

Jahresvergleich der Erträge des röhrenförmigen CIGS-Moduls „Solyndra“ mit amorphen und kristallinen PV-Modulen

Autor:
Dipl. Ing. (FH) Eberhard Zentgraf
Elektroingenieur
im TEC-Institut für technische Innovationen

An Planung, Aufbau, Messungen und Auswertung beteiligtes wissenschaftliches
Team:
E. Zentgraf, S. Hock, A. Zentgraf, J. Kunze

Inhalt

1. Vorwort	3
2. Aufbau und Durchführung der Versuche	4
3. Messergebnisse	6
4. Auswertungen	8
5. Abschließend	9
6. Equipment	9

1. Vorwort:

In der zweiten Hälfte des Jahres 2008 erschienen erste Meldungen über ein neuartiges PV-Modul. Das US-amerikanische Unternehmen Solyndra (www.solyndra.com) hatte ein PV-Modul entwickelt, welches aus röhrenförmig gewickelten CIGS-Folien bestand, siehe Abb. 1 und 2.

Anfang des Jahres 2009 gelangten diese neuartigen Module 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 ohne Dachdurchdringung für statisch schwache Flachdächer geeignet.



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

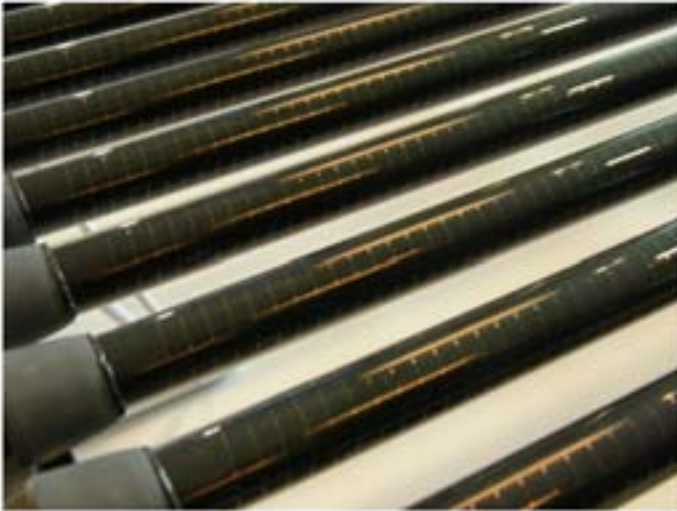


Abb.2: CIGS-Röhren in Detailansicht

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.

2. Aufbau und Durchführung der Versuche:

Module im Vergleichstest:

Hersteller:	Typ:	Länge [m]	Breite [m]	Zellen-Art	Leistung [Wp]
Solyndra	SL-001-182 C	1,820	1,080	CIGS	182
Solartechnics	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

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

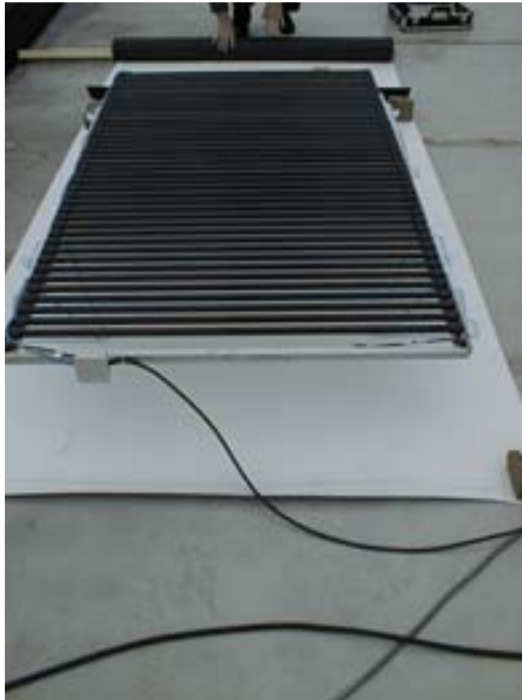


Abb. 3: Solyndra-Modul auf seiner Reflektor-Folie

Besonderheiten während des Testzeitraums:

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 seine eigene Reflektor-Folie teilweise oder auch völlig verschattete, je nach Sonnenstand, siehe Abb. 4 und 5.



