

# **Photovoltaik-Konzentrator-System mit kontrollierter Atmosphäre**

**Dieter Kohake**

Fachhochschule Gelsenkirchen, Fachbereich Elektrotechnik  
Neidenburger Straße 10, 45877 Gelsenkirchen  
Tel.: 0209/ 9596-287,-313; Fax: 0209/ 9596-569  
E-Mail: dieter.kohake@fh-gelsenkirchen.de

**O. Pereles, J. Enrile, V. Fernandez, P. Valera**  
Solucar, Avda. Buhaira, 2, 41018 Sevilla, Spain

**N. Martin, F. Chenlo**  
Ciemat, Avda. Complutense, 22, 28040 Madrid, Spain

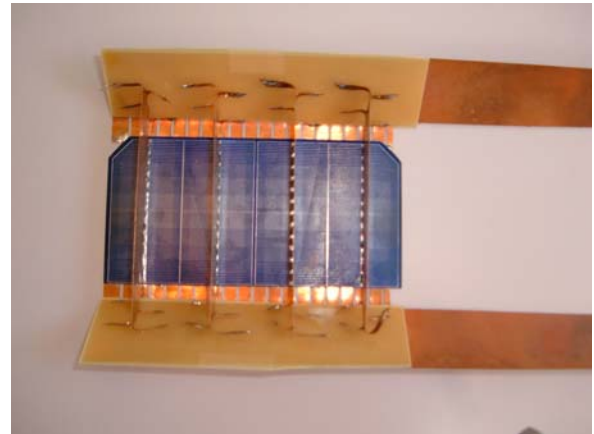
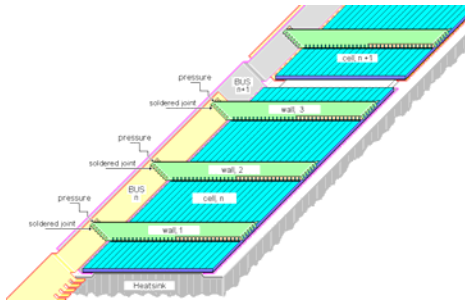
**A. Poruba**  
Solartec, Televizni 2618, Roznov pod Radhstem, 756 64 Czech Republic

## **1. Einleitung**

Ein großer Anteil der Kosten eines Photovoltaik-Systems wird durch die verwendeten Solarzellen bestimmt. Durch den Einsatz eines Konzentrator-Systems wird eine Reduktion der Kosten ermöglicht. Teure Halbleiterflächen können durch Spiegelflächen ersetzt werden, die die einfallende Solarstrahlung auf eine wesentlich verkleinerte Solarzelle konzentrieren. Da über Spiegel nur der direkte Anteil der Strahlung konzentriert werden kann, muss das System der Sonne nachgeführt werden, was im Vergleich zu fest aufgeständerten Systemen eine Kostenerhöhung hervorruft.

Gemeinsam mit internationalen Partnern wurde im Rahmen eines von der Europäischen Union geförderten Forschungsprojektes ein innovatives Photovoltaik-Konzentrator-Modul erforscht und entwickelt. Über Parabolspiegel wird die Solarstrahlung mit einem Konzentrationsfaktor von 20 bis 40 auf modifizierte Silizium-Solarzellen gelenkt und so die erforderliche Fläche der Zellen reduziert.

