

Aufgabe

Untersuche das Verhalten einer Solarzelle bei Beleuchtung.

Material

Steckplatte	06033.00	1
Leitungsbaustein	39120.00	2
Universalhalter	39115.02	2
Lampenfassung E10	17049.00	1
Glühlampe 6 V/0,5 A E10, 1 St. aus	35673.03	(1)
Potentiometer 250 Ω	39103.21	1
Solarzelle 0,5 V, 0,3 A	06752.11	1
Verbindungsleitung, 25 cm, rot	07313.01	2
Verbindungsleitung, 25 cm, blau	07313.04	2
Verbindungsleitung, 50 cm, rot	07314.01	1
Verbindungsleitung, 50 cm, blau	07314.04	1
Vielfachmessinstrument	07028.01	2
Netzgerät 0...12 V-, 6 V~, 12 V~	13505.93	1

ab 0,40 V jeweils um 0,01 V erhöht; jeweilige Stromstärke messen und Messwerte für U und I in Tabelle 1 notieren

- Einen Leitungsbaustein entfernen und Spannung bei $I = 0$ A messen; Werte für U und I in Tabelle 1 eintragen
- Leitungsbaustein wieder einsetzen und Potentiometer auf 0 stellen
- Glühlampe auf Position 2 platzieren und alle Messungen unter den somit veränderten Bedingungen wiederholen; Messwerte in Tabelle 2 eintragen
- Netzgerät ausschalten

