



10 Module  
zum Thema  
Solarstrom

## Warum Solarstrom?

Geschichte, CH Solarstrom und Marketing

1

## Meteorologische Grundlagen

Sonnendaten, Solarstrahlung, Ausrichtung

2

## Solarzellen

Funktionsweise, Zellentypen

3

## Vom Solarmodul zum Modulfeld

Aufbau eines Standardmoduls

4

## Eine gute Solarstromanlage

Beschattung, Hinterlüftung

5

## Inselanlagen

Solarakkumulator als Speicher, Dimensionierung

6

## Netzverbundanlagen

Aufbau, Prinzipschema, öffentliches Netz als Speicher

7

## Wechselrichter

Funktionsprinzip, Kenngrößen, Sicherheit

8

## Montagesysteme und Sicherheit

Montagesysteme und Sicherheitsvorschriften

9

## Planung und Realisierung

Bauablauf, Förderung, Kosten, Ertrag, Messung

10

## CD-Rom mit 70 Folien

# Solar Powerbox

## Ein praxisbezogenes Lehrmittel zum Thema Photovoltaik

### Ordnerinhalt:

- ▶ 1 farbiges A3 Falblatt mit Vorwort und Einleitung sowie www Adressen und Literaturangaben
- ▶ 10 farbige A3 Falblätter mit Zusammenfassung und Kurztexten zu den Folien
- ▶ A4 Ausdrücke aller Folien
- ▶ CD-Rom mit 70 Folien im pdf Format für eine farbige Computer-Präsentation und den Ausdruck von Farbfolien für den Hellraumprojektor

### Impressum

#### Herausgeber

Aktion PV Berufsschule und Swissolar  
 Im Auftrage des Bundesamt für Energie,  
 im Rahmen von EnergieSchweiz  
 Vernehmlassung November 2001 (11.01)  
 1. Auflage April 2002

#### Konzept, Redaktion und Texte

Thomas Nordmann  
 Andreas Frölich  
 TNC Consulting AG, Erlenbach ZH  
 Adrian Kottmann  
 kottmann energie ag, Luzern

#### Grafik und Gestaltung

Pascal Bader  
 Reta Meier  
 TNC Consulting AG, Erlenbach ZH

#### Begleitgruppe

Josef Hofstetter  
 Berufsschule Luzern  
 Kurt Müller-Heussi  
 Elektro-Ausbildungszentrum Ziegelbrücke  
 Robert Sauter  
 Berufsbildungszentrum Schaffhausen

#### Bezug

TNC Consulting AG, Seestrass 141,  
 CH 8703 Erlenbach, mail@tnc.ch

#### Preis

**Solar Powerbox komplett**  
**Fr. 196.00 inkl. MwSt.**

#### 3.2 Silizium - Vom Rohstoff zum Solar-Modul

Der Weg vom Rohstoff bis zum fertigen Solarmodul läuft in folgenden 4 Etappen ab:

- 1. Silizium - Herstellung**  
 Ausgangsmaterial für die Siliziumherstellung ist Quarzsand (SiO<sub>2</sub>), der in vielen Wäldern reichlich vorhanden ist. Dieses Siliziumdioxid (SiO<sub>2</sub>) wird in einem aufwendigen Destillationsverfahren und Schmelzverfahren (1'200 - 1'200 °C) zu einem polykristallinem Silizium reduziert. Dieses hat eine Reinheit von mehr als 99%.
- 2. Wafer - Produktion**  
 Aus dem Silizium werden Blöcke mit einem Durchmesser von 15 cm gegossen oder gegesen. Anschliessend wird der Siliziumblock in viele Scheiben, im Fachjargon Wafer genannt, zersägt. Die Wafer haben eine Dicke von nur 0,25 - 0,4 mm.
- 3. Solarzellen - Produktion**  
 Die Wafer werden in diversen Arbeitsschritten zu Solarzellen verarbeitet. Nach dem Dotieren der Zellen (Erzeugen der p- und n-Schicht) müssen die Leiterbahnen auf der Front- und Rückseite aufgedruckt werden. Während des gesamten Arbeitsprozesses finden verschiedene aufwendige Veredelungsverfahren statt.
- 4. Solarmodul - Produktion**  
 Die Zellen können nun zu beliebigen Solarmodulen zusammengefasst werden. Je nach Serie resp. Realitätsübung der Zellen ergeben sich verschiedene Betriebsdaten.

