

Nr. 10 / 2011

REPORT



PV-Module: Ertrags-Unterschiede bei südlicher und westlicher Ausrichtung

Westausrichtung so viel weniger?

PV-Module: Ertrags-Unterschiede bei südlicher und westlicher Ausrichtung

Im September 2008 veröffentlichten wir die Ergebnisse einer Untersuchung, in der wir die Jahres-Energieerträge von PV-Kleinstmodulen als herunterskaliertes Experiment in verschiedenen Ausrichtungen und Neigungen untersuchten – auch nachzulesen in „Höhe des Energieertrages von PV Modulen unter verschiedenen Neigungswinkeln und Ausrichtungen“ auf unserer Homepage www.tec-institut.de.

Unsere damalige Veröffentlichung stieß auf ein überraschend großes Interesse: In zahlreichen E-Mails, Telefonaten und persönlichen Gesprächen wurden wir gebeten, diese damalige Messung mit großen Serienmodulen im Netz-Einspeisebetrieb zu untermauern.

Alle Neigungen und Ausrichtungen der Messreihen von 2008 konnten wir in der aktuellen Testreihe nicht mit den großen Serienmodulen nachstellen, dazu reichte der Platz in unserem Testbereich nicht aus. Aber exemplarisch wollten wir mit großen Serienmodulen und im Netz-Einspeisebetrieb den Unterschied zwischen einer Südausrichtung und einer Westausrichtung jeweils mit einem Neigungswinkel von 28° ermitteln. Wir wählten dazu 2 Exemplare „SCHOTTSolar poly 165“ als Vertreter der kristallinen Module, sowie 3 Exemplare „Solartechnics SN-GS-40D“ (a-Si) als Vertreter der Dünnschicht Module aus.

Alle Module wurden jeweils mit einer Neigung von 28° 1 Jahr lang in Südausrichtung und anschließend 1 Jahr lang in Westausrichtung betrieben.

Als Referenz-Meßgerät diente ein hochwertiger Globalstrahlungsmesser (Pyranometer) vom Typ CMP3 von Kipp & Zonen, ein Gerät, das auch vom Deutschen Wetterdienst benutzt wird. Als Vergleichsmodule wurden außerdem zwei kristalline Module ANTARIS ASM 175 und zwei a-Si Dünnschicht Module Kaneka Z-EA D075 herangezogen, die während des gesamten Messzeitraums, vom 01. April 2009 bis

31. März 2011, unter einem Neigungswinkel von 28° nach Süden ausgerichtet wurden. Nach Ablauf jeweils eines Jahres wurden ihre Erträge mit den Erträgen der Probanden SCHOTTSolar poly 165 und Solartechnics SN-GS-40D verglichen.



Abb. 1: Das verwendete Pyranometer CMP3 von Kipp & Zonen



Abb. 2: Im Vordergrund: die 3 Solartechnics Module, nach Westen ausgerichtet. Im Hintergrund rechts: die nach Süden ausgerichtete Module.



Abb. 3: Auch bei flachen Sonnenständen durften sich die Module nicht gegenseitig verschatten

Die Messungen

Eine wichtige Voraussetzung für exakte Messungen war, daß die Module nur dann das Optimum ihrer Leistung erbringen konnten, wenn der MPP-Bereich (Maximum Power Point) vom Modulstrang und Wechselrichter übereinstimmt. Die jeweiligen Modultypen wurden zu Strängen zwischen zwei bis drei Modulen (abhängig von der MPP Spannung der einzelnen Module) verschaltet. Über jeweils einen Wechselrichter vom Typ Mastervolt Soladin 600 und über einen zugehörigen ENS (Elektronischer Netzfreischalter) erfolgte

die Einspeisung ins Stromnetz. Der Eingangs-Gleichstrom und die Eingangs-Gleichspannung eines jeden Wechselrichters wurden über kalibrierte Multimeter erfaßt und mit Hilfe eines Messrechners zusammen mit den Meßdaten des Globalstrahlungsmessers gespeichert. Der Zeittakt betrug eine Minute. Aus diesen Daten konnten anschließend die Erträge der untersuchten Module berechnet werden.



Abb. 4: Eines der beiden nach Westen ausgerichteten SCHOTT Module.



Abb. 5: Die beiden nach Westen ausgerichteten SCHOTT Module von hinten gesehen

Die verwendeten Geräte

Gerät:	Typ:	Hersteller/Lieferant:
Multimeter	Fluke 45	Fluke
Multimeter	Fluke 89IV	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
Pyranometer	CMP 3	Kipp u. Zonen
PV-Module	ASM 175	ANTARIS SOLAR
PV-Module	Poly 165	SHOTTSolar
PV-Module	Z-EAD 075	Kaneka
PV-Module	SN-GS-40D 39D	Solartechnics

Die Voraussetzung

Bei Ermittlung und Auswertung der Meßergebnisse mußte folgendes berücksichtigt werden:

- Die Höhe der Globalstrahlung wurde in kWh/m² angegeben
- Die Angabe der Höhe der Energieerträge der PV Module erfolgte in kWh Um die MPP-Anpassung zwischen jeweiligem Wechselrichter und PV Modulstrang zu erreichen, mußten die PV Module nach folgendem Schema in Reihe geschaltet werden:
 - SCHOTTSolar poly 165, 2 Stück in Reihe, Gesamt-Nennleistung 330 Wp
 - Solartechnics SN-GS-40, 3 Stück in Reihe, Gesamt-Nennleistung 120 Wp
 - ANTARIS ASM 175, 2 Stück in Reihe, Gesamt-Nennleistung 350 Wp
 - Kaneka Z-EA D075, 2 Stück in Reihe, Gesamt Nennleistung 150Wp

