

MONATLICH IN  
PHOTON:  
DIE ERGEBNISSE VON  
2 MODELLEN AUS DEM  
PHOTON-LABOR



## PHOTON-Wechselrichtertest

Über 90 Geräte verschiedener Hersteller getestet und bewertet

# Über uns

**PHOTON gehört zu den Pionieren der Solarenergie und ist inzwischen der größte und meinungsführende Solarverlag weltweit.**

**Als einziger Verlag der Branche betreibt PHOTON ein eigenes Labor.**

**Alle Auswertungen und Tests, die in den Zeitschriften erscheinen, werden hier durchgeführt. Monatlich verlassen sich über 250.000 Planer,**

**Entscheider und Betreiber von**

**Solaranlagen auf diese Ergebnisse.**

**Solaranlagen auf diese Ergebnisse.**

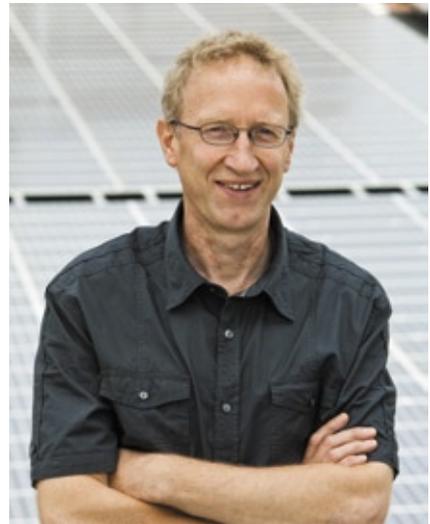
Unsere über 20 Experten arbeiten kontinuierlich daran, die Testmethoden zu verbessern, um so noch aussagekräftigere Ergebnisse liefern zu können. So konnten in den vergangenen Jahren zahlreiche Verfahren entwickelt werden, die inzwischen zum Branchenstandard geworden sind.

Neben den Solarmodulen sind die Wechselrichter

ter die entscheidenden Faktoren für eine ertragsstarke Solaranlage. Daher legt PHOTON Laboratory ein besonderes Augenmerk auf diese Komponenten. In jeder Ausgabe werden die Ergebnisse der regelmäßigen Testreihen veröffentlicht. Damit sorgt PHOTON für Transparenz auf dem Markt. Hersteller haben die Möglichkeit, ihre Wechselrichter in den verschiedenen Phasen der Entwicklung testen zu lassen:

**Vorseriengeräte** – Der Test dient Herstellern vor allem als unabhängige Qualitätsprüfung. Die umfangreichen Testergebnisse können bei der weiteren Entwicklung der Geräte berücksichtigt und deren Leistung somit weiter optimiert werden. Die Testergebnisse werden in PHOTON nicht veröffentlicht und dienen vor allem für interne Zwecke der Hersteller.

**Seriengeräte** – Die Testergebnisse werden in den Magazinen von PHOTON veröffentlicht und stehen monatlich 250.000 Lesern zur Verfügung. Hersteller erhalten nach dem Test ein Qualitätssiegel, mit dem sie in Anzeigen, auf Datenblättern oder bei sonstigen Gelegenheiten werben können. Getestet werden sowohl netzgekoppelte Wechselrichter als auch Micro-Wechselrichter mit EU- und US-Standard.



**Heinz Neuenstein**  
Leitung Labor (Wechselrichter und PV-Komponenten)

## Die Testergebnisse werden monatlich veröffentlicht in

- PHOTON – Das Solarstrom-Magazin (Deutsch)
- PHOTON Profi – Photovoltaik-Fachwissen für die Praxis (Deutsch)
- PHOTON – Le Magazine du Photovoltaïque (Französisch)
- PHOTON – Il Mensile del Fotovoltaico (Italienisch)
- PHOTON – La Revista de Fotovoltaica (Spanisch)
- PHOTON International – The Solar Power Magazine (Englisch)
- PHOTON International – 太阳能产业专业杂志 (Chinesisch)
- PHOTON – The Photovoltaic Magazine (Englisch)



Jeden Monat werden in PHOTON die Ergebnisse und Daten des Wechselrichtertests veröffentlicht

# So testet PHOTON

Unser Ziel: Entscheidungshilfen für Anlagenbetreiber bei der Wahl des Wechselrichters



Steva Elektronik GmbH

**Serienproduktion von Wechselrichtern: Das PHOTON-Labor wählt die Testgeräte zufällig aus einer Liste von einhundert Seriennummern**

**Die Auswahl an Solarwechselrichtern wächst beständig – und damit auch die Schwierigkeit für angehende Anlagenbetreiber, das beste Gerät zu finden. Mehr als fünf Jahre PHOTON-Wechselrichtertests haben hier zu mehr Transparenz auf dem Markt beigetragen. Dazu fasst das PHOTON-Testlabor die Ergebnisse in einer Note zwischen »sehr gut« und »mangelhaft« zusammen, die sich an einem von PHOTON definierten Gesamtwirkungsgrad orientieren. Auf den ersten Blick ist für Betreiber seitdem zu erkennen, ob ein Gerät etwas taugt oder nicht.**

