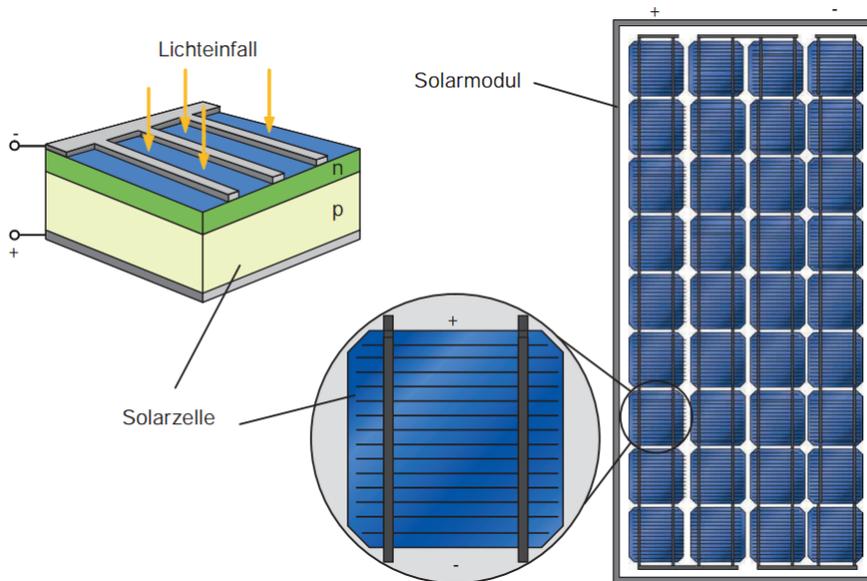


Labor für Technische Physik

Prof. Dr.-Ing. Dieter Kraus, Dipl.-Ing. W.Pieper

Versuch 12b: Solarzelle



1. Versuchsziele

Ein Solarmodul aus mehreren Solarzellen wird mit einer Fotoleuchte bestrahlt. Über Strom und Spannungsmessungen über einem regelbaren Widerstand soll der Wirkungsgrad des Moduls im Arbeitspunkt ermittelt werden. Zudem werden der Füllfaktor und der *Maximum Power Point* erörtert.

2. Grundlagen

Eine Solarzelle oder photovoltaische Zelle wandelt Strahlungsenergie unter Ausnutzung des inneren photoelektrischen Effekts in elektrische Energie.

Die Solarzelle stellt einen Sonderfall der Photodiode dar. Die prinzipielle Funktionsweise einer Solarzelle ist in Abbildung 1 dargestellt.

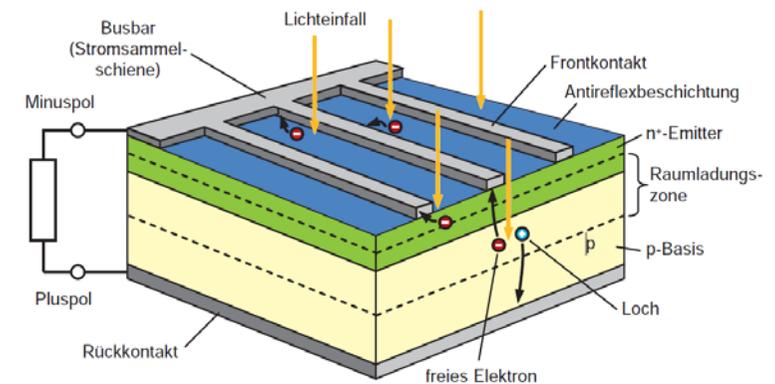


Abbildung 1: Funktionsweise einer typischen Silizium-Solarzelle

Trifft ein kurzwelliges Photon der Energie

$$E_p = h \cdot \nu \quad (1)$$

h Planck'sches Wirkungsquantum

ν Frequenz des Photons

auf den pn-Übergang einer Solarzelle, so wird dort ein Elektronen-Loch-Paar aus der Kristallstruktur herausgelöst. Hierbei gilt

$$E_p = E_A + E_{kin_e} \quad (2)$$

E_A Auslösearbeit für das Elektron

E_{kin_e} kinetische Energie des herausgelösten Elektrons

Die Auslösearbeit E_A ist aufzubringen, um das Elektron herauszulösen. Zusätzliche Energie wird dem freien Elektron als kinetische Energie E_{kin_e} zugeführt.

Das Elektron und das Loch stellen zwei bewegliche negative bzw. positive Ladungsträger dar, die durch das elektrische Feld der Raumladungszone des pn-Übergangs getrennt werden und an metallische Kontakte gelangen, die wiederum an einer Stromsammelstelle (Busbar) zusammengeführt werden. Dieser elektrische Strom kann an einem angeschlossenen Verbraucher genutzt werden.