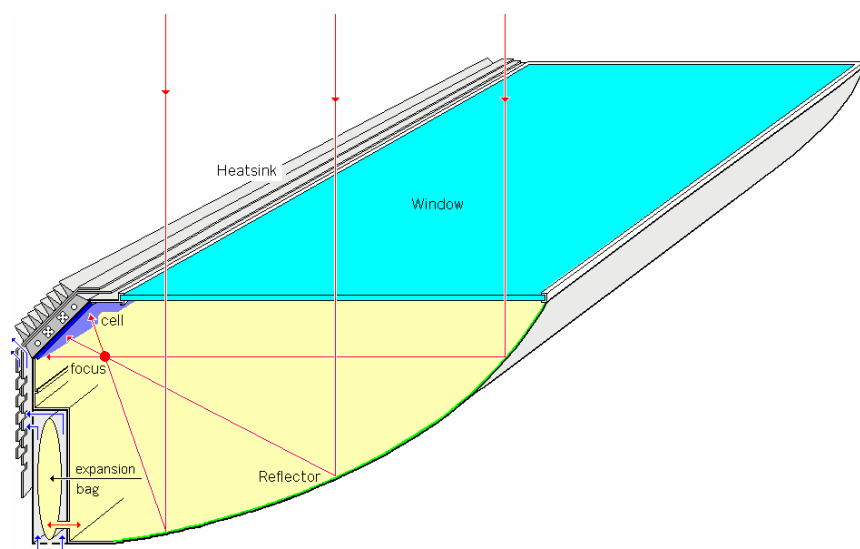
## 2. Projektrealisierung und Ergebnisse



Die Abbildungen zeigen die Solarzellen in einer schematischen Darstellung und in einem Prüfaufbau.

Es werden monokristalline Silizium-Zellen eingesetzt. Zur Kontaktierung sind senkrecht zur Zellenoberfläche Bus-Bars angeordnet, die den durch die Strahlungskonzentration erhöhten Strom aufnehmen können, aber nur eine geringe Abschattung hervorrufen, da sie parallel zur einfallenden Strahlung angeordnet sind.

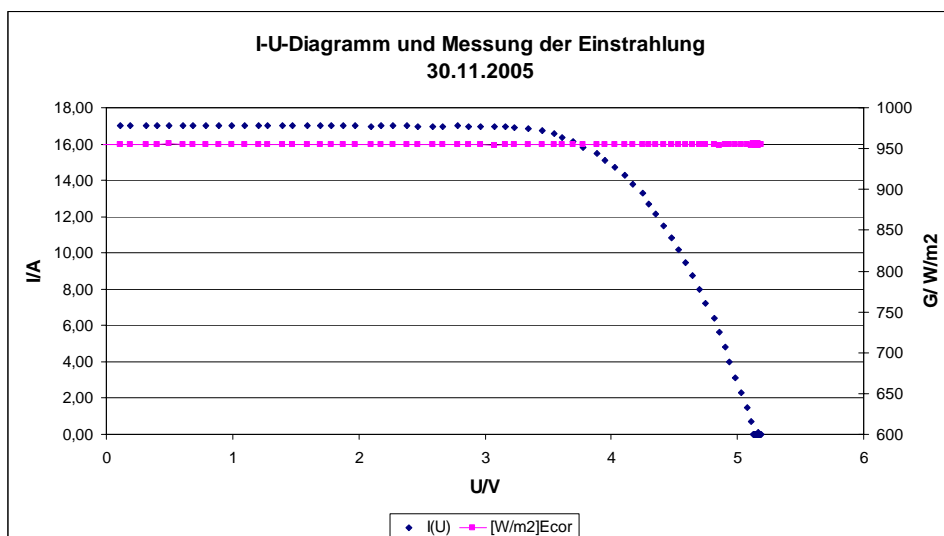
Die sensibelsten Komponenten von PV-Konzentrator-Modulen, die Solarzellen und die Reflektoren, werden in einer geschlossenen Box untergebracht um Degradationsprobleme dieses Systemtyps bei den Reflektoren und den Solarzellen zu vermeiden. Bedingt durch die Krümmung der Spiegel wurden sie teilweise aus Glas und teilweise aus Metallfolien hergestellt. Die Box hat ein Glasfenster mit geringer Absorption und enthält eine Atmosphäre, die auf die inneren Komponenten nicht aggressiv wirkt. Eine Umgebung mit kontrollierter Atmosphäre ist bisher für PV-Systeme nicht entwickelt und angewendet worden. Das Modul verfügt über einen passiven Kühlkörper, der die entstehende Wärme auf die Außenseite des Systems leitet.



