

Juni 2010

# REPORT



## Halten die Röhrenmodule was sie versprechen?

Vergleich der Jahreserträge des CIGS-Moduls  
"Solyndra" mit herkömmlichen PV-Modulen.

## Vergleich zwischen dem neuen, röhrenförmigen Modul und amorphen bzw. kristallinen PV-Modulen

### Neu aus den USA

In der zweiten Hälfte des Jahres 2008 erschienen erste Meldungen über ein neuartiges PV-Modul. Das US-amerikanische Unternehmen Solyndra ([www.solyndra.com](http://www.solyndra.com)) hatte ein PV-Modul entwickelt, das aus röhrenförmig gewickelten CIGS-Folien besteht (Abb. 1 und 2). Anfang 2009 gelangte dieses neuartige Modul auf den Markt.

Der Hersteller wirbt damit, dass die Ausrichtung der Module keine nennenswerte Auswirkung auf den Ertrag hat. Außerdem sorgt eine weiße Reflektor-Folie (nichts anderes als eine weiße

Dachfolie) dafür, dass reflektierte Strahlung an die Unterseite der Röhren gelangt und dadurch den Ertrag erhöht. Diese Module (Außenmaße 1,82 m x 1,08 m) sind lt. Hersteller für statisch schwache Flachdächer ohne Dachdurchdringung geeignet.

Das TEC-Institut beschloss diese neue Technologie näher zu untersuchen. Besonders interessierten uns Ertrag und Flächenbedarf im Vergleich zu kristallinen und amorphen PV-Modulen. Dafür wurde ein Test-Zeitraum von 12 Monaten vorgesehen.



Abb. 1: Röhrenförmiges CIGS-Modul der Fa. Solyndra

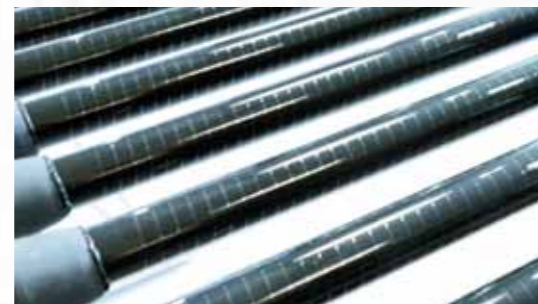


Abb. 2: CIGS-Röhren in Detailansicht

## Aufbau und Durchführung der Versuche

### Die unterschiedlichen Module

Hersteller:	Typ:	Länge (m)	Breite (m)	Zellenart	Leistung (Wp)
Solyndra	SL-001-182 C	1,820	1,080	CIGS	182
Solartech	SN-GS-40D39D	1,245	0,635	a-Si	40
Aleo	S 16	1,660	0,830	poly	180
ANTARIS	ASM 175	1,580	0,808	mono	175

### Eigenverschattung des Solyndra-Moduls

Auf einem Flachdach mit 7° Neigung, Ausrichtung nahezu 0° süd, wurden die mono- und polykristallinen, sowie die a-Si-Module testweise ohne zusätzliche Aufständigung, montiert. Der CIGS-Typ (Solyndra) wurde mit seiner Längsachse ebenfalls in Nord-Süd-Richtung aufgestellt, darunter wurde die weiße Reflektor-Folie verlegt (Abb. 3).

Der Testzeitraum begann am 01.03.2009 und endete am 28.02.2010.

Schon unmittelbar nach Beginn der Messungen war zu erkennen, dass das Solyndra-Modul je nach Sonnenstand seine eigene Reflektor-Folie zum Teil und zeitweise sogar komplett verschattete (Abb. 4 und 5).