Messwerte

Tabelle 1: 1. Messreihe

U/V	I/mA	P/mW	R/Ω

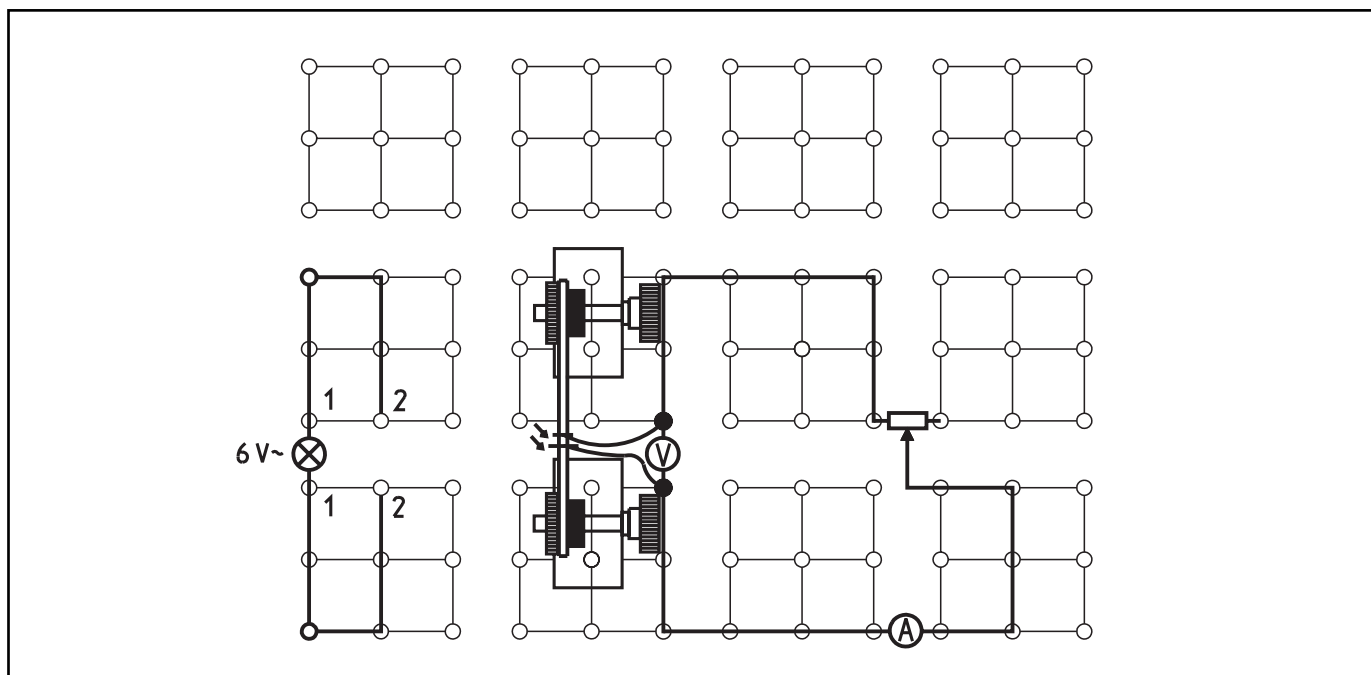
Tabelle 2: 2. Messreihe

U/V	I/mA	P/mW	R/Ω

Aufbau und Durchführung

- Versuch entsprechend Abb. 1 aufbauen; die Solarzelle an einer Seite in den Universalhalter klemmen und mit der anderen Seite auf einem Leitungsbaustein aufliegen lassen; Potentiometer ist als regelbarer Widerstand geschaltet; Glühlampe zunächst auf Position 1 platzieren
- Messbereiche 1 V- und 30 mA- wählen
- Glühlampe an die Buchsen für 6 V~ anschließen und Netzgerät einschalten
- Potentiometer zunächst auf 0 stellen, d. h. die Solarzelle maximal belasten; Spannung U und Stromstärke I messen und Messwerte in Tabelle 1 eintragen
- Potentiometer-Einstellung schrittweise so verändern, dass sich die Spannung ab 0,20 V jeweils um 0,05 V,

Abb. 1



Auswertung

1. Stelle den Zusammenhang zwischen der Spannung U und der Stromstärke I für beide Messreihen in Abb. 2 grafisch dar.
2. Berechne für alle Wertepaare von U und I in den Tabellen 1 und 2 die elektrische Leistung $P = U \cdot I$ der Solarzelle und trage die Ergebnisse in die dritten Spalten ein.
3. Berechne für alle Wertepaare von U und I auch den Lastwiderstand R und trage die Ergebnisse in die vierten Spalten ein.
4. Stelle die elektrische Leistung P der Solarzelle als Funktion des Lastwiderstandes R für beide Messreihen in Abb. 3 grafisch dar.
5. Die Spannung, die an der unbelasteten Solarzelle (bei $I = 0$ A) gemessen wird, heißt Leerlaufspannung U_0 . Wie groß ist U_0 in den beiden Fällen?

6. Die Stromstärke, die bei kurzgeschlossener Solarzelle (theoretisch bei $U = 0$ V) gemessen wird, heißt Kurzschlussstromstärke I_k .
 - a) Warum ist die Spannung an der Solarzelle größer als 0 V, wenn das Potentiometer auf 0 gestellt ist?

- b) Bestimme die Kurzschlussstromstärke I_k anhand der beiden Messkurven (Abb. 2) durch Extrapolieren.

7. Wie verändern sich Kurzschlussstromstärke I_k und Leerlaufspannung U_0 , wenn sich die Beleuchtungsstärke ändert?

8. Aus dem Verlauf der Graphen in der Abb. 3 ist zu erkennen, dass die elektrische Leistung P der Solarzelle in jedem der beiden untersuchten Fälle ein Maximum hat.
 - a) Welcher Zusammenhang besteht offenbar zwischen dem erreichbaren Maximum der Leistung der Solarzelle und der Beleuchtungsstärke?

- b) Wie groß sind die beiden im Versuch erreichten Leistungsmaxima?

Abb. 2

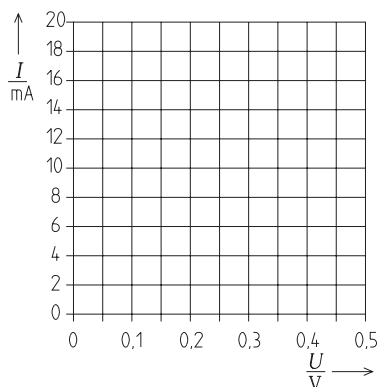
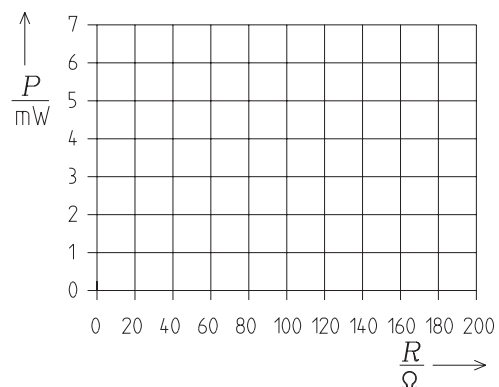


Abb. 3



(Wie kann man Licht in elektrische Energie umwandeln?)

