

Abschlussbericht Flatcon® Konzentrator-PV- Demonstratorsystem

Gefordert vom Badenova Innovationsfonds Klima- und Wasserschutz

Projekt Nr. 2006-04



1 Projektbeschreibung und Zielsetzung

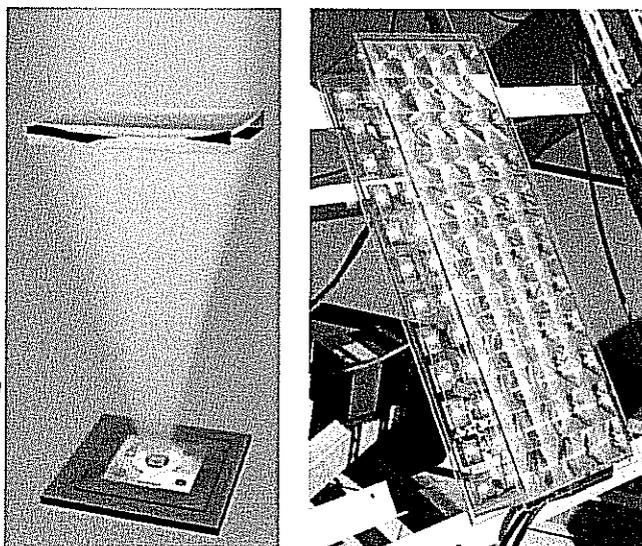
Die Concentrix Solar GmbH ist ein junges Technologieunternehmen, das Konzentrator-Photovoltaik-Module und Systeme herstellt, vermarktet und schlüsselfertig installiert. Zur Herstellung von Konzentrator-Modulen baut die Concentrix Solar GmbH eine Produktionslinie auf, um diese in Demonstrationsprojekten (1 – 8 kW-Systeme) einzusetzen. Mittelfristig wird Concentrix Solar eine industrielle Serienfertigung mit einer Produktionskapazität von 25 – 30 MW aufbauen.

Bei der FLATCON-Technologie wird direkte Sonnenstrahlung mittels Fresnel-Linsen fokussiert und mit Hilfe von speziell entwickelten hocheffizienten Solarzellen in Strom gewandelt (siehe Abbildung 1)

Abbildung 1:

Funktionsprinzip der FLATCON-Technologie (links).

Einzelnes FLATCON-Modul auf dem Fraunhofer ISE Teststand in Freiburg (rechts).



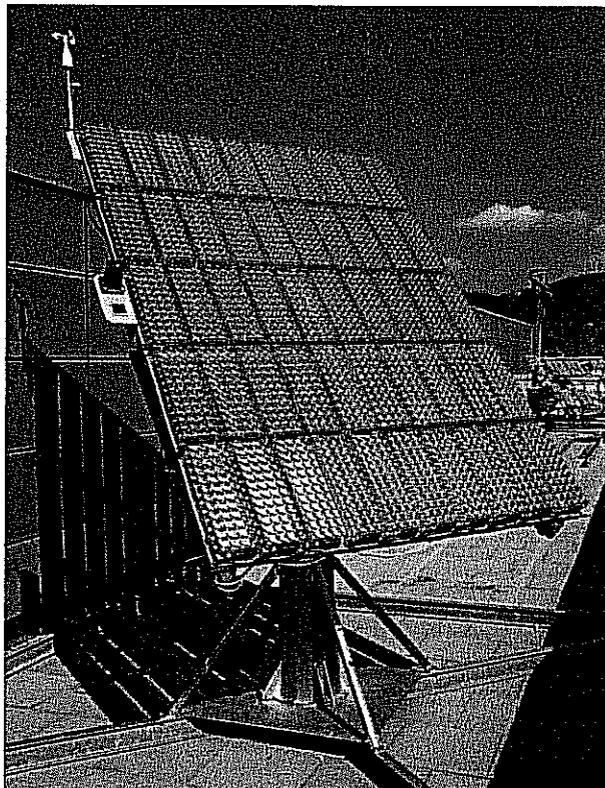
Die Konzentrator-Solarzellen bestehen aus III-V-Halbleitermaterialien und ermöglichen dadurch hohe Wirkungsgrade von über 35%. Mittelfristig können mit solchen Zellen Modulwirkungsgrade von über 25% erreicht werden. Durch die optische Konzentration kann die Verwendung von teuren Halbleitermaterialien auf kleine Flächen begrenzt werden und mit Hilfe einer kostengünstigen Optik lässt sich somit ein Wettbewerbsvorteil gegenüber der verbreiteten Photovoltaik-Technologie mit Silizium-Flachmodulen erreichen. Die FLATCON-Technologie hat einen klaren Kostenvorteil gegenüber dieser konventionellen Technologie für große Installationen an Standorten mit hoher Direktstrahlung. Ein erster Prototyp des Konzentratorsystems mit einer Leistung von ca. 1 kW wurde im Juni 2005 auf dem Dach des Fraunhofer ISE aufgebaut (siehe Abbildung 2).