Abb. 3: Solyndra-Modul auf seiner Reflektor-Folie



Abb. 4: CIGS-Röhren bewirken Teilverschattung des Reflektors



Abb. 5: CIGS-Röhren bewirken Vollverschattung des Reflektors

## Die Messergebnisse

### CIGS-Modul deutlich abgeschlagen

Im Test-Zeitraum vom 01.03.2009 bis zum 28.02.2010 ergaben sich pro Modultyp die Jahres-Erträge, wie sie in Abb. 6 zu sehen sind. Wie in der Photovoltaik üblich, werden die jeweiligen Erträge auf das kWp bezogen, um die verschiedenen Module direkt miteinander vergleichen zu können.

Während sich die drei „Flächen“-Modultypen (monokristallin, polykristallin und amorphes Silizium) quasi ein „Kopf-an-Kopf-

Rennen“ lieferten (mit leichtem Vorteil für monokristallin), zeigte das röhrenförmige CIGS-Modul bei unseren Messungen über 12 Monate einen deutlich geringeren Jahresertrag, jeweils bezogen auf das kWp. Wie sich die Erträge auf die verschiedenen Monate des Jahres verteilten, zeigt Abb. 7.

Der einzige Monat in welchem das Solyndra-Modul im Ertrag deutlich vor den anderen lag, war der Januar. Das Dach und

damit auch Flächenmodule waren im Januar über längere Zeiträume schneebedeckt. Auf den Solyndra-Röhren schmolz der Schnee relativ schnell ab. Der Schnee, der unter dem Solyndra-Modul lag, reflektierte das Licht. Dies führte im Januar zu einem vergleichsweise höheren Ertrag, der sich jedoch auf den Jahresertrag nicht nennenswert auswirkte.

Zu erwartende Erträge pro Flächeneinheit (in diesem Fall pro m<sup>2</sup>) lassen sich bei Flächenmodulen üblicherweise aus den Datenblattwerten der jeweiligen Nennleistungen ermitteln. Interessant war in diesem Zusammenhang das Verhalten des Röhrenmoduls: Während sich die real gemessenen Jahresertragsanteile zwischen monokristallinen, polykristallinen und a-Si- Flächenmodulen

**Jahreserträge der einzelnen Modultypen, jeweils bezogen auf 1 kWp (real gemessen) Zeitraum: 01.03.2009 bis 28.02.2010**