Bei der Erschließung alternativer, nicht fossiler Energiequellen spielt die Solarzelle eine wesentliche Rolle. Sie wandelt unmittelbar Lichtenergie in elektrische Energie um und stellt daher für spezielle Anwendungsbereiche die günstigste Lösung dar.

Durch die Untersuchung der elektrischen Kenngrößen der Solarzelle sollen die Schüler das Grundprinzip der Umwandlung von Lichtenergie in elektrische Energie kennen lernen. Weiterhin werden am Beispiel der Solarzelle die Eigenschaften und das Verhalten eines aktiven Zweipols und sein Belastungsverhalten deutlich. Besonders wichtig ist hierbei neben der Klärung der Kenngrößen Leerlaufspannung und Kurzschlussstromstärke die Betrachtung über die maximal nutzbare Leistung.

Hinweise zu Aufbau und Durchführung

Als Lastwiderstand wird ein Potentiometer von 250 Ω gewählt. Beim Einsetzen des Potentiometers (s. Abb. 1) sollte darauf geachtet werden, dass der linke Teil des Widerstandes, der dem Anzeigewert des Potentiometerstellknopfes entspricht, im Stromkreis liegt.

Der Innenwiderstand des Strommessers ist bei diesem Versuch nicht vernachlässigbar. Daher sollte der Messbereich nicht kleiner als 30 mA sein. Wird das Potentiometer auf Null gestellt, so ist die gemessene Spannung nicht 0 V. Bei Verkleinerung des Messbereichs auf 3 mA steigt die Spannung noch weiter an. Die Kurzschlussstromstärke lässt sich aber durch Extrapolieren der Messkurve bestimmen.

Die Beleuchtungsstärke wird durch Veränderung der Stellung der Glühlampe variiert. Während der beiden Messreihen muss diese Stellung jeweils unverändert bleiben!

Messwerte

Tabelle 1: 1. Messreihe

U/V	I/mA	P/mW	R/ Ω
0,11	9,8	1,1	11
0,20	9,7	1,9	21
0,25	9,5	2,4	26
0,30	9,3	2,8	32
0,35	8,7	3,0	40
0,40	7,3	2,9	55
0,41	6,9	2,8	59
0,42	6,0	2,5	70
0,43	5,3	2,3	81
0,44	4,1	1,8	107
0,45	2,6	1,2	173
0,46	0,0	0,0	-

Tabelle 2: 2. Messreihe

U/V	I/mA	P/mW	R/ Ω
0,20	17,7	3,5	11
0,25	17,5	4,4	14
0,30	17,2	5,2	17
0,35	16,7	5,8	21
0,40	15,0	6,0	27
0,41	14,5	5,9	28
0,42	13,8	5,8	30
0,43	12,8	5,5	34
0,44	11,0	4,8	40
0,45	9,0	4,0	50
0,46	7,4	3,4	62
0,47	4,7	2,2	100
0,48	0,0	0,0	-

Auswertung

- Vgl. Abb. 2.
- Vgl. Tabellen 1 und 2, Spalte 3.
- Vgl. Tabellen 1 und 2, Spalte 4.
- Vgl. Abb. 3.
- $U_{01} = 0,46$ V; $U_{02} = 0,48$ V
- a) Der Strommesser stellt einen elektrischen Widerstand dar. Deshalb wird kein völliger Kurzschluss erreicht.
b) $I_{K1} = 9,8$ mA; $I_{K2} = 17,8$ mA
- Die Kurzschlussstromstärke I_K wird größer, wenn die Beleuchtungsstärke zunimmt.
Die Leerlaufspannung U_0 ist fast unabhängig von der Beleuchtungsstärke.
- a) Je größer die Beleuchtungsstärke ist, umso größer ist das erreichbare Leistungsmaximum.
b) $P_{max1} = 3,0$ mW; $P_{max2} = 6,0$ mW

