

Auf jeden Quadratmeter in Deutschland strahlt die Sonne jährlich eine Energiemenge von etwa 1 000 Kilowattstunden. Das entspricht rund 100 Liter Heizöl oder 100 Kubikmeter Erdgas. Die Idee, dieses Potenzial zu nutzen und Energie ohne Abgase und Lärm aus Sonnenlicht zu gewinnen, fasziniert immer mehr Hausbesitzer. Hierzulande gibt es Dachflächen in der Größenordnung von Milliarden Quadratmetern. Die lassen sich für die Energiegewinnung zweifach nutzen: thermisch und elektrisch.

• **Solkollektoren** unterstützen die Warmwasserbereitung und immer öfter auch die Heizung. Die Kollektoren enthalten eine Flüssigkeit, die sich bei Sonne stark erhitzt. Diese gewonnene Wärme lässt sich dann mit einer Pumpe zum Wasserspeicher übertragen.

• **Solarmodule** verwandeln Lichtenergie in Strom (*Photovoltaik, siehe S. 67*).

Die Investitionskosten für beide Varianten sind allerdings höchst unterschiedlich. Warmes Wasser von der Sonne gibts schon für wenige Tausend Euro. Eine Solarstromanlage fürs Einfamilienhaus kostet hingegen je nach Größe meist zwischen 15 000 und 25 000 Euro.

### 15 Solarmodule im Test

Bei einer so teuren Anschaffung will der Kunde natürlich vor allem eins wissen: Bekommt er für das viele Geld tatsächlich eine qualitativ hochwertige Anlage? Denn nur so besteht die Chance, dass sich die Investition in der Zukunft amortisiert (*siehe Tipps, S. 72*). Die wichtigsten – und teuersten – Komponenten einer Solarstromanlage haben wir in unseren Test einbezogen: Solarmodule und Wechselrichter. Bei

**Photovoltaik** Immer mehr Menschen liebäugeln mit einer Solaranlage, um selbst umweltschonend Strom zu erzeugen. Bekommen sie für das viele Geld eine hochwertige Anlage?

# Mehr Licht



## test UNSER RAT

Sonnige Aussichten für Solarfreunde: Die vielen „guten“ test-Qualitätsurteile bieten die Chance zur Wahl zwischen verschiedenen Solarmodulen. Gleich vier Fabrikate sind gemeinsam Testsieger: das **Shell Solar Powermax** (4,30 Euro pro Watt Spitzenleistung), das **Aleo Solar S16** (4,65 Euro), das **Kyocera KC170GT-2** (4,70 Euro) und das **Sunways SM 170 U** (5,05 Euro). Allerdings können auch andere „gute“ Solarmodule erste Wahl sein, wenn sie für den Kunden zu relativ günstigen Preisen erhältlich sind.

Um den Solarstrom ins Stromnetz einspeisen zu können, ist ein Wechselrichter erforderlich. Testsieger unter den sechs geprüften Modellen ist der **SMA Sunny Boy 3300** für 2 000 Euro.

den 15 ausgewählten Modulen sind heimische Solaranbieter ebenso vertreten wie die ausländische Konkurrenz.

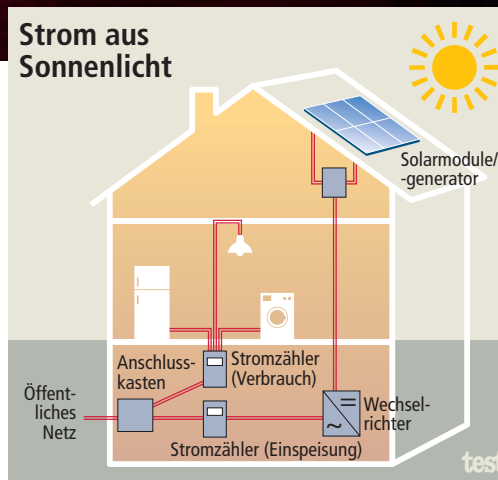
Ein wichtiges Kriterium bei der Stromerzeugung ist der Modulwirkungsgrad. Er gibt an, wie viel des auf die Oberfläche treffenden Sonnenlichts sich tatsächlich in Strom umwandeln lässt. Am besten können es die Module von BP, Sharp und Kyocera. Sie erzielen Werte von etwa 16 Prozent. Das ist für diese Technologie „sehr gut“. BP und Sharp arbeiten mit monokristallinen Zellen. Ihre hauchdünnen Siliziumscheiben wurden aus einem einzigen reinen Kristall gewonnen. Kyocera und die meisten anderen Module im Test funktionieren mit polykristallinem Silizium, das sich etwas kostengünstiger produzieren lässt. Dieses Material ist sichtbar unregelmäßig strukturiert, weil hier viele Kristallstrukturen verschmolzen sind. Das Beispiel Kyocera zeigt, dass

auch polykristalline Solarzellen sehr gute Wirkungsgrade erreichen können.

**TIPP** Hohe Wirkungsgrade sind vor allem bei kleinen Dachflächen ein wichtiges Kaufkriterium. Wenn mehr Platz vorhanden ist, kann ein etwas geringerer Wirkungsgrad zu einem günstigeren Preis aber eine Alternative sein.