Zielsetzung

Ziel des hier vorgeschlagenen Projekts ist die Erprobung und Demonstration der dargestellten Technologie im Rahmen eines Demonstrator-Systems. Damit können Betriebserfahrungen zu FLATCON-Konzentrator-Systemen gesammelt werden. Hierzu soll am Standort Freiburg ein 5 kW Demonstrator-System, welches die Zielgröße für das Konzentratorsystem darstellt, aufgebaut und vermessen werden.

Abbildung 2:

1 kW-
Demonstrator
system auf
dem Dach
des
Fraunhofer
ISE.



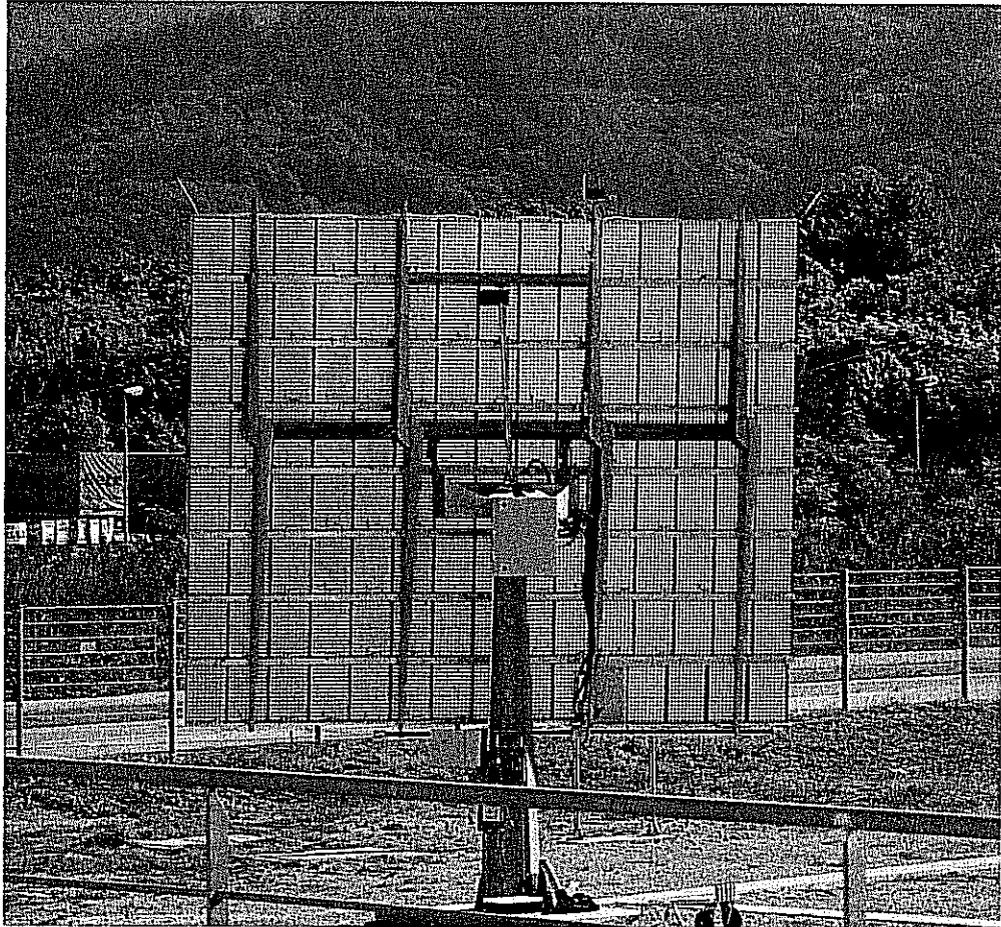
2 Vorgehensweise

Die Anlage zur zweiachsigen Nachführung wurde im Jahr 2006 am Standort in Freiburg installiert. Die nachgeführte Fläche hat eine Größe von 30 m² und kann 330 Module aufnehmen. Das System wurde zunächst mit den im Projekt geplanten 250 Modulen bestückt. Und in einem nächsten Schritt mit 330 Modulen voll bestückt.

Diese ursprüngliche Bestückung mit 330 Modulen wurde im Jahr 2007 durch 120 Module der neuesten Generation ersetzt. Diese Module beinhalten 150 Zellen, statt nur 48 wie in der vorangehenden Modulgeneration. Dadurch erhöht sich die gesamte Zellanzahl von 15840 auf 18000 Zellen pro System.

Abbildung 3:

Die Anlage
bei der
Bestückung
mit Modulen
der ersten
Generation.

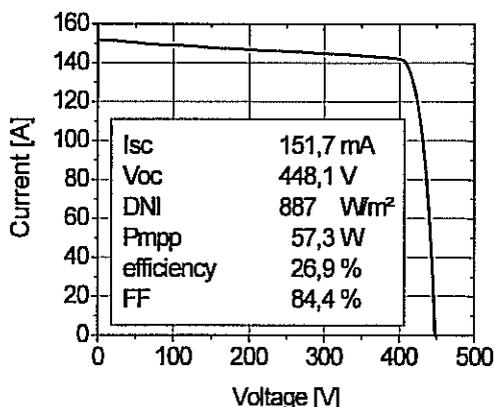


3 Arbeitsergebnisse