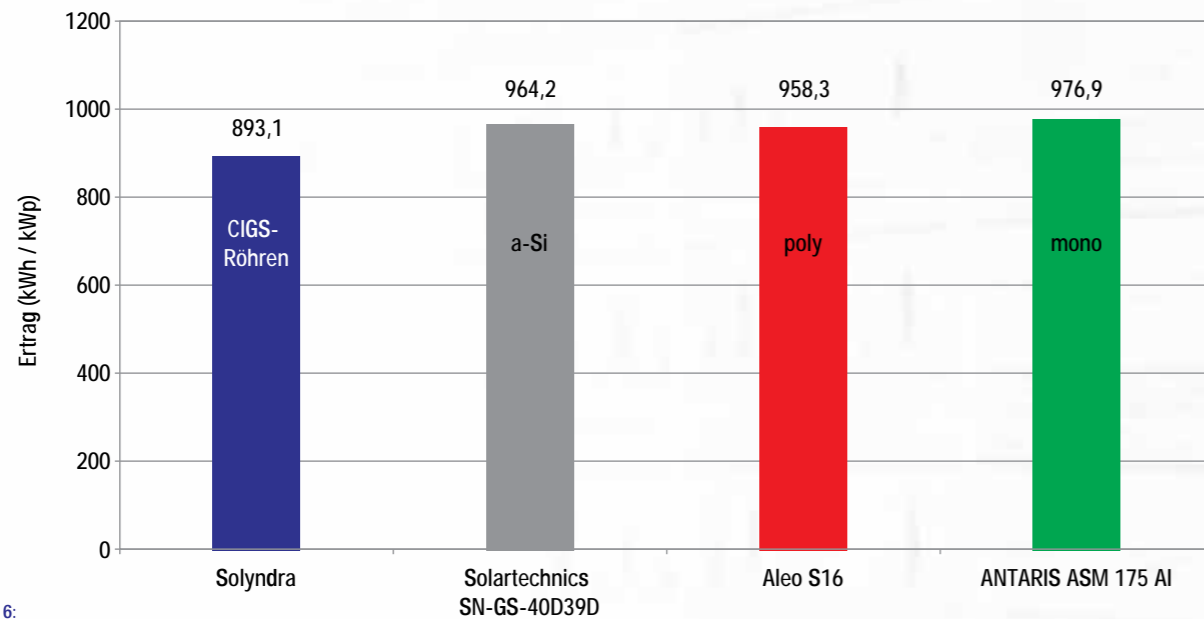


Abb. 6: Jahreserträge [kWh/kWp]

**Monatserträge der jeweiligen Modultypen, jeweils bezogen auf 1 kWp (real gemessen) Zeitraum: 01.03.2009 bis 28.02.2010**

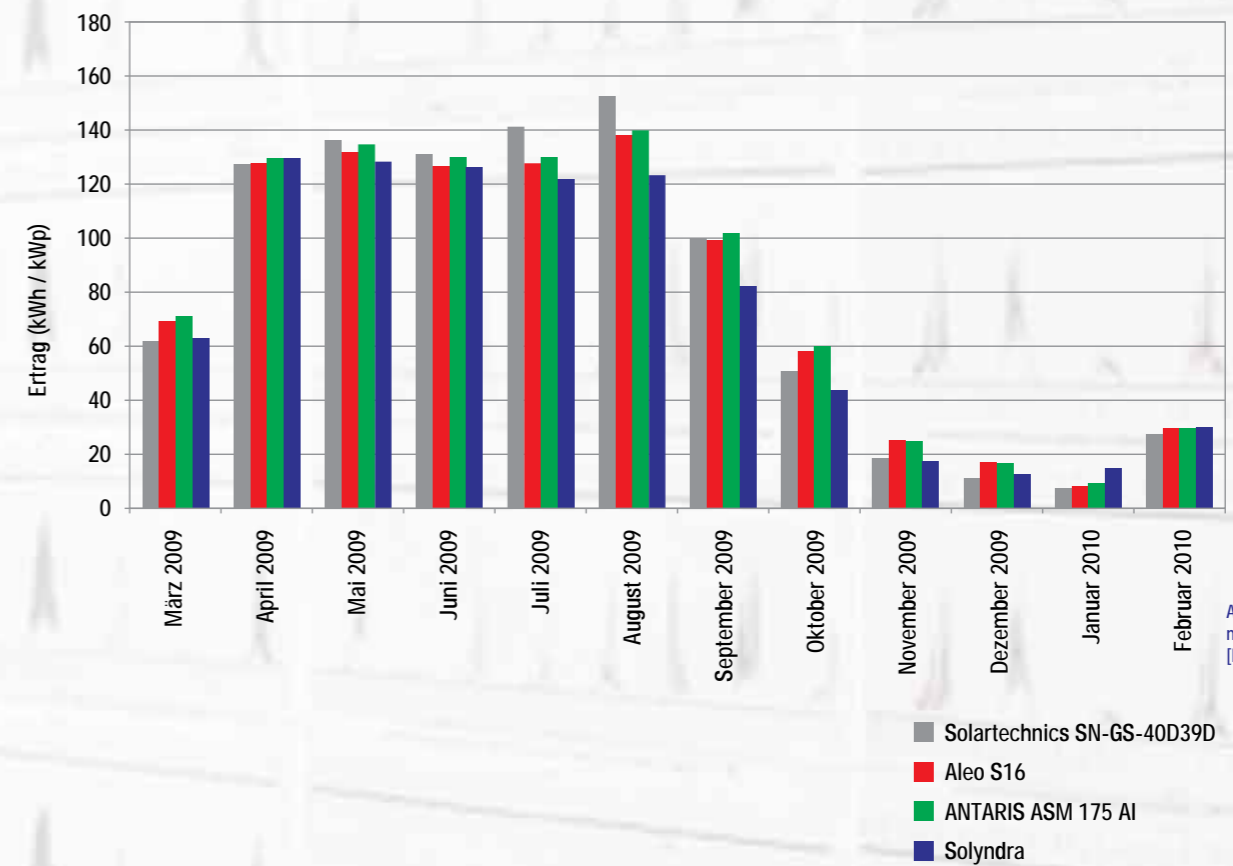


Abb. 7: monatliche Erträge [kWh/kWp]