Die Abbildungen zeigen den schematischen Aufbau des Konzentrator-Systems und in der Mitte des Fotos das reale System, installiert auf einem Tracking-System mit weiteren hierfür nicht relevanten Spiegelementen.



Es wurden zwei Prototypen des Konzentrator-Systems mit einem mittleren realen Konzentrationsfaktor von ca. 24 realisiert. In dem einen System sind 11 halbe Solarzellen in Reihe geschaltet, in dem anderen 22 Viertel-Zellen. Das erste System ist auf einem Testgelände der Firma Solucar in der Nähe von Sevilla installiert, das zweite auf einem Labordach der Fachhochschule Gelsenkirchen in Gelsenkirchen. Im November 2005 wurden erste Messreihen an dem Konzentrator-Modul in der Nähe von Sevilla aufgenommen.



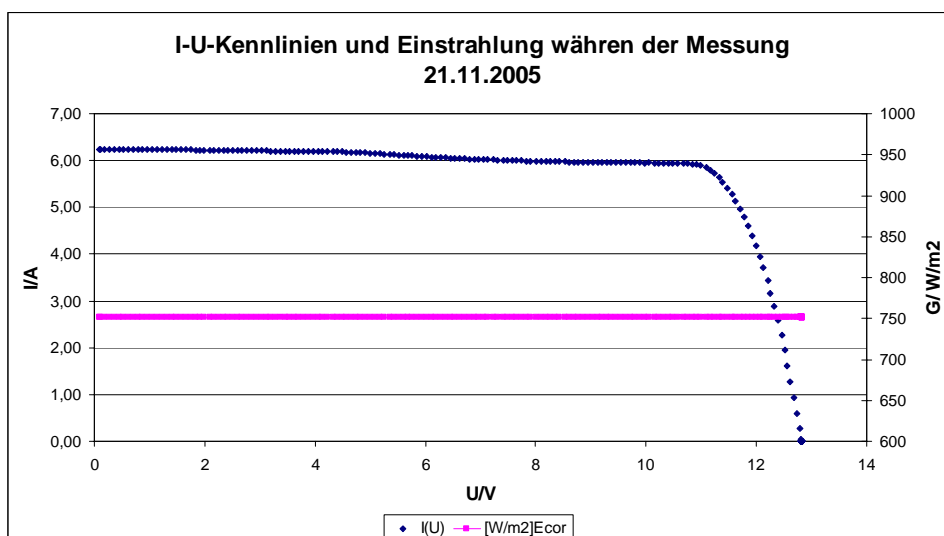
$I_{SC} = 17,01 \text{ A}$   
 $U_{OC} = 5,20 \text{ V}$   
 $I_{MPP} = 15,48 \text{ A}$   
 $U_{MPP} = 3,89 \text{ V}$   
 $P_{MPP} = 60,21 \text{ W}$

Der abgebildeten I-U-Kennlinie des Moduls können die nebenstehenden Kennwerte für den Kurzschlussstrom, die Leerlaufspannung, den Strom, die Spannung und die Leistung im MPP-Punkt entnommen werden. Die Kennlinie wurde bei einer Globalstrahlung von  $950 \text{ W/m}^2$  und einer Temperatur der Zellen zwischen  $70^\circ\text{C}$  und  $80^\circ\text{C}$  gemessen. Eine weitere Messung an diesem Modul bei einer direkten Einstrahlung von  $900 \text{ W/m}^2$  ergab eine Leistung von  $76,65 \text{ W}$  im MPP-Punkt. Alle Zellen des Moduls wurden vor dem Einbau im Labor unter STC-Bedingungen vermessen. Aus diesen Messwerten lässt sich eine maximale Leistung von  $135 \text{ W}_p$  und eine Leistung von ca.  $95 \text{ W}_p$  im Arbeitspunkt bei einer direkten Einstrahlung von  $900 \text{ W/m}^2$  berechnen. Die gemessenen Kenndaten liegen deutlich unter den berechneten.