Tabelle 1: Datenblatt-Werte (Nennwerte) der verwendeten PV Module

PV-Modul:	Nennleistung:	Nennspannung:	Nennstrom:	Art:
SCHOTTSolar poly 165	165 Wp	35,1 V	4,7 A	kristallin
ANTARIS ASM 175	175 Wp	35,8 V	4,91 A	kristallin
Solartechnics SN-GS-40D	40 Wp	47 V	0,86 A	a-Si
Kaneka	75 Wp	67 V	1,12 A	a-Si

Auswertungen auf Basis der Globalstrahlungsmessungen

Die beiden Diagramme Abb.6 und Abb. 7 zeigen die Monatswerte der Globalstrahlung, sowie die Monatswerte der Erträge der SCHOTTSolar und Solartechnics Module in Südausrichtung in dem Zeitraum vom April 2009 bis zum März 2010: Die Jahressumme der Globalstrahlung des Messzeitraumes belief sich auf 1142,5 kWh/m². In diesem Zeitraum erreichten die Erträge der SCHOTTSolar Module 317,6 kWh und die der Solartechnics Module 117,1 kWh. Daraus ergeben sich folgende Verhältnisse vom jeweiligen Modul-ertrag zur Globalstrahlung:

- SCHOTTSolar poly 165: $317,6 / 1142,5 = 0,278$
- Solartechnics SN-GS-40D: $118,1 / 1142,5 = 0,103$

In den Diagrammen Abb. 8 und Abb. 9 sind die Monatswerte der Globalstrahlung, sowie die Monatswerte der Erträge der SCHOTTSolar und Solartechnics Module in Westausrichtung in dem Zeitraum vom April 2010 bis zum März 2011 dargestellt. Hier ergab sich folgendes Bild:

- Globalstrahlung, Jahresertrag: 1127,1
- Jahresertrag SCHOTTSolar Module: 281,3 kWh
- Jahresertrag Solartechnics Module: 100,7 kWh
- Verhältnisse von jeweiligem Modul-ertrag zur Globalstrahlung:
 - SCHOTTSolar poly 165: $281,3/1127,1 = 0,249$
 - Solartechnics SN-GS-40D: $100,7 / 1127,1 = 0,089$

Testanlage, Vergleich der gelieferten elektrischen Energie für: Schott poly 165 Südausrichtung Absolutwerte

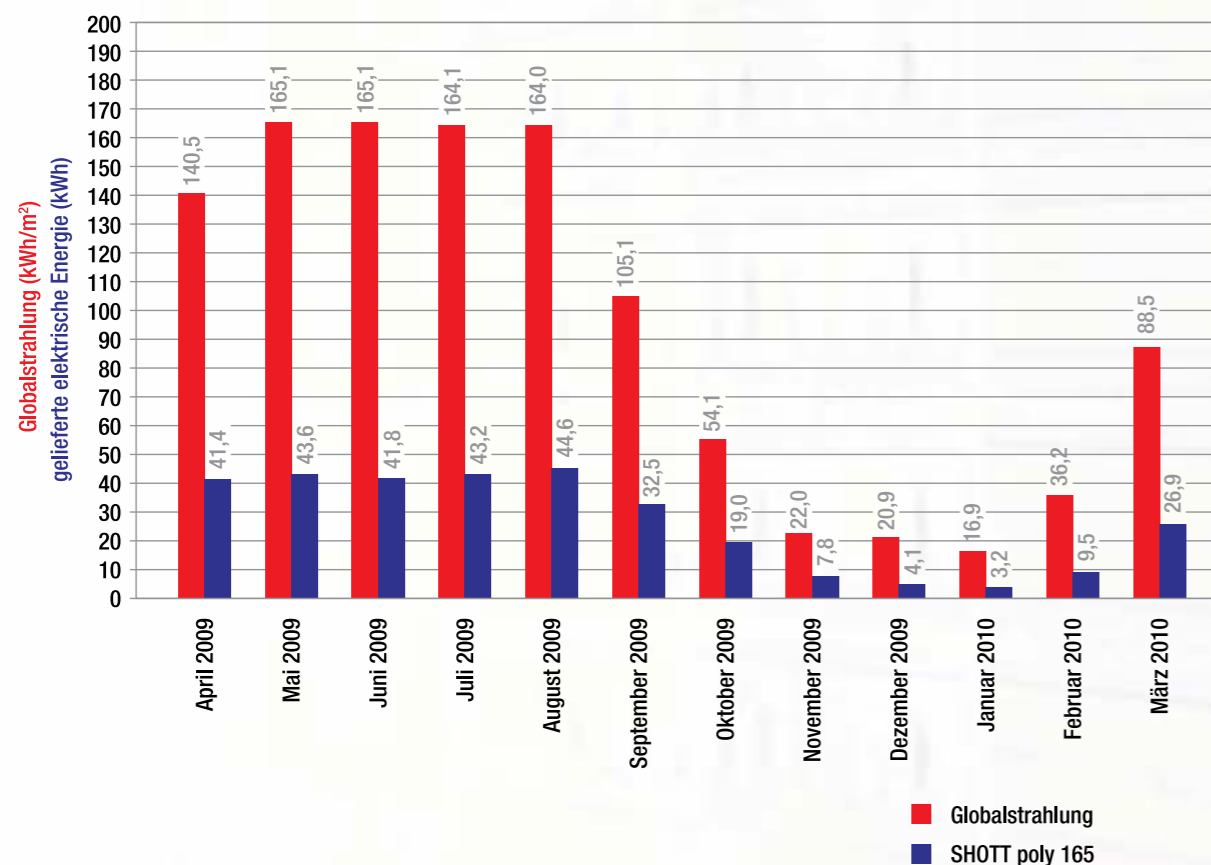


Abb. 6: Globalstrahlung, sowie Monatserträge der SCHOTTSolar Module in Südausrichtung