Abb. 2

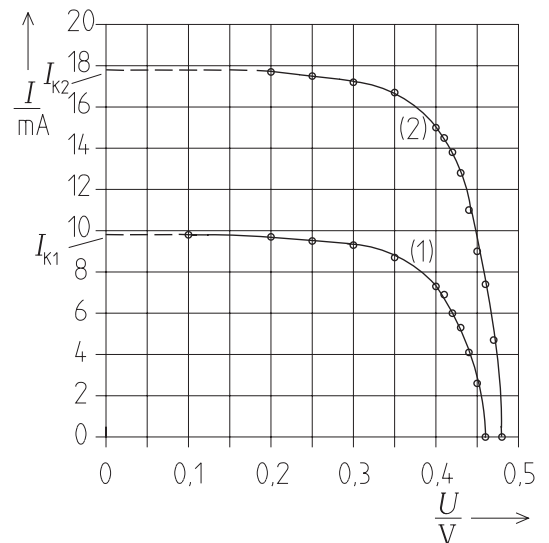
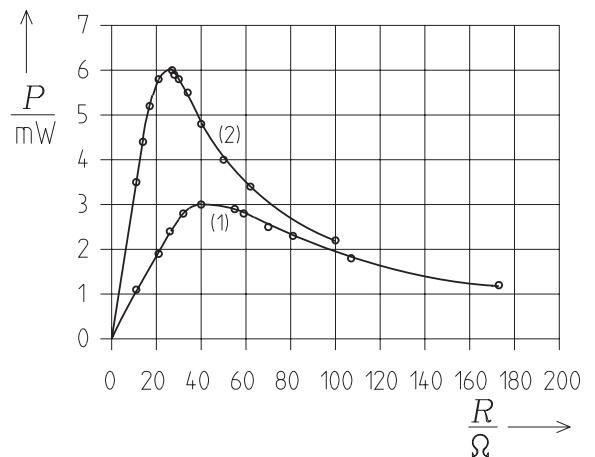


Abb. 3



(Wie kann man Licht in elektrische Energie umwandeln?)

Anmerkungen

Die Leerlaufspannung einer Solarzelle beträgt etwa 0,5 V; ihr Innenwiderstand nimmt ab, wenn die Beleuchtungsstärke zunimmt. Der Innenwiderstand ist aber bei gegebener Beleuchtungsstärke nicht konstant, sondern von der Belastung abhängig. Bei konstantem Innenwiderstand würde sich als Strom-Spannung-Kennlinie (Abb. 2) eine Gerade mit negativer Steigung zwischen I_K auf der I -Achse und U_0 auf der U -Achse ergeben.

Den Fall maximaler Leistungsabgabe nennt man den Anpassungsfall.

Bei Veränderung der Beleuchtungsstärke ändert sich der Innenwiderstand der Solarzelle und damit ihr Belastungsverhalten.

In Deutschland kann man unter günstigen Bedingungen mit einer Leistung des eingestrahltten Sonnenlichts von 1000 W/m^2 rechnen. Die mit Solarbatterien erreichbare Leistung hängt dann vom Wirkungsgrad (10 ... 15 %) ab.

Bei einer Gegenüberstellung der Energiegewinnungsarten sollten auch Nachteile in den Vergleich einbezogen wer-

den. So ist beispielsweise der Energieaufwand für die Herstellung der Solarzellen sehr hoch. Es treten auch große Umweltprobleme bei der Entsorgung durch die Auswaschung von Schwermetallen aus Solarbatterien auf, ganz zu schweigen von den noch sehr hohen Anschaffungskosten.

Die Solarzelle stellt eine großflächige Diode dar, bei der das Licht in den pn-Übergang eindringen kann, wo es freie Ladungsträgerpaare erzeugt. Das Halbleitersubstrat befindet sich auf einem metallischen Träger, und auf der Oberseite sorgt ein Metallgitter für den Abfluss der Elektronen. Bei Beleuchtung der Solarzelle wird eine Spannung erzeugt, die im Leerlauf etwa 0,5 V bis 0,6 V beträgt. Bei Anschluss eines Lastwiderstandes fließt ein Strom, dessen Stärke von der Größe des Lastwiderstandes, von der Beleuchtungsstärke und der Flächengröße der Solarzelle abhängt. Durch Reihen- und Parallelschaltung von Solarzellen zu Solarbatterien lassen sich Leerlaufspannung und Kurzschlussstromstärke, die Kenngrößen einer Stromquelle, den Erfordernissen anpassen.