Eine Begründung für diese Differenz wird aus dem abgebildeten Foto der bestrahlten Zellen ersichtlich. In der Mitte der Zellenanordnung wird die gesamte Fläche der Zellen bestrahlt, am rechten und linken Rand des Moduls aber nur etwa die halbe Fläche der Zellen. Diese inhomogene Strahlungsverteilung führt zu einer Reduktion der Leistung.



Auch an dem zweiten Konzentrator-Modul mit 22 Achtel-Zellen konnten I-U-Kennlinien gemessen werden.



$$I_{SC} = 6,23 \text{ A}$$

$$U_{OC} = 12,82 \text{ V}$$

$$I_{MPP} = 5,86 \text{ A}$$

$$U_{MPP} = 11,08 \text{ V}$$

$$P_{MPP} = 64,93 \text{ W}$$

Auch hier wurde bei einer globalen Einstrahlung von  $750 \text{ W/m}^2$  die berechnete Leistung nicht erreicht. Bei genauer Betrachtung der I-U-Kennlinie fällt der Knick in der Kennlinie auf, der auf die inhomogene Bestrahlung des Moduls zurück zu führen ist.

### **3. Zusammenfassung**

In einer für die Zukunft geplanten Systemoptimierung soll der Spiegel justierbar gestaltet werden, um des Problem der inhomogenen Bestrahlung zu lösen. Es wird erwartet, dass nach der Systemoptimierung die berechnete Leistung von ca. 95 W erreicht wird. Im System werden 5,5 Standard Si-Zellen eingesetzt mit einer Fläche von ca.  $572 \text{ cm}^2$ . Rechnet man die Leistung von ca. 95 W bei 5,5 Si-Zellen hoch auf die Fläche eines herkömmlichen  $100 \text{ W}_p$  Silizium-Moduls, würde eine Leistung von ca. 1,3 kW erreicht.

Die dargestellten ersten Ergebnisse zeigen, dass das Konzept eines Konzentrator-Systems mit kontrollierter Atmosphäre erfolgreich realisiert wurde. Um alle erwarteten Systemdaten, insbesondere den Einfluss einer auf die inneren Komponenten nicht aggressiv wirkenden Umgebung nachzuweisen, sind allerdings weitere Optimierungen und Analysen erforderlich.

Das Projekt wurde von der Europäischen Kommission unter der Nummer ENK5-CT-2002-00654 gefördert.

### **4. Literatur**

1. F. Dobon, J. Monedero, P. Valera, M.P. Friend; Controlled atmosphere PV concentrator, Proc. 16<sup>th</sup> European PVSEC; James and James, 2000, 2383-2385
2. F. Dobon, J. Monedero, P. Valera, L. Acosta, G.N. Marichal, R. Osuna, V. Fernandez; Controlled atmosphere PV Concentrator (CAC), Proc. 17<sup>th</sup> European PVSEC; WIP-Munich and ETA-Florence, 2002, 668-671
3. V. Fernandez, N. Martin, A. Poruba, D. Kohake, P. Valera, J. Enrile, R. Osuna, F. Chenlo; Controlled atmosphere PV concentrator: Characterisation and optimisation; Proc. 20<sup>th</sup> European PVSEC; WIP-Munich, 2005, 2403-2405

## Abstract

### Controlled Atmosphere Photovoltaic Concentrator (CAC)

The purpose of this project was to develop a photovoltaic concentrator in the range of 20x to 40x where the most sensible elements exposed to degradation as reflective mirrors and solar cells are protected to generate, under real conditions, ca. 100 W<sub>P</sub> with ca. 572 cm<sup>2</sup> of Si-cells.

Two prototypes for the CAC concentrator have been manufactured and currently are being tested in Spain and Germany.

The project has a subvention from DG Research (EC) under the contract ENK5-CT-2002-00654.