Abb.4: CIGS-Röhren bewirken Teilverschattung des Reflektors



Abb.5: CIGS-Röhren bewirken Vollverschattung des Reflektors

3. Messergebnisse:

Ergebnisse der Messreihen:

Im Test-Zeitraum vom 01.03.2009 bis zum 28.02.2010 ergaben sich pro Modultyp die Jahres-Erträge, welche 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.

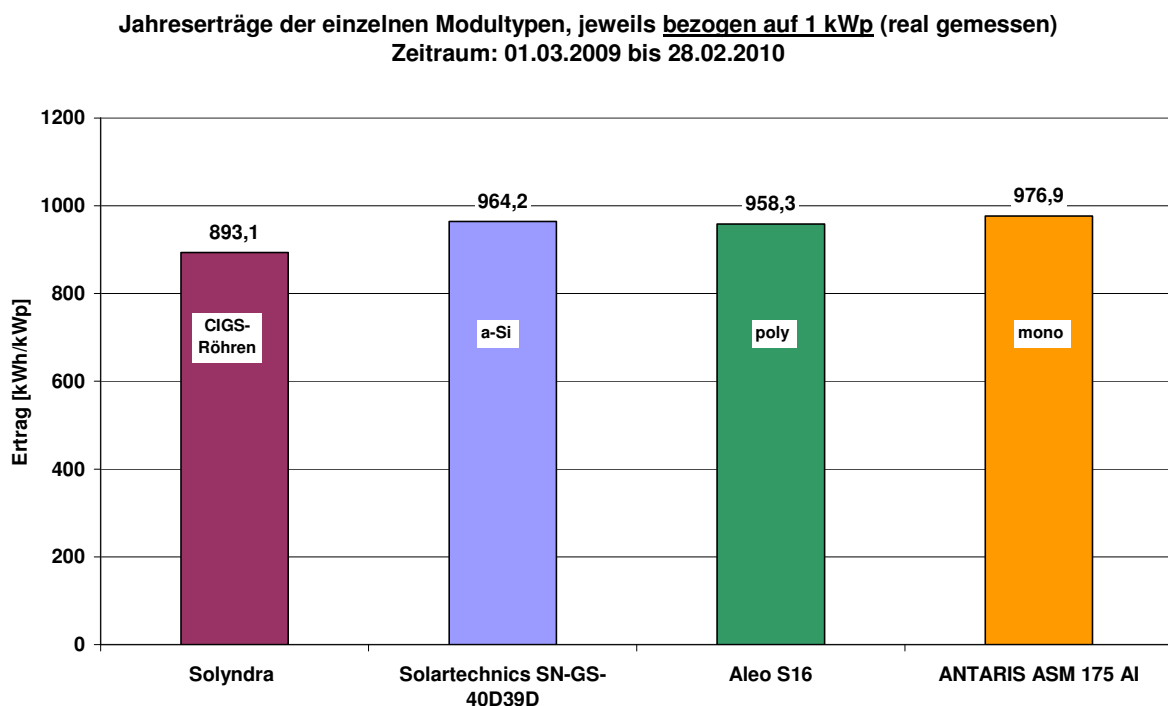


Abb. 6: Jahreserträge [kWh/kWp]

Zwischenfazit:

Während sich die drei „Flächen“-Modultypen (monokristallin, polykristallin und amorphes Silizium) quasi ein „Kopf-an-Kopf-Rennen“ liefern (mit leichtem Vorteil für monokristallin) zeigt das röhrenförmige CiGS-Modul deutlich weniger Jahresertrag, jeweils bezogen auf das kWp.

Monatliche Betrachtungen:

Wie sich die Erträge auf die verschiedenen Monate des Jahres verteilen, zeigt Abb. 7.

