

Experiment 03

Maximum-Power-Point

Lernziel:

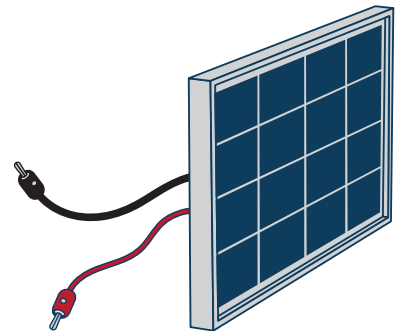
Es soll die U - I -Charakteristik und die U - P -Charakteristik eines PV-Moduls gezeichnet werden. Dadurch soll der maximale Leistungspunkt, also der optimale Betriebspunkt des PV-Moduls, der „MPP“ bestimmt werden.

Kurzbeschreibung:

Es wird eine einfache Schaltung mittels PV-Modul und zwei 220Ω Potentiometern aufgebaut. Unter Variation des anliegenden Gesamtwiderstands wird zeitgleich die Änderung in Spannung und Stromstärke notiert. Die (U, I) Daten werden in ein Diagramm eingetragen und durch Multiplikation der Spannungswerte mit den Werten der Stromstärke wird ein U - P -Graph gezeichnet, dessen Maximum bestimmt wird.

Vorüberlegungen

Die U - I -Kennlinie eines Ohm'schen Widerstands lässt sich wie folgt bestimmen: Man schlieÙe einen Widerstand an ein Netzgerät an und variiert die Spannung am Netzgerät die in den Stromkreis eingespeist wird. Die Spannung dient als Variable, deren Auswirkung an der Stromstärke im Schaltkreis beobachtet wird. Da der Widerstand konstant ist, stellt sich der Strom nach dem Ohm'schen Gesetz so ein, dass U/I konstant ist. Es ergibt sich eine Gerade im U - I -Diagramm, aus derer Steigung sich der Widerstand bestimmen lässt.



1. Abb.: Zu benutzendes Modul

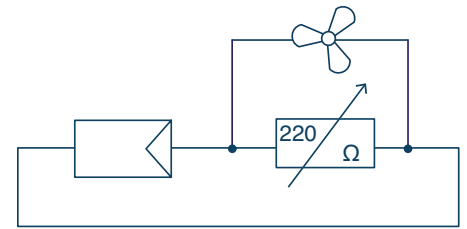
Konzept des Versuchs

Was in diesem Versuch gemacht wird, weicht von dem zuvor beschriebenen Vorgehen ab: Der Widerstand wird **nicht** konstant gehalten, sondern mittels des Potentiometers **variiert**. Nun wird untersucht, wie sich Strom und Spannung des PV-Moduls aufgrund der Variation des Widerstands ändern. Auf diese Weise wird die Energiequelle des Stromkreises analysiert, also das PV-Modul und nicht die Verbraucher.

Man wird sehen: Die U - P -Kurve hat ein eindeutiges **Maximum**. Es gibt also einen optimalen Widerstand, bei dem die Solarzelle maximale Leistung abgibt. Dieser Punkt maximaler Leistung nennt sich Maximum-Power-Point. Die Spannung, die bei diesem Punkt anliegt, ist die MPP-Spannung.

Teilversuch 01: Verbraucher

- Stecke das Modul in seine Befestigung und bringe die Halogenlampe auf der gegenüberliegenden Seite so zentriert wie möglich an
- Schalte eines der 220Ω Potentiometer in Reihe zum PV-Modul und bringe es auf die maximale Stellung, also auf 220Ω .
- Schalte den Motor mit Propeller parallel zum Potentiometer (Abb. 2). Benutze dafür die Löcher in den Spitzen der Modulkabel zum Einstecken
- Schalte die Lampe und verändere ihre Lage (Distanz zum Modul und Einstrahlwinkel) so, dass der Propeller anfängt sich zu drehen (manchmal braucht der Propeller einen „Stupser“ um anzulaufen)
- Drehe nun am Potentiometer. Wie verändert sich die Drehzahl des Motors bei Variation des Widerstands? Erkläre deine Beobachtung!
- Entferne anschließend das Potentiometer aus der Schaltung

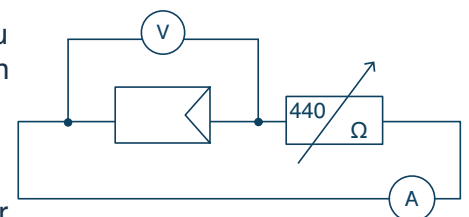


2. Abb.: Ein Potentiometer angeschlossen an das PV-Modul. Ein Motor ist zu diesem parallel geschaltet.

Beobachtung: Je kleiner der Widerstand, desto kleiner die Drehzahl des Motors. Mit gegen Null fallenden Widerstand wird der Motor durch die Parallelschaltung effektiv kurzgeschlossen. Mehr Elektronen nehmen den Weg mit kleinerem Widerstand. Erhöht man dagegen den Widerstand, „drückt“ man mehr Elektronen durch den Motor.

