Überzeugende Vorstellung

Die zweite Generation der Powerboxen von Solaredge auf dem Prüfstand: Das System holt selbst ohne Schatten mehr Strom aus den Modulen, die Installation ist einfach, die Zusatzfunktionen sind nützlich.

Carsten Behler / photon-pictures.com

▲ **Beim Solaredge-System muss jedes Modul mit einem eigenen Leistungsoptimierer versehen werden. Das PHOTON-Labor hat die Boxen in Form von Zusatzgeräten getestet, die Elektronik wird aber auch zum Einbau in die Anschlussdose angeboten.**

Die Leistungsoptimierer von Solaredge zählen – wenn man das überhaupt so sagen kann – zu den Klassikern in diesem noch jungen Marktsegment. Und sie sind als eines der wenigen Angebote überhaupt in Stückzahlen sowie als Serienprodukt lieferbar. Mehr als eine halbe Million Geräte wird das Unternehmen nach eigenen Angaben in diesem Jahr ausliefern. Unter anderem die Modulhersteller Solon SE und Ritek Corporation bieten Produkte mit integrierter Solaredge-Elektronik an, mit dem Anschlussdosenhersteller Molex Inc. gibt es ebenfalls eine Vereinbarung. Eine vergleichbare Position auf dem Markt hat allenfalls Tigo Energy Inc. Zahlreiche andere Firmen – darunter der zweitgrößte Wechselrichterhersteller Power-One Inc. und der Schaltnetzteile-Gigant Delta Electronics Inc. – haben zwar auch Produkte angekündigt, kommen damit jedoch frühestens in einigen Monaten auf den Markt (siehe ab Seite 12). Die Powerbox von Solaredge ist damit das einzige neue Gerät, das derzeit verfügbar ist und wurde deshalb auf den Prüfstand des PHOTON-Labors gestellt. Vorweg: Der Gesamteindruck des Systems ist gut.

Der Umwandlungswirkungsgrad hat sich gegenüber der Vorgängerversion verbessert: Das Labor maß durchschnittlich 98,5 Prozent (vorherige Version 97,81 Prozent). In etlichen Messsituationen konnten sogar mehr als 99 Prozent festgestellt werden. Und tatsächlich holte das Gerät in allen Prüfungssituationen mehr Energie aus unserer Testanlage im Sonnensimulator heraus. Der Bezeichnung »Leistungsoptimierer« machen diese Powerboxen damit alle Ehre.

Die schwarzen Geräte, deren Größe gegenüber der Vorgängerversion um etwa ein Drittel geschrumpft ist, ließen sich problemlos installieren und machten auch während des Betriebs keinen Ärger. Das Internetportal, an das die Boxen die Leistungskenndaten jedes einzelnen Moduls senden, macht einen ausgereiften Eindruck. Die Installation der Boxen, die derzeit vor allem als Zusatzgeräte für beliebige Module angeboten werden, ist wie gehabt unkompliziert. Sie werden einfach zweipolig mit den Modulen verbunden und übernehmen dann die Funktion der Anschlussdose, werden also in Reihe geschaltet. Künftig soll dieser Schritt immer häufiger wegfallen, denn schon im kommenden Jahr will Solaredge 40 Prozent seiner Systeme zur direkten Integration in die Anschlussdose verkaufen. Derzeit seien lediglich fünf Prozent der Systeme »em-

bedded« wie Amit Rosner, Marketing-Manager der Firma, berichtet. Im Gegensatz zu Leistungsoptimierern manch anderer Anbieter muss bei Solaredge jedes Modul eines Solargenerators mit jeweils einer Box ausgestattet werden. Da das System neben der Leistungsoptimierung auch Leistungsüberwachung auf Modulebene und Sicherheitsfunktionen besitzt, sollte es sinnvollerweise entweder an speziellen Wechselrichtern von Solaredge betrieben werden oder aber zusammen mit einer Interface-Box. Diese stellt bei Einsatz an fremden Wechselrichtern jene Kommunikationsfunktionen bereit, die ansonsten in die firmeneigenen Solaredge-Inverter integriert sind. Beide Varianten funktionierten in unserem Test einwandfrei.

Einen dritten Betriebsmodus, bei dem nur die Leistungsoptimierung, nicht aber die Zusatzfunktionen greifen (und der weder Interface-Box noch Solaredge-Wechselrichter voraussetzt), hat das Labor nicht getestet.

Vier Testanlagen

Geprüft wurde das System in vier Konfigurationen, die mit jeweils einer unbeschalteten Referenzkonfiguration verglichen wurden. Als Testanlage dienten 14 Module mit 180 Watt vom Typ TSM 180 DC01 der Trina Solar Ltd. im Sonnensimulator des PHOTON-Labors. In dieser Kammer erzeugen Halogenscheinwerfer ein reproduzierbares Lichtfeld mit 1.100 Watt Leistung pro Quadratmeter auf Modulebene.