Testanlage, Vergleich der gelieferten elektrischen Energie für: Solartechnics SN-GS-40D39D Südausrichtung Absolutwerte

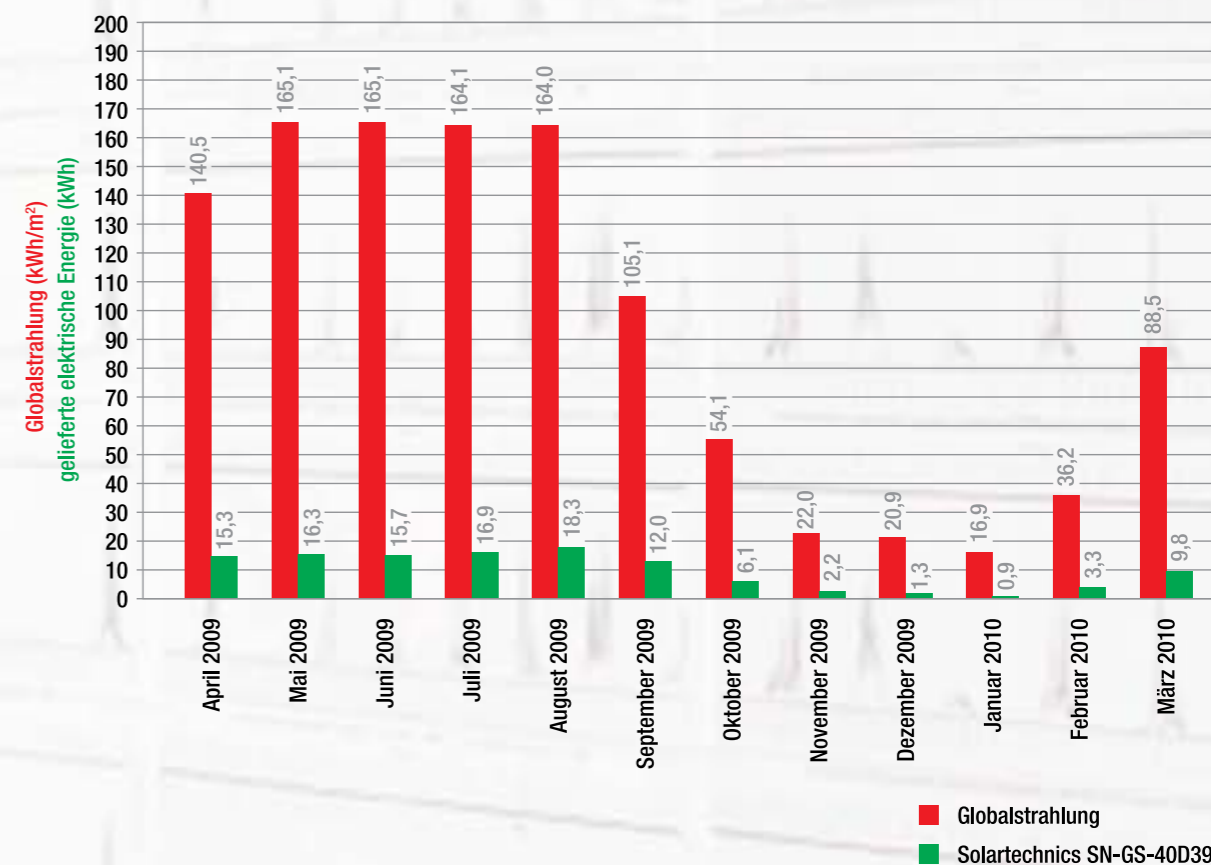


Abb. 7: Globalstrahlung, sowie Monatserträge der Solartechnics Module in Südausrichtung

Ertragsunterschiede zwischen Süd- und Westausrichtung

Die genauen Ergebnisse der Ertragsunterschiede zwischen Süd- und Westausrichtung, mit der Globalstrahlung als Bezugsgröße:

- für kristallin (SCHOTTSolar poly 165): $0,249 / 0,278 = 0,896$ entspricht 89,6 %
- für a-Si Dünnschicht (Solartechnics SN-GS-40D) $0,089 / 0,103 = 0,864$ entspricht 86,4 %

Verglichen mit der jeweiligen Globalstrahlung erbrachten die kristallinen Module in Westausrichtung noch 89,6 %, die a-Si Dünnschicht Module noch 86,4 % des Ertrages bei einer jeweiligen Neigung von 28°, bezogen auf die optimale Ausrichtung nach Süden.