#### 3.4 Monokristalline Zellen

Aus dem flüssigen hochreinen Silizium werden Säulen mit einem Durchmesser von ca. 15 cm **gegossen**. Von diesen, sogenannten "Einkristallen", werden Zellen in der erforderlichen Dicke abgeseigt (ca. 0,3 mm).

Das monokristalline Herstellungsverfahren garantiert einen hohen Wirkungsgrad.

Um die Zellen effektiver auf einer Fläche verlegen zu können, werden die runden Scheiben heute meist an 4 Seiten begradigt, im Extremfall bis zum Quadrat.

Die Leiterbahnen für den elektrischen Abgriff werden mit dem Siebdruckverfahren aufgedruckt. (ca. 0,2 mm)

#### 3.5 Polykristalline Zellen

Aus dem flüssigen hochreinen Silizium werden Blöcke mit quadratischer Grundfläche **gegossen**. Seitenlänge bis zu 15 cm. Anschliessend werden die Blöcke in Scheiben von ca. 0,3 mm geschnitten.

Dieses Verfahren ist kostengünstiger als die monokristalline Zellenproduktion.

Bei der Erstarung des Materials bilden sich unterschiedlich grosse Kristallstrukturen, an deren Grenzen Defekte auftreten. Diese Kristalldefekte verringern den Wirkungsgrad der Solarzelle.

Die Leiterbahnen für den elektrischen Abgriff werden mit dem Siebdruckverfahren aufgedruckt. (ca. 0,2 mm)

#### 3.6 Dünnschicht Zellen

Wird eine Siliziumschicht auf Glas oder ein anderes Trägermaterial abgeschieden, spricht man von einer amorphen Zelle oder Dünnschichtzelle. Die Schichtdicken betragen weniger als 0,01 mm.

Ausgangsmaterial für die Herstellung ist z.B. amorphes Silizium. Bei dieser Dünnschichttechnologie werden die Trägermaterialien (z.B. Glas) direkt beschichtet.

Die Beschichtung erfolgt meistens durch Aufdampfen der lichtempfindlichen Schichten.

Grösse und Form dieser Solarzellen ist nur nach abhängig von den Abmessungen des Trägermaterials sowie von der gewünschten elektrischen Verschaltung, die hier gleich mit der Beschichtung erfolgt.

Die Leiterbahnen für den elektrischen Abgriff werden aufgedruckt. Dabei gibt es auch transparente leitende Schichten.

Ein grosser Vorteil ist die günstige und einfache Herstellung sowie die Möglichkeit, auch grossflächige Zellen herzustellen.

Das Dünnschichtverfahren bietet die Möglichkeit mehrere Schichten, mit unterschiedlich spektraler Empfindlichkeit, übereinander auf das gleiche Trägermaterial aufzudampfen. ➔ Bessere Ausnutzung des Lichtspektrums und Erhöhung des Wirkungsgrades (z.B. Triplezellen, 3-schichtig)

#### Vorteile und Nachteile der kristallinen Zellen gegenüber Dünnschichtzellen:

<ul style="list-style-type: none"> <li>• stabiler und grosser Wirkungsgrad, grosse Leistung auf kleiner Fläche</li> <li>• grosse Forschungs- und Produktionserfahrung</li> <li>• grosse Produktionskapazitäten und somit ein gutes Preis-/Leistungsverhältnis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aufwendiger und langsamer Herstellungsprozess</li> <li>• Zellen müssen aufwendig zersägt werden</li> <li>• einzelne Zellen sind relativ klein</li> <li>• grosses Materialanteil an reinem Silizium (&gt; 99,99 %)</li> </ul>
--	---

### Beispiel eines A3 Falblattes

Alle Folien sind als Verkleinerungen in den A3 Falblättern integriert und mit Kurztexten kommentiert.

**Eine Solarzelle wandelt Sonnenlicht direkt in elektrischen Strom um.**

**Negative Ladungsträger (Elektronen) werden durch die Lichtquanten (Photonen) aus dem Halbleiter herausgeschlagen und vom Sammler (Leiterbahnen) aufgefangen.**

**Schematische Zeichnung einer kristallinen Zelle**  
 (Grössenverhältnisse entsprechen nicht der Realität!)

#### Folie

aus dem Modul 3:  
 Solarzellen



#### Solartrainer junior

Experimentierkoffer als Ergänzung zur Solar Powerbox  
 Preis und Info bei TNC Consulting AG