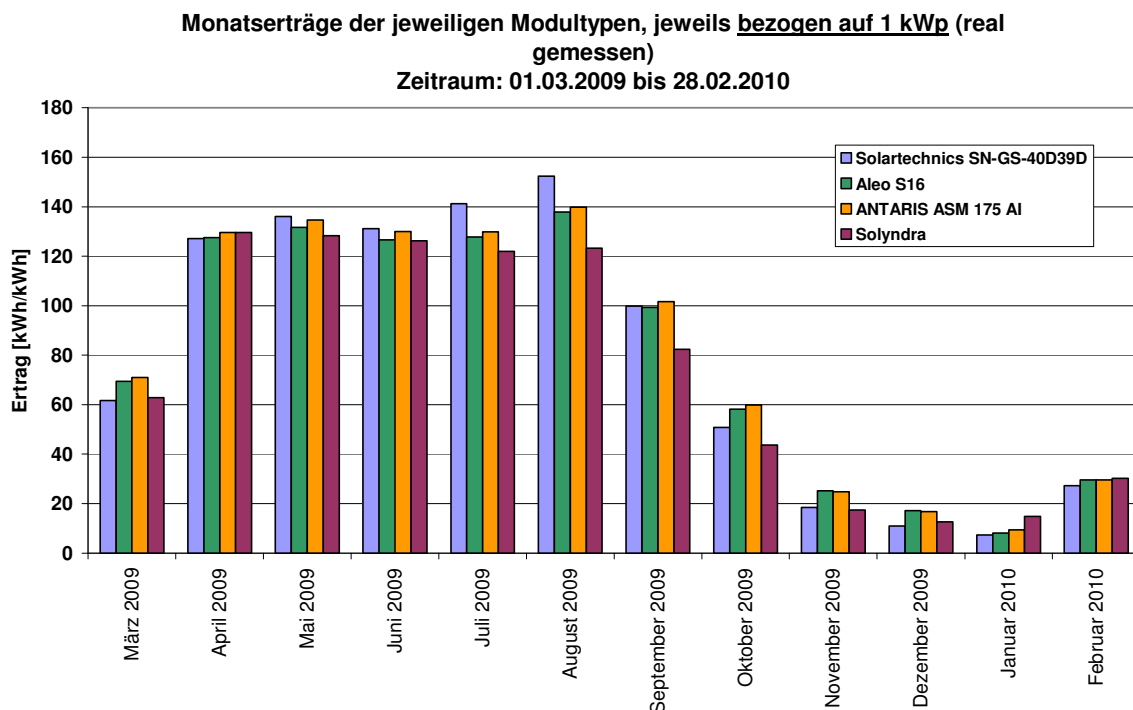


Abb. 7: monatliche Erträge [kWh/kWp]

Der einzige Monat in welchem das Solyndra-Modul im Ertrag deutlich vor den anderen liegt, ist der Januar. Das Dach (und damit auch die 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, welcher sich jedoch auf den Jahresertrag nicht nennenswert auswirkte.

4. Auswertung:

Betrachtungen pro Flächeneinheit:

Zu erwartende Erträge pro Flächeneinheit (in diesem Fall pro m²) lassen sich bei Flächenmodulen aus den Datenblattwerten der jeweiligen Nennleistungen ermitteln.

Interessant in diesem Zusammenhang ist das Verhalten des Röhrenmoduls. Abb. 8 zeigt die zu erwartenden prozentualen Ertragsanteile pro m² aus den Datenblattwerten, sowie die tatsächlich erbrachten prozentualen Jahresertragsanteile, bezogen auf monokristallin (100 %).