Wie die Dünnschicht-Technologie arbeitet, haben wir am Beispiel von zwei Modulen geprüft. Schott Solar ASI Opak nutzt nichtkristallines (amorphes) Silizium, das auf eine Glasplatte aufgebracht ist. Würth verwendet sogar völlig andere Halbleitermaterialien (CIS: Kupfer-Indium-Diselenid-Zellen). Vorteil: Für die Produktion wird kein teures und knappes kristallines Solarsilizium benötigt. Der Wirkungsgrad der Würth-Dünnschichtmodule ist „befriedigend“. Nachteil des Schott-Moduls: ein relativ bescheidener, „ausreichender“ Wirkungsgrad. ▶

# als Schatten



## SO FUNKTIONIERTS

### Von der Sonne in die Steckdose

**Photovoltaik (PV):** Umwandlung von Licht in elektrischen Strom auf direktem Wege mithilfe von Solarzellen.

**Solarzellen:** Dünne Schicht eines Halbleitermaterials (meistens Silizium). Die Oberflächen sind chemisch behandelt, um einen möglichst starken photovoltaischen Effekt zu erzielen. Eine Seite lädt sich positiv auf, die andere negativ. Bei Lichteinfall entstehen elektrische Ladungen/Spannungen, die sich über aufgelötete Kontakte und Kabel ableiten lassen.

**Solarmodul:** Da einzelne Solarzellen nur eine relativ geringe Spannung aufbauen, sind sie im Modul miteinander in Reihe geschaltet. Um die empfindlichen Zellen zu schützen, werden sie zwischen gehärtetem

Glas und einer Kunststoffolie eingekapselt („laminiert“). Viele Solarmodule haben außerdem einen Alu-Rahmen und eine Anschlussdose für das Stromkabel.

**Solargenerator:** Die Summe der zusammenschalteten Solarmodule bildet den Stromerzeuger.

**Nennleistung:** Herstellerangabe zur Leistung eines Solarmoduls oder eines Solargenerators – bei standardisierten Laborbedingungen (u. a. 1 000 Watt Lichteinstrahlung pro Quadratmeter). In den Datenblättern ist von Watt<sub>(peak)</sub> die Rede. Abkürzung: Wp (peak = Spitze, Spitzenleistung).

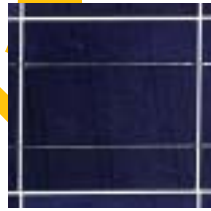
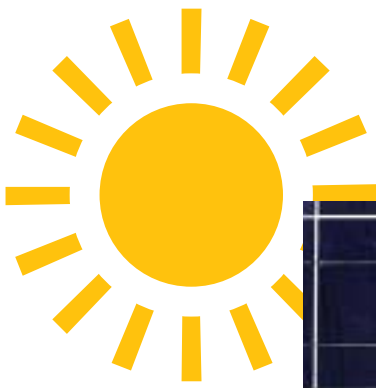
**Maximum Power Point (MPP):** Der von der Einstrahlung und Temperatur abhängige optimale Arbeitspunkt des Solar-

moduls/-generators. Der Wechselrichter sucht diesen Punkt immer wieder von neuem auf einer Strom-/Spannungs-Kurve, um dort die maximale Leistung zu erzielen.

**Wirkungsgrad:** Gibt an, wie viel Prozent der eingestrahnten Sonnenenergie in elektrischen Strom umgewandelt wird.

**Wechselrichter:** Da der Solargenerator Gleichstrom produziert, das öffentliche Netz aber mit Wechselstrom arbeitet, sind bei allen netzgekoppelten Photovoltaikanlagen Wechselrichter erforderlich: Vor der Netzeinspeisung wandeln („richten“) sie den Gleich- in Wechselstrom um.

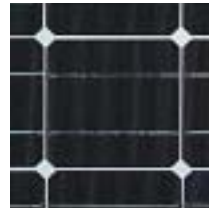
**Einspeisevergütung:** Wer Solarstrom ins öffentliche deutsche Stromnetz einspeist, hat Anspruch auf die Vergütung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz. Für die Abrechnung ist ein separater Stromzähler (siehe Zeichnung) erforderlich.