Seit Anfang 2007 prüft das PHOTON-Testlabor Wechselrichter auf ihre Arbeitsweise und veröffentlicht regelmäßig die Ergebnisse in acht PHOTON-Magazinen in insgesamt sechs Sprachen (englisch, deutsch, spanisch, italienisch, französisch und chinesisch). Damit diese Resultate leicht zu erfassen sind, hat die Redaktion in Anlehnung an die Schulzensuren ein Benotungssystem mitsamt einem Prüfsiegel eingeführt: von »sehr gut« bis »mangelhaft«. Die Bestnote gibt es dabei gleich in dreifacher Ausführung: ohne und mit einem oder zwei Pluszeichen. Ein »mangelhaft« wird dagegen an Wechselrichter vergeben, deren Wirkungsgrad so schlecht ist, dass die Geräte ihren eigenen Geldwert praktisch wieder vernichten – weil sie vom produzierten Sonnenstrom so viel in Wärme umwandeln oder erst gar nicht annehmen, dass die entgangene Einspeisevergütung den Kaufpreis des Gerätes übersteigt. Diese Geräte sind geschenkt noch zu teuer. Um die Note vergeben zu können, muss aber zunächst einmal der Wirkungsgrad definiert werden, auf den sich die Note bezieht. Sowohl Spitzenwirkungsgrad als auch Eu-

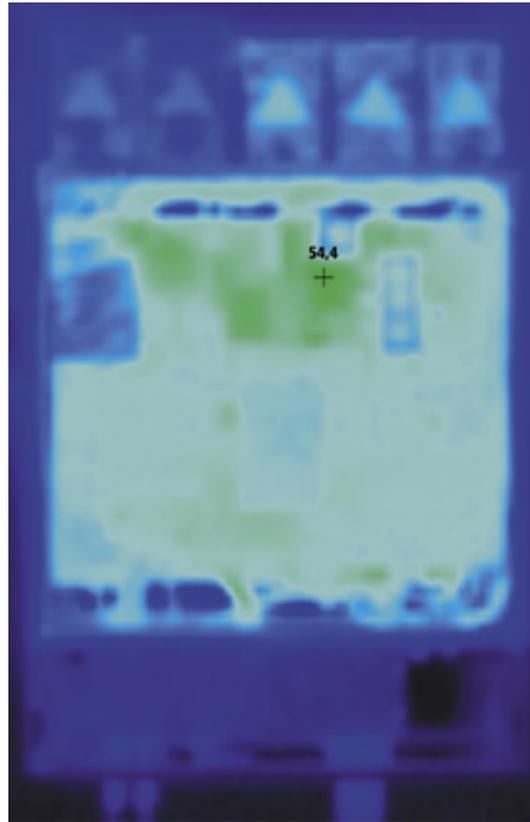
ropäischer Wirkungsgrad sind hierzu jedoch ungeeignet, weshalb PHOTON einen eigenen Wirkungsgrad definiert hat, dessen Aussagekraft weit über die bisher üblichen Wirkungsgradangaben hinausgeht (siehe Kasten Seite 5). Ziel der Benotung ist darüber hinaus, die Messergebnisse der einzelnen Geräte besser miteinander vergleichen zu können. Die in der Übersicht auf Seite 6-7 vergebenen Zensuren sind praktisch gleichzusetzen mit dem Nutzen der Geräte, der sich anhand der Angaben in den Datenblättern vieler Hersteller häufig leider nicht herausfiltern lässt, da wichtige Informationen zu den Betriebsparametern fehlen. Denn derzeit sind aus den technischen Angaben der Hersteller oftmals nicht die Abhängigkeiten des Wirkungsgrades vor allem von der Eingangsspannung zu erkennen. Ebenso wenig gibt es eine Angabe zum sinnvollen MPP-Arbeitsbereich des Wechselrichters. Der Einfluss der Eingangstrombegrenzung auf den Arbeitsbereich und die Temperaturabhängigkeit des Umwandlungswirkungsgrades sind ebenfalls meist nicht zu finden. Die von PHOTON vergebene Note bezieht – über den PHOTON-Wirkungsgrad –

alle diese Einflussfaktoren mit ein. Weitere Einzelwertungen, die einen Einfluss auf die Zensur haben, gibt es nicht. Die Parameter, die sich in der Note widerspiegeln, werden jährlich überprüft und mit den Herstellern erörtert. Auch die konkreten Testergebnisse werden vor Veröffentlichung dem Hersteller mit der Bitte um Kommentierung zur Verfügung gestellt.

**Die Benotung**

Die Gesamtnote baut auf zwei Kriterien auf: der Bewertung des PHOTON-Wirkungsgrades und der temperaturabhängigen Reduzierung des Umwandlungswirkungsgrades. Die Benotung dieses Wirkungsgrades erfolgt dabei ohne Differenzierung nach der Eignung des Wechselrichters für einen bestimmten Solargenerator. Am besten wird das Gerät mit dem höchsten Wirkungsgrad benotet, unabhängig davon, ob es ein Wechselrichter mit oder ohne Potenzialtrennung ist, ob er ausschließlich für den Innen- oder auch für den Außenbereich geeignet ist oder ob es sich um ein Weitspannungsgerät handelt. Einzig die Temperaturabhängigkeit des Umwandlungswirkungsgrades hat einen relevanten Einfluss auf die Note. Dazu wird der Wirkungsgrad bei 25 Grad Celsius und bei der maximalen Temperatur ermittelt, bei der noch keine Leistungsreduzierung zu verzeichnen ist. Beide Werte werden voneinander subtrahiert. Erreicht oder überschreitet die daraus resultierende Wirkungsgradreduzierung die Differenz zur nächstschlechteren Notenstufe (zwischen »gut« und »befriedigend« wäre dies 1,5), so erhält das Gerät die schlechtere Note (also »befriedigend«).