Teilversuch 02: Aufnahme des MPP

- Baue die Schaltung in Abbildung 3 nach. Im Versuch beträgt der zu variierende Widerstandsbereich $0\Omega \rightarrow 440\Omega$. Verbinde dafür die zwei vorhandenen Potentiometer auf eine passende Weise
- Mit zwei Multimetern gleichzeitig im Einsatz, sind nun die Stromstärke im Stromkreis und die Klemmenspannung am Modul zu messen. Notiere dir die Werte in Tabelle 1. Nehme mindestens zehn Messpaare auf:
- Das erste Wertepaar, das du messen solltest, ist unter der Leerlaufspannung U_{ll} bei offenem Stromkreis
- Schließe das Potentiometer wieder an und nehme Wertepaare unter Variation des Widerstand von 0Ω bis zu dem 440Ω Anschlag auf. Nehme vor allem viele Messwerte im Bereich auf, in dem der Strom einbricht!
- Als letztes Wertepaar nimmst du Strom und Spannung unter dem Kurzschluss-Strom I_{kS} auf (geschlossener Stromkreis und $R \rightarrow 0$)



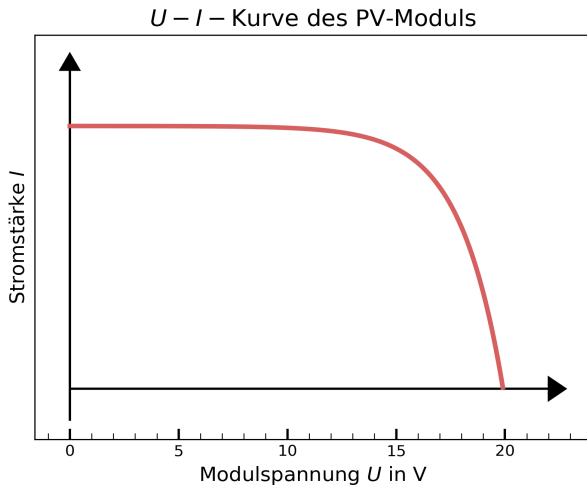
3. Abb.: Schaltplan zur Messung des MPP des Moduls.

Auswertung 03: U-I-Charakteristik und U-P-Charakteristik

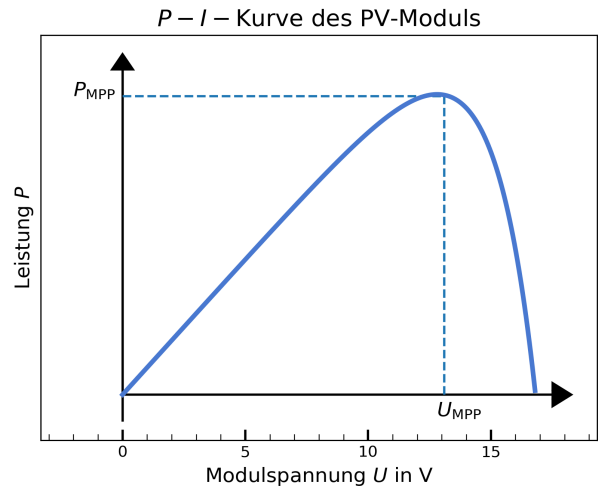
Die Aufgabe ist nun die aufgenommenen Wertepaare in einem $U-I$ -Diagramm und in einem $U-P$ -Diagramm darzustellen. Für das $U-P$ -Diagramm muss also die I -Spalte in Tabelle 1 durch Multiplikation mit den Spannungswerten zu einer neuen P -Spalte in Tabelle 2 umgewandelt werden.

Qualitativ sollten die Linien wie in Abbildungen 4 und 5 ausschauen. Welchen besonderen Werten entsprechen die Schnittpunkte der U - I -Kurve mit den Koordinatenachsen?

Hinweis: Hinweis: Haben Sie Module der neueren Generation, wird ihre Leerlaufspannung bei ca. 10V sein.