Aleo



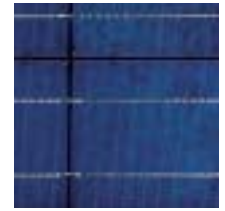
Kyocera



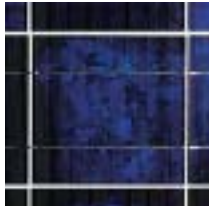
Shell



Sunways



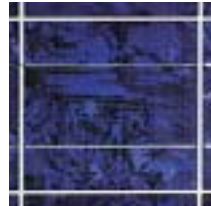
Scheuten



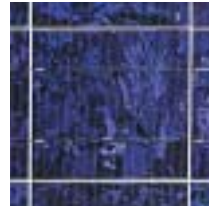
Schott Solar ASE



Sharp



Solarwatt



SolarWorld



Solar-Fabrik



Sun Technics

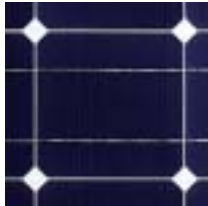
<b>test</b> Solarmodule		Module mit Siliziumzellen							
	Gewichtung	Aleo Solar S16	Kyocera KC170 GT-2	Shell Solar PowerMax Ultra 165-C	Sunways SM 170 U <sup>3)</sup>	Scheuten Solar Multi-sol 180 A	Schott Solar ASE-165-GT-FT/MC	Sharp NU-S5E3E <sup>4)</sup>	Solarwatt P210-60 GET
Gesamtpreis für etwa 3 kW Leistung <sup>1)</sup> in Euro ca. (Anzahl / Fläche der erforderlichen Module)		13 360 (16 / 22 m <sup>2</sup> )	14 370 (18 / 23 m <sup>2</sup> )	12 760 (18 / 23,8 m <sup>2</sup> )	15 470 (18 / 24,5 m <sup>2</sup> )	13 360 (16 / 24 m <sup>2</sup> )	14 280 (18 / 23,6 m <sup>2</sup> )	13 200 (16 / 21 m <sup>2</sup> )	16 370 (14 / 23,3 m <sup>2</sup> )
Preis pro Watt <sup>1)</sup> in Euro ca.		4,65	4,70	4,30	5,05	4,50	4,80	4,45	5,60
<b>test-QUALITÄTSURTEIL</b>	<b>100 %</b>	<b>GUT (1,9)</b>	<b>GUT (1,9)</b>	<b>GUT (1,9)</b>	<b>GUT (1,9)</b>	<b>GUT (2,0)</b>	<b>GUT (2,1)</b>	<b>GUT (2,2)</b>	<b>GUT (2,3)</b>
<b>STROMERZEUGUNG</b>	<b>45 %</b>	<b>gut (1,7)</b>	<b>gut (1,6)</b>	<b>gut (1,9) *</b>	<b>gut (1,9)</b>	<b>gut (2,0)</b>	<b>gut (2,1) *</b>	<b>gut (1,7)</b>	<b>gut (2,3) *</b>
Modulwirkungsgrad		+	++	+	+	+	+	++	+
Einhalten der Nennleistung		++	++	+	++	++	+	+	+
Übereinstimmung der Leistung verschiedener Module		++	++	+	++	+	+	++	++
Leistungsstabilität bei Erwärmung		+	○	○	+	○	+	○	○
<b>HALTBARKEIT</b>	<b>40 %</b>	<b>gut (1,8)</b>	<b>gut (1,9)</b>	<b>gut (1,7)</b>	<b>gut (1,8)</b>	<b>gut (1,9)</b>	<b>gut (1,8)</b>	<b>gut (2,5)</b>	<b>gut (2,0)</b>
Alterungsbeständigkeit		++	+	++	+	+	++	+	+
Mechanische Belastbarkeit		+	+	+	+	+	+	○	+
Verarbeitung		+	+	+	+	+	+	+	+
<b>SICHERHEIT</b>	<b>10 %</b>	<b>gut (2,2)</b>	<b>gut (2,3)</b>	<b>gut (2,1)</b>	<b>gut (2,1)</b>	<b>gut (2,2)</b>	<b>gut (2,1)</b>	<b>gut (2,3)</b>	<b>gut (2,1)</b>
Elektrische Sicherheit		+	+	+	+	+	+	+	+
Verletzungsgefahr		○	○	+	+	○	+	○	+
<b>DOKUMENTATION UND MONTAGE</b>	<b>5 %</b>	<b>befried. (3,1)</b>	<b>befried. (2,7)</b>	<b>sehr gut (1,3)</b>	<b>gut (2,2)</b>	<b>gut (2,1)</b>	<b>befried. (2,7)</b>	<b>ausreich. (3,8)</b>	<b>befried. (3,3)</b>
Typenschild		○	+	++	+	++	+	⊖	⊖
Datenblatt		○	○	++	+	○	○	⊖	○
Montage		○	○	+	○	○	○	○	○
<b>AUSSTATTUNG / TECHNISCHE MERKMALE</b>									
Nennleistung (Anbieterangabe / gemessen) in Watt		180 / 179,7	170 / 174,1	165 / 166,7	170 / 168	185 / 188,8	165 / 163,6	185 / 184,2	210 / 202,7
Maximal zulässige Systemspannung (Anbieterangabe) in V		1 000	750	1 000	870	750	860	1 000	870
Wirkungsgrad über die aktive / gesamte Fläche in % <sup>2)</sup>		14,8 / 13	15,6 / 13,6	14,9 / 12,6	14,4 / 12,4	14,4 / 12,6	14,5 / 12,5	16,3 / 14,1	13,9 / 12,2
Zellen pro Modul / Typ		50 / Q-cells poly	48 / Kyocera Deep Blue poly	72 / Shell mono	48 / Sunways poly	54 / Q-cells poly	72 / Main 125 multikristallin	48 / Sharp mono	60 / ErSol poly
Länge x Breite x Dicke in cm		166x83x5	129x99x3,6	162x81x4	200x68x5	150x100x4,2	162x81x5	132x99x4,6	168x99x5
Gewicht in kg		17	16	18,4	20	20	15,5	16	24
Garanzzeit für 90 % / 80 % der Nennleistung		10 / 20 Jahre	12 / 25 Jahre	10 / 25 Jahre	12 / 25 Jahre	20 Jahre <sup>9)</sup>	10 / 25 Jahre	10 / 20 Jahre	12 / 25 Jahre
<b>Bewertungsschlüssel der Prüfergebnisse:</b>		<b>Bei gleichem Qualitätsurteil Reihenfolge nach Alphabet.</b>			<b>*) Führt zur Abwertung</b>		<b>2) Messwerte.</b>		
++ = Sehr gut (0,5–1,5). + = Gut (1,6–2,5).		K.A. = Keine Angabe.			(siehe „Ausgewählt ...“ auf Seite 69).		3) Neuer Produktname seit Anfang 2006. Eingekauft wurde unter der Bezeichnung MHH plus 170.		
○ = Befriedigend (2,6–3,5). ⊖ = Ausreichend (3,6–4,5).					1) Bezogen auf die Spitzenleistung in Kilowatt(peak) bzw. Watt(peak).		4) Laut Anbieter auch als Sharp NU185 E1 im Angebot.		
– = Mangelhaft (4,6–5,5).									



