

Kennlinie und MPP einer Solarzelle

Wie viel Leistung eine Solarzelle abgibt, hängt am angeschlossenen Widerstand. Die Schülerinnen und Schüler nehmen die Kennlinie selbst auf, finden den Punkt maximaler Leistung und vergleichen ihre Messung mit dem Kennlinien-Simulator. Ohne Versuch geht es mit der Beispielmessung in Aufgabe 3.

Steckbrief

Fach	Physik
Stufe	Sekundarstufe II, Klasse 11 bis 13
Dauer	90 Minuten
Themen	Elektrizitätslehre, Halbleiter, Energieübertragung, Messen und Auswerten

Lernziele

Die Schülerinnen und Schüler können

- die I-U-Kennlinie einer Solarzelle mit einem veränderlichen Lastwiderstand aufnehmen,
- die P-U-Kurve zeichnen und den Punkt maximaler Leistung (MPP) bestimmen,
- Füllfaktor und optimalen Lastwiderstand berechnen,
- mit dem Simulator den Einfluss von Einstrahlung und Temperatur untersuchen und die Aufgabe eines MPP-Trackers erklären.

Material

- eine Solarzelle (zum Beispiel 4×6 cm) oder ein kleines Modul
- eine Lampe (Halogenstrahler)
- zwei Multimeter
- ein Potentiometer oder eine Widerstandsdekade (etwa 0 bis 50Ω , ausreichend belastbar)
- Kabel; für Aufgabe 4 ein Gerät mit Browser

Lösungen

Aufgabe 1: Die Kennlinie aufnehmen

Individuell. Zur Kontrolle der Form: Bis kurz vor dem MPP bleibt der Strom fast konstant, danach fällt er steil auf null.

Aufgabe 2: Auswerten

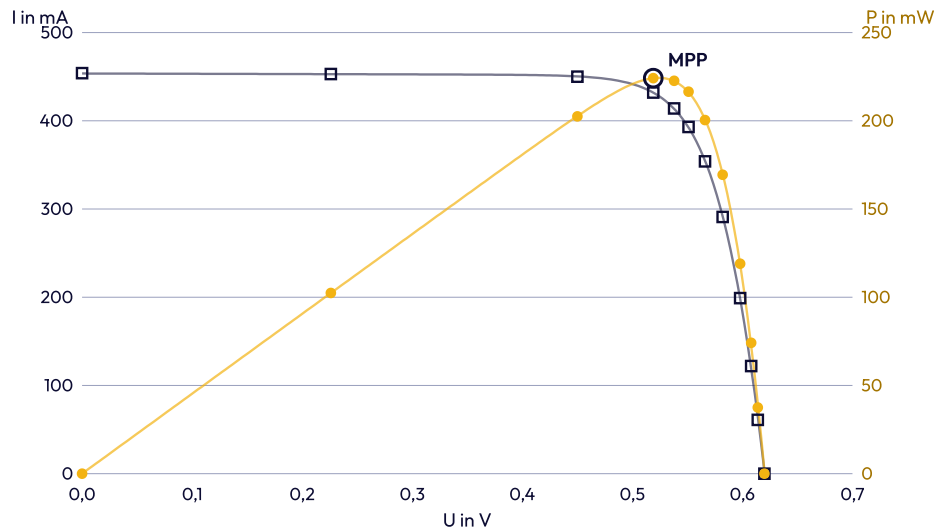
Individuell; das Vorgehen zeigt die Lösung zu Aufgabe 3.

Aufgabe 3: Eine Beispielmessung auswerten

Leistungen (mW): $0,0 \Omega$: $0,0 \cdot 0,5 \Omega$: $102,4 \cdot 1,0 \Omega$: $202,5 \cdot 1,2 \Omega$: $224,2 \cdot 1,3 \Omega$: $222,7 \cdot 1,4 \Omega$: $216,5 \cdot 1,6 \Omega$: $200,4 \cdot 2,0 \Omega$: $169,4 \cdot 3,0 \Omega$: $119,0 \cdot 5,0 \Omega$: $74,2 \cdot 10,0 \Omega$: $37,5 \cdot \text{Leerlauf}$: $0,0$.

a) Größte Leistung im Messraster: **224,2 mW** bei $U = 0,519 \text{ V}$ und $I = 432 \text{ mA}$. $FF = 224,2 \text{ mW} / (0,620 \text{ V} \cdot 454 \text{ mA}) \approx \mathbf{0,80}$. $R_{\text{opt}} = 0,519 \text{ V} / 0,432 \text{ A} \approx \mathbf{1,20 \Omega}$.

b) Bei $R = 1,2 \Omega$. Das Modell liefert als genauen MPP 224,4 mW bei 0,524 V – das Messraster trifft ihn fast.



