



Unterm Flasher offenbart sich die Leistung eines Moduls. Sein Ertrag aber lässt sich nur in langwierigen Feldtests ermitteln – seit 2006 arbeitet das PHOTON-Labor daran.

Was Sie über ein Solarmodul wissen sollten ...

Die Jahresergebnisse 2008 des PHOTON-Modultests

Seit 2006 misst PHOTON den Ertrag von Solarmodulen, inzwischen sind 16 Typen seit mindestens einem Jahr dabei. Das korrekte Erfassen der Daten erfordert einigen Aufwand, doch der lohnt sich. Immer wieder gibt es interessante Resultate zu vermelden, für das Jahr 2008 zum Beispiel die Platzierung von First-Solar-Dünnschichtmodulen in der Spitzengruppe des Testfeldes.

Die Nennleistung eines Moduls ist interessant, der Wirkungsgrad natürlich auch – außerdem, je nach Kenntnisstand, noch einige andere technische Daten. Was unterm Strich jedoch für den Betreiber einer Solarstromanlage wirklich zählt, ist allein der Ertrag: Wie viele Kilowattstunden pro Kilowatt installierter Leistung fließen in den Wechselrichter? Genau dieser Frage geht das PHOTON-Labor auf seinem Modulteststand nach. Das komplette Jahr 2008 verbrachten insgesamt 16 verschiedene Modultypen auf einem Grundstück ohne jede Verschattung, permanent überwacht von einer aufwändigen Messtechnik.

Von jedem Modultyp sind jeweils drei Exemplare im Test vertreten, damit etwaige Montagsprodukte oder auch solche mit überdurchschnittlich guten Resultaten nicht die Ergebnisse der ganzen Baureihe verfälschen. Die nach Süden ausgerichteten Module sind in einem Anstellwinkel von 28 Grad in etwa zweieinhalb Meter Höhe aufgeständert, also voll hinterlüftet. Eine eigens entwickelte Elektronik erfasst die Messwerte vollautomatisch direkt am Ausgang eines jeden Moduls. Damit werden Fehler durch falsche Wechselrichteranpassung oder zu kleine Kabelquerschnitte ausgeschlossen. Der Messfehler des Testauf-



Robert Michler / photon-pictures.com

baus liegt zurzeit bei plus/minus 1,85 Prozent.

Bei jedem Modul wird einmal pro Sekunde eine Strom-/Spannungskennlinie (I/U-Kennlinie) mit 2.000 Messpunkten und einer nominalen Auflösung von 14 Bit aufgenommen sowie der »Maximum Power Point« (MPP), also der Punkt der maximalen Leistung des Moduls ermittelt. Dieser Messvorgang ist in ungefähr zehn Millisekunden abgeschlossen, deshalb können die Testmodule rund 99 Prozent ihrer Erträge über einen DC-DC-Wandler, einen DC-Bus und einen Wechselrichter in das Versorgungsnetz einspeisen. Dies ist deshalb von Bedeutung, weil die Testanlage so unter realen Bedingungen läuft und die Module sich nicht im permanenten Leerlaufbetrieb erwärmen.

Ebenso wie die Daten der Solarmodule wird über mehrere hochgenaue Pyranometer auch die Solarstrahlung auf die Horizontale und die Modulebene einmal pro Sekunde erfasst, hinzu kommen weitere Klimadaten wie Umgebungstemperatur, Windgeschwindigkeit, Niederschlag und Luftdruck. Modul- und Wetterdaten werden in synchronisierten Datenbanken abgelegt, damit sie exakt miteinander korrelieren.



Reale Leistung entscheidet

Die gemessenen Erträge der einzelnen Solarmodule werden normiert auf deren Leistung unter Standardtestbedingungen (Standard Test Conditions, STC), die von den Herstellern in der Produktion ermittelt und vom PHOTON-Labor anhand der Seriennummern abgefragt wurden, soweit sie den Testmodulen nicht in einem sogenannten Flasher-Protokoll beiliegen.

