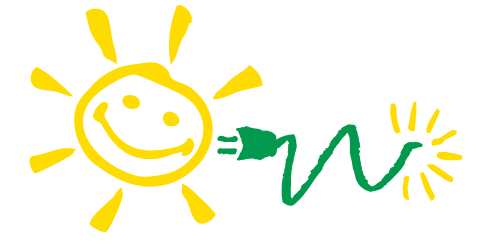


**BP SOLAR**  
Die Verbindung zur Sonne.



**BP SOLAR**  
Die Verbindung zur Sonne.

## Die BP Vorteile auf einen Blick:

- Als Systemlieferant bietet BP Solar auch Komplett-Lösungen
- BP Solar besitzt langjährige Erfahrung (seit 1981) in Forschung, Entwicklung und Vertrieb von Solartechnologie
- Alle Produkte kommen aus europäischer Produktion
- Durch die einzigartige Saturn-Technologie werden Spitzenwerte in der Effizienz erreicht
- Auf die Module gewähren wir 20 Jahre Garantie
- Alle Produkte haben eine geprüft hohe Qualität (TÜV, ISET e.V., ISPRA)
- Durchdachte Finanzierungskonzepte mit individuellen Ertragsprognosen
- BP Solar verfügt über ein weltweites, starkes Vertriebsnetz
- Die große Auswahl an Referenzprojekten belegt die Solar-Kompetenz



**Höchster Wirkungsgrad auch bei schwacher Einstrahlung**

**BP SOLAR**

Sachsenkamp 1-3 · 20097 Hamburg  
Tel.: 0 40/23 61-12 20 · Fax: 0 40/23 61-12 50



# Von früh bis spät zeigt sich der Vorteil.

Die von BP zur Serienreife entwickelte Hochleistungs-Solarzelle ist in der Lage, auch schwache Sonneneinstrahlung gut auszunutzen. Die spezielle Texturierung der Oberfläche reduziert die Reflexionsverluste.

Seit 1994 produziert BP Solar in Madrid eine Hochleistungs-Solarzelle in relativ großer Stückzahl. Die jährliche Fertigungskapazität erreicht zur Zeit 6 MWp. Der Wirkungsgrad der Zellen ist höher als bei allen anderen, die in Serie gefertigt werden. Die besten Zellen aus der Serie erreichen eine Energieausbeute von 16,7%, der Mittelwert liegt bei 16,5%.

Bekannt wurde dieser Solarzellentyp unter der Bezeichnung »Lasergrabenzelle«, abgekürzt LGBC (Laser grooved buried contact). Die an der australischen University of New South Wales (UNSW) aus der Taufe gehobene Zelle wurde vom Mineralölkonzern BP unter der Bezeichnung »Saturn-Technologie« zur Serienreife entwickelt.

## Laser schneidet die Kontaktlinien

Durch die Saturn-Technologie werden vor allem die Reflexionsverluste, die Abschattung durch die Kontakte sowie die ohmschen Verluste reduziert.

## Abschattung durch die Kontakte:

Auf der Frontseite einer photovoltaischen Zelle wird über Kontakte der Strom abgenommen und weitergeleitet. Bei herkömmlichen Solarzellen werden

diese Frontkontaktfinger mit einem Siebdruckverfahren aufgebracht, wobei eine Metallpaste durch eine Maske auf den vorbehandelten Silicium-Wafer gepreßt wird. Die Kontaktfinger sind etwa 200 µm breit.

Bei der Saturn-Technologie wird diese Kontaktlinie mit einem Laser eingeschnitten, die Breite verringert sich dadurch auf etwa 20 µm.

Da die Kontaktlinien sehr schmal sind, kann man es sich leisten, in die Solarzelle mehr Linien einzuschneiden. Dadurch vermindern sich die ohmschen Verluste beim Ableiten der Ladungsträger. Auf eine herkömmliche Zelle werden etwa 60 Kontaktfinger aufgedruckt, in eine Saturn-Zelle dagegen rund 80 Linien geschnitten. Die gesamte Linienbreite pro Zelle reduziert sich somit von 12 mm (60 x 200 µm) auf 1,6 mm (80 x 20 µm), d.h. um 87%, obwohl die Anzahl der Kontaktlinien erhöht wurde. Entsprechend vermindert sich die durch die Kontaktfinger abgedeckte Fläche.