Der Sonnensimulator ermöglicht exakte Leistungsmessungen am Modul.



Isofoton



BP



Schott Solar ASI



Würth

AUSGEWÄHLT » GEPRÜFT » BEWERTET

**Im Test:** 15 Solarmodule mit Leistungen bis 210 Watt (Wp), davon exemplarisch 2 Dünnschichtmodule. **Einkauf der Prüfmuster:** Oktober/November 2005. **Preise:** Anbieterbefragung im Februar/März 2006. Alle subjektiven Beurteilungen wurden von fünf Fachleuten vorgenommen.

**ABWERTUNGEN**

Das test-Qualitätsurteil konnte nicht besser sein als die Stromerzeugung. Wurde die Nennleistung nur „ausreichend“ eingehalten, konnte das Urteil für die Stromerzeugung maximal eine Note besser sein. War die Alterungsbeständigkeit nur „ausreichend“, konnte das Urteil für die Haltbarkeit nicht besser sein.

**STROMERZEUGUNG: 45 %**

Auf einem Prüfstand (Sonnensimulator) wurde die Strom-/Spannungskennlinie unter Standardtestbedingungen ermittelt und die Nennleistung bestimmt. Den **Modulwirkungsgrad** ermittelten wir für aktive Zelloberfläche und Modulfläche. **Einhalten der Nennleistung:** Beurteilt wurden die vom Hersteller genannten Toleranzen, die prozentuale Abweichung der MPP-Leistung (Mittelwert von fünf Modulen) vom Nennwert und die unter Außenbedingungen (siehe unten) anfangs eintretende Leistungsabnahme nach 15 kWh pro m<sup>2</sup>. Wir bewerteten die **Übereinstimmung der Leistung verschiedener Module** auf Basis von fünf Prüflingen (Streuung um Mittelwert). Die **Leistungsstabilität bei Erwärmung** berücksichtigt die Temperaturerhöhung unter Außenbedingungen bei 600-Watt-Einstrahlung pro m<sup>2</sup> sowie die Leistungsminderung in Prozent pro °C im MPP.

**HALTBARKEIT: 40 %**

Die Bewertung der **Alterungsbeständigkeit** basiert auf Klimakammerprüfungen: Wir untersuchten die Leistungsabnahme nach 1000-stündiger Belastung mit feuchter Hitze (Damp-heat-Test bei 85 °C und 85 % Luftfeuchte), die Folgen von Temperaturschwankungen (200 Zyklen von minus 40 °C bis plus 85 °C) sowie jeweils danach die visuell erkennbaren Beeinträchtigungen. Die **mechanische Belastbarkeit** prüften wir mit 2400 Pascal (je einstündige Zug- und Druckbelastung) und 5400 Pascal (Druck). Ergänzend kontrollierten wir visuell die **Verarbeitung** der Module (Fehler und Unregelmäßigkeiten an Zellen, Stringverbindern und anderen Bauteilen).

**SICHERHEIT: 10 %**

Die **elektrische Sicherheit** prüften wir, indem die Module einem Stoßspannungsimpuls von 6 kV ausgesetzt wurden. Wir kontrollierten, ob bei Verletzung der rückseitigen Beschichtung elektrische Probleme auftreten (Cut-Test). Wir begutachteten die **Verletzungsgefahr** durch scharfe Ecken und Kanten des Modulrahmens.

**DOKUMENTATION UND MONTAGE: 5 %**

Wir prüften **Typenschild** und **Datenblatt** auf Vollständigkeit und bewerteten die **Montage** im Hinblick auf die Verkabelung und die elektrischen Anschlüsse.

Dünnschichtmodule						
SolarWorld SW 210 poly	Solar-Fabrik AG SF 125-130 ST	Sun Technics STM 173 F	Isofoton I-150/12 S	BP Solar 7190-S <sup>5)</sup>	Schott Solar ASI Opak - 30-SG <sup>6)</sup>	Würth Solar WS 31100/75
14 330 (14 / 23,5 m <sup>2</sup> )	16 840 (24 / 23,9 m <sup>2</sup> )	7) (18 / 26 m <sup>2</sup> )	13 950 (20 / 25,6 m <sup>2</sup> )	16 000 (16 / 20,1 m <sup>2</sup> )	167 <sup>8)</sup>	500 <sup>8)</sup>
4,90	5,40	7)	4,65	5,25	5,20 <sup>8)</sup>	6,65 <sup>8)</sup>
GUT (2,3)	BEFRIEDIGEND (2,7)	BEFRIEDIGEND (2,9)	BEFRIEDIGEND (3,0)	BEFRIEDIGEND (3,3)	BEFRIEDIGEND (2,7)	BEFRIEDIGEND (3,2)
gut (2,3) <sup>*)</sup>	befried. (2,7) <sup>*)</sup>	gut (2,1)	befried. (3,0) <sup>*)</sup>	befried. (3,3) <sup>*)</sup>	befried. (2,7) <sup>*)</sup>	befried. (2,7)
+	+	○	○	++	⊖	○
+	+	+	○	⊖ <sup>*)</sup>	+	+
+	+	++	+	++	+	○
+	○	○	○	○	++	+
gut (2,0)	gut (2,0)	ausreich. (4,0)	befried. (2,9)	befried. (2,9)	befried. (2,8)	ausreich. (4,0)
++	++	⊖ <sup>*)</sup>	○	○	○	⊖ <sup>*)</sup>
○	○	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+
befried. (3,1)	gut (2,0)	gut (2,2)	gut (2,2)	gut (2,2)	gut (2,3)	gut (2,2)
○	+	+	+	+	+	+
+	+	○	○	○	○	○
gut (1,9)	befried. (3,3)	gut (2,1)	gut (2,2)	gut (2,5)	gut (2,4)	befried. (3,5)
++	⊖	+	++	++	++	○
++	⊖	++	○	○	○	-
○	+	○	+	○	○	+
210 / 203,2	130 / 123,4	173 / 170,1	150 / 141,5	190 / 181,5	32,2 / 33,5	75 / 74,4
1 000	840	1 000	760	1 000	1 000	50
13,9 / 12,1	14,1 / 12,4	13,4 / 11,8	13,3 / 11	16,4 / 14,4	6,1 / 5,6	11,8 / 10,2
60 / Deutsche Cell poly	36 / Q-cells poly	54 / GE Energy mono	72 / Isofoton mono	72 / Saturn mono	32 / Amorphes Silizium (ASI)	134 / CIS
1 68x100x3,4	1 491x67x3,5	1 48x98x 3,5	1 22x105x4	1 59x79x5	100x60x1	1 21x61x3,5
22	12,5	17,7	17	15,4	14	12,7
10 / 25 Jahre <sup>10)</sup>	10 / 25 Jahre	K. A. / 25 Jahre	20 Jahre <sup>11)</sup>	12 / 25 Jahre	K. A.	K. A.