Aus technischen Gründen haben nämlich nie alle Solarmodule eines Typs exakt identische Leistungen. Deshalb wird die Nennleistung stets mit Toleranzen deklariert, die allerdings von den Herstellern sehr unterschiedlich gehandhabt werden. Einige wenige geben als Nennleistung beispielsweise 100 Watt an, wenn die tatsächlichen Leistungen des jeweiligen Modultyps diesen Wert mindestens erreichen. Andere hingegen weisen 100 Watt für eine Baureihe aus, die real zwischen 95 und 105 Watt liegt, und es gibt auch solche, bei denen ein 100-Watt-Modul allerhöchstens 100 Watt hat, wahrscheinlich aber weniger.

Die Normierung der Erträge auf die STC-Leistung lässt somit natürlich in gewisser Weise diejenigen in einem besseren Licht erscheinen, die zu optimistische Angaben machen: Wenn ein mit 100 Watt Nennleistung deklariertes Modul real nur 95 Watt STC-Leistung aufweist und 100 Kilowattstunden Jahresertrag liefert, entspricht dies einem auf die Nennleistung normierten Ertrag von 1.000 Kilowattstunden je Kilowatt Leistung; bei Normierung auf die STC-Leistung sind es hingegen 1.056 Kilowattstunden je Kilowatt. Trotzdem ist die Normierung auf STC-Leistung der einzige Weg, um die Ergebnisse aller Module im Testfeld untereinander vergleichbar zu machen. Ein Grund mehr allerdings, beim Kauf von Solarmodulen nicht nach Nennleistung zu bezahlen. Weit besser ist die Berechnung des Preises nach dem Einzelnachweis der STC-Leistung oder aber eine nur mit Plus-Toleranz ausgewiesene Nennleistung.

Wertung nach Ertrag

Die 16 Kandidaten auf dem PHOTON-Teststand lieferten im Jahr 2008 ordentliche Arbeit ab, der durchschnittliche Ertrag lag bei rund 1.000 Kilowattstunden je Kilowatt, bei einer Einstrahlungssumme von 1.170 Kilowattstunden je Quadratmeter auf die geneigte Modulebene



Die zur Zeit sicherste Geldanlage:

StecaGrid 2000+

Ihre Solaranlage mit StecaGrid-Wechselrichtern zur Netzeinspeisung*

= sichere Rendite für 20 Jahre!



* StecaGrid 2000+ DualString-Netzwechselrichter konzipiert für Solarstrom-Anlagen ab 2.000 W, der Spezialist für „schwierige Dächer“.

Für Sie heißt das:

Maximaler Ertrag in jeder Situation!

ist das kein schlechtes Ergebnis. Zwei Module haben allerdings nicht dazu beigetragen: Eines der drei Exemplare vom Typ Sunways MHH plus 190 lieferte eine sehr deutlich schlechtere Performance als seine beiden Markenkollegen. Bei der Überprüfung konnte ein Fehler der Messtechnik ausgeschlossen werden. Gleiches gilt für eines der drei Solar-Fabrik-Module. Für die Ertragsauswertung wurden diese Module deshalb nicht berücksichtigt.

Betrachtet man die Ergebnisse der einzelnen Modultypen (siehe Grafik), lassen sich beträchtliche Unterschiede ausmachen. Zwischen dem höchsten normierten Jahresertrag (Solarworld SW 210 poly) und dem niedrigsten Ergebnis (Sharp NT-R5E3E) liegen 103 Kilowattstunden, also knapp zehn Prozent.

Ein Fabrikat wurde aus der Wertung für 2009 komplett herausgenommen, nämlich das Sanyo HIP-J548E2. Die Module wurden im Herbst 2005 bei einem Berliner Händler als »Ausstellungsstück« zum normalen Preis erworben. Später stellte sich jedoch heraus, dass es sich bei den drei Exemplaren nicht nur um Ausstellungsstücke, sondern um sogenannte »Sample-Module« ohne nor-

PHOTON-Modultest 2008

normierte Jahreserträge in kWh/kW

Solarworld - SW 210 poly	1.063,01
Photowatt - PW 1650	1.060,35
First Solar - FS-265	1.054,11
Evergreen - ES-180-RL	1.038,22
Shell - SQ 150-C	1.028,51
Evergreen - EC-120	1.026,95
Shell - PowerMax Eclipse 80C	1.023,59
BP - BP 7185 S	1.015,89
Kyocera - KC170GT-2	999,21
CSI - CS6A-170	996,65
Isofoton - I-110/24	993,71
Solar-Fabrik - SF 145A	993,70
Sunways - MHHplus190	992,22
Solarfun - SF160 M5-24	991,71
Schott Solar - ASE 300 DG FT	989,70
Sharp - NT-R5E3E	961,11