Testanlage, Vergleich der gelieferten elektrischen Energie für: Schott poly 165 Westausrichtung Absolutwerte

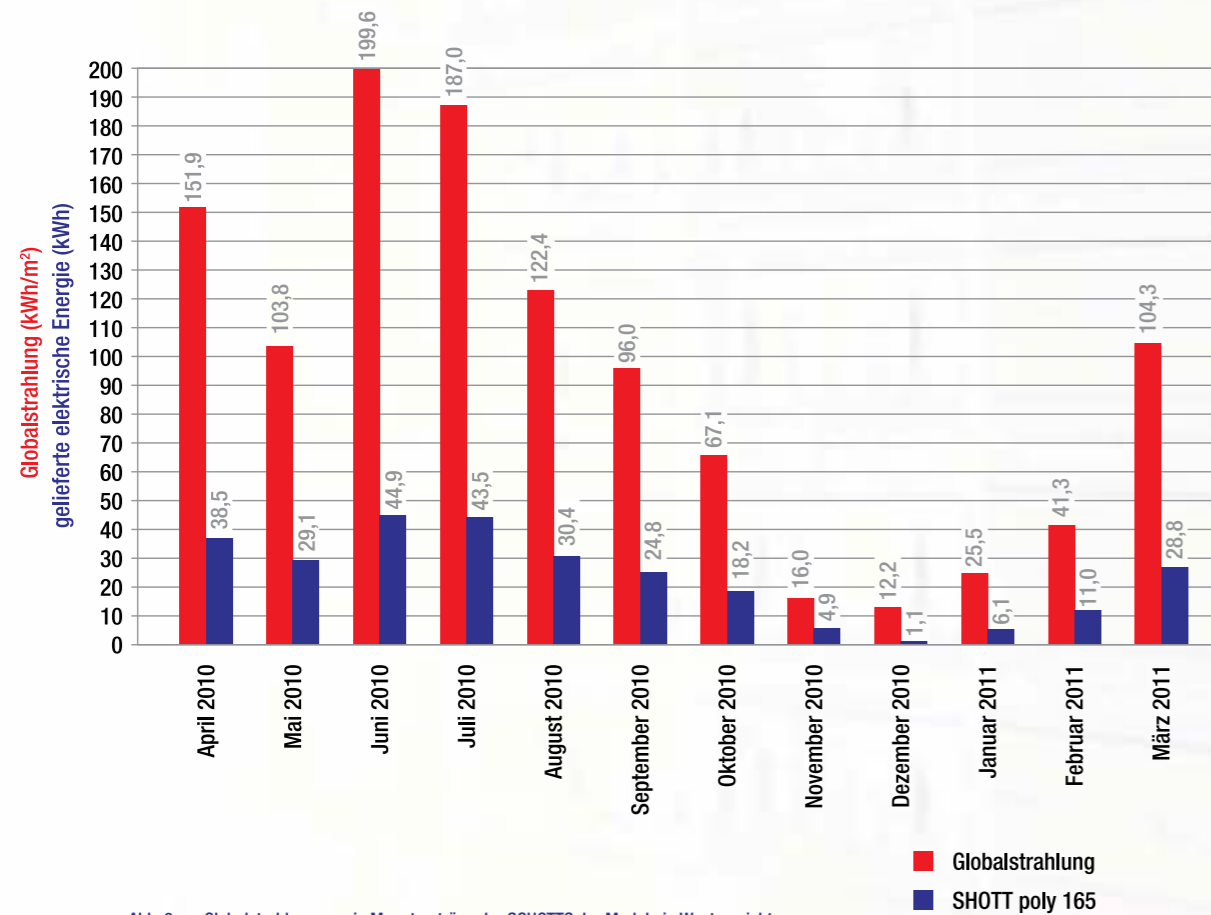


Abb. 8: Globalstrahlung, sowie Monatserträge der SCHOTTSolar Module in Westausrichtung

Testanlage, Vergleich der gelieferten elektrischen Energie für: Solartechnics SN-GS-40D39D Westausrichtung Absolutwerte

