

Generelle Einstellungen zur Aufnahme der Strom-Spannungs-Kennlinien in der Software:

Spannung: von -1 V bis zu positiver Spannung, sodass die **Leerlaufspannung** im Messbereich enthalten ist (für eine einzelne anorganische Zelle z.B. bis +1V); 100 Messpunkte; Mitteln über 10 Messwerte; Wartezeit (beide Einträge): 0,5s ; **Strombegrenzung** zur Bauteilsicherung („Compliance“): 1A für anorganische Solarzellen sowie **10mA** für organische Solarzellen

Beleuchtungsintensität:

Für die Berechnung einer Effizienz ist stets die Bestimmung der Beleuchtungsintensität notwendig. Dafür steht eine geeichte Si-Diode zur Verfügung. Eine Leerlaufspannung von 32,2 mV entspricht einer Intensität von 100 mW/cm², d.h. einer Sonne. Es ist ein linearer Zusammenhang anzunehmen. Wie sollte die Lichtverteilung und Positionierung der Diode sein, um der Intensität der zu vermessenen Solarzelle zu entsprechen?

A Vergleich verschiedener Solarzellen-Typen

Experiment: Messen Sie eine Dunkel- und eine Hellkennlinie einer Diode/Solarzelle a) einer anorganischen Silizium-Solarzelle (leXsolar), b) der organischen Zellen O1 (1x1-Zoll-Glassubstrat) und O2 (Folie) unter der Intensität einer Sonne (Die Flächen stehen in der Anleitung zur Auswertung).

Umsetzung:

- Beachten Sie die **unterschiedliche Strombegrenzung** für Organik & Silizium (s. oben)
- Farbkodierung der Anschlüsse der organischen Solarzelle O1 entgegengesetzt
- Eventuelle Komplikationen der Messung erkennen Sie anhand von Leerlaufspannungen deutlich unterhalb Ihrer Erwartungshaltung.

B Der Einfluss der Beleuchtungsintensität

Experiment: Messen Sie die $I(U)$ -Kennlinie einer anorganischen Solarzelle bei fünf verschiedenen Lichtintensitäten.

Umsetzung:

- Bestimmen Sie die geringste und höchste geeignete Beleuchtungsintensität.
- Wählen Sie neben den eben bestimmten Intensitätsminimum und -maximum drei weitere dazwischen liegende Abstufungen zweckmäßig zur **logarithmischen** Darstellung der Intensität. Falls unklar bitte nachfragen.
- Überprüfen Sie die Temperatur mit Hilfe des **Thermoelements** und vermeiden Sie nach Möglichkeit eine Aufheizung der Solarzelle.
- Beginnen Sie mit der geringsten Intensität und verwenden Sie die **seitlichen Lüfter**. Während der Intensitätseinstellung empfiehlt es sich die **Solarzelle abzudecken** um ein Erhitzen der Solarzelle zu verhindern.

C Solarmodul – Versuche an realistischen Verschaltungen

Experiment:

1. Verschalten Sie mindestens 6 anorganische Solarzellen zu einem **Solarmodul**, das möglichst verlustfrei und wenig stör anfällig arbeitet. Falls unklar bitte nachfragen. Nehmen Sie anschließend eine Hellkennlinie auf.
2. Fassen Sie ihr Solarmodul gedanklich als ein starres Bauteil auf und schalten Sie **außerhalb** des Moduls systematisch **Parallel- und Serienwiderstände** hinzu (mindestens drei Kombinationen). Nehmen Sie jeweils eine Hellkennlinie auf und notieren Sie die verwendeten Widerstandswerte.
3. Was passiert bei **Teilverschattung** des Moduls? Nehmen Sie dafür für mindestens 3 sich

- prinzipiell unterscheidende Verschattungssituationen die Hellkennlinien auf.
4. Bauen Sie ein neues Solarmodul aus anorganischen Solarzellen (diesmal mehr Zellen erforderlich), welches eine Spannung von mindestens 6 V ausgibt und nehmen Sie die Kennlinien auf. Schließen Sie nun den **Verbraucher** an und nehmen erneut die Kennlinien auf (Messgerät in Parallelschaltung). Bestimmen Sie weiterhin Arbeitsspannung und Arbeitstrom mittels Multimeter oder SMU durch geeignete Verschaltungen.