Gemessen werden der Umwandlungswirkungsgrad und der MPPT-Anpassungswirkungsgrad, beide bezogen auf die vorgegebene PMPP-Leistung. Das Produkt aus beiden ist der Gesamtwirkungsgrad. Aus diesem wird dann über alle gemessenen Eingangsspannungen der Durchschnitt in jeder Leistungsstufe gebildet. Dieser Durchschnitt wird danach europäisch und kalifornisch gewichtet und zur Bewertung herangezogen. Der neu definierte PHOTON-Wirkungsgrad für mittlere oder hohe Einstrahlung ist ein künstlicher Wert, der aber ein Abbild für die Spannungs- und Leistungsabhängigkeit des Wechselrichter-Wirkungsgrades repräsentiert. Durch die europäische oder kalifornische Gewichtung ergibt sich eine Abhängigkeit des durchschnittlichen Gesamtwirkungsgrades von der geografischen Breite des Installationsortes der Photovoltaikanlage. Relevant für den Standort Deutschland ist der Wert für mittlere Einstrahlung.



**Eine Thermografie zeigt die Temperaturverteilung innerhalb eines Wechselrichters. Stellen mit hohen Temperaturen können einen negativen Einfluss auf die Leistung des Wechselrichters haben.**

Bei der Berechnung des PHOTON-Wirkungsgrades werden alle Messwerte für Eingangsspannungen berücksichtigt, die im vom Hersteller angegebenen Eingangsspannungsbereich liegen, in dem der Wechselrichter arbeiten sollte – selbst wenn das Gerät in Teilen dieses Bereiches seinen Dienst nicht absolvieren kann; dort ist dann der Wirkungsgrad Null Prozent. Dies entspricht auch den Verhältnissen in einer realen Anlage: In diesem Arbeitsbereich angekommen, würde der Wechselrichter seinen Dienst einstellen.

Der daraus resultierende Effekt auf die Note ist gewollt und eine Folge der Überlegungen zum tatsächlich nutzbaren MPP-Bereich des Wechselrichters: Nur wenn ein Wechselrichter tatsächlich im vom Hersteller angegebenen Spannungsbereich ohne Einschränkungen arbeiten kann, wird er auch eine gute Note im Test erhalten. In der Konsequenz bewirkt die herstellerseitige Angabe eines sinnvollen MPP-Bereichs eine Verbesserung der Note.

Im Ergebnis wird also der PHOTON-Wirkungsgrad häufig unter den Wirkungsgradangaben der Hersteller liegen, da diese in der Regel bei der »schönsten« Spannung gemessen und Fehlanpassungen und unzulässige Betriebsbereiche nicht berücksichtigt wurden. Das kann zwar dazu führen, dass der PHOTON-Wirkungsgrad einen Wechselrichter mitunter schlechter aussehen lässt als er in einer konkreten Anlage arbeitet, denn dieser berücksichtigt

den gesamten vom Hersteller freigegebenen Eingangsspannungsbereich – unabhängig davon, welcher Bereich in einer konkreten Anlage tatsächlich genutzt wird. Der PHOTON-Wirkungsgrad macht somit eine Aussage darüber, wie gut ein Wechselrichter mindestens ist – und zwar für alle Anlagenkonfigurationen, die den Bereich der vom Hersteller erlaubten Eingangsspannung einhalten.

**Beispiele aus der Praxis**

Betrachten wir einmal ein Fünf-Kilowatt-Gerät. Ein fiktives Modell zu einem Preis von rund 2.000 Euro kann 97 Prozent des produzierten Solarstroms in das Netz einspeisen. Drei Prozent des maximal möglichen Ertrags werden also verworfen. An guten Standorten können das jährlich 30 Kilowattstunden pro Kilowatt installierter Leistung sein, mithin 150 Kilowattstunden. Bei einer Vergütung von 43,01 Cent pro Kilowattstunde entspricht dies 64,52 Euro pro Jahr, im Laufe der Vergütungsperiode (20 Jahre plus dem Jahr der Inbetriebnahme) mithin mindestens 1.285 Euro (die entgangenen Zinsen nicht mitgerechnet). Dem Betreiber entstehen, so betrachtet, aus Anschaffung und Betrieb eines guten Wechselrichters Gesamtkosten von 3.285 Euro.

Zum Vergleich soll einer der schlechtesten der von PHOTON getesteten Wechselrichter, der (inzwischen vom Markt genommene) Siemens Sitop solar 1100 Master, mit einem PHOTON-Wirkungsgrad von rund 90 Prozent betrachtet werden. Dieses Gerät verheizt also zehn Prozent des erzeugten Solarstroms, mithin jährlich 100 Kilowattstunden pro Kilowatt. Das sind 500 Kilowattstunden oder 215,05 Euro pro Jahr und somit mindestens 4.301 Euro über die gesamte Vergütungsdauer, die dem Betreiber an Einspeisevergütung verloren gehen. Vergleicht man diesen Posten mit den 1.285 Euro, die bei einem guten Wechselrichter verloren gehen, beträgt die Differenz rund 3.000 Euro (ohne Zinseffekte, die den Verlust noch vergrößern). Für einen derart schlechten Wechselrichter gilt im wahrsten Sinne des Wortes, dass er selbst geschenkt noch zu teuer ist. Genau genommen müsste der Anlagenbetreiber 1.000 Euro vom Hersteller des schlechten Wechselrichters erhalten, damit er diesen – anstelle des guten Gerätes – in seiner Anlage einsetzt.

Die Betreiber haben also ein großes Interesse daran, dass möglichst viel des vom Solargenerator erzeugten Solarstroms auch ins Netz eingespeist wird. Und das PHOTON-Labor wird dazu gern die passenden Tests liefern. Philippe Welter

## Erläuterungen zu Messungen und Grafiken

Die Diagramme zu MPPT-Wirkungsgrad, Umwandlungswirkungsgrad und Gesamtwirkungsgrad stellen die Abhängigkeit dieser Größen von der Eingangsspannung  $U_{MPP}$  und der Eingangsleistung  $P_{DC}$  dar. Der MPP-Spannungsbereich ist dabei jeweils in 20 Schritte, der DC-Leistungsbereich in 24 Schritte unterteilt. Der Solargeneratorsimulator im PHOTON-Labor erzeugt also 480 verschiedene Kennlinien, alle mit einem Füllfaktor von 75 Prozent.