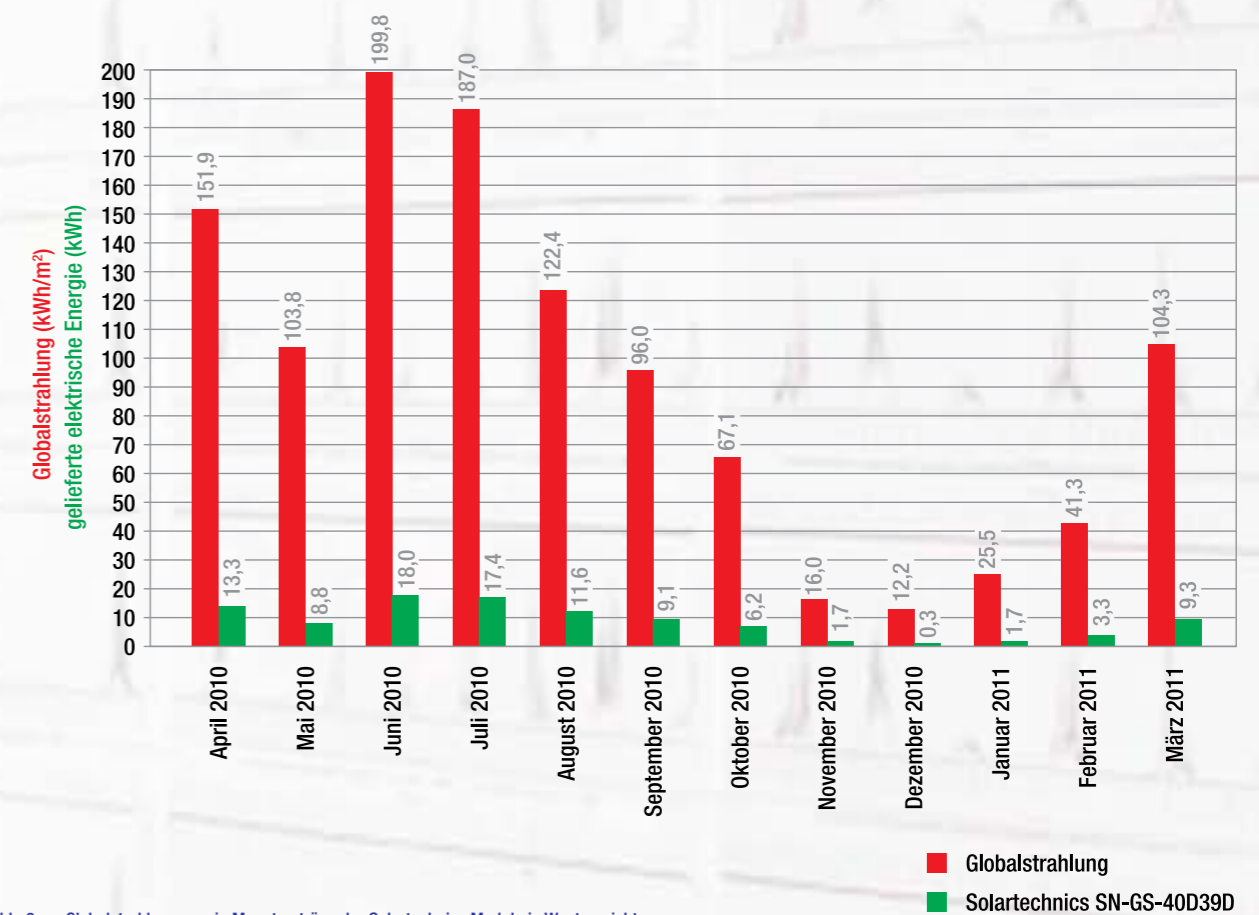


Abb. 9: Globalstrahlung, sowie Monatserträge der Solartechnics Module in Westausrichtung

Der Vergleich mit anderen kristallinen und a-Si Dünnschicht Modulen

Wie aus Tabelle 1 zu ersehen ist, differieren die Nennleistungen sowohl bei den beiden kristallinen von SCHOTTSolar und ANTARIS SOLAR, als auch bei den a-Si Dünnschicht Modultypen von Solartech-nics und Kaneka untereinander. Um für die Auswertungen jedoch einen zuverlässigen Bezug zu erhalten, wurde ein sog. bauartbedingter Umrechnungsfaktor ermittelt. Dazu wurden zunächst alle 4 Modultypen ein Jahr lang von April 2009 bis März 2010 in Südausrichtung betrieben. Danach konnten die bauartbedingten Umrechnungsfaktoren ermittelt werden.

Dabei ergaben sich folgende Jahreserträge; Südausrichtung (siehe Abb. 10):

- ANTARIS ASM 175: 350,6 kWh
- SCHOTTSolar poly 165: 317,6 kWh

Damit die SCHOTTSolar Module auf den gleichen Energieertrag wie die ANTARIS Module kommen könnten, mußten sie mit dem Faktor $350,6 / 317,6 = 1,104$ multipliziert werden (=bauartbedingter Umrechnungsfaktor)

Die Jahreserträge der a-Si Dünnschicht Module von Solartech-nics und Kaneka; Südausrichtung (siehe Abb. 11):

- Kaneka Z-EAD075: 145,5 kWh
- Solartech-nics SN-GS-40D: 118,1 kWh

Bauartbedingter Umrechnungsfaktor: $145,5 / 118,1 = 1,232$
Nachdem die bauartbedingten Umrechnungsfaktoren ermittelt waren, konnten sowohl die kristallinen, als auch die a-Si Dünnschicht Module, in Bezug der Ertragsunterschiede zwischen Süd- und Westausrichtung, verglichen werden.

Testanlage, Vergleich der gelieferten elektrischen Energie für: Schott poly 165 Südausrichtung Absolutwerte