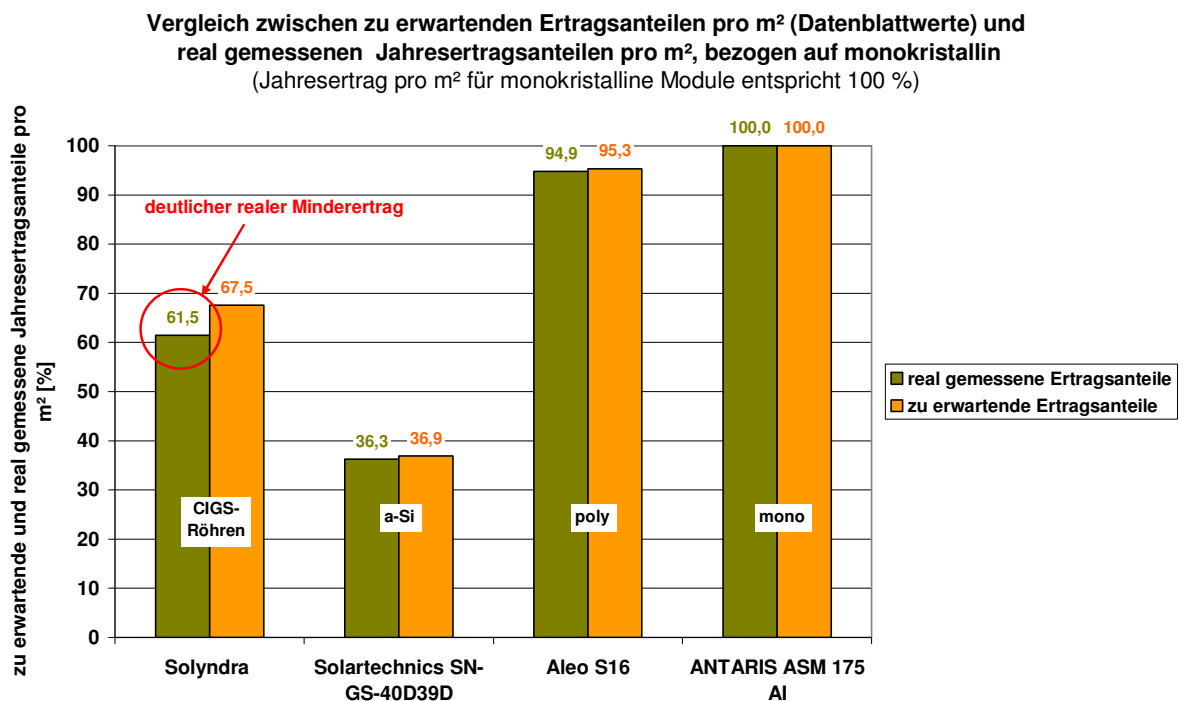


Abb. 8: Vergleich zwischen zu erwartenden und realen Ertragsanteilen [%]

Fazit:

Während sich die real gemessenen Jahresertragsanteile zwischen monokristallinen, polykristallinen und a-Si- Flächenmodulen untereinander genau so verteilen wie aus den Datenblattwerten zu erwarten ist (Abweichung max. 0,6 %), wick das Solyndra-Röhrenmodul deutlich ab.

Der real gemessene Ertrag lag 6 % hinter dem lt. Datenblattwerten zu erwartenden Ertrag.

Wer gewohnt ist seinen Flächenbedarf, und damit auch seinen Ertrag, wie bei den herkömmlichen Flächenmodulen üblich, aus den Datenblattwerten zu

berechnen, muss beim Röhrenmodul einen deutlichen Mehrbedarf einkalkulieren.

Das CIGS-Röhrenmodul Solyndra benötigt einen deutlichen Mehraufwand an Fläche (6 %) um an die gewünschten Ertragswerte heran zu kommen.

5. Abschließend:

Nachteilig ist, dass das Modul seinen eigenen Reflektor verschattet (siehe 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 (sie wurde vom Hersteller mit geliefert) der Fall.

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, welches zukünftig zur Steigerung des Wirkungsgrades führen kann. Zur Zeit noch nachteilig ist neben dem geringeren spezifischen Ertrag im Vergleich zu herkömmlichen Standards auch der deutlich höhere Preis.

6. Equipment

Gerät:	Typ:	Hersteller/Lieferant:
Multimeter	Fluke 45	Fluke
Multimeter	Fluke 89 IV	Fluke
Wechselrichter	Soladin 600	Mastervolt
Selbst. Freischnittstelle	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

Waldaschaff, 13.04.2010

Eberhard Zentgraf
Dipl.-Ing. (FH) Elektrotechnik
TEC-Institut für technische Innovationen