Die in dieser Messreihe ermittelten 480 Werte dienen als Basis für die dreidimensionale Darstellung. Die dritte Dimension ist dabei die Farbe, sie zeigt den bei einem bestimmten Verhältnis von  $U_{MPP}$  und  $P_{DC}$  jeweils erreichten Wirkungsgrad an. Das Farbspektrum mit den zugehörigen Werten ist neben den Diagrammen abgebildet. Die y-Achse gibt die Eingangsspannung  $U_{MPP}$  gemäß dem vom Hersteller des jeweiligen Geräts deklarierten Bereich an. Auf der x-Achse findet sich die vorgegebene Leistung  $P_{MPP}$  in relativen Werten, normiert auf die Nennleistungsleistung  $P_{DCNenn}$  des Wechselrichters und angegeben in Prozent der  $P_{MPP}$ -Nennleistung. Wie weit dieser Bereich die 100-Prozent-Marke überschreitet, richtet sich ebenfalls nach den Herstellervorgaben.

Liegt die vom Hersteller angegebene maximale MPP-Spannung nah an der maximalen DC-Spannung, zeigt ein schraffierter Bereich die entsprechenden Einschränkungen beim Einsatz von kristallinen Modulen und darunter ein weiterer Bereich mit entgegengesetzter

Schraffur die Einschränkungen beim Einsatz von Dünnschichtmodulen an.

Der **MPPT-Anpassungswirkungsgrad** bezeichnet das Verhältnis zwischen vorgegebener DC-Leistung  $P_{MPP}$  und der aufgenommenen DC-Leistung des Wechselrichters. Er gibt somit Aufschluss über das statische MPP-Tracking des Geräts, also darüber, wie viel der vom Solargenerator vorgegebenen  $P_{MPP}$ -Leistung der Wechselrichter auch tatsächlich übernimmt.

Der **Umwandlungswirkungsgrad** ist das Verhältnis der vom Wechselrichter gelieferten AC-Leistung  $P_{AC}$  zu der auf seiner Gleichstromseite aufgenommenen Leistung  $P_{DC}$ . Über dem Diagramm sowie rechts daneben zeigen Querschnitte durch die dreidimensionale Darstellung die Abhängigkeiten des Wirkungsgrades von der normierten Leistung beziehungsweise von der Spannung  $U_{MPP}$ . Rechts oben ist eine Einordnung des Arbeitsbereichs des Wechselrichters bezogen auf den MPP-Spannungsbereich und die MPP-Leistung zu finden.

Der **Gesamtwirkungsgrad** wird errechnet und ist die Multiplikation des Umwandlungswirkungsgrades und des MPPT-Anpassungswirkungsgrades für alle 480 Messpunkte. Die Grafik ist analog derjenigen zum Umwandlungswirkungsgrad aufgebaut.

Das Diagramm zum **gewichteten Umwandlungswirkungsgrad** zeigt den für mittlere Sonneneinstrahlung (Europäischer Wirkungsgrad) sowie den gemäß der Definition der California Energy Commission (CEC) für

hohe Einstrahlung (Kalifornischer Wirkungsgrad) ermittelten Wirkungsgrad jeweils über den gesamten MPP-Spannungsbereich.

Das Diagramm zum **Gesamtwirkungsgrad bei unterschiedlichen Spannungen**

zeigt dessen Verlauf über die Nennleistung PMPP jeweils für die minimale und die maximale MPP-Spannung ( $U_{MPPmin}$  und  $U_{MPPmax}$ ) sowie für den kleinsten und den größten Wert der MPP-Spannung, bei der ein Wechselrichter seinen maximalen Wirkungsgrad erreicht ( $U_{MPPSumMaxMin}$  und  $U_{MPPSumMaxMax}$ ). Die jeweiligen maximalen Werte ( $\eta_{SumMax}$ ) sind im Diagramm notiert. Falls die Kurven für  $U_{MPPSumMaxMin}$  und  $U_{MPPmin}$  beziehungsweise  $U_{MPPSumMaxMax}$  und  $U_{MPPmax}$  identisch sind, wird im Diagramm nur eine Kurve mit den entsprechenden Werten eingetragen (nämlich  $U_{MPPmin}$  oder  $U_{MPPmax}$ ).

Im selben Diagramm ist auch der **durchschnittliche Gesamtwirkungsgradverlauf** dargestellt und sein höchster Wert ( $\eta_{AvgSumMax}$ ) notiert. Der durchschnittliche Gesamtwirkungsgrad ergibt sich, indem bei der jeweiligen Stufe des MPP-Nennleistungsbereichs der Mittelwert aller Gesamtwirkungsgrade über den vom Hersteller ausgewiesenen MPP-Spannungsbereich errechnet wird. Entlang den Leistungsstufen von 5 bis 100 Prozent der MPP-Nennleistung ergibt sich hieraus eine Kurve. Wird der Verlauf dieser Kurve für mittlere ( $\eta_{Pmed}$ ) beziehungsweise hohe Einstrahlung ( $\eta_{Pmax}$ ) gewichtet, ergibt sich der jeweilige **PHOTON-Wirkungsgrad**. Er ist ebenfalls im Diagramm notiert.

## Wechselrichter im PHOTON-Test: Neues Benotungsschema

Die Übersicht zeigt die Resultate aller bislang im PHOTON-Testlabor durchgeführten Wechselrichtertests. Manche Geräte sind mehrfach eingetragen, weil sie in verschiedenen Betriebsmodi laufen und hierbei unterschiedliche Testergebnisse erzielen. Seit Januar 2011 gibt es zudem ein neues Benotungsschema. Alle zuvor getesteten Wechselrichter sind deshalb in der Tabelle mit zwei Noten geführt, nämlich gemäß dem alten und dem aktuellen System.