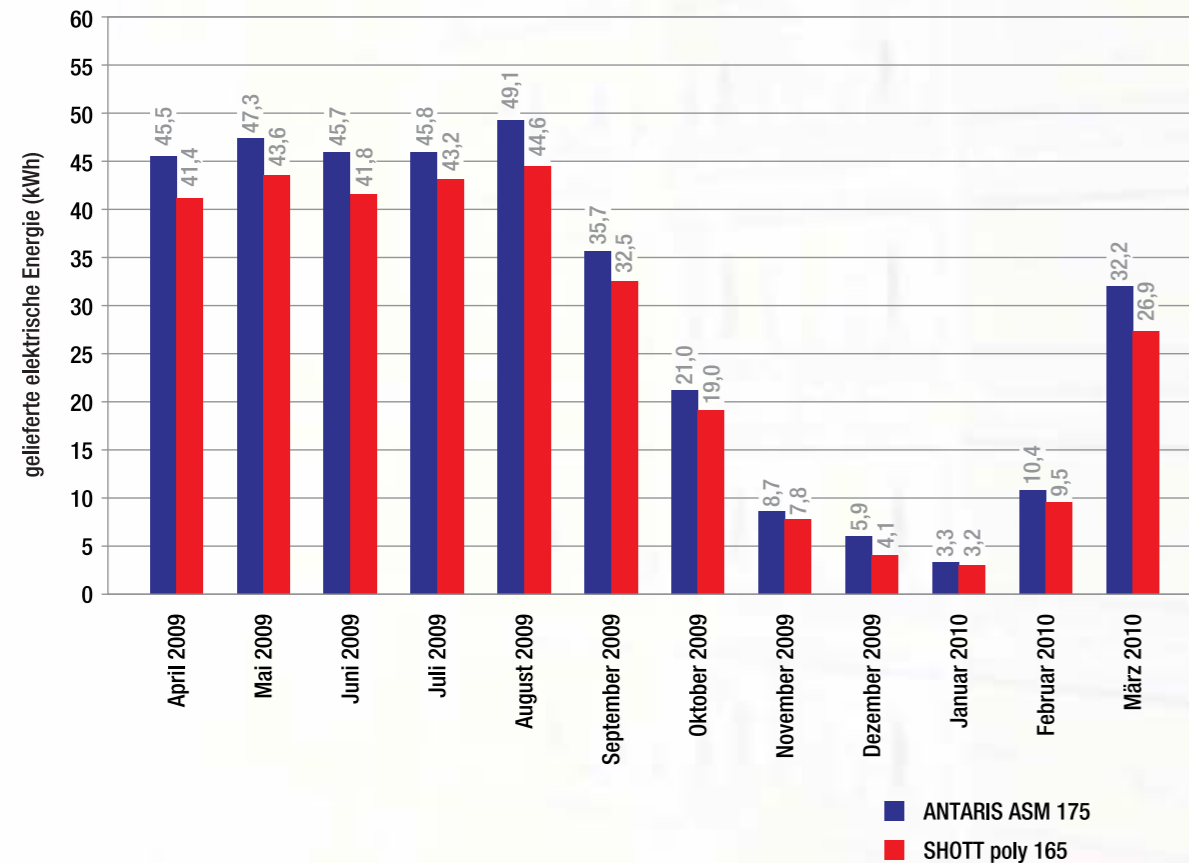


Abb. 10: Monatserträge ANTARIS und SCHOTTSolar Module, Zeitraum April 2009 – März 2010, Südausrichtung

Testanlage, Vergleich der gelieferten elektrischen Energie für: Solartech-nics SN-GS-40D39D Südausrichtung Absolutwerte

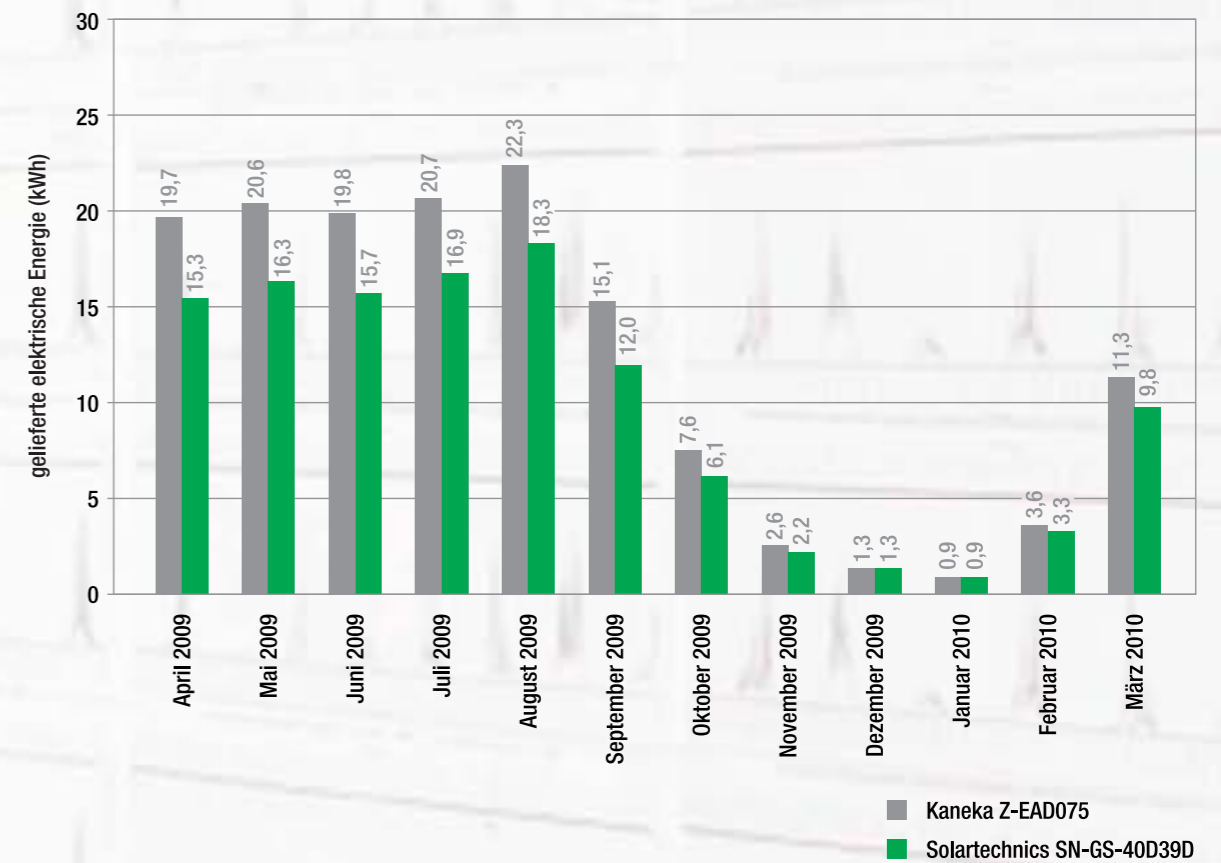


Abb. 11: Monatserträge Kaneka und Solartech-nics Module April 2009 – März 2010, Südausrichtung