Wichtige Größen, für die Beschreibung der Güte von Solarzellen sind der Wirkungsgrad und der Füllfaktor. Der Wirkungsgrad η wird definiert durch

$$\eta = \frac{P_{aus}}{P_{ein}} \quad (3)$$

P_{ein} Eingangsleistung
 P_{aus} Ausgangsleistung

Hierbei ist die Ausgangsleistung die gewonnene elektrische Leistung und die Eingangsleistung die eingestrahelte Energie pro Zeiteinheit.

Der Füllfaktor FF ist das Verhältnis aus maximaler Leistung P_{MPP} und dem Produkt aus Leerlaufspannung U_L und Kurzschlussstrom I_K .

$$FF = \frac{U_{MPP} \cdot I_{MPP}}{U_L \cdot I_K} = \frac{P_{MPP}}{U_L \cdot I_K} \quad (4)$$

U_{MPP} Spannung im *Maximum Power Point*
 I_{MPP} Strom im *Maximum Power Point*

Der *Maximum Power Point (MPP)* ist der Arbeitspunkt, bei dem die maximale Leistung über einem angeschlossenen Widerstand erreicht wird, wobei diese direkt von der Größe des Ohmschen Widerstands abhängig ist. Eine typische Strom-Spannungs-Kennlinie ist in Abbildung 2 dargestellt.

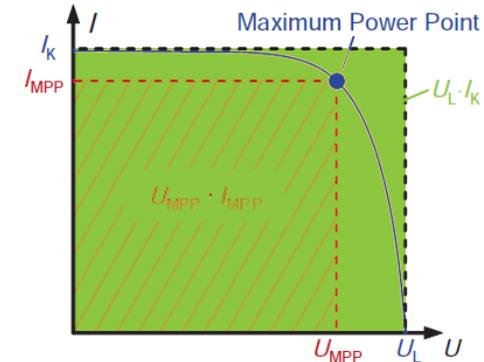


Abbildung 2: Strom-Spannungskennlinie mit MPP und U_L und I_K

Literatur:

- [1] Konrad Mertens: Photovoltaik – Hanser-Verlag
- [2] Eichler, Kronfeld, Sahn: Das Neue Physikalische Grundpraktikum – Springer
- [3] Meschede: Gerthsen Physik – Springer
- [4] Hering, Martin, Stohrer: Physik für Ingenieure, Springer

3. Versuchsaufbau

Geräteliste

1	Polykristallines Solarmodul mit Stativ
1	Fotoleuchte, 1000 W mit Stativ
1	Strommessgerät
1	Spannungsmessgerät
1	Potentiometer 10 W, 100 Ω
	Kabel

- Schließen Sie das Potentiometer an das Solarmodul an.
- Schließen Sie die Messgeräte so an, dass Sie Spannung und Strom über dem Widerstand messen.
- Stellen Sie die Fotoleuchte im Abstand von 70 cm so vor das Solarmodul, dass der Lichtstrahl senkrecht einfällt und das Modul gleichmäßig bestrahlt wird.

4. Versuchsdurchführung

- Schalten Sie die Fotoleuchte ein und bestimmen sie zunächst die Leerlaufspannung U_L und Kurzschlussstrom I_K .
- Messen Sie die Strom-Spannungskennlinie, indem Sie mit Hilfe des Potentiometers jeweils eine Spannung vorgeben und den zugehörigen Strom protokollieren. Skizzieren Sie die Kennlinie während der Messwertaufnahme um einen sinnvollen Messwerteabstand einzustellen (z.B. für $U \leq 15 \text{ V}$: $\Delta U = 1 \text{ V}$; für $U > 15 \text{ V}$: $\Delta U = 0,25 \text{ V}$)

Wichtig: Nach dem Ausschalten der Leuchte läuft der Ventilator weiter, um die Halogenlampe abzukühlen. Die Netzversorgung erst nach Abkühlung trennen!

Versuchsparameter:

- Abmessungen der Solarzelle: 495 mm x 310 mm
- Bestrahlungsstärke der Leuchte: $E = 1000 \text{ W/m}^2$ (im Abstand von 70 cm)

5. Auswertung

- Erstellen Sie eine Leistungskennlinie, indem Sie die Leistung über der Spannung auftragen.
- Erstellen Sie eine Strom-Spannungskennlinie und machen Sie Aussagen über den Maximum Power Point, die Leerlaufspannung und den Kurzschlussstrom.
- Berechnen Sie den Wirkungsgrad η und der Füllfaktor FF im MPP.
- Diskutieren Sie die praktische Umsetzung einer Leistungsanpassung. Ist der Arbeitspunkt in der Praxis problemlos einzustellen?
- Vergleichen Sie die Wirkungsgrade des Solarmoduls und des Solarkollektors (Versuchsteil a)