Umsetzung:

- Die Beleuchtungsintensität soll in allen Teilaufgaben 1/3 Sonne betragen.
- zu 2.: Beachten Sie, dass eine Beschaltung mit zu kleinen Widerständen hohe Verlustleistung und Erhitzung der Widerstände nach sich zieht. Als Serienwiderstand empfehlen sich kleine Werte (2 ... 10 Ω), als Parallelwiderstand Werte $> 50 \Omega$.
- Zu 4.: Der Lüfter hat eine Sperrichtung.

Hinweis:

Überlegen Sie genau, was Sie anhand Ihrer Verschaltung als Leerlaufspannung bzw. Kurzschlussstrom für Ihr Solarmodul erwarten, um eventuelle Kontaktprobleme sofort erkennen zu können. Beachten Sie dabei mögliche Inhomogenitäten in der Intensitätsverteilung.

D Der Einfluss der Temperatur

Experiment: Messen Sie die Temperaturabhängigkeit der Leerlaufspannung U_{OC} einer einzelnen anorganischen Solarzelle von ca. 30 °C bis 65 °C in 5°C-Schritten. Messen Sie jeweils eine Kennlinie bei der niedrigsten und höchsten Temperatur.

Umsetzung: Als Heizung dient die Erwärmung unter Dauerbestrahlung mit 1 Sonne bei verringerter Lüfterleistung. Zum Erfassen von U_{OC} ist ein Multimeter ausreichend. Setzen Sie den Aufbau **nur so kurz wie nötig** dem Temperaturregime von $> 50^\circ\text{C}$ aus.

E Verhalten unter direkter und diffuser Bestrahlung

Experiment: Vergleichen Sie weiterhin die Abhängigkeit des Kurzschlussstroms j_{SC} vom **Einfallswinkel** des Lichts in 10°-Schritten einer organische und einer anorganischen Zelle.

Umsetzung:

- **Strombegrenzung der organischen Solarzelle** von 10 mA beachten
- Wählen Sie als organische Zelle O1 und messen Sie j_{SC} via SMU¹
- Messen Sie gleichzeitig eine anorganische Zelle mittels Multimeter
- Beleuchtungsstärke von ca. 1 Sonne
- Solarzellentisch anheben für Winkelabhängigkeit (oberes Dreieck als seitliche Markierung)
- Schalten Sie das Raumlicht aus, um die Winkelmessung nicht zu verfälschen.
- Rechts der Drehachse lässt sich der Winkel genauer ablesen

F Nachbereitung

- Messdaten am Ende übertragen
- Messplatz bitte so aufräumen wie vorgefunden (Kisten einräumen, Solarzellentisch in Grundposition, ...)

Bitte die „Hinweise zur Auswertung“ beachten & Protokoll innerhalb von zwei Wochen an katrin.ortstein@iapp.de senden.

Bemerkung zum Auslesen der Kennlinie per Computer:

- 1) Dateinamen dürfen 8 Buchstaben nicht überschreiten
- 2) Dateien werden ohne Nachfrage überschrieben

¹: Neben dem Multimeter steht auch eine „Source–Measurement-Unit“ (rechter, grauer Kasten) zur Bestimmung von Strömen und Spannungen zur Verfügung.

Manuelle Bedienung:

- Spannung auslesen: „local“ > „Source:I“ > „Measure:V“ > „On/Off“
- Strom auslesen: „local“ > „Source:V“ > „Measure:I“ > „On/Off“
- Anpassen der „Compliance“: 2mal „Edit“ > Ändern der Größenordnung mit Pfeil nach oben und unten > „Enter“