

Der Maximum-Power-Point (MPP) einer Solarzelle

Solarzellen sind elektrische Bauelemente, die Strahlungsenergie (meist den kurzwelligeren Anteil des Sonnenlichtes) in elektrische Energie umwandeln. Es sind im Prinzip großflächige Halbleiterdioden, bei denen im oberflächennahen pn-Übergang durch den inneren Photoeffekt Ladungsträgerpaare Loch-Elektron erzeugt werden. Einige dieser Ladungsträger rekombinieren wieder, aber der Rest wandert in den n- bzw. p-Halbleiter und kann dort als Strom abgenommen werden. Die Photovoltaik beschäftigt sich mit Anwendungen von Solarzellen.

Zwei wichtige Kenngrößen einer Solarzelle sind die Leerlaufspannung U_0 und der Kurzschlussstrom I_0 . Die Leerlaufspannung wird ohne Lastwiderstand gemessen (im Idealfall bei $I_0 = 0$ A) und beträgt etwa 0,5 V. Sie ist unabhängig von der Lichtstärke der Lichtquelle und von der Größe der Solarzelle. Der Kurzschlussstrom wird gemessen, indem man die Solarzelle kurzschließt (im Idealfall bei $U_0 = 0$ V). Er ist im Gegensatz zur Leerlaufspannung abhängig von der Bestrahlungsstärke, der Solarzellengröße und der Ladungsträgerausbeute des verwendeten Materials.

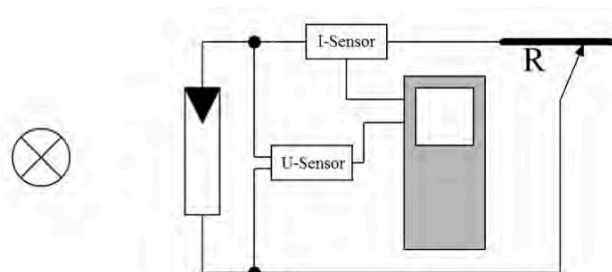
Betrieht man eine Solarzelle mit ihrer Leerlaufspannung bzw. ihrem Kurzschlussstrom, so ist die Leistung $P = U \cdot I$ in beiden Fällen 0 W. Dazwischen hat die Leistung ein Maximum, den Maximum-Power-Point (MPP). Im praktischen Betrieb wird man die Solarzelle möglichst dicht oder sogar genau auf diesem MPP betreiben, da sie dort den größten Wirkungsgrad hat. Diese Aufgabe wird üblicherweise von einer elektronischen Schaltung wahrgenommen, einem sogenannten MPP-Tracker. Er regelt die Spannung auf den benötigten Wert. Dazu variiert er die Spannung um einen kleinen Betrag und misst die Leistung. Ist sie größer geworden, so wird die neue Spannung beibehalten, ist sie kleiner, wird wieder auf die alte Spannung zurückgesetzt (iteratives Verfahren).

Im vorliegenden Versuch soll der MPP bestimmt werden. Dazu wird die Solarzelle mit einer Lichtquelle gleichmäßig bestrahlt, und es werden bei verschiedenen Lastwiderständen Spannung und Stromstärke gemessen.

