



**Photovoltaik-
System
SUSE**

innovative Solarsysteme für Schule und Ausbildung

**Solarthermiesystem
Wärme von der Sonne**



Aufbau und Funktion einer Silizium- Solarzelle

ab Klassenstufe 8

Eine Solarzelle besteht häufig aus einer großflächigen Silizium - Halbleiterdiode. Der Minuspol ist an der Oberseite der Solarzelle, hier dringt das Licht ein. Die blaue Farbe entsteht durch die durchsichtige (!) dünne Antireflexschicht. Die dünnen Silberleiter des Vorderseiten - Kontaktgitters dienen als elektrische Leiter zur Abnahme des Stroms. Die Unterseite der Solarzelle stellt den Pluspol dar, an ihrem unteren Rand ist eine weitere Antireflexschicht und eine dünne Aluminiumschicht mit grauer Farbe. Aufgebrachte Silberleiter dienen zum Anlöten von Drähten. Der innere lichtelektrische Effekt der Ladungstrennung findet in der Solarzelle statt. Bewegliche Teile gibt es bei einer Solarzelle im Gegensatz zu einem Generator nicht.



Das Foto zeigt die Vorderseite einer monokristallinen 6-Zoll-Solarzelle (1 Zoll = 2,54 cm), die dunkelblaue Farbe entsteht durch die hauchdünne (75 nm!) Antireflexschicht aus Siliziumnitrid Si_3N_4 . Die hellen Striche sind elektrische Leiter aus reinem Silber, die breiteren 3 Leiter sind die Busbars zur Abnahme des Stroms, hier werden Drähte angelötet.

Die Dicke der Solarzelle ist ca. 0,18 mm.

Im inneren der Siliziumscheibe entsteht bei der Herstellung durch das Einbringen von Fremdatomen ein elektrisches Feld, hier werden die Ladungsträger, Elektronen und Löcher, getrennt. Tritt ein Lichtteilchen (Photon) von oben in die Solarzelle ein und trifft auf ein Atom, schlägt es aus der Hülle des Atoms ein Elektron heraus, welches wegen des inneren elektrischen Feldes nach oben zum Vorderseitenkontaktgitter wandert, das Loch dagegen wandert zur Aluminiumschicht an der Unterseite der Solarzelle. Eingedrungene Photonen, die kein Atom getroffen haben, werden an der Rückseiten-Reflexionsschicht zurückgespiegelt.

Die elektrische Spannung U_{oc} einer Solarzelle

Eine Solarzelle liefert im Leerlauf (= Spannung ohne angeschlossenen Verbraucher) eine **typische Spannung von 0,60 – 0,68 V**. Der genaue Wert der **Leerlaufspannung** ist vom Material des Halbleiters, der Zugabe von Fremdatomen, der Temperatur und der Bestrahlungsstärke S abhängig, jedoch **unabhängig von der Fläche** der Solarzelle!

Die elektrische Stromstärke I_{sc}

Die maximale elektrische Stromstärke I_{sc} (= Kurzschlussstrom), die eine Solarzelle liefern kann, hängt von 2 Faktoren ab:

- **Fläche der Solarzelle:** Je höher die Fläche, desto höher ist I (direkt proportional)!
- **Intensität der auftreffenden Lichtstrahlung:** Je höher die Lichtintensität S , desto höher ist I_{sc} (direkt proportional)!