Aufgabe 4: Mit dem Simulator weiterforschen

a) I_K sinkt proportional zur Einstrahlung (bei 200 W/m^2 auf ein Fünftel). U_L sinkt nur wenig, weil sie logarithmisch vom Fotostrom abhängt (Modellzelle: $0,594 \text{ V}$ statt $0,640 \text{ V}$). P_{MPP} sinkt etwa proportional.

b) Modellzelle: P_{MPP} fällt von $4,62 \text{ W}$ auf $3,94 \text{ W}$, also um rund **0,36 % je Kelvin**.

c) Der Füllfaktor sinkt, die Kennlinie wird „runder“: Am Serienwiderstand fällt Spannung ab, die der Last fehlt.

d) Der MPP wandert mit Einstrahlung und Temperatur. Blicke der Arbeitspunkt fest, läge er die meiste Zeit neben dem MPP, und Leistung ginge verloren. Der MPP-Tracker sucht ihn laufend neu, meist indem er die Spannung ein wenig verändert und prüft, ob die Leistung steigt.

Aufgabe 5: Fehler betrachten

Die Lampe erwärmt die Zelle während der Messung: Die Spannung sinkt mit der Zeit, späte Messpunkte liegen zu tief. Abhilfe: zügig messen, Zelle abkühlen lassen, LED-Strahler.

Innenwiderstand des Amperemeters: Er addiert sich zum Lastwiderstand, der Kurzschluss ist kein echter Kurzschluss. Schwankungen der Netzspannung verändern die Helligkeit der Lampe. Ablesen bei schwankender Anzeige.

Hinweise für Lehrkräfte

Einsatz. Nach dem p-n-Übergang (Arbeitsblatt 3) oder unabhängig davon in der Elektrizitätslehre. Aufgabe 3 ersetzt den Versuch, wenn keine Geräte da sind; Aufgabe 4 braucht ein Gerät mit Browser je Gruppe, der Simulator arbeitet ohne Anmeldung und ohne Datenübertragung.

Widerstand. Bei kleinen Zellen liegt R_{opt} um 1Ω . Ein übliches $100\text{-}\Omega$ -Potentiometer ist in diesem Bereich kaum einzustellen; besser eine Widerstandsdekade oder ein Satz Einzelwiderstände ($0,5$ bis 10Ω). Den MPP-Bereich dicht abtasten.

Lampe und Wärme. Ein Halogenstrahler heizt die Zelle in wenigen Minuten spürbar auf; die Kennlinie driftet dann. Das ist kein Fehler im Unterricht, sondern ein guter Anlass für Aufgabe 5 und 4 b.

Zur Beispielmessung. Die Werte in Aufgabe 3 sind mit dem Ein-Dioden-Modell des Simulators gerechnet (Modellzelle auf 4×6 cm skaliert) und als solche gekennzeichnet. Echte Zellen weichen ab.

Sicherheit. Maßgeblich ist die Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht (RiSU, Empfehlung der KMK in der Fassung vom 21.09.2023) bzw. die in Ihrem Land geltende Fassung. Die Gefährdungsbeurteilung für Ihre Lerngruppe und Ihre Geräte nehmen Sie wie gewohnt selbst vor; diese Anleitung ersetzt sie nicht. Wenn Ihnen ein Fehler oder eine Gefahr auffällt, schreiben Sie uns bitte an info@solarstromerzeugung.de.

Quellen

- Kennlinien-Simulator mit Modellbeschreibung – <https://www.solarstromerzeugung.de/lernen/physik/kennlinien-simulator/>
- Erklärseite Aufbau einer Anlage (Wechselrichter und MPP-Tracker) – <https://www.solarstromerzeugung.de/wissen/aufbau-einer-anlage/>