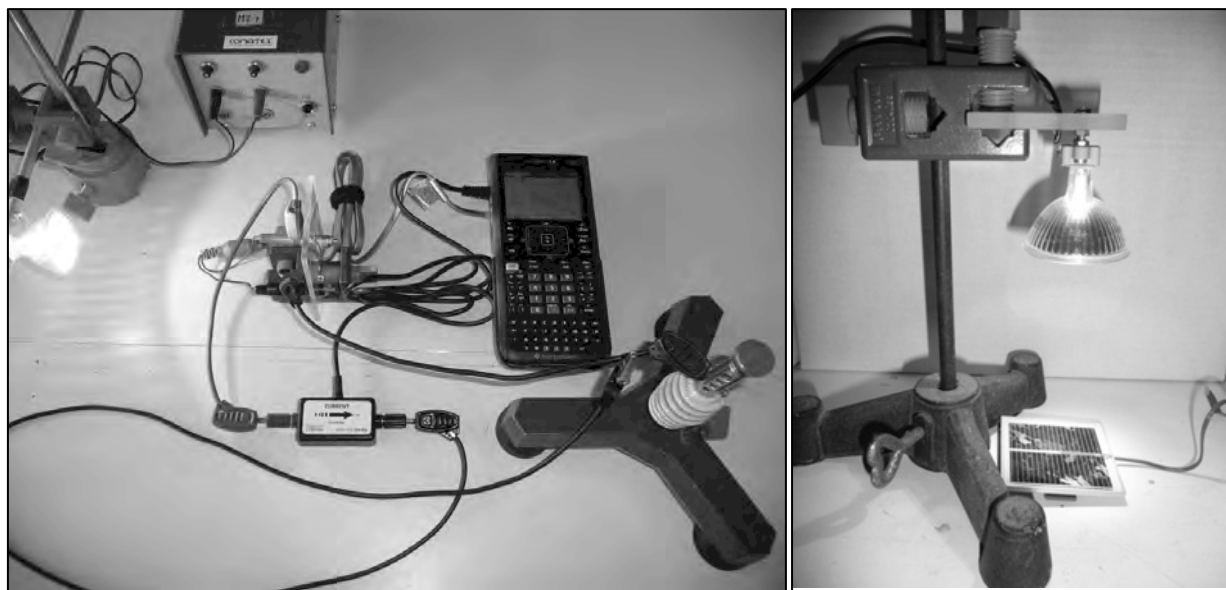
Material

- (Taschen-)Computer mit Messwerterfassung (hier TI-Nspire™ CX mit Lab Cradle™)
- Spannungssensor (z. B. Voltage Probe, VP-BTA)
- Stromsensor (z. B. DCP-BTA)
- Solarzelle beliebiger Bauart
- Lichtquelle, z. B. Halogenlampe
- Widerstandsdraht ca. 20 Ω
- Isolierklemmen, Krokodilklemme
- Stativmaterial

Versuchsaufbau



Schaltschema mit Strom- und Spannungssensor



Aufbau

Die Abbildung zeigt schematisch den Versuchsaufbau. Als Widerstand hat sich ein Widerstandsdraht bewährt, der möglichst straff zwischen zwei Isolierklemmen gespannt wird. Durch eine Krokodilklemme können unterschiedliche Widerstände eingestellt werden. Wenn vorhanden, kann jedoch auch ein Drahtpotentiometer mit einem Gesamtwiderstand von höchstens 50 Ω und einer feinen Drahtwicklung verwendet werden. Der Widerstand muss auf die vorhandene Solarzelle und die verwendete Lichtquelle abgestimmt werden.

Versuchsdurchführung

Die Krokodilklemme wird dicht an der Isolierklemme an den Draht geklemmt und während der Messung im ungeöffneten Zustand am Draht entlang gezogen, um einen möglichst guten Kontakt zu gewährleisten. Dabei werden automatisch die Werte für Strom und Spannung gemessen.

Vorbereitung und Durchführung: 45 Minuten

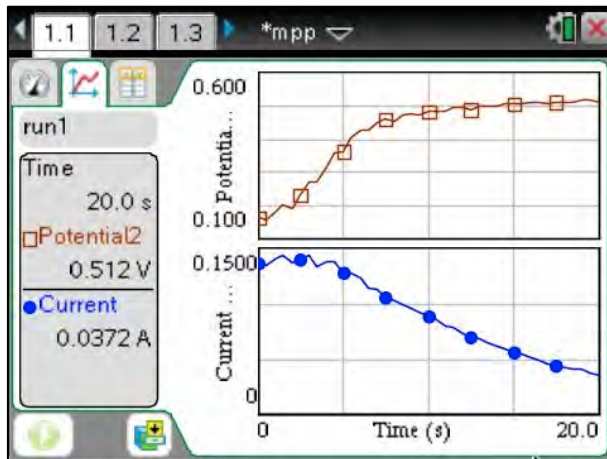
Einstellungen

- Messmodus: Time Based (zeitbasiert)
- Messzeit: z. B. 20 s
- Messrate: z. B. 2 Messungen pro Sekunde
- Entfernung Lampe-Solarzelle so wählen, dass $I_0 \approx 150 \text{ mA}$