Die Benotung erfolgt allein auf Basis des PHOTON-Wirkungsgrades. Andere Eigenschaften der Wechselrichter sind in den Testberichten

ausführlich beschrieben (das Erscheinungsdatum ist am Ende der Tabellen vermerkt), werden aber nicht benotet. Auch die Platzierung richtet sich nach dem PHOTON-Wirkungsgrad, wobei Geräte mit identischem Resultat sich einen Platz teilen und der nächstbeste Kandidat entsprechend nach hinten rückt; ist also beispielsweise der dritte Platz zweimal vergeben, erhält das nächstbeste Gerät den fünften Rang.

Die Benotung erfolgt nach heutigem Stand der Technik, mit fortschreitender Entwicklung wird das Schema weiter angepasst. So wie ein vor Januar 2011 mit »sehr gut« benotetes

Gerät jetzt nur noch als »gut« geführt ist, kann es also unter Umständen künftig auch noch auf »befriedigend« fallen, wenn die Hersteller es schaffen, die Wirkungsgrade neuer Geräte weiter anzuheben.

Das aktuelle Schema führt zu folgenden Noten:

- ≥ 99,0 %: sehr gut ++ (vorher sehr gut ++)
- < 99,0 %: sehr gut + (vorher sehr gut ++)
- < 98,0 %: sehr gut (vorher sehr gut +)
- < 96,5 %: gut (vorher sehr gut)
- < 95,0 %: befriedigend (vorher gut)
- < 93,5 %: ausreichend (vorher befriedigend)
- < 92,0 %: mangelhaft (vorher ausreichend)

### BENOTUNGSSYSTEM FÜR WECHSELRICHTER AB 2011

	sehr gut ++	sehr gut +	sehr gut	gut	befriedigend	ausreichend	mangelhaft
PHOTON efficiency	≥ 99	≥ 98 - < 99	≥ 96,5 - < 98	≥ 95 - < 96,5	≥ 93,5 - < 95	≥ 92 - < 93,5	< 92