Grafik: Udo Rohrer / PHOTON

male Qualitätskontrolle und Leistungsmessung handelt. Sanyo konnte für sie keine STC-Leistung mitteilen, bei einer ersten Auswertung für den Zeitraum vom 1. August 2006 bis 31. Juli 2007 (PHOTON 9-2007) wurden die Erträge dieser Module deshalb auf die Nennleis-

tung normiert – mit schlechten Ergebnissen, sie landeten auf dem vorletzten Platz. Im Oktober 2007 hat PHOTON die drei Module dann beim Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) in Freiburg nachträglich flashen lassen und die mit ihnen erzielten Erträge auf die nunmehr bekannte STC-Leistung normiert. Das Ergebnis war einerseits deutlich besser (Platz vier für diesen Zeitraum), erbrachte andererseits aber auch, dass die mit 180 Watt Nennleistung ausgewiesenen Module real nur 161 bis 172 Watt auf die Waage brachten.

Die Sample-Module unterscheiden sich also offenbar sehr von den normalen Serienprodukten dieses Typs, von denen derlei Minderleistungen bislang nirgends bekannt wurden. Obendrein wurden die drei Testobjekte vor der Untersuchung am ISE gereinigt, was aus Gründen der Praxisnähe mit den Modulen auf dem Teststand sonst nicht geschieht. Selbst die Frage, wie denn wohl ein »Sample-Modul« im Langzeittest besteht, ließ sich damit nicht mehr akkurat beantworten. Deshalb sind die Sanyo-Module nun in der Wertung nicht mehr berücksichtigt.



Schneider

Displaytechnik

Teichweg 6 – D-33100 Paderborn
 Telefon +49 - 52 52 - 93 07 72
 Fax +49 - 52 52 - 93 07 75
 info@schneider-displaytechnik.de
 www.schneider-displaytechnik.de

- ☑ Industrielle Serienfertigung
- ☑ FhG-HSE Ertragsgutachten

- ☑ Eigene Steuerung
- ☑ Statischer Nachweis

- ☑ Rahmenlose Module
- ☑ Günstige Wartung

Anfragen für PVStrom Powertracker, First-Solar Module, bitte an info@pvstrom.com



PVStrom Powertracker FL für rahmenlose Module

das **zuverlässige** und **wirtschaftliche** Nachführsystem mit **dezentraler Steuerung**