Konfiguration 1: ein String mit 14 Modulen an einem Wechselrichter vom Typ SE 3300 von Solaredge.

Konfiguration 2: ein String mit 14 Modulen an einem Wechselrichter vom Typ AT 2700 der Sunways AG sowie der Interface-Box von Solaredge (diese übernimmt Kommunikationsfunktionen, die ansonsten im SE3300 integriert sind).

Konfiguration 3: zwei Strings mit je sieben Modulen am Wechselrichter SE 3300.

Konfiguration 4: zwei Strings mit je sieben Modulen am Wechselrichter AT 2700 sowie der Interface-Box von Solaredge.

Referenzkonfiguration 1: ein String mit 14 Modulen am Wechselrichter AT 2700 ohne Powerboxen.

Referenzkonfiguration 2: zwei Strings mit je sieben Modulen am Wechselrichter AT 2700 ohne Powerboxen.

Die Konfigurationen 3 und 4 sind von Solaredge eigentlich nicht vorgesehen; das Unternehmen schreibt mindestens acht Module pro String vor. Sechzehn Module passen allerdings nicht in den Sonnensimulator, weshalb das Labor es mit 14 Modulen wagte. Im Test waren durch die Auslegung außerhalb der Spezifikation allerdings keine Einschränkungen festzustellen, offenbar ist Solaredge hier auf Nummer sicher gegangen.

Die Erträge der vier Testanlagen wurden nun bei unterschiedlichen Verschattungssituationen gemessen und jeweils mit den Erträgen der Referenzanlagen, die nicht mit Powerboxen versehen waren, verglichen. Dabei prüfte das Labor folgende Verschattungsszenarien:

Horizontale Verschattung: Hier wird ein feinmaschiges Metallnetz zur Reduzierung der Einstrahlung auf circa 40 Prozent verwendet. In der Ausgangssituation bedeckt das Metallnetz das untere Drittel der unteren sieben Module im Sonnensimulator und ruft damit einen ähnlichen Effekt hervor wie ein horizontaler Schatten, beispielsweise eines benachbarten Gebäudes. Das Netz wird mit einer Geschwindigkeit von 4,3 Millimeter pro Minute nach unten bewegt, so dass die Verschattung nach 2,6 Stunden aufgehoben ist. Die Bewegung ist linear.

Verschattung durch eine nachgestellte Gaube: Hier wird eine undurchsichtige Metallfläche verwendet, die ähnlich wie der Schatten einer Gaube geschnitten ist. Die Schablone ist etwa 2,4 Meter hoch und einen Meter breit. Auf einer Seite ist das Rechteck an der obere Hälfte abgeschrägt. Die Fläche verursacht eine Teilabschattung auf bis zu vier Modulen. Da sie massiv ausgeführt ist, verursacht sie einen sehr dunklen Schatten. Die Schablone steht auf Kufen und wird über eine Rollenbahn in einem Abstand von einem Zentimeter in die Generatorfläche hineingezogen, die Geschwindigkeit beträgt 8,6 Millimeter pro Minute. Nach rund zwei Stunden wird die Bewegung gestoppt, die Gaubensimulation hat mit der Hinterkante die Vorderkante des ersten Moduls erreicht. Die Bewegung ist linear.

Verschattung durch einen nachgestellten Masten: Diese Verschattungsfläche verursacht ebenfalls eine Teilabschattung auf bis zu sechs Modulen. Der Mast hat einen Querschnitt von fünf mal fünf Quadratzentimetern und eine Höhe von 240 Zentimeter. Zu Beginn des Versuchs befindet er sich im Winkel von 45 Grad vor den Modulen. Innerhalb von drei Stunden wird er über einen Seilzug in die Senkrechte gestellt. Diese Bewegung ist nicht linear.

Teilleistung: Eine abschließende Messung wurde bei einer reduzierten Einstrahlung vorgenommen. Dazu wurde die Einstrahlung des gesamten Sonnensimulators mit Hilfe eines Metallgitters auf circa 830 Watt pro Quadratmeter reduziert.

Für Querleser

- Solaredge hat seinen Leistungsoptimierer verbessert, der Umwandlungswirkungsgrad stieg um etwa einen Prozentpunkt.
- In allen Verschattungssimulationen des PHOTON-Labors erzielte das System einen Mehrertrag.
- Zusatzfunktionen wie Modulmonitoring und automatische Freischaltung der Module erhöhen die technische und betriebswirtschaftliche Anlagensicherheit.
- Mit einem für das kommende Jahr angepeilten Großhandelspreis von sieben Cent pro Watt halten sich die Kosten voraussichtlich in Grenzen.