Qualität der Solarzelle

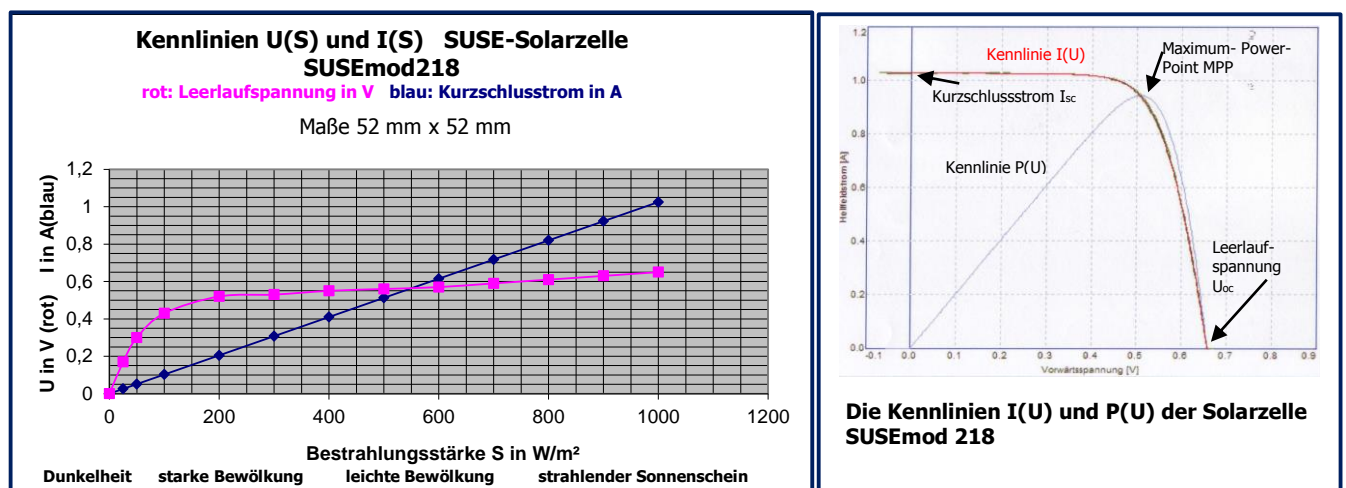
Die Qualität einer Solarzelle wird durch die Stromstärke pro Flächeninhalt angegeben, sehr gute Solarzellen liefern einen Wert von: $I_{sc} = 38 - 42 \text{ mA/cm}^2$.

Die **Ursache des elektrischen Stroms** sind die **durch das einwirkende Licht entstandenen freien Elektronen**, die aufgrund eines inneren elektrischen Feldes auf die Oberseite der Solarzelle diffundieren und von dort über den äußeren Stromkreis auf die Unterseite gelangen. Die Entstehung von freien Elektronen heißt „**innerer lichtelektrischer Effekt**“, **erklärt durch Einstein 1905**.

Wird der Solarzelle Ladung entnommen, sinkt die Spannung U . Der genaue Zusammenhang zwischen Spannung und Stromstärke wird in der $U - I$ - Kennlinie einer Solarzelle (siehe unten) dargestellt. Die **maximale Leistung** wird nur in einem bestimmten Punkt, d.h. bei einer ganz bestimmten Spannung und Stromstärke erreicht, dieser Punkt heißt **MPP = Maximum Power Point**, wichtig in der Praxis! Der **Wirkungsgrad einer Industrie- Solarzelle** liegt bei ca. **18 – 21 %**, d.h. nur 18– 21% des einfallenden Lichts wird in elektrische Energie umgewandelt. Die Ursachen sind physikalische Faktoren, die hier nicht näher erläutert werden können. Moderne Solarzellenkonzepte erreichen im Labor Wirkungsgrade bis zu 26% bei einer physikalischen Grenze bei Si- Solarzellen von ca. 28%.

Eine weitere Wirkungsgradsteigerung erreicht man mit Stapel- Solarzellen. Hier werden 2 Solarzellen übereinander hergestellt, die elektrisch in Reihe geschaltet sind und für verschiedenen Licht- Spektralbereiche empfindlich sind, die obere Zelle für das grün- violette Licht, die untere Zelle für gelbes, rotes und IR- Licht.

Die Solarzellen- Kennlinien



Die U(S)- Kennlinie

Die U(S)- Kennlinie zeigt die **Abhängigkeit der Solarzellenspannung (Leerlaufspannung U_{oc}) von der Bestrahlungsstärke S des Lichts (Lichtintensität)**. Bei Dunkelheit ist keine Spannung vorhanden, schon bei geringer Helligkeit steigt sie stark an und nähert sich dann nur noch langsam steigend dem Wert 0,63 V.

Die I(S)- Kennlinie

Die I(S)- Kennlinie zeigt die **Abhängigkeit des Kurzschlussstroms I_{sc} von der Bestrahlungsstärke S** (Lichtintensität). Bei Dunkelheit ist kein Strom vorhanden, mit zunehmender Helligkeit steigt die Stromstärke proportional in Form einer Geraden an und erreicht bei 1000 W/m² den Maximalwert 1000 mA.

Die **I(U)- Kennlinie** zeigt den Zusammenhang zwischen dem Kurzschlussstrom und der Leerlaufspannung bei einer belasteten Solarzelle, die **Kurve P(U)** ist die Leistungskurve mit dem Punkt MPP der maximalen Leistung.

Um höhere Spannungen zu erhalten, werden einzelne Solarzellen in Reihe geschaltet. Bei dieser Schaltungsart addieren sich die einzelnen Spannungen der Zellen.