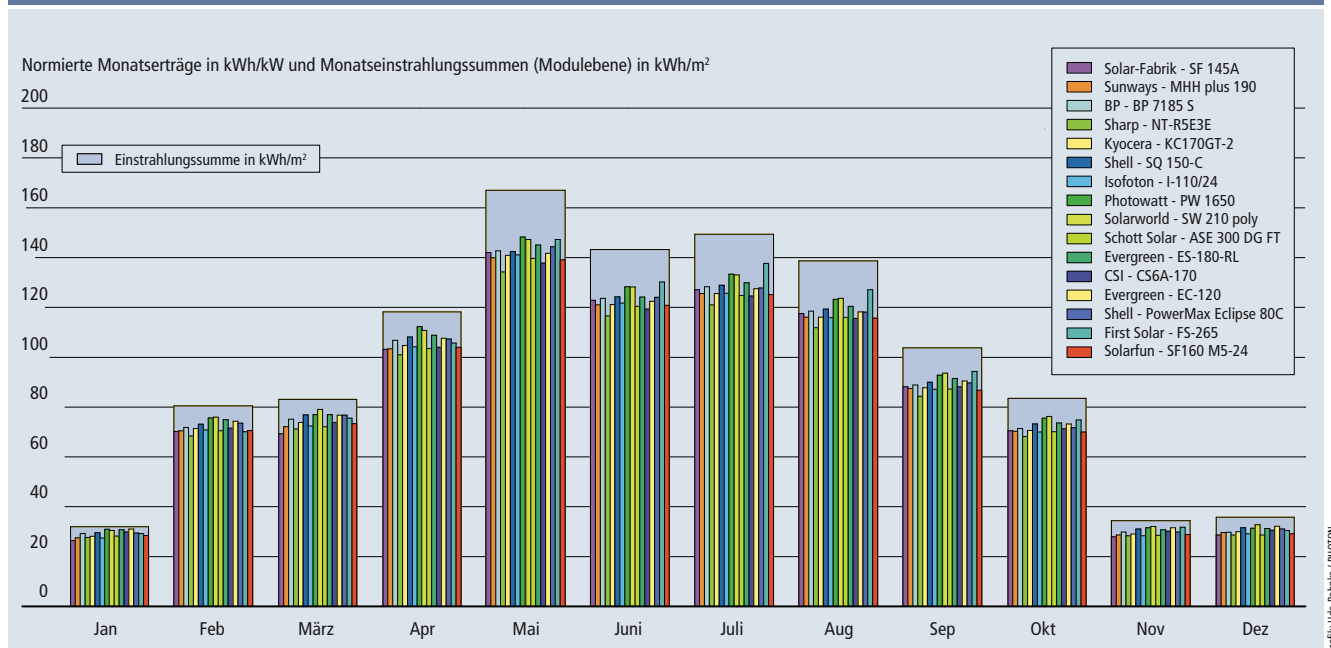
PVStrom Powertracker - mit 35 m² Modulfläche - 3,48 kWp - 48 Module First Solar - (Anlagengrößen ab 30 kWp)
 Ertragsgutachten Fraunhofer Gesellschaft + **24 % Mehrertrag**

Nachführsystem unter 100 Euro/m² - Modulmontage in der Fabrik

PVStrom Energy Systems GmbH & Co.KG · www.pvstrom.com · Tel.: +49 (0) 7143-40673 · Fax: +49 (0) 7143-406759 · info@pvstrom.com



PHOTON-Modultest 2008



Kleiner Fehler bei CIS-Modulen

Eine rein messtechnische Besonderheit stellen die Dünnschichtmodule dar, insbesondere der Typ Module PowerMax Eclipse 80-C von Shell Solar. Ihre Dünnschichtsolarzellen auf Basis von Kupferindiumdiselenid (CIS) weisen parasitäre Kapazität auf. Wenn das Modul für das Aufnehmen der Kennlinie für einen Sekundenbruchteil kurzgeschlossen wird, muss die Messzeit innerhalb eines Zeitraums von nur wenigen Millisekunden genau abgepasst werden, damit das Ergebnis weder in die eine noch in die

andere Richtung verfälscht wird. Misst man nämlich entlang der I/U-Kennlinie von der Kurzschlussspannung aus, wird das Ergebnis ein wenig zu gering ausfallen, misst man von der Leerlaufspannung aus, wird es nach oben abweichen. Ideal ist der Punkt, an dem die Leistung bei Messung in beiden Richtungen identisch ist. Da hier aber die Kennlinie vom Kurzschluss aus mit steigender Spannung abgefahren wird und die Messzeit bei hohen Einstrahlungen unter zehn Millisekunden sinkt, wird das Resultat immer noch etwas beeinflusst. Nach-

dem das Testlabor im Dezember 2008 einen eigenen Sonnensimulator anschaffte (siehe Kasten Seite 61) und die Shell-Module hier untersuchen konnte, ließ sich der Fehler im Freifeldtest auf durchschnittlich minus 0,5 Prozent eingrenzen.

First Solar in der Spitzengruppe

Im Vergleich mit den anderen Testmodulen belegen die CIS-Module den siebten Platz. Ein anderer Vertreter der Gattung »Dünnschicht«, nämlich das First Solar FS-265 mit Solarzellen aus