5) Laut Anbieter inzwischen weiterentwickelt.

7) Der Anbieter hat keinen Preis genannt. Nach seinen Angaben werden nur Komplettsysteme angeboten.

10) Bezogen auf 91 Prozent/81 Prozent der Nennleistung.

6) Rahmenlos; geeignet für Fassaden und Dachintegration.

8) Preis bezogen auf ein einzelnes Modul.

11) Bezogen auf 85 Prozent der Nennleistung. Anbieter siehe Seite 100.

9) Bezogen auf die gesamte Nennleistung.

## Was die Nennleistung verspricht

Wer eine Solarstromanlage plant, muss auf die Nennleistung achten. Diese Watt-Zahl ist quasi das Versprechen der Anbieter, wie viel das Solarmodul unter Standardbedingungen produzieren kann. Unter einem Sonnensimulator (siehe Foto, S. 69) haben wir exakt gemessen, ob die Zellen tatsächlich das bringen, was laut Prospekt verkauft wird. Das Ergebnis ist erfreulich: Die meisten Module erreichen die versprochene Leistung ziemlich genau. Aber in drei Fällen – bei BP, Solarfabrik und Isofoton – liegt der Mittelwert von fünf geprüften Modulen deutlich unter dem Nennwert. Diese Anbieter sollten die Qualitätskontrolle optimieren oder die Prospekte und Datenblätter ändern.

Überraschend ist das schlechte Abschneiden von BP in diesem Prüfpunkt. Denn die Firma, sonst nicht für unzuverlässige Angaben bei der Nennleistung bekannt, macht eigentlich ein vorbildlich verbraucherfreundliches Angebot: Als mögliche Unterschreitung des Nennwerts gilt bei ihr „null Prozent Toleranz“. Gemessen haben wir im Mittel aber ein Minus von mehr als vier Prozent. BP Solar hat uns mitgeteilt, dass das Fertigungsproblem mittlerweile gelöst sei.

**TIPP** Achten Sie beim Kauf einer Solaranlage nicht nur auf die angepriesene Nennleistung, sondern auch auf die Toleranzbereiche: Je geringere Abweichungen nach unten erlaubt sind, desto besser.

## Power auf Dauer?

Ob sich der Kauf einer Solarstromanlage finanziell lohnt, wird man erst in 20 oder noch mehr Jahren beantworten können – wenn sie auch dann noch störungsfrei arbeitet. Wahrsagerische Fähigkeiten haben unsere Prüfer zwar nicht, aber ein Urteil über die Alterungsbeständigkeit war dennoch möglich: Wir prüften in der Klimakammer nach dem Zeitrafferprinzip. Zum einen bei extremen Temperaturschwankungen; zum anderen setzten wir die Module 1000 Stunden lang feuchter Hitze aus. Diesem harten Klimatest waren zwei Fabrikate nicht gewachsen: Ein Sun-Technics-Modul verfärbte sich (siehe Foto oben), weil Feuchtigkeit durch die rückseitige Folie eindrang. Und auch beim Würth-Dünnschichtmodul beobachteten wir eine Verfärbung im Randbereich.

Belastungen durch Stürme und Schnee untersuchten wir ebenfalls auf einem Prüfstand (siehe Foto). Den normalen Belastungen hielten alle Module stand. ▶

Aber bei der Simulation extremer Schneelast brach bei Sharp und bei Solar-Fabrik eine Glasscheibe, das Solarworld-Modul verformte sich dauerhaft.

## Mit Wechselrichter ins Stromnetz

Jede Solarstromanlage, die ins öffentliche Netz einspeist, braucht einen Wechselrichter. Sechs Geräte haben wir untersucht – mit Ergebnissen von „gut“ bis „mangelhaft“. Die meisten Fabrikate können den Gleichstrom gut in Wechselstrom

umwandeln – auch bei schwankenden Lichtverhältnissen. Der Jahreswirkungsgrad liegt bei 95 Prozent. In anderen Prüfpunkten stießen wir aber auf Mängel:

• **Geräusch:** Die Wechselrichter von Kyoceera und Aixcon erwiesen sich als unangenehm laut. Werden sie in Wohnräumen aufgehängt, kann das stören.

