)$ bei ca. 36 °C.

c) Vergleichen Sie die gemessenen Werte mit den in den Versuchen 3.2 – 3.3 ermittelten Werten.