Das neue, zuverlässige Modul für jede Projektgröße

- Monokristallines Hochleistungs-Solarmodul
- Modulwirkungsgrad bis 14,5%
- Langzeit-Witterungsschutz
- TÜV-Zertifiziert, Schutzklasse II, CE-Kennzeichnung
- 25 Jahre Leistungsgarantie
- 5 Jahre Produktgarantie

www.sunclass-solar.de
SHG GmbH, Stettiner Str. 9, 22850 Norderstedt, Tel. 040 / 30 85 81 80





solarhandelsgesellschaft

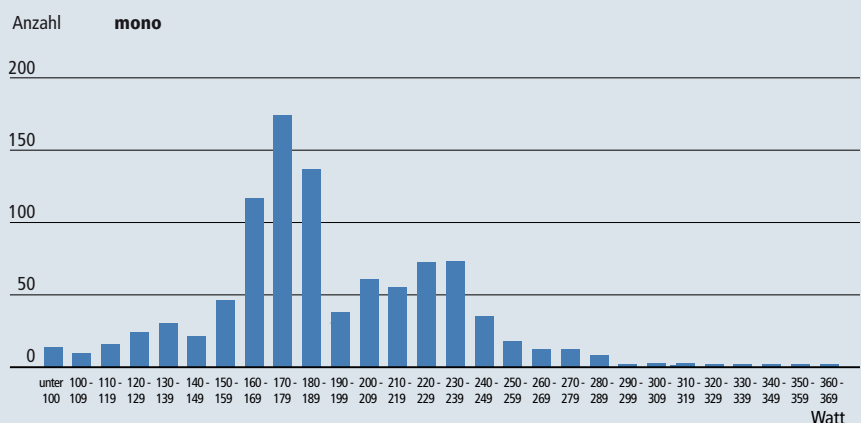
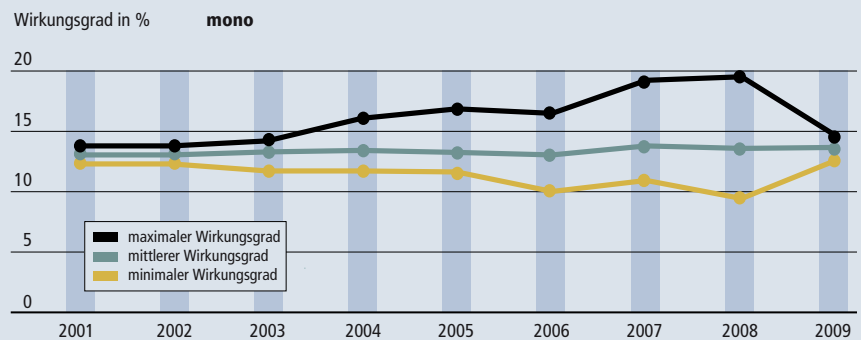
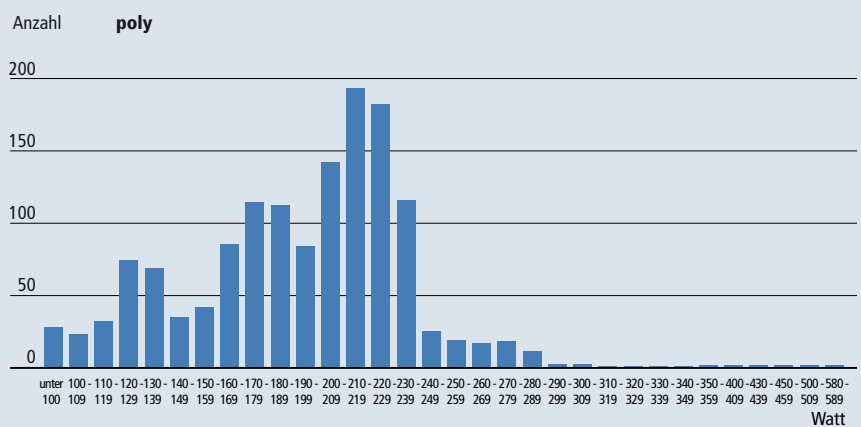
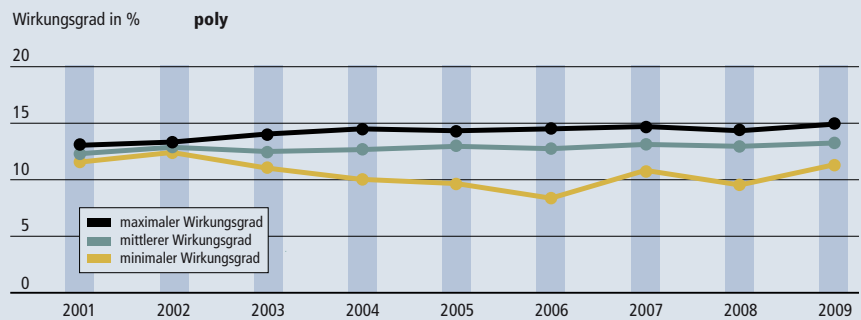
Kristalline Module dominieren den Markt