Das Nachführsystem wurde damit auf die notwendige Verwindungssteifigkeit der Fläche unter Eigen- und Windlast überprüft. Die Implementierung der Präzisionsregelung konnte erfolgreich durchgeführt werden. Die Nachführgenauigkeit liegt im Bereich von $0,05^\circ$. Die Montage der Module und deren präzise Justage auf dem Nachführsystem wurde optimiert, so dass in Zukunft eine zügige Installation bei aus mehreren Einzelanlagen bestehenden Kraftwerken durchgeführt werden kann. Bei diesen Modulen wurden Wirkungsgrade von bis zu 26,9% gemessen. In nachstehender Graphik ist eine Kennlinie eines Moduls dargestellt.

Abbildung 4:

Kennlinie eines Moduls der Zweitbestückung.

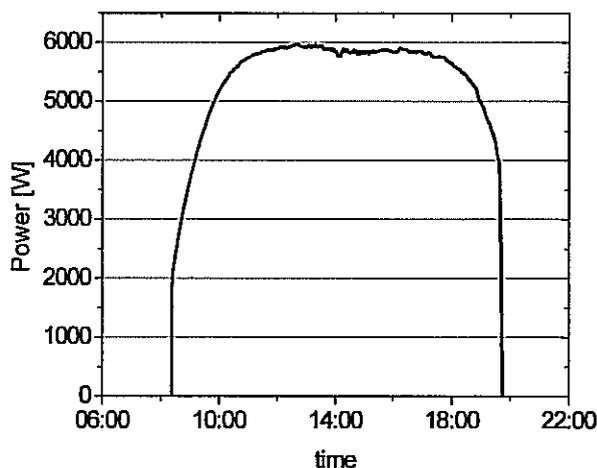


Durch den Austausch der Module erhöhte sich die Zellenzahl von 15840 auf 18000 Zellen pro System. Durch die neue Verschaltung wurde die DC-Spannung der Anlage auf 800V angehoben. Die höhere Spannung erweist sich als vorteilhaft für die Wechselrichterauslegung. Auf der Anlage konnte ein neues Wechselrichtersystem getestet werden, in das die Regelung der Nachführung bereits integriert ist. Der Leistungsteil des Wechselrichters ist dabei speziell auf die Anforderungen konzentrierender Photovoltaik angepasst. Hier ist insbesondere die Schaltzeit bei Wiedereinsetzen der DC-Leistung bei wechselnder Bewölkung ein wichtiges Thema.