• **Elektromagnetische Verträglichkeit:**

Mehrere Geräte senden Störungen ins Stromnetz oder die Atmosphäre und liegen im Grenzbereich des Zulässigen. Das ist unerwünscht, um ▶



Dieser Prüfstand simuliert Belastungen durch Stürmböen und Schnee: Die Saugnäpfe übertragen Druck- und Zuglast aufs Modul.



Nach dem harten Klimatest zur Prüfung der Alterungsbeständigkeit zeigen sich Farbveränderungen auf dem Sun-Technics-Modul.

## AUSGEWÄHLT » GEPRÜFT » BEWERTET

**Im Test:** 6 Wechselrichter mit Wechselstromleistungen von 2500 bis 3450 Watt. **Einkauf der Prüfmuster:** Oktober/November 2005.

**Preise:** Anbieterbefragung im Februar/März 2006.

### ABWERTUNGEN

Wenn die Sicherheit „mangelhaft“ war, konnte das test-Qualitätsurteil nicht besser sein. War die elektromagnetische Verträglichkeit nur „ausreichend“, konnte das Urteil für die Umwelteigenschaften nicht besser sein.

### STROMUMWANDLUNG: 45 %

Der **Jahreswirkungsgrad** gibt das Verhältnis der abgegebenen Wechselstrom-Leistung zur Gleichstrom-Leistung des Solargenerators an: Messwerte bei Nennlast und Teillasten wurden unter Berücksichtigung jahreszeitlicher Schwankungen und regionaler Einflüsse (Referenzort in Europa) gewichtet und hochgerechnet. Das **Regelverhalten** haben wir bei wechselnden Leistungen des Solargenerators durch Vergleich der Messkurven beurteilt. Dabei kontrollierten wir, ob sich der Wechselrichter automatisch auf den günstigsten Leistungspunkt auf einer Strom-Spannungskennlinie einstellt (MPP-Suchlauf). Die **Klima- und Temperaturunempfindlichkeit** untersuchten wir, indem die Leistungsdaten bei  $-20^{\circ}\text{C}$  und  $+25^{\circ}\text{C}$  nachgemessen und zueinander ins Verhältnis gesetzt wurden.

### HANDHABUNG: 20 %

Fünf Fachleute überprüften die **Gebrauchsanleitung** auf Vollständigkeit und Richtigkeit sowie die **Kontrolleinrichtungen** auf Kriterien wie Ablesbarkeit und Verständlichkeit von Fehlermeldungen.

### UMWELTEIGENSCHAFTEN: 20 %

Im Prüfpunkt **Elektromagnetische Verträglichkeit** untersuchten wir einerseits die Störempfindlichkeit des Wechselrichters gegenüber Einflüssen wie Stoßspannungen auf der Netzleitung sowie andererseits dessen Störemissionen, die zur Beeinträchtigung anderer elektronischer Geräte oder Empfangsgeräte führen können. Geprüft wurde in Anlehnung an DIN EN 61000-6-1: 2002-08 (Störfestigkeit) und die DIN EN 61000-6-3: 2005-06 (Störaussendung).

Den **Stand-by-Verbrauch** haben wir unter nächtlichen Bedingungen gemessen und beurteilt.

Das **Geräusch** wurde von fünf Fachleuten subjektiv beurteilt.

### SICHERHEIT: 15 %

In Anlehnung an DIN EN 50178 überprüften wir die Sicherheit vor allem im Hinblick auf elektrischen Schlag, den sicheren Anschluss des Schutzleiters, die Trennung zwischen Gleich- und Wechselstromkreis und das sichere Abschalten bei Ausfall des Wechselstromnetzes.



**SMA Sunny Boy 3300, 2000 Euro**

**GUT (2,1)**

Bestes Gerät im Test. Mit Trafo. Recht leise. Vor Regen und bedingt vor Staub geschützt.



**Kaco Powador 3500xi, 2000 Euro**

**BEFRIEDIGEND (2,6)**

Gute Stromumwandlung und gute Kontrolleinrichtungen. Arbeitet elektronisch ohne Trafo. Summt leise. Vor Regen und bedingt vor Staub geschützt. Aber im (seltenen) Falle eines starken Spannungsimpulses auf der Netzleitung (zum Beispiel Blitzschlag) kann das Gerät stark beschädigt werden.



**Sputnik SolarMax 3000C, 1750 Euro**

**BEFRIEDIGEND (2,6)**

Gute Stromumwandlung. Arbeitet elektronisch ohne Trafo. Leise, aber mit Schwächen in der elektromagnetischen Verträglichkeit (unerwünschte Emissionen). Vor Regen und bedingt vor Staub geschützt.



**SMA Sunny Boy 3300TL, 1950 Euro**

**BEFRIEDIGEND (2,7)**

Gute Stromumwandlung. Arbeitet elektronisch ohne Trafo. Leise, aber mit Schwächen in der elektromagnetischen Verträglichkeit (unerwünschte Emissionen). Vor Regen und bedingt vor Staub geschützt.