4. Abb.: Stromlinie-Charakteristik des Moduls.



5. Abb.: Leistungslinie-Charakteristik des Moduls. Es sind der MPP und die Spannung des MPP eingetragen.

Schnittpunkt mit der U -Achse im U - I -Diagramm: **Leerlaufspannung**

Schnittpunkt mit der I -Achse im U - I -Diagramm: **Kurzschluss-Strom**

Maximale Leistung $P_{MPP} \approx 560 \text{ mW}$

Spannung bei der maximale Leistung vorliegt $U_{MPP} \approx 15,35 \text{ V}$

www.solarbildung.org/lehrmittel-suite :

Tabelle 1: Wertepaare von Stromstärke und Spannung unter Variation des Widerstands

Eingabe aller deiner gemessenen Spannungen in Volt. Achtung: Trennzeichen Strichpunkt, Dezimalzeichen Komma.

```
U_liste = [
0,4; 1,3; 2,4; 3,8; 4,5; 5,2; 6,3; 7; 7,6; 8,4; 9,1; 9,7; 10,4; 11; 12,1;
12,6; 13,4; 14; 14,9; 15,6; 16,5; 18,7; 19,4; 19,6
]
```

Eingabe aller deiner gemessenen Stromstärken in mA. Achtung: Trennzeichen Strichpunkt, Dezimalzeichen Komma.

```
I_liste = [
43,8; 44,2; 44,2; 43,7; 43,4; 43,1; 42,5; 41,9; 41,4; 40,9; 40,5; 40,1;
39,1; 38,7; 38; 37,7; 37,1; 36,6; 36; 35,5; 35; 22,2; 7,3; 0,2
]
```

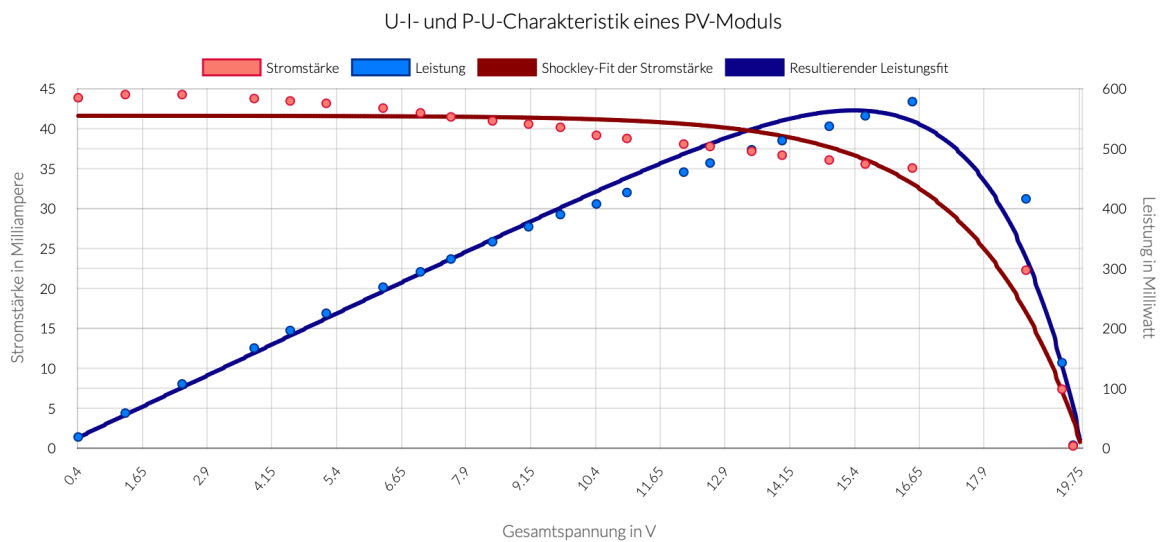
Tabelle 2: Wertepaare von Leistung und Spannung unter Variation des Widerstands

Importiere das Zeichnen und das Fit-Modul. Definiere die mathematische Gleichung, mit der die Daten gefittet werden.

```
import plot
from scientific_python import curve_fit

# das hier ist ein Kommentarbereich. Die Gleichung unten ist eine Version
# der sogenannten Shockley-Gleichung, die die Stromstärke einer Diode,
# also auch einer Solarzelle beschreibt.
def shockley_gleichung(U, a, b, c):
    return a*(1-b*(e**(U/c)-1))

P_liste = I_liste * U_liste
```



MPP: 562.82 Milliwatt bei 15.35 Volt.

Die Shockley-Parameter lauten $a=41.5402$, $b=0.0001$, $c=2.0699$.