Mit diesen Komponenten wurde ein hocheffizientes System geschaffen. Wirkungsgrade von 24% AC wurden bereits gemessen, wobei im Tagesverlauf durchschnittliche Systemwirkungsgrade von 22,0% erreicht werden. Eine Messung der Systemleistung eines FLATCON-Systems ist in nachfolgender Graphik gezeigt.

Abbildung 5:

Tagesverlauf der AC Spannung eines FLATCON Systems.



In Freiburg kann mit einem Jahresertrag von 6400 kWh pro System gerechnet werden. Da das System besondere Stärken bei hohem Direktstrahlungsanteil aufweist sind mediterrane Länder das bevorzugte Zielgebiet. So kann in Südspanien ein Jahresertrag von 12800 kWh für ein System erwartet werden.

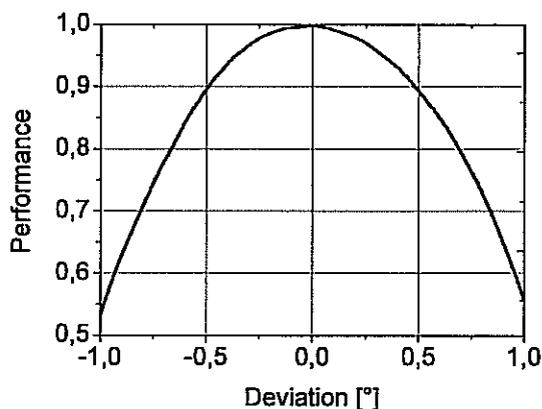
Das Nachführsystem wurde auf die Verwindungssteifigkeit der Fläche unter Eigen- und Windlast überprüft.

Durch die konzentrierende Optik weisen die Module bei senkrechter Einstrahlung die höchste Leistung auf. Mit zunehmender Abweichung der Sonneneinstrahlrichtung von der Idealen verlässt der Fokuspunkt der Linse die Zelle. Diese Abhängigkeit wird durch die Akzeptanzwinkelkurve beschrieben.

Für die Messung des Akzeptanzwinkels wird die gesamte Nachführeinheit ein Stück auf der Sonnentrajektorie vorausbewegt und angehalten. Während die Sonne im Folgenden die optimale Einstrahlposition der Nachführung überschreitet, wird kontinuierlich die elektrische Leistung des Systems gemessen. Das Ergebnis dieser Messung ist in der untenstehenden Abbildung zu sehen.

Abbildung 6:

Die Akzeptanzkurve des FLATCON Systems.

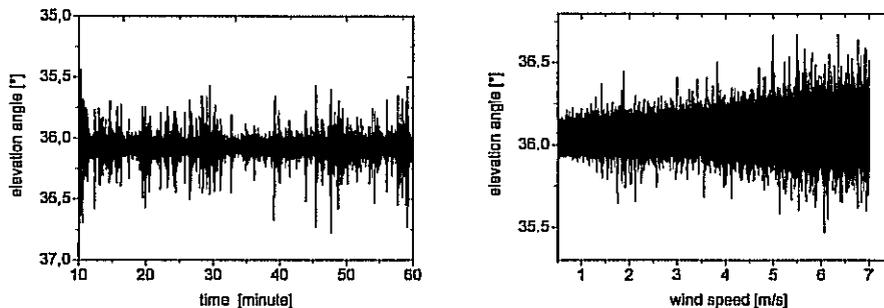


Bei einer Abweichung des Sonneneinstrahlwinkels von $0,36^\circ$ beträgt die Systemleistung noch 95 %, während sie bei $0,49^\circ$ noch 90% der maximalen Leistung beträgt.

Daher ist es erforderlich, dass sich die Präzision und die Verwindung der Nachführung in engen Grenzen bewegen. Insbesondere die dynamische Bewegung der Aperturfläche bei Wind konnte an dieser Nachführeinheit mit Hilfe von Neigungssensoren gemessen werden. Die Abbildungen zeigen das Ergebnis der Messung der Systemneigung an einem windreichen Tag im Frühjahr, einmal als Zeitreihe und einmal nach Windgeschwindigkeiten sortiert.