## WECHSELRICHTER: TESTERGEBNISSE IM ÜBERBLICK

Hersteller	Wechselrichter	Firmware	frequenzabhängige Wirkleistungssteuerung <sup>6)</sup>		Einhaltung der neuen Niederspannungsrichtlinie <sup>5)</sup>	DC-Nennleistung <sup>1)</sup> (kW)	Spannungsbereich <sup>2)</sup> (V)	WirkungsgradP <sub>ref</sub> <sup>3)</sup> (%)	Note	alte Note <sup>4)</sup>	Platz	Ausgabe
			nein	nein								
Aros	Sirio 4000 <sup>9)</sup>	k. A.	nein	nein	4,0	250 - 450	95,1	gut	sehr gut	40	12-2008	
Carlo Gavazzi Automation	ISMG150DE	k. A.	nein	nein	4,0	200 - 450	94,1	befriedigend	gut	54	3-2010 (Profi)	
Chint Power Systems	CPS SC20KTL-O	9.0030.0007.G0	nein	nein	20,8	500 - 800	97,1	sehr gut	-	10	9-2011 (Profi)	
Conergy/ Voltwerk Electronics	IPG 5 S	Version 2.1.0	nein	nein	5,0	275 - 750	95,0	gut	sehr gut	42	8-2009 (Profi)	
	IPG 5000 vision <sup>7)</sup>	k. A.	nein	nein	5,0	301 - 706	94,0	befriedigend	gut	56	7-2007	
	IPG 15 T	k. A.	nein	nein	15,0	450 - 800	96,6	sehr gut	sehr gut +	24	6-2010 (Profi)	
Danfoss Solar Inverters	ULX 1800 HV IN	SW 1.65	nein	nein	1,8	260 - 500	89,2	mangelhaft	mangelhaft	89	2-2010 (Profi)	
	TLX 10k	SW 1.06	nein	nein	10,3	430 - 800	96,5	sehr gut	sehr gut +	27	6-2010 (Profi)	
	TLX 15k	SW 1.06	nein	nein	15,5	430 - 800	96,7	sehr gut	sehr gut +	21	4-2010 (Profi)	
Dasstech	DSP-123K2	8.1	nein	nein	3,0	200 - 450	95,1	gut	-	40	1-2011 (Profi)	
	DSP-123KH	8.1	nein	nein	3,3	350 - 600	93,0	ausreichend	befriedigend	72	8-2010 (Profi)	
Delta Energy Systems (Germany)	SI 3300 <sup>7)</sup>	0.03	nein	nein	3,6	150 - 435	93,9	befriedigend	gut	60	5-2008	
	Solivia 20 EU G3 TL	DSP-Version 1.84, RED-Version 1.17	ja	nein	20,4	350 - 800	97,0	sehr gut	-	12	11-2011 (Profi)	
Diehl AKO	Platinum 2100 S	k. A.	nein	nein	1,9	206 - 390	92,8	ausreichend	befriedigend	74	9-2009 (Profi)	
	Platinum 4600 S	k. A.	nein	nein	4,1	320 - 628	92,9	ausreichend	befriedigend	73	4-2008	
	Platinum 6300 TL	k. A.	nein	nein	5,7	350 - 710	96,8	sehr gut	sehr gut +	19	2-2009 (Profi)	
Eaton Phoenixtec MMPL	PVG 2800	überarbeitete Version, ab 5-2008	nein	nein	2,9	250 - 450	94,4	befriedigend	gut	48	5-2008	
	PVG 2800	03000 V.06 <sup>7)</sup>	nein	nein	2,9	255 - 435	78,4	mangelhaft	mangelhaft	95	2-2008	
	PVG 10000	k. A.	nein	nein	10,4	320 - 720	91,8	mangelhaft	ausreichend	83	4-2010 (Profi)	
Effekta Regeltechnik	ES5000	PV00113L	nein	nein	4,6	150 - 450	94,2	befriedigend	-	53	10-2011 (Profi)	
	ES5000	k. A.	nein	nein	4,6	150 - 450	91,7	mangelhaft	-	84	10-2011 (Profi)	
Ehe New Energy Tech.	EHE-N2K5	V 1.60 532 10	nein	nein	2,7	200 - 400	87,4	mangelhaft	-	92	5-2011 (Profi)	
	EHE-N5K	2.0 532	nein	nein	5,4	300 - 650	80,3	mangelhaft	-	94	5-2011 (Profi)	
Etek Valere	Theia 4.4HE-t	V1.01	nein	nein	4,6	230 - 480	96,5	sehr gut	-	27	9-2011 (Profi)	
Fronius International	IG 30	IG Ctrl = 2.06.01.0, DC/DC-Platine = 2.02.04.0	nein	nein	2,7	150 - 397	91,4	mangelhaft	ausreichend	86	1-2007	
	IG Plus 50	IG Brain = 4.03.07, Display = 1.00.10.0, PINCI = 1.01.06.0	nein	nein	4,2	230 - 500	94,5	befriedigend	gut	46	8-2008	
	IG TL 5.0	Cerbo = 1.0.2.0, TL- 5kW = 1.0.2.0, Print SSP = 0.6.0.0	nein	nein	4,7	350 - 700	95,9	gut	sehr gut	34	7-2010 (Profi)	
	IG Plus 100	IG Brain = 4.28.29, Display = 1.1.0.8, PINCI PS00 = 1.4.36, PINCI PS01 = 1.4.36	nein	nein	8,4	230 - 500	94,8	befriedigend	gut	43	10-2010 (Profi)	
Growatt New Energy	Growatt 5000TL	G.1.4	nein	nein	4,8	280 - 500	96,0	gut	sehr gut	33	12-2010 (Profi)	
Helios Systems	HS120	Firmware V13.9, DSP-Version 1.81, RED-Version 1.17, Comm-Version 2.04	nein	nein	20,5	350 - 800	96,2	gut	-	31	11-2011 (Profi)	
Ingeteam Energy	Ingecon Sun Lite 3,3TL	AAP1080XX	nein	nein	3,5	159 - 414	93,4	ausreichend	befriedigend	70	8-2007	
Kaco New Energy	Powador 2500xi DCS	k. A.	nein	nein	2,7	350 - 600	94,3	befriedigend	gut	50	11-2009 (Profi)	
	Powador 2500xi <sup>7)</sup>	K216.32 DE Powador 2500xi KW43/06	nein	nein	2,7	350 - 597	92,5	ausreichend	befriedigend	77	12-2007	
	Powador 3501xi <sup>7)</sup>	k. A.	nein	nein	3,5	125 - 391	92,6	ausreichend	befriedigend	76	6-2007	
	Powador 4202	k. A.	nein	nein	3,7	200 - 510	94,0	befriedigend	gut	56	7-2010 (Profi)	
	Powador 4000 supreme (18 kHz) <sup>7)</sup>	k. A.	nein	nein	4,6	350 - 510	95,7	gut	sehr gut	35	11-2009 (Profi)	
	Powador 4000 supreme (9 kHz) <sup>7)</sup>	k. A.	nein	nein	4,6	350 - 510	96,2	gut	sehr gut	31	11-2009 (Profi)	
	Powador 8000xi	neue Firmware, ab 1-2010 <sup>7)</sup>	nein	nein	8,3	350 - 600	94,4	befriedigend	gut	48	1-2010 (Profi)	
	Powador 8000xi	alte Firmware, bis 1-2010 <sup>7)</sup>	nein	nein	8,3	350 - 600	94,0	befriedigend	gut	56	1-2010 (Profi)	
Kostal Industrie Elektrik	Piko 10.1	3.03	nein	nein	9,7	400 - 850	94,0	befriedigend	gut	56	7-2009 (Profi)	
Mastervolt Solar	Sunmaster QS 2000 <sup>7)</sup>	k. A.	nein	nein	1,8	212 - 366	92,3	ausreichend	befriedigend	78	1-2008	
	Sunmaster XS 6500	k. A.	nein	nein	5,3	180 - 480	93,6	befriedigend	gut	68	12-2009 (Profi)	
	Sunmaster CS20TL	k. A.	nein	nein	20,4	350 - 800	96,9	sehr gut	-	14	3-2011 (Profi)	
Mitsubishi Electric	PV-PNS06ATL-GER	CPU 1.13.11, DSP 1.13.14	nein	nein	4,8	260 - 650	93,9	befriedigend	gut	60	6-2008	
Oelmaier Technology	PAC 4	Version 3.6	nein	nein	4,3	330 - 600	93,6	befriedigend	gut	68	10-2009 (Profi)	
Omnik New Energy	Omniksol-2k-TL	AU1202003	nein	nein	2,0	120 - 450	95,2	gut	-	39	1-2012 (Profi)	
Opti-Solar International	GT 4000	V2.07	nein	nein	4,2	250 - 400	92,1	ausreichend	-	81	4-2011 (Profi)	
	GT 4000	V1.09	nein	nein	4,2	200 - 450	87,8	mangelhaft	-	91	4-2011 (Profi)	
Powercom	SLK-4000	k. A.	nein	nein	4,0	200 - 400	92,0	ausreichend	befriedigend	82	8-2010 (Profi)	
	SLK-4000	V2.07	nein	nein	4,1	250 - 450	91,1	mangelhaft	-	87	4-2011 (Profi)	
Power-One	Aurora PVI-2000-OUTD	DSP booster = D905, DSP inverter = E905, Micro = F134	nein	nein	2,1	210 - 530	92,8	ausreichend	befriedigend	74	12-2009 (Profi)	
	Aurora PVI-6000-OUTD-S	DSP booster = A016, DSP inverter = B01B, Micro = C011	nein	nein	6,2	180 - 530	95,4	gut	sehr gut	38	3-2009 (Profi)	