untereinander genau so verteilen wie aus den Datenblattwerten zu erwarten war (Abweichung max. 0,6 %), wick das Solyndra-Röhrenmodul deutlich ab. Der real gemessene Ertrag lag 6 % hinter dem lt. Datenblattwerten zu erwartenden Ertrag.

Abb. 8 zeigt die zu erwartenden prozentualen Ertragsanteile pro m<sup>2</sup> aus den Datenblattwerten, sowie die tatsächlich erbrachten prozentualen Jahres-Ertragsanteile, bezogen auf monokristallin (100 %).

## Vergleich zwischen zu erwartenden Ertragsanteilen pro m<sup>2</sup> (Datenblattwerte) und real gemessenen Jahresertragsanteilen pro m<sup>2</sup>, bezogen auf monokristallin (Jahresertrag pro m<sup>2</sup> für monokristalline Module entspricht 100 %)

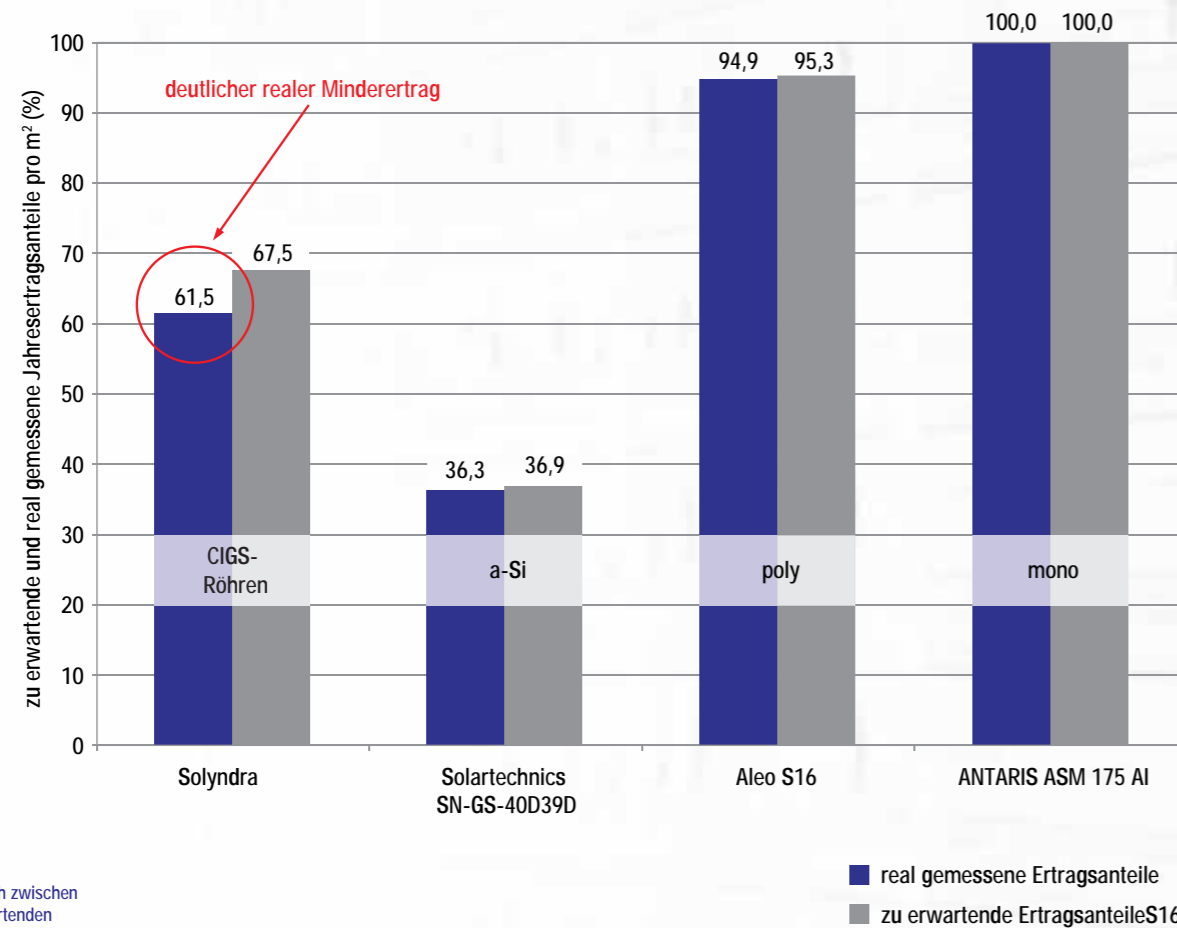


Abb. 8: Vergleich zwischen zu erwartenden und realen Ertragsanteilen [%]

## Unser Fazit

### Deutliche größere Dachfläche für angegebenen Ertrag, als aus Datenblattwerten errechnet.

Wer gewohnt ist seinen Flächenbedarf, und damit auch seinen Ertrag, wie bei den herkömmlichen Flächenmodulen üblich, aus den Datenblattwerten zu berechnen, sollte beim Röhrenmodul einen deutlichen Mehrbedarf einkalkulieren. Das CIGS-Röhrenmodul Solyndra benötigte eine deutlich größere Fläche (6 %) um an die durch das Datenblatt berechenbaren und gewünschten Ertragswerte heran zu kommen.