**Kyocera KC 3.6i, 2110 Euro**

**BEFRIEDIGEND (3,2)**

Einziges Gerät mit zwei geregelten Eingängen, nur befriedigende Stromumwandlung; etwas hitzeempfindlich. Mit Trafo. Kaum Schutz vor Staub und Wasser. Unangenehmes Geräusch, Schwächen in der elektromagnetischen Verträglichkeit, sendet eine störende Frequenz.



**Aixcon PT3000, 2120 Euro**

**MANGELHAFT (5,0)**

Gute Stromumwandlung, aber mangelhafte Sicherheit (unter anderem keine sichere Netztrennung). Lautestes Gerät im Test. Schwächen in der elektromagnetischen Verträglichkeit. Im (seltenen) Falle eines starken Spannungsimpulses auf der Netzleitung (Blitzschlag) kann es stark beschädigt werden.

**test Wechselrichter**

	Gewichtung	SMA Sunny Boy 3300	Kaco Powador 3500xi	Sputnik SolarMax 3000C	SMA Sunny Boy 3300TL <sup>1)</sup>	Kyocera KC 3.6i	Aixcon PT3000
Mittlerer Preis in Euro ca.		2000	2000	1750	1950	2110	2120
<b>test-QUALITÄTSURTEIL</b>	100 %	<b>GUT (2,1)</b>	<b>BEFRIEDIGEND (2,6)</b>	<b>BEFRIEDIGEND (2,6)</b>	<b>BEFRIEDIGEND (2,7)</b>	<b>BEFRIEDIGEND (3,2)</b>	<b>MANGELHAFT (5,0)</b>
<b>STROMUMWANDLUNG</b>	45 %	<b>gut (1,8)</b>	<b>gut (1,9)</b>	<b>gut (1,7)</b>	<b>gut (1,9)</b>	<b>befriedigend (2,9)</b>	<b>gut (1,8)</b>
Jahreswirkungsgrad		+	+	+	+	○	+
Regelverhalten		+	+	+	+	+	+
Klima- und Temperaturunempfindlichkeit		++	++	++	+	○	+
<b>HANDHABUNG</b>	20 %	<b>befriedigend (2,7)</b>	<b>gut (2,4)</b>	<b>befriedigend (2,7)</b>	<b>befriedigend (2,6)</b>	<b>befriedigend (2,9)</b>	<b>befriedigend (3,1)</b>
Gebrauchsanleitung		+	○	○	+	+	⊖
Kontrolleinrichtungen		○	+	+	○	○	+
<b>UMWELTEIGENSCHAFTEN</b>	20 %	<b>gut (2,0)</b>	<b>ausreichend (4,0)</b>	<b>ausreichend (4,5)</b>	<b>ausreichend (4,5)</b>	<b>ausreichend (4,5)</b>	<b>mangelhaft (4,6)</b>
Elektromagnetische Verträglichkeit		+	⊖ <sup>*) 3)</sup>	⊖ <sup>*)</sup>	⊖ <sup>*)</sup>	⊖ <sup>*)</sup>	⊖
Stand-by-Verbrauch		++	++	++	++	++	++
Geräusch		+	+	+	+	⊖	—
<b>SICHERHEIT</b>	15 %	<b>befriedigend (2,6)</b>	<b>befriedigend (3,2)</b>	<b>befriedigend (2,7)</b>	<b>befriedigend (2,7)</b>	<b>befriedigend (2,8)</b>	<b>mangelhaft (5,0) <sup>*) 2)</sup></b>
<b>AUSSTATTUNG / TECHNISCHE MERKMALE</b>							
Wechselstrom-Nennleistung in W		3300	3450	2500	3000	3300	2650
Gleichstrom-Nennleistung in W max.		3800	3600	Keine Angabe	3450	3900	Keine Angabe
Eingangsspannungsbereich in V		174 bis 500	350 bis 600	90 bis 560	125 bis 750	100 bis 350	125 bis 400
Außenabmessungen (Länge x Breite x Höhe) in mm		352 x 450 x 236	500 x 340 x 200	550 x 250 x 200	490 x 470 x 225	540 x 448 x 217	400 x 370 x 140
Gewicht in kg		41	20	13	28	20,7	16,5
Schutzart gegen Staub und Nässe		IP65	IP54	IP54	IP65	IP21	IP21 / IP63
<b>Bewertungsschlüssel der Prüfergebnisse:</b>		<b>Bei gleichem Qualitätsurteil Reihenfolge nach Alphabet.</b>		<b>1)</b> Laut Anbieter ersetzt durch Nachfolgemodell SB3300TLHC zum gleichen Preis..		<b>Anbieter siehe Seite 100.</b>	
++ = Sehr gut (0,5–1,5). + = Gut (1,6–2,5). ○ = Befriedigend (2,6–3,5). ⊖ = Ausreichend (3,6–4,5). — = Mangelhaft (4,6–5,5).		*) <b>Führt zur Abwertung</b> (siehe „Ausgewählt ...“ auf Seite 70).		<b>2)</b> Laut Anbieter wurden die Sicherheitsmängel inzwischen behoben.		<b>3)</b> Laut Anbieter inzwischen störfest.	

den Betrieb anderer Geräte nicht zu beeinträchtigen. Außerdem zeigen die Wechselrichter Kaco und Aixcon Schwächen bei der Störfestigkeit im Falle eines heftigen Spannungstoßes im Stromnetz, etwa infolge eines Blitzschlags.

• **Sicherheit:** Aixcon scheiterte gleich an mehreren Anforderungen.