## Reflexionsverluste:

Um die Reflexion zu vermindern, wird anschließend eine texturierte Ober-

flächenschicht aufgebracht, die aus winzigen Pyramiden besteht (Antireflexschicht), so daß das einfallende Licht besser ausgenutzt wird. Aufgrund der Mehrfachreflexion dringt der größte Teil des Lichtes in die Zelle ein. Die Rechnung für die Gesamtreflexion ergibt, daß bei einer Standard-Sonneneinstrahlung (AM 1,5) statt 35% nur noch etwa 10% des Lichtes reflektiert wird [1]. Anders ausgedrückt: Die Reflexion sinkt um über 70%.

## Erhöhte Energieausbeute

Die Ergebnisse des »1000-Dächer-Programms« zeigen, daß die Energieausbeuten bei herkömmlichen Siebdruck-Silicium-Zellen (SP-Zellen) im Bereich von 500 bis 800 kWh/kWp liegen [2]. Der Ertrag der Saturn-Zellen liegt deutlich darüber [3]:

- Der Wirkungsgrad der farbigen Saturn-Zelle wird seit Juli 1995 am Teststand des ISET in Kassel untersucht (Dach- und Fassadenmontage). Die auf 30° zur Horizontalen ausgerichteten Modulsysteme erbrachten eine jährliche Ausbeute von etwa 950 kWh/kWp.
- In Feldis (Schweiz) produzierte eine mit Standard-Saturn-Modulen (Typ



BP585, Anlagengröße: 4,1 kWp) in der Zeit von 8.1.1995 bis 5.1.1996 insgesamt 1.080 kWh/kWp Solarstrom.

- Eine für Mitteleuropa relativ typische PV-Anlage in Aachen (4,76 kWp), mit 30° Neigungswinkel zur Horizontalen und 10° Südabweichung, erzeugte im ersten Betriebsjahr 875 kWh/kWp – trotz der geringen Sonneneinstrahlung im betreffenden Zeitraum (Juni 1995 bis Mai 1996). Die Saturn-Module lieferten an bewölkten Tagen etwa 15% mehr Strom als vergleichbare PV-Anlagen in der Aachener Region, die mit herkömmlichen Silicium-Zellen ausgerüstet sind.

Die erhöhte Energieausbeute ist auf zwei wesentliche Eigenschaften der Saturn-Zelle zurückzuführen:

- Es zeigte sich, daß der Wirkungsgrad der Saturn-Zellen im unteren Bereich der Einstrahlungsdichte höher ist als bei herkömmlichen Zellen. Die Entwicklung dieser Zelle zielte vor allem darauf, die niedrige Einstrahlungsdichte am Morgen und am Abend besser auszunutzen. Daß dies gelungen ist, bestätigten Messungen am Paul-Scherrer-Institut in Villingen

(Schweiz) [4]. Der Wirkungsgrad ist bei einer Einstrahlung zwischen 100 und 400 W/m<sup>2</sup> deutlich besser als bei einer konventionellen Solarzelle.

- Im Bereich des blauen Spektrums (350 bis 550 nm) ist die Empfindlichkeit der Saturn-Zelle wesentlich höher als die der herkömmlichen Zelle. Die hohe Absorption der Lichtquanten in diesem Bereich ist der wesentliche Grund für den hohen Gesamtwirkungsgrad der Saturn-Zelle an europäischen Standorten. Denn in den nördlichen Breitengraden ist der Blauanteil im Sonnenspektrum erhöht, er hat insbesondere am diffusen Anteil des Spektrums einen hohen Anteil.

## Energieausbeute ist wichtiger als Nennleistung

Durch die erhöhte Einspeisevergütung für Solarstrom, insbesondere die kostendeckende Vergütung, wächst die wirtschaftliche Bedeutung des Energieertrags einer PV-Anlage. Denn letzten Endes zählt nicht die installierte Leistung (kWp), sondern der spezifische Ertrag (kWh/ kWp). Die Qualität löst die Quantität als Kriterium ab. Eine erhöhte Energieausbeute bedeutet

eine hohe jährliche Vergütung, die wiederum die Amortisationszeit einer PV-Anlage verkürzt.