Im November und Dezember 2008 fragte die PHOTON-Redaktion bei allen bekannten Modulherstellern weltweit die technischen Daten der aktuell produzierten Typen ab. Das Resultat ist eine Tabelle mit exakt 2.682 Einträgen (zu finden in der dieser Ausgabe beiliegenden PHOTON Profi). Je nach Systematik könnte man diese Zahl reduzieren oder auch noch erhöhen, weil manche Unternehmen jede Variante einer Baureihe als eigenständigen Modultyp deklarieren, andere wiederum auf mehr Übersichtlichkeit achten. Zudem sind in der Tabelle nur Dünnschichtmodule sowie solche zur Gebäudeintegration komplett aufgeführt, bei kristallinen Standardmodulen galt eine Mindestleistung von 100 Watt. Modultypen mit kleineren Leistungen – von denen es noch einmal mehrere Hundert gibt – werden normalerweise nur für Inselssysteme, nicht aber für netzgekoppelte Anlagen genutzt.

Die statistische Auswertung der so entstandenen Auswahl muss selbstverständlich mit der Einschränkung versehen werden, dass keine Angaben zu den produzierten Stückzahlen der jeweiligen Modultypen vorliegen. Trotzdem lassen sich einige Aussagen ableiten:

- Die Modulindustrie setzt noch immer ganz überwiegend auf kristalline Technologie, es gibt 1.456 Modultypen mit poly- und 995 mit monokristallinen Zellen, außerdem 8 mit sogenannten HIT-Zellen (einer Kombination von kristallinem und amorphem Silizium) und 34 mit bandgezogenen Solarzellen, insgesamt also 2.493 Typen oder knapp 93 Prozent der Gesamtauswahl.
- Dagegen kommen die verschiedenen Dünnschichttechnologien einschließlich mikrokristalliner Solarzellen nur auf 189 verschiedene Typen.
- Mono- und polykristalline Module unterscheiden sich hinsichtlich ihres durchschnittlichen Wirkungsgrades nicht allzu sehr voneinander (13,3 zu 12,9 Prozent), bei den jeweiligen Spitzenmodellen gibt es hingegen deutliche Differenzen: Das monokristalline Modul mit dem höchsten Wirkungsgrad (Sunpower SPR-320-WHT-D) bringt es auf 19,6 Prozent Modulwirkungsgrad (nicht zu verwechseln mit dem stets noch höheren Wirkungsgrad der eingesetzten Zellen), der effizienteste Vertreter der polykristallinen Fraktion (Yingli YL240) liegt mit 18,5 Prozent mehr als einen Prozentpunkt niedriger.
- Das Dünnschichtmodul mit dem höchsten Wirkungsgrad ist ein CIS-Modul von Solibro (SL1-85 mit 11,3 Prozent), dicht gefolgt von einem Cadmiumtellurid-Modul von First Solar (FS-280 mit 11,1 Prozent);
- Generell setzt sich der Trend zu immer leistungsstärkeren Modulen fort. Bei den monokristallinen Typen liegt sie bei durchschnittlich 187,4 Watt, bei polykristallinen sind es sogar 190 Watt – woraus wiederum folgt, dass monokristalline Module mit ihrem höheren Wirkungsgrad im Durchschnitt kleiner sind als polykristalline.

bk, js



Ausbau des PHOTON-Testlabors

Die Ertragsmessungen auf dem PHOTON-Modulteststand ergeben nur Sinn, wenn die dort ermittelten Ergebnisse auf die Leistung des Moduls normiert werden können. Entscheidend ist ja nicht der Ertrag, also die Summe der produzierten Kilowattstunden allein, sondern der Ertrag in Relation zur Leistung. Und hier wiederum muss die tatsächliche Leistung herangezogen werden, wenn man die getesteten Module miteinander vergleichen will (siehe Artikel). Genau an dieser Stelle befand sich bislang eine Lücke in der verfügbaren Messtechnik: Die unter einem Sonnensimulator (»Flasher«) gemessene Leistung eines jeden Testmoduls musste anhand der Seriennummer bei den Herstellern abgefragt werden. So etwas macht natürlich kein Testlabor gern, man vertraut am liebsten auf das, was man selbst ermittelt hat. Nur kostet so ein Sonnensimulator leider eine Stange Geld.