Abbildung 7:

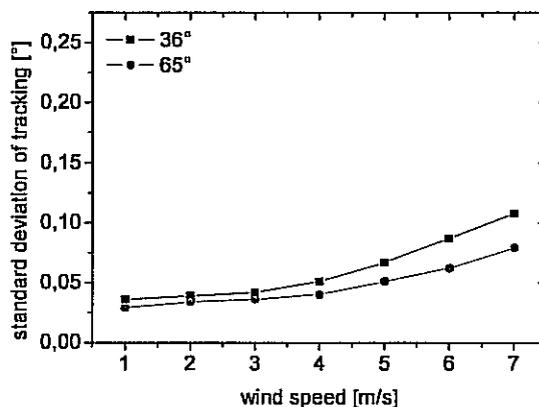
Die Messung der Systemneigung unter Windeinfluss.



Obwohl die dynamischen Schwingungen bis in den Bereich von $0,5^\circ$ reichen, wird durch eine statistische Analyse deutlich, dass sich der Tracker den Großteil der Zeit sehr nahe der Mittellage befindet. Dies verdeutlicht die nachfolgende Graphik der Standardabweichungen des Trackers für unterschiedliche Windgeschwindigkeiten.

Abbildung 8:

Standardabweichung der Trackerposition von der Mittellage in Abhängigkeit der Windstärke.



Damit bewies sich die Metallstruktur als ausreichend stabil für die Nachführung von FLATCON-Modulen.

Das Projekt ermöglichte es erstmals, die FLATCON-Technologie in einem für Kraftwerke geeigneten System einzusetzen und zu testen. Wichtige Entwicklungen konnten durchgeführt und im Betrieb erprobt werden. Auch heute noch wird das System regelmäßig modifiziert bzw. umgebaut, um weiterführende Test und Versuche durchführen zu können. Die Erkenntnisse aus der Arbeit am Projekt sind eingeflossen in die Produktentwicklung von Concentrix und waren damit ein wichtiger Baustein, dass Concentrix nun in Spanien Kraftwerke errichtet, bestehend aus vielen Einzelsystemen mit Gesamtleistungen im 100 bis 500 kW-Bereich. Weitergehend wird Concentrix mit seinen Installationen in den 5 - 10 MW-Bereich vorstoßen. Eine neue Produktionslinie mit einer

Kapazität von 25 MW pro Jahr befindet sich in der Erstellung und wird im September 2008 in Betrieb gehen.

4 Öffentlichkeitsarbeit

Im Rahmen des Projekts wurden zahlreiche Aktivitäten zur Öffentlichkeitsarbeit durchgeführt.

Eine von der Straße aus einsichtige Informationstafel wurde neben dem Demo-System installiert. Insbesondere zu Messezeiten ist der Fußgängerweg, an dem Testgelände vorbei führt, stark frequentiert und Passanten bleiben häufig stehen, um sich die Informationstafel anzusehen.

Abbildung 8:

Foto des
Schildes .



Zahlreiche Besuchergruppen haben in den vergangenen zwei Jahren das System besichtigt. Zwei Highlights hierbei:

- Besuch der Umweltministerin Gönner mit einer Pressedelegation am 08.09.2008
- Im Zusammenhang mit der Verleihung des Innovationspreises im Januar 2008 haben mehrere Fernsehsender, darunter das ZDF das Demo-System gefilmt und in Fernsehbeiträgen ausgestrahlt.

Neben den Besuchergruppen haben vor allem viele Individual-Besucher (Kunden, Forschungspartner, Presse etc.) das System besichtigen können.

In der Internet Darstellung waren über viele Monate das Photo und der Verweis die Projektförderung durch Badenova/Innovationsfonds eingestellt.

Pressebericht in der SolarRegion Innovation erleben: FLATCON Konzentration-PV Demonstrationssystem, 02/2007.

Freiburg, den 11. September 2008



Hansjörg Lerchenmüller

Concentrix Solar GmbH