### Zu viele Nachteile und kein schlüssiges Preis-/Leistungsverhältnis

Nachteilig ist, dass das Modul seinen eigenen Reflektor verschattet (Abb. 4 und 5). Weiterhin verschmutzt die weiße Reflektorfolie sehr schnell, so dass sie unter den Wetterbedingungen Mitteleuropas mehrmals jährlich gereinigt werden müsste um optimal zu reflektieren. Zumindest war dies bei der von uns verwendeten Folie der Fall (sie wurde vom Hersteller mit geliefert). Bei größeren Dachflächen, die mit Solyndra-Modulen belegt sind, stellt diese Reinigung ein Problem dar, weil es schwierig ist mit den Reinigungsgeräten unter die großflächig verteilten Module zu gelangen. Sicherlich steckt in dieser neuen CIGS-Röhrentechnologie noch Entwicklungspotential, das zukünftig zur Steigerung des Wirkungsgrades führen kann – nachteilig ist zur Zeit neben dem geringeren spezifischen Ertrag im Vergleich zu herkömmlichen Modulen auch der deutlich höhere Preis.

## Unser Equipment

Gerät:	Typ:	Hersteller/Lieferant:
Multimeter	Fluke 45	Fluke
Multimeter	Fluke 89 IV	Fluke
Wechselrichter	Soladin 600	Mastervolt
Selbst. Freischaltstelle	ENS 26	UFE
Messrechner	GX 260	Dell
Software	MS Visual Basic 6.0	Microsoft
Software	MS Excel 2003	Microsoft
PV-Modul	SL-001-182 C	Solyndra
PV-Modul	SN-GS-40D39D	Solartechnics
PV-Modul	S 16	Aleo
PV-Modul	ASM 175	ANTARIS



**Dipl.-Ing. (FH)  
Eberhard Zentgraf**

## **TEC-Institut für Technische Innovation GmbH & Co. KG**

Am Heerbach 5  
63857 Waldaschaff  
Tel.: +49 (0) 6095 999-666  
Fax: +49 (0) 6095 999-197  
Email: [info@tec-institut.de](mailto:info@tec-institut.de)  
Internet: [www.tec-institut.de](http://www.tec-institut.de)