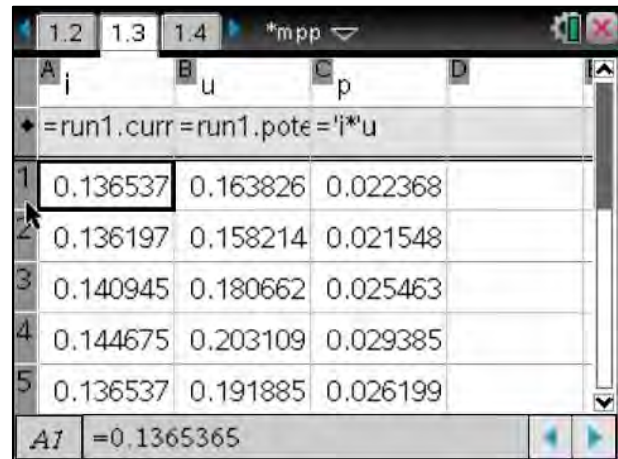
Hinweise

Das Experiment funktioniert mit allen Solarzellen. Die Beispiele beziehen sich auf eine einzelne Zelle. Ein Kurzschlussstrom von ca. 150 mA hat sich als sinnvoll erwiesen, da er in der Regel problemlos erzeugt werden kann. Die Beleuchtung ist unproblematisch; hier eignen sich alle Arten von Leuchten, die ein gerichtetes Lichtfeld erzeugen wie z. B. eine Halogenleuchte mit Reflektor.

Auswertung

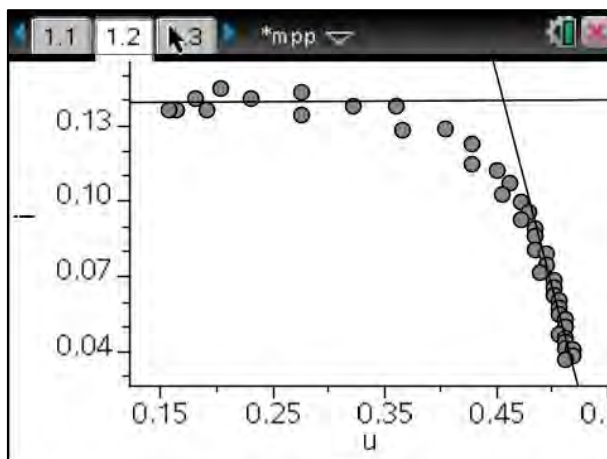
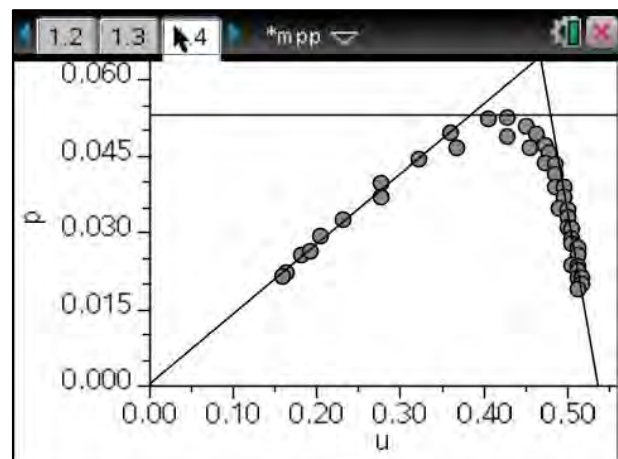


Messgraphen für Spannung und Stromstärke



Messwerte in der App. Lists & Spreadsheet

Zur Bestimmung des MPP überträgt man zunächst die Messwerte in die Tabellenkalkulation (s. Abb., Spalte A: Strom I , Spalte B: Spannung U). Dann kann man in der Spalte C die Leistung P als Produkt aus A und B errechnen lassen. Anschließend kann man sich I in Abhängigkeit von U und P in Abhängigkeit von U darstellen lassen und den MPP näherungsweise grafisch bestimmen.

 $I(U)$ -Diagramm $P(U)$ -Diagramm

Man sieht am $I(U)$ -Diagramm gut, dass die Stromstärke bis zu etwa 0,35 V nahezu konstant bleibt, ab 0,45 V jedoch rapide und fast linear abfällt. Diese Bereiche sind durch zwei Geraden besonders markiert, deren Schnittpunkte mit den Achsen den Kurzschlussstrom (Hochachse) bzw. die Leerlaufspannung (Rechtsachse) ergeben. Diese Geraden sind über „Analysieren“ erzeugt worden.

Im $P(U)$ -Diagramm ist der nahezu lineare Anstieg der Leistung bei kleinen Spannungswerten gut zu sehen, verdeutlicht durch die eingezeichnete Gerade. Der MPP ist bei ca. 0,41 V und 0,053 W erreicht. Auch hier wurden die Geraden wieder über „Analysieren“ erzeugt.

Die Messungen streuen, da der Kontakt der Krokodilklemme mit dem Draht nicht immer optimal ist. Man sollte einen Draht ohne Knicke verwenden und ihn vorher noch leicht schmirgeln, um die Oxidschicht zu entfernen.