Seit November 2008 ist das Problem behoben, im PHOTON-Labor steht



Große Blackbox: Der Sonnensimulator im PHOTON-Labor ist – logischerweise – in einer hermetisch lichtdichten Kammer untergebracht

ein Sonnensimulator vom Typ Pasan Sun Simulator IIIb. Künftig können deshalb die Leistungsmessungen unter Standardtestbedingungen (STC) an jedem Modul, das auf den Prüfstand soll, in Eigenregie vorgenommen werden. Zudem lassen sich mit ebenfalls neu angeschafftem Equipment Thermografieaufnahmen unter Last sowie Elektrolumineszenzaufnahmen anfertigen.

Selbstverständlich ist diese Ausstattung nicht nur für die Ertragsmessungen angeschafft worden. Das Labor kann vielfältige eigene Untersuchungen anstellen und außerdem auftragsweise tätig werden – beispielsweise für Betreiber von Solarstromanlagen oder für Installateure, die Module überprüft haben möchten. js

Cadmiumtellurid, liegt da deutlich besser im Rennen, nämlich auf Platz drei. Insgesamt lässt sich das Feld in mehrere Gruppen einteilen.

Die ersten drei, also Solarworld, Photowatt und First Solar, liegen im Rahmen der Messgenauigkeit von plus/minus 1,85 Prozent gleichauf. Ein wenig weiter hinten folgen die ES-180-RL-Module von Evergreen mit ihren »String-Ribbon«-Solarzellen, dicht gefolgt von Shell SQ 150-C, Evergreen EC-120 und Shell PowerMax Eclipse 80-C; diese Dreiergruppe unterscheidet sich im Ertrag kaum voneinander, das BP 7185 S von BP Solar folgt mit geringem Abstand. Die Plätze neun bis 15 belegen die Module von Kyocera, CSI, Isofoton, Solar-Fabrik, Sunways/MHH, Solarfun und ASE-300-DG-FT von Schott Solar mit seinen »EFG«-Solarzellen – einer dem String-Ribbon-Verfahren von Evergreen ähnlichen Technologie. Diese Siebenergruppe liegt bei den normierten Jahreserträgen in einem Spektrum von nur

0,89 Prozent, also praktisch auf gleicher Höhe. Deutlich dahinter und insgesamt auf dem letzten Platz befinden sich wie im Vorjahr die Module von Sharp mit einem Abstand von rund 9,5 Prozent auf die Spitze.

Die normierten Erträge lassen sich natürlich auch monatsweise betrachten, und hier gibt es durchaus Variationen. Die in der Jahreswertung führenden Module von Solarworld liegen nur während fünf Monaten des Jahres auf Platz eins (Februar, März, August, Oktober, November, Dezember). Im Januar 2008 lieferten die insgesamt nur auf Platz sieben liegenden Module EC-120 von Evergreen den höchsten Ertrag, im September leisteten die First-Solar-Module die beste Arbeit und von April bis Juli lag Photowatt an der Spitze. Deutlich mehr Konstanz gab es auf dem letzten Platz, den sich allein die Module von Sharp und – im Januar, März, November und Dezember – die der Solar-Fabrik teilten.

René Düpont, Jochen Siemer

BAUER
Solarenergie GmbH

www.bauer-solarenergie.de

**Module
Hochleistungsmodule
mit modernster
Technik!**

SOLARENERGIE
Ein Konzept mit Zukunft

Zertifizierte Bauer Solarmodule!

Hinter der Mühle 2 D-55278 Selzen Tel. +49 (0) 6737/80 81-0
Fax +49 (0) 6737/80 81-10 info@bauer-solarenergie.de