## WECHSELRICHTER: TESTERGEBNISSE IM ÜBERBLICK (Fortsetzung)

Hersteller	Wechselrichter	Firmware	frequenzabhängige Wirkleistungssteuerung <sup>1)</sup>	Einhaltung der neuen Niederspannungsrichtlinie <sup>2)</sup>	DC-Nennleistung <sup>3)</sup> (kW)	Spannungsbereich <sup>4)</sup> (V)	WirkungsgradP <sub>meas</sub> <sup>5)</sup> (%)	Note	alte Note <sup>6)</sup>	Platz	Ausgabe
<b>Power-One (Fortsetzung)</b>	Aurora PVI-12.5-OUTD-FS	DSP booster = A053, DSP inverter = B062, Micro = C005	nein	nein	13,0	360 - 750	96,4	gut	sehr gut	30	2-2010 (Profi)
<b>Refusol</b>	Refusol 011K <sup>7)</sup>	RFP-800R011-22-14-S	nein	nein	11,0	380 - 800	96,9	sehr gut	sehr gut +	14	9-2008
	Refusol 013K	RFP-802R013-26-18-S	nein	nein	12,7	420 - 850	97,3	sehr gut	sehr gut +	6	10-2010 (Profi)
	Refusol 017K	RFP-802R017-26-18-S	nein	nein	16,8	460 - 850	97,4	sehr gut	sehr gut +	4	10-2010 (Profi)
	Refusol 020K	RFP-802R020-27-14S	ja <sup>8)</sup>	nein	19,6	480 - 850	97,3	sehr gut	-	6	3-2012 (Profi)
<b>Riello UPS</b>	HP 4065REL <sup>9)</sup>	k. A.	nein	nein	4,0	255 - 435	91,7	mangelhaft	ausreichend	84	9-2007
<b>Samil Power</b>	Solarriver SR4K4TLA1	1.00	nein	nein	4,2	200 - 500	96,5	sehr gut	-	27	6-2011 (Profi)
<b>Siemens</b>	Sitop solar 1100 Master <sup>7)</sup>	k. A.	nein	nein	1,1	200 - 552	90,2	mangelhaft	ausreichend	88	5-2007
	Sinvert PVM10	26	nein	nein	10,2	380 - 850	97,0	sehr gut	sehr gut +	12	11-2010 (Profi)
	Sinvert PVM13	26	nein	nein	12,6	420 - 850	97,3	sehr gut	-	6	2-2011 (Profi)
	Sinvert PVM17	26	nein	nein	16,8	460 - 850	97,4	sehr gut	-	4	2-2011 (Profi)
	Sinvert PVM20	26	nein	nein	19,6	480 - 850	97,5	sehr gut	-	3	2-2011 (Profi)
	Sunny Boy SB 1100 <sup>7)</sup>	2.60	nein	nein	1,1	139 - 320	89,1	mangelhaft	mangelhaft	90	9-2009 (Profi)
	Sunny Boy SB 2100TL	1.70/1.70	nein	nein	2,0	200 - 480	93,7	befriedigend	gut	66	5-2009 (Profi)
Sunny Boy SB 3000HF-30	2.10	nein	nein	3,2	210 - 560	94,7	befriedigend	-	44	10-2011 (Profi)	
Sunny Boy SB 3800	2.66/2.66	nein	nein	4,0	208 - 395	93,2	ausreichend	befriedigend	71	2-2007	
Sunny Boy SB 5000TL-20	1.60.00	nein	nein	4,8	175 - 440	95,7	gut	sehr gut	35	4-2009 (Profi)	
Sunny Mini Central	3.12/3.12	nein	nein	7,2	333 - 500	96,6	sehr gut	sehr gut +	24	4-2010 (Profi)	
Sunny Mini Central	1.66/1.66	nein	nein	7,4	335 - 560	93,9	befriedigend	gut	60	8-2009 (Profi)	
Sunny Mini Central	2.87/2.87	nein	nein	8,3	335 - 487	96,9	sehr gut	sehr gut +	14	10-2007	
Sunny Tripower STP 10000TL-10	FW 02.22.16R	nein	nein	10,2	320 - 800	97,1	sehr gut	-	10	8-2011 (Profi)	
Sunny Mini Central	1.12/1.12	nein	nein	11,4	333 - 500	96,9	sehr gut	sehr gut +	14	5-2010 (Profi)	
Sunny Tripower STP 17000TL-10	02.06.00	nein	nein	17,4	400 - 800	97,3	sehr gut	sehr gut +	6	9-2010 (Profi)	
Sunny Tripower STP 20000TLHE-10	FW Pack 1.01.1 HP 1.01	ja	ja	20,3	580 - 800	98,5	sehr gut +	-	1	12-2011 (Profi)	
<b>Solon Inverters</b>	Satis 40/750 IT <sup>7)</sup>	k. A.	nein	nein	4,0	375 - 575	92,3	ausreichend	befriedigend	78	11-2008
<b>Sputnik Engineering</b>	Solarmax 2000C <sup>7)</sup>	12.4	nein	nein	2,0	165 - 515	93,8	befriedigend	gut	63	4-2007
	Solarmax 6000S	1.5.2255	nein	nein	4,8	220 - 550	94,3	befriedigend	gut	50	10-2009 (Profi)
	Solarmax 13MT	1.0.7325	nein	nein	13,2	280 - 750	96,8	sehr gut	-	19	7-2011 (Profi)
<b>Steca Elektronik</b>	Stecagrid 3600	Leistungsteil (PU): 1.2.0, ENS: 2.8.0, Anzeige (SYS): 1.67.0	ja	nein	3,7	350 - 600	97,7	sehr gut	-	2	12-2011 (Profi)
	Stecagrid 9000 3ph <sup>7)</sup>	V2009_03_09	nein	nein	9,5	350 - 680	93,8	befriedigend	gut	63	5-2010 (Profi)
<b>Sungrow Power Supply</b>	SG3KTL	DSP-SG3KTL-V1-A, LCD-SG3KTL-V1-B-M	nein	nein	3,0	180 - 420	94,5	befriedigend	-	46	6-2011 (Profi)
	SG3KTL	k. A.	nein	nein	3,0	180 - 420	93,7	befriedigend	-	66	6-2011 (Profi)
	SG4KTL	k. A.	nein	nein	4,0	210 - 420	95,6	gut	sehr gut	37	11-2010 (Profi)
	SG15KTL	LCD_SG15KTL_V1_D_M, DSP-SG15KTL-V11-B	nein	nein	15,3	380 - 800	96,6	sehr gut	-	24	2-2012 (Profi)
<b>Sunny Swiss</b>	SSP-6000	k. A.	nein	nein	6,2	250 - 480	86,8	mangelhaft	mangelhaft	93	12-2010 (Profi)
<b>Sunways</b>	NT 2600 (oberer V-Bereich) <sup>7)</sup>	k. A.	nein	nein	2,6	476 - 749	92,3	ausreichend	befriedigend	78	11-2007
	NT 2600 (unterer V-Bereich) <sup>7)</sup>	k. A.	nein	nein	2,6	350 - 623	93,8	befriedigend	gut	63	11-2007
	AT 2700	k. A.	nein	nein	2,8	181 - 600	94,3	befriedigend	gut	50	7-2009 (Profi)
	NT 4200	k. A.	nein	nein	4,4	340 - 750	96,7	sehr gut	sehr gut +	21	1-2010 (Profi)
	AT 4500	k. A.	nein	nein	4,7	250 - 600	94,6	befriedigend	gut	45	7-2008
<b>Xantrex Technology (jetzt Schneider Electric Industries)</b>	Xantrex GT 5.0 - SP	3.03	nein	nein	5,0	240 - 550	94,1	befriedigend	gut	54	1-2009 (Profi)
<b>Zeversolar New Energy<sup>10)</sup></b>	Eversol-TL 4600	V1.00	nein	nein	4,1	290 - 500	96,7	sehr gut	-	21	7-2011 (Profi)
	Eversol-TLC 17K <sup>11)</sup>	Version 1.00	nein	nein	17,4	550 - 720	96,9	sehr gut	-	14	4-2012 (Profi)