Insgesamt stießen wir bei den Wechselrichtern auf etwas mehr Schwachpunkte als bei den Solarmodulen. Hier besteht noch Verbesserungsbedarf.

**TIPP** Nutzen Sie die Kontrolleinrichtungen der Wechselrichter. Einige wie SMA bieten über Zusatzgeräte die Möglichkeit zur Fernabfrage über einen Computer. Es

ist ärgerlich, wenn die Photovoltaikanlage bei Störung keinen Strom mehr ins Netz einspeist – und keiner merkt es.

### Die verzwickte Preisfrage

Wie teuer sind Solarmodule? Eine Antwort auf diese eigentlich simple Frage erweist sich als nicht so einfach. Wir haben die Anbieter nach den Preisen ihrer Module befragt. Einige reagierten sehr zögerlich: Aktuelle Listenpreise seien nicht vorhanden und die Kalkulation je nach Installateur, Anlagengröße und Bauart sehr unterschiedlich. Letztlich nannten die

meisten Schätzpreise für Module mit einer gesamten Nennleistung von jeweils etwa 3 000 Watt, die für Einfamilienhäuser recht typisch ist.

In der Tabelle haben wir auf dieser Basis umgerechnet: Ein Watt Solarenergie kostet im Durchschnitt knapp fünf Euro. Das ist zwar weniger als vor einigen Jahren, aber immer noch ein stolzer Preis.

**TIPP** Holen Sie immer mehrere Angebote von unterschiedlichen Installateuren ein, eventuell auch aus anderen Regionen. Der Solarmarkt boomt in Deutschland. Unser Test zeigt zwar einerseits, dass hochwertige Technik angeboten wird. Andererseits sollten sich die Kunden angesichts von Produktionsengpässen nicht unter Druck setzen lassen und zu überhöhten Preisen kaufen.

**Übrigens:** Wer vor drei Jahren 20 000 Euro nicht in eine Solaranlage, sondern in die Aktien der Herstellerfirma Solarworld investierte, hat inzwischen so viel Geld gemacht, dass es sowohl für die Solaranlage als auch für das dazu passende Einfamilienhaus reicht. ■



Auf Dächern und an Fassaden gibt es viele pfiffige Möglichkeiten zur Sonnenenergienutzung.

## SPARTIPPS

Solarstrom – Ja, bitte! Aber zum möglichst geringen Preis.

■ **GELD FÜRS EIGENE KRAFTWERK** Der Ertrag für Ihren ins deutsche Stromnetz eingespeisten Strom ist sicher: Für Anlagen, die in diesem Jahr in Betrieb gehen, gibts pro Kilowattstunde 0,518 Euro. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) garantiert das für 20 Jahre. Pro Kilowatt Spitzenleistung produziert eine Photovoltaikanlage jährlich 700 bis über 1 000 Kilowattstunden. Mit einer 3-kW-Anlage lassen sich (z. B. bei 800 kWh) in 20 Jahren 48 000 kWh „ernten“. Dafür zahlt das Versorgungsunternehmen 24 860 Euro.

■ **TEURE INVESTITION** Die Module für die 3-kW-Anlage sind der größte Kostenfaktor (etwa 12 000 bis 17 000 Euro). Hinzu kommen Wechselrichter, Unterkonstruktion und Montage. In der Summe sind das mindestens annähernd 20 000 Euro. Gilt die Stromerzeugung als Gewerbe, kann die Mehrwertsteuer als Vorsteuer erstattet werden. Die KfW-Bank hilft bei der Finanzierung ([www.kfw.de](http://www.kfw.de)).

■ **UNTERM STRICH** Mit der eigenen Photovoltaikanlage werden sich allenfalls Renditen von wenigen Prozent erzielen lassen. Auf jeden Fall lohnt aber die gute Tat für die Umwelt.

■ **NICHT NUR FÜRS DACH** Eine Solaranlage muss keineswegs immer aufs Dach. Sinnvoll kann auch die Befestigung an der

Fassade sein (etwa als Schatten spendendes Vordach), auf Garagen oder über Wintergärten und Terrassen. Im Idealfall können Sie Geld für Ziegel oder andere Dachdeckungsmaterialien sparen.

■ **GRÖSSE** Einzelne Module kommen für Camping oder Lauben infrage. Für netzgekoppelte Anlagen gilt: Damit sich die Investition einigermaßen auszahlt, sollte die Anlage mindestens etwa 15 Quadratmeter (zirka 2 000 Watt<sub>peak</sub>) groß sein.

■ **BEFESTIGUNG** Viele Monteure richten sich bei der Wahl der Unterkonstruktion nicht nach den Empfehlungen der Modulhersteller. Vergewissern Sie sich, dass dadurch der Garantieanspruch nicht erlischt.

■ **PREISVERGLEICHE** So nett der Solaranlageninstallateur aus Ihrer Nachbarschaft auch sein mag: Holen Sie zum Vergleich weitere Angebote ein. Die Preisgestaltung hängt von vielen Faktoren ab. Zum Beispiel davon, ob der Installateur durch eine Sammelbestellung vieler Module einen attraktiven Rabatt ergattern kann und einen Teil davon an Sie weitergibt.

■ **BILLIGIMPORTE** Vorsicht vor No-Name-Produkten mit unklarer Herkunft: Selbst wenn sie anfangs die geforderte Leistung produzieren, ist fraglich, ob sie es nach 10 oder 20 Jahren immer noch tun.

### TEST-UNTERSTÜTZUNG



Die Tests von Solarmodulen und Wechselrichtern wurden vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gefördert.