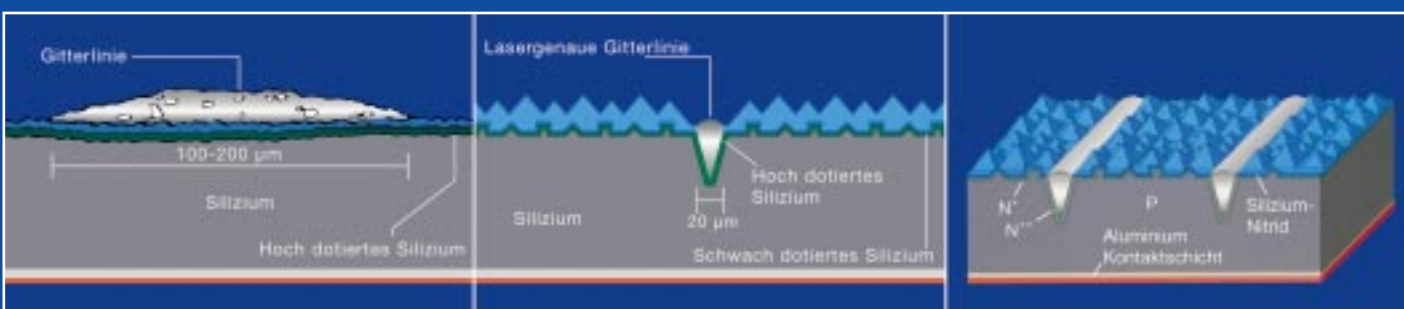
Je länger der Einspeisevertrag läuft – 15 oder gar 20 Jahre – desto stärker kann die Saturn-Technologie ihre wirtschaftlichen Vorteile ausspielen.

**Stefan Müller**

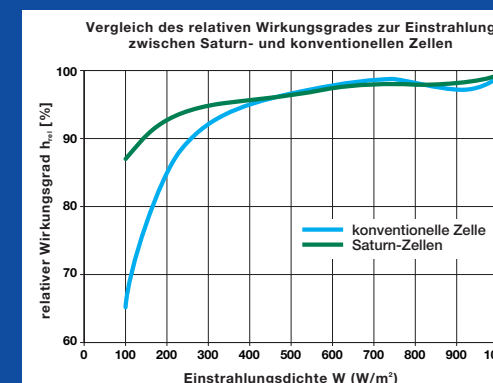
Dipl.-Ing. Stefan Müller ist Ingenieur für Photovoltaik-Anwendungen im Geschäftsbereich Solar der Deutschen BP AG in Hamburg.

## Literatur

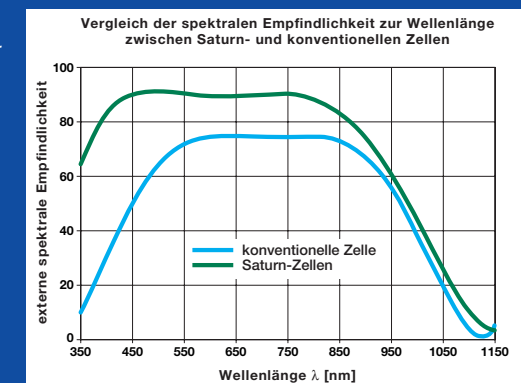
- [1] Adolf Goetzberger, Bernhard Voß, Joachim Knobloch: Sonnenenergie: Photovoltaik. Physik und Technologie der Solarzelle. B.G. Teubner Verlag, Stuttgart 1994
- [2] Klaus Kiefer, Volker U. Hoffmann: 1000-Dächer Meß- und Auswertprogramm, Jahresjournal 1996, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg 1997
- [3] N.B. Mason, T.M. Bruton, K.C. Heasman: kWh/kWp Energy Production from LGBG Cell Modules in Northern Europe. Tagungsband des 12. Symposiums Photovoltaische Solarenergie, Staffelstein 1997
- [4] Paul-Scherrer-Institut: Meßprotokoll, Villingen 1996



Vergleich der nach dem herkömmlichen Siebdruckverfahren hergestellten Kontaktlinie (links) und einer mit dem Laser eingeschnittenen Kontaktlinie (mitte und rechts). Die texturierte Oberflächenschicht besteht aus winzigen Pyramiden und fängt durch Mehrfachreflexion mehr Licht auf.



Relativer Wirkungsgrad in Abhängigkeit von der Einstrahlungsdichte. Die Saturn-Zelle erzielt vor allem bei geringer Einstrahlungsdichte einen deutlichen höheren Wirkungsgrad als die konventionelle Solarzelle. Sie kann in den Morgen- und Abendstunden mehr Energie umwandeln.



Spektrale Empfindlichkeit in Abhängigkeit von der Wellenlänge. Die Saturn-Zelle reagiert im gesamten relevanten Spektralbereich empfindlicher auf die Einstrahlung als die herkömmliche Solarzelle, vor allem jedoch im blauen Bereich des Spektrums (350 bis 550 nm).