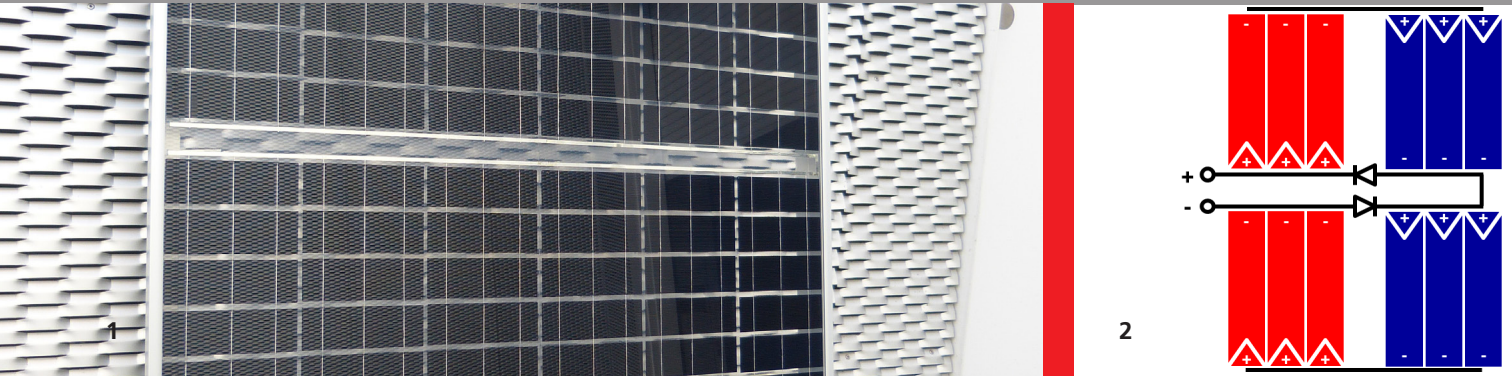




## FRAUNHOFER-CENTER FÜR SILIZIUM-PHOTOVOLTAIK CSP



- 1 *Drittelzellen Modul mit Solarwafer inlaminat Bypassdiode.*
- 2 *Verschaltung der 144 Drittelzellen, je 3 Stränge a 12 Zellen parallel zu einem Block, zwei Blöcke in Reihe abgesichert mit einer Diode, diese Einheit zweimal in Reihe.*

## DRITTELZELLENMODUL MIT SOLARWAFER INLAMINAT BYPASSDIODE

Das Drittelzellenmodul des Fraunhofer CSP wurde im Modultechnologiezentrum (MTZ) in Schkopau gefertigt. Es zeigt fünf Besonderheiten gegenüber herkömmlichen Modulen.

### Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik CSP

Otto-Eißfeldt-Straße 12  
06120 Halle (Saale)

#### Kontakt

Prof. Dr. Jens Schneider  
Telefon +49 345 5589 5500  
jens.schneider@csp.fraunhofer.de

[www.csp.fraunhofer.de](http://www.csp.fraunhofer.de)



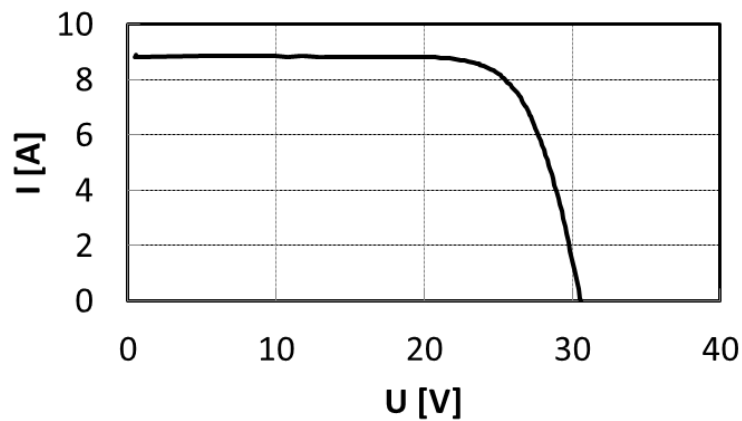
Gefördert im Rahmen  
des Verbundvorhabens AdmMo (#0325775E)  
im 6. Energieforschungsprogramm

### Drittelzellen

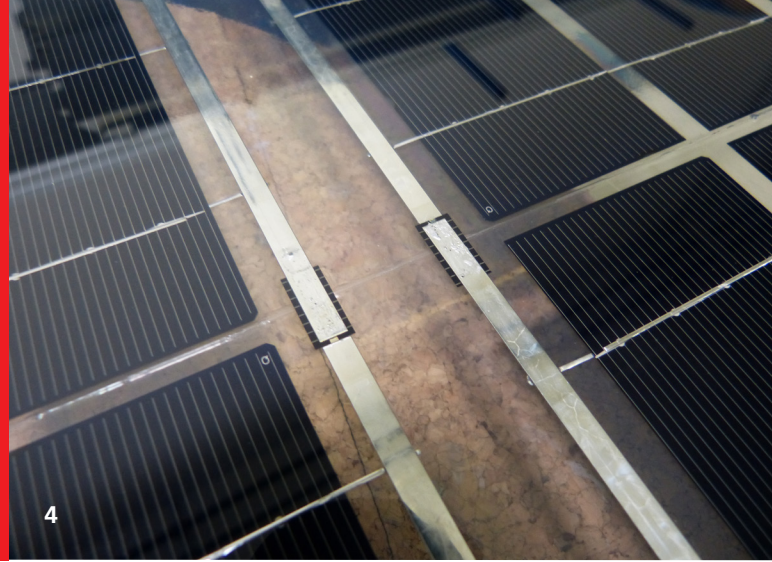
Durch geteilte Solarzellen wird der Strom je Zelle und damit die Serienwiderstandsverluste in den Zellverbindern reduziert. Da die Serienwiderstandsverluste mit dem Quadrat des Stroms skalieren, können die Verluste durch das Halbieren der Zellen auf ein Viertel und durch das Dritteln der Zellen auf ein Neuntel reduziert werden. Typischerweise liegen die Serienwiderstandsverluste in der Größenordnung von 8W, d.h. mit halben Zellen können etwa 6W mit Drittel Zellen 7W gewonnen werden. Das Modul besteht aus 144 gedrittelten Zellen und entspricht damit einem Modul mit 48 Standardzellen.