<sup>1)</sup> bei einer optimal ausgerichteten Anlage entspricht die DC-Leistung (Gleichstromleistung) des Wechselrichters ungefähr der Leistung des Solargenerators; bei Abweichungen kann die Generatorleistung über der DC-Nennleistung des Wechselrichters liegen, <sup>2)</sup> gemessener Spannungsbereich, auf den sich die Note bezieht, <sup>3)</sup> PHOTON-Wirkungsgrad für den Einsatz in Ländern mit mittlerer Einstrahlung (zum Beispiel Deutschland), <sup>4)</sup> nach altem Benennungsschema bis Ende 2010, <sup>5)</sup> Gültig ist die neue Richtlinie seit dem 1. Januar 2012 (PHOTON 3-2011, Seite 132). Einige Hersteller liefern ihre Wechselrichter bereits im vergangenen Jahr mit einer frequenzabhängigen Wirkleistungssteuerung aus. Außerdem wird an Software-Updates für ältere Geräte zur Abschaltung bei Über-/Unterfrequenz gearbeitet. <sup>6)</sup> im Ländercode Deutschland ENS, <sup>7)</sup> Gerät wird nicht mehr produziert, <sup>8)</sup> Vorseriengerät, <sup>9)</sup> die baugleichen Solarwechselrichter der Marken Helios Power (Riello UPS) und Sirio (Aros) werden zukünftig unter dem einheitlichen Markennamen Aros Solar Technology angeboten und über die Aros GmbH in Neufahrn vertrieben, <sup>10)</sup> Eversolar New Energy und Zof New Energy haben sich Ende 2011 zu Zeversolar New Energy zusammengeschlossen, <sup>11)</sup> Zeversolar nennt das Gerät jetzt Eversol TL17K, seine Leistungsdaten weichen jedoch vom getesteten Eversol-TLC 17k ab

Eine Testvereinbarung finden Sie auf unserer Internetseite: [www.photon.info](http://www.photon.info) → **Labor** → **Wechselrichtertest** → **Testvereinbarung**

Für eine persönliche Beratung stehen wir Ihnen gern zur Verfügung. Unsere Kundenberater Wiebke Gottschalk und Min Ge stehen Ihnen gern für Ihren Anruf zur Verfügung.

### **PHOTON Laboratory GmbH**

Jülicher Straße 376  
52070 Aachen  
Germany

Tel. 00 49 / 241 / 40 03 - 53 00  
Fax 00 49 / 241 / 40 03 - 57 00

#### **Kontakt:**

Wiebke Gottschalk  
[wiebke.gottschalk@photon.info](mailto:wiebke.gottschalk@photon.info)

Min Ge  
[min.ge@photon.info](mailto:min.ge@photon.info)