Die Jahreserträge der kristallinen Module; Westausrichtung (siehe Abb. 12):

- ANTARIS ASM 175: 359,0 kWh
- SCHOTTSolar poly 165: 281,5 kWh
- SCHOTTSolar poly 165 mit bauartbedingtem Umrechnungsfaktor:
o 281,2 kWh x 1,104 = 310,4 kWh

Im Vergleich zueinander:
310,4 kWh / 359,0 kWh = 0,865 = 86,5 %

In Westausrichtung ergaben sich bei einer jeweiligen Neigung von 28° im direkten Vergleich der kristallinen Module noch 86,5 % des Ertrages, verglichen mit einer optimalen Südausrichtung.

Die Jahreserträge der a-Si Dünnschicht Module; Westausrichtung (siehe Abb. 13):

- Kaneka Z-EAD075: 138,4 kWh
- Solartechnics SN-GS-40D: 100,8 kWh
- Solartechnics SN-GS-40D mit bauartbedingtem Umrechnungsfaktor:
• 100,8 kWh x 1,232 = 124,19 kWh

Im Vergleich zueinander:
124,19 kWh / 138,4 kWh = 0,897 = 89,7 %

In Westausrichtung ergeben sich im direkten Vergleich von a-Si Dünnschicht Modulen bei einer jeweiligen Neigung von 28° noch 89,7 % des Ertrages verglichen mit einer optimalen Südausrichtung bei einer gleichen Neigung von 28°. Wie aus Tabelle 2 zu ersehen ist, liegt der Ertrag sowohl von kristallinen als auch von a-Si Dünnschicht Modulen in Westausrichtung bei einem Neigungswinkel von jeweils 28° zwischen ca. 86% bis ca. 90%, bezogen auf die optimale Ausrichtung nach Süden.

Testanlage, Vergleich der gelieferten elektrischen Energie (Absolutwerte) für: Schott poly 165 Westausrichtung, ANTARIS ASM 175 Südausrichtung

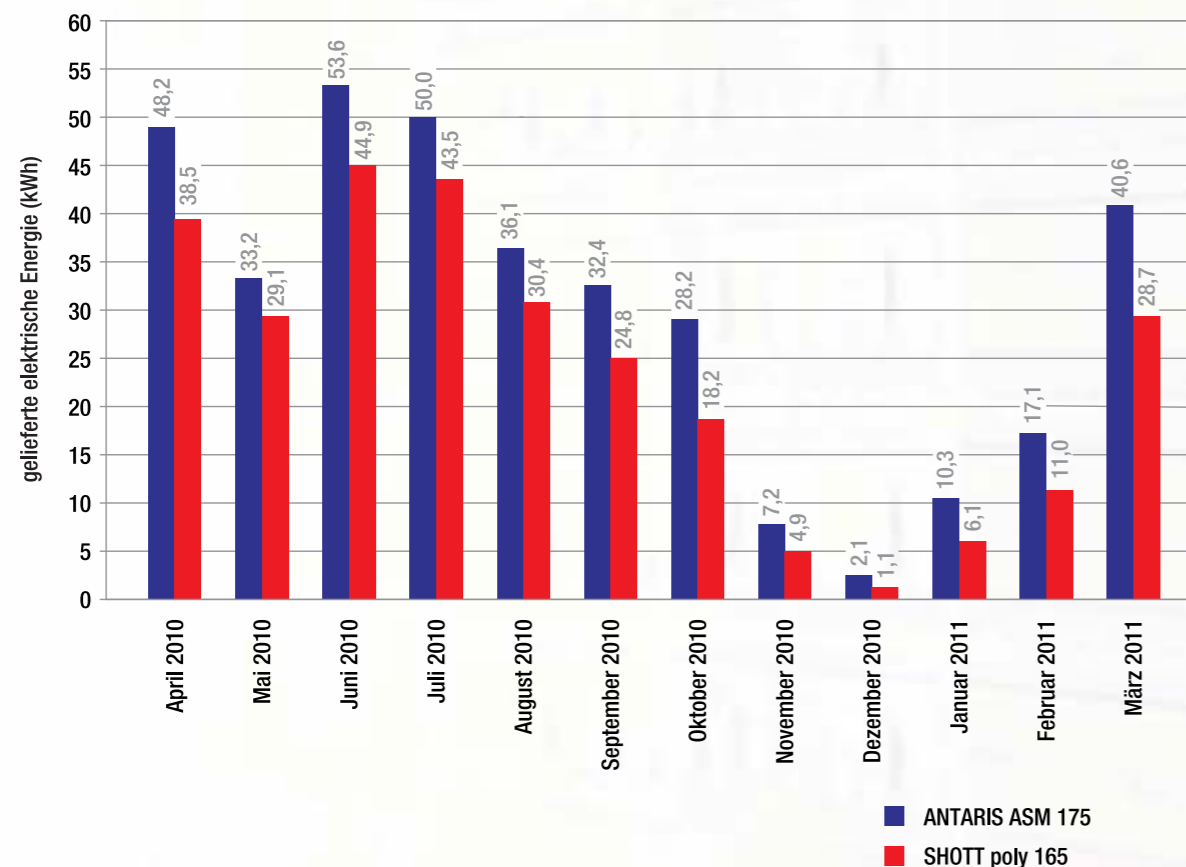


Abb. 12: Monatserträge ANTARIS und SCHOTTSolar Module, Zeitraum April 2010 bis März 2011, Westausrichtung