### Extra schmale Verbinderbändchen

Kleinere Ströme und kleinere Serienwiderstandsverluste ermöglichen reduzierte Bändchenbreiten. Hier besteht immer Optimierungspotential zwischen elektrischen und optischen Verlusten sowie Materialkosten. Beim Optimieren zwischen elektrischen und optischen Verlusten spielt der Einsatzort der Module eine Rolle, da die elektrischen Verluste mit dem Quadrat von Strom und Einstrahlung skalieren, die optischen Verluste jedoch linear mit der Einstrahlung zusammenhängen. Für Gebiete mit häufiger, hoher Einstrahlung sollte daher besonders auf geringe elektrische Verluste geachtet werden, während sich für gemäßigte Einsatzgebiete mit geringerer Einstrahlung eine Reduktion der optischen Verluste empfiehlt. Die Bändchenbreiten im ausgestellten Modul betragen 0.8 mm.



3



4

### Verschattungsresistenz

Um Module mit geteilten Zellen kompatibel mit anderen Modulen zu halten, sollte der Strom im Gesamtmodul in ähnlicher Größe wie für Standardmodule liegen. Daher werden in Modulen mit geteilten Zellen einzelne Stränge aus Zellen parallel geschaltet. In diesem Fall mit Drittelzellen werden drei Stränge parallel geschaltet und der Strom bleibt der Gleiche wie bei einem Standardmodul. Im Prinzip wird eine Zelle in Drittel geteilt, auseinander genommen und nebeneinander verschaltet. Damit wird aus einer 3-Busbar Zelle eine 9-Busbar Zelle. Die parallel geschalteten Stränge haben zusätzlich den Vorteil, dass bei Verschattung eines Strangs die anderen beiden weiterhin Strom führen können. Die Verschaltung ermöglicht einen Leistungsausgleich zwischen den Strängen und damit einen Ertragsgewinn in verschatteten Betrieb.

### Solarwafer basierte, inlaminat Bypassdiode

Kleinere Zellen bedeuten mehr Zellen im Modul. Zur Vorbeugung gegen Hotspots sollten, aber nicht mehr als 20-24 Zellen in Reihe geschaltet werden. Daher stellen Module mit geteilten Zellen immer eine Herausforderung für die Verschaltung dar. Insbesondere die Rückführung der Strangenden zu den Bypassdioden in einer zentralen Anschlussdose ist sehr aufwändig und unattraktiv.

Der Einsatz von dezentralen Anschlussdosen oder inlaminat Dioden bietet hier einen eleganten Ausweg. Inlaminat Bypassdioden konnten sich jedoch noch nicht durchsetzen, da flache Standardbauformen für Schottkydioden bislang nicht zuverlässig im Laminat verbaut werden konnten. Das Fraunhofer CSP verfolgt den Ansatz Bypassdioden auf Solarwafern mit weiteren Photovoltaik typischen Materialien und Prozessen herzustellen. Im ausgestellten Modul werden tatsächlich sogar Solarzellen als Bypassdioden genutzt. Diese funktionieren in Sperrrichtung ausreichend gut (bei einer Verlustleistung von 111mW unter STC gehen 0,5rel.% der Leistung verloren), jedoch wird die Zelle in Durchlassrichtung zu heiß. Am Fraunhofer CSP wird derzeit eine Schottkydiode auf einem Solarwafer entwickelt, die als inlaminat Bypassdiode geeignet ist.

### Transparente ETFE-Rückseitenfolie

Das Modul hat eine transparente Rückseitenfolie. Dies ermöglicht eine genauere Inspektion des Ausstellungsmoduls, da beide Seiten sichtbar bleiben. ETFE-Folien haben ausgezeichnete Lebensdauern und eine sehr hohe Transparenz. Durch Oberflächenaktivierung oder -beschichtung können sehr gute Haftungseigenschaften erzielt werden. Daher eignen sich ETFE Folien als Front- und Rückseitenfolie für alle Arten von Solarmodulen. Aufgrund relativ hoher Kosten spielen ETFE-Folien aber kaum eine Rolle in der Photovoltaik. ETFE-Folien kommen in Form von Kissen in der Hülle moderner Gebäude zum Einsatz, eines der bekanntesten Beispiele hierfür ist die Allianz Arena in München, das Fußballstadion von Bayern München und dem TSV 1860 München.

### Modulkenndaten:

Modulleistung	$P_{mpp} = 205W$
Effizienz (für Zellfläche)	$\eta = 17,6\%$
CTM Leistungsverhältnis	CTM = 91,6%
Leerlaufspannung	$V_{oc} = 636mV/Zelle$
Kurzschlussstrom	$I_{sc} = 8,87A$
Füllfaktor	FF = 75,7%

3 Stromspannungskennlinie für das Drittelzellenmodul.

4 Solarzellen als Bypassdiode, dies wird durch Schottkydioden aus Solarwafern ersetzt.