Testanlage, Vergleich der gelieferten elektrischen Energie (Absolutwerte) für: Solartechnics SN-GS-40D39D Westausrichtung, Kaneka Z-EAD075 Südausrichtung

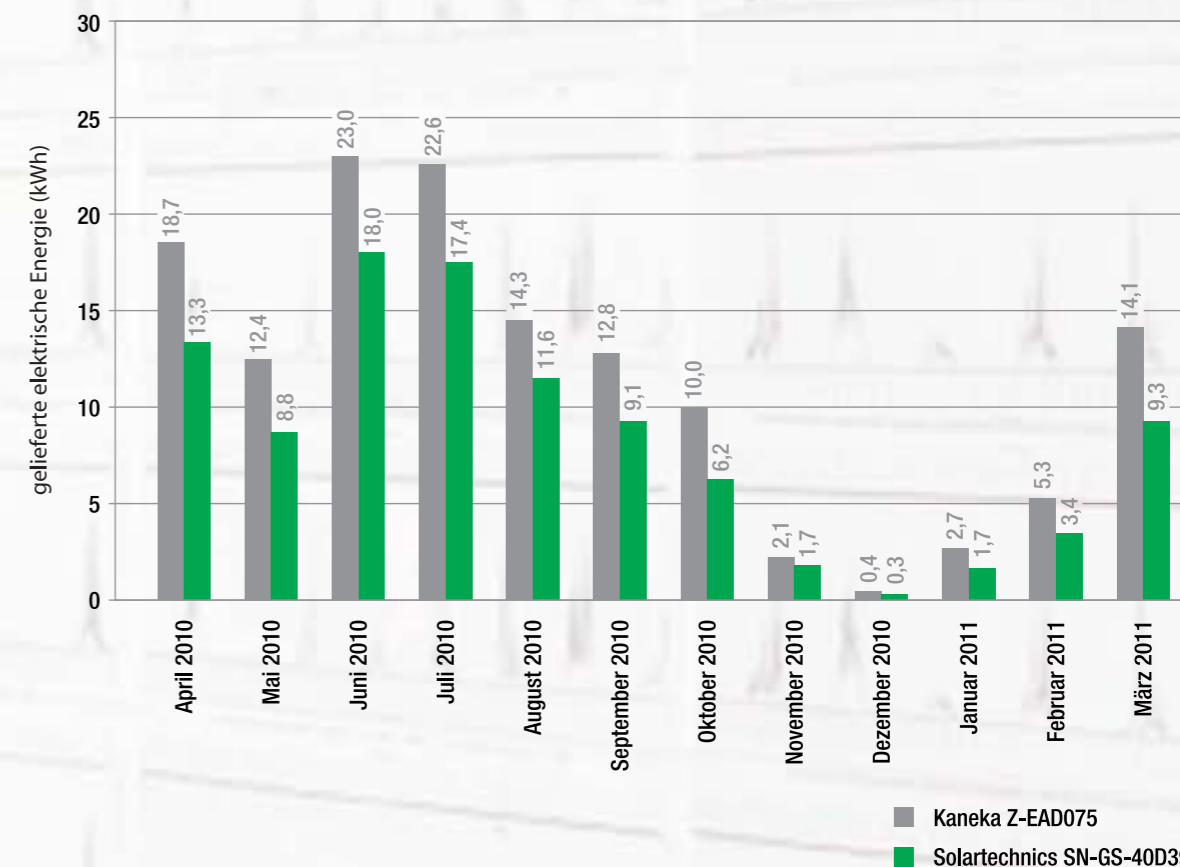


Abb. 13: Monatserträge Kaneka und Solartechnics Module, Zeitraum April 2010 bis März 2011, Westausrichtung

Tabelle 2

Bezug:	Ertrag in Westausrichtung Kristallin (%)	Ertrag in Westausrichtung Dünnschicht (%)
Globalstrahlungsmesser	89,6	86,4
Gleiche Modulart (kristallin bzw. a-Si) in Südausrichtung	86,5	89,7

Fehlerbetrachtung

Die prozentualen Unterschiede der Ergebnisse in Tabelle 2 haben verschiedene Ursachen:

- Der verwendete Globalstrahlungsmesser mißt zwar die Globalstrahlung mit sehr hoher Präzision, kann aber keine Auskünfte geben über: Windstärke, Lufttemperatur, Modultemperatur und Modulverunreinigen – diese Punkte beeinflussen aber unmittelbar Leistung und Ertrag.
- Bei Verwendung von kristallinen oder a-Si Dünnschicht Modulen als Bezugsgröße spielt die Degradation innerhalb des Messzeitraumes (immerhin zwei Jahre) eine, wenn auch geringe, Rolle. Wir hatten darauf geachtet, daß bei Beginn der Messungen die Anfangsdegradationen (besonders der a-Si Module) bereits abgeschlossen war. Allerdings degradierten (wenn auch nur gering) die Module unterschiedlich stark, auch innerhalb der kristallinen und a-Si Gruppen.

Trotz dieser marginalen Abweichungen liegen alle Ergebnisse in der zu erwartenden Streuung zwischen ca. 86% und knapp 90%.



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

TEC-Institut für Technische Innovationen 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
Internet: www.tec-institut.de