Die Testergebnisse im Einzelnen

Unser Test im Sonnensimulator zeigt ein weiteres Mal, dass die geschickte Wahl von Stringlängen und eine an die Umgebung angepasste Anordnung der Module den Einfluss einer Verschattung deutlich minimieren kann. In einigen Fällen bringt der Einsatz von Leistungsoptimierern dann kaum einen Gewinn. Dies trifft insbesondere auf die Horizontverschattung zu: Durch sie sinkt der Ertrag mit langen Strings um bis zu ein Drittel. Verwendet man stattdessen zwei kurze Strings, sind es nur wenige Prozent – vorausgesetzt, dass (wie in unserem Sonnensimulator) die Module in einem String übereinander montiert sind. Auch bei den anderen Verschattungsszenarien halten sich die Ertragsverluste jedoch in Grenzen. Ob ein Einsatz von Leistungsoptimierern sinnvoll ist, sollte man daher sehr genau prüfen.

Zwei kurze Strings: Ein Ertragsgewinn lässt sich im Simulator sogar feststellen, wenn die Module nicht verschattet werden, aber mit den Powerboxen ausgestattet sind: Rund 1,5 Prozent mehr Energie gaben die Module im Test ab. Das erstaunt zunächst, da angesichts des nicht hundertprozentigen Wirkungsgrades der Boxen ein Minderertrag zu erwarten gewesen wäre. Als Ursache dürfte der Sonnensimulator in Frage kommen: Dessen Lichtfeld ist nicht gänzlich homogen, die Module geben damit unterschiedli-

Carsten Behler / photon-pictures.com (2)

▲ **Die Verschattung einer Gaube wurde mit einer abgeschrägten Schablone simuliert (links), zur Horizontverschattung nutzte das Labor ein Gitternetz. Beide Hindernisse wurden über mehrere Stunden vor das Modulfeld in unserem Sonnensimulator gezogen.**

che Leistungen ab. Ein ähnlicher Effekt sollte sich beim Modulmissmatch einstellen. Dieser ist bei sortierten und neuen Modulen zwar nicht sehr groß, kann aber – je nach Modulqualität – mit der Zeit zunehmen.

Die Simulation des Schattens einer Gaube ergab vergleichsweise kleine Effizienzgewinne von 2,83 Prozent (mit Interface-Box) und 4,41 Prozent (mit Solaredge-Wechselrichter). In der Versuchsanordnung erfolgt die Gaubensimulation mit einer lichtundurchlässigen Schablone. Der Anteil diffuser Einstrahlung auf den verschatteten Modulen ist daher klein. Dadurch ist der Gewinn durch die Powerboxen nicht sehr groß.

Die Simulation der Horizontüberhöhung erbrachte einen Ertragsgewinn von bis zu 6,3 Prozent. Interessanterweise schneidet bei dem Versuch die Anlagenvariante mit Solaredge-Wechselrichter deutlich schlechter ab als diejenige mit Interface-Box und Sunways-Inverter.

Der größte Gewinn stellte sich bei der Simulation des Schattenwurfs eines Masts ein. Über zehn Prozent Mehrertrag holen die Boxen heraus – im Vergleich zu den anderen Verschattungsszenarien also recht viel. Die Ursache dafür ist sicherlich die Länge der Mastschablone: Ihr Schatten fiel im Gegensatz zu den anderen Testschablonen weitgehend auf Module beider Strings. Dementsprechend unterscheiden sich die Ertragsgewinne bei den beiden unterschiedlichen Testkonfigurationen bei der Mastsimulation auch nur wenig voneinander. Anlagenbetreiber, die mit solchen Schatten zu kämpfen haben, könnten von den Powerboxen deutlich profitieren.

Die Simulation einer reduzierten Einstrahlung ergab eine einwandfreie Funktion der Powerboxen. Es zeigt sich ein Ertragsgewinn, der darauf hindeutet, dass die Reduzierung der Einstrahlung durch das Metallgitter nicht homogen über die Fläche, aber für alle Boxen gleich erfolgte. Letztlich ist diese Prüfung eine Spielart der schon oben geschilderten Inhomogenität der Einstrahlung im unverschatteten Fall.

Ein langer String: Grundsätzlich lässt sich mit den Powerboxen auch bei langen Strings stets ein Ertragsgewinn erzielen. Der Ausgleich von Missmatch der Module beziehungsweise einer inhomogenen Beleuchtung und auch der Teilleistungssimulation funktioniert hier ähnlich gut wie bei der Anlage mit den beiden kurzen Strings. Die Ertragsgewinne im Falle der simulierten Gaubenverschattung sind hingegen beinahe vernachlässigbar klein – vermutlich, weil hier die Bypassdioden der verschatteten Module durchschalten und so den Stromabfall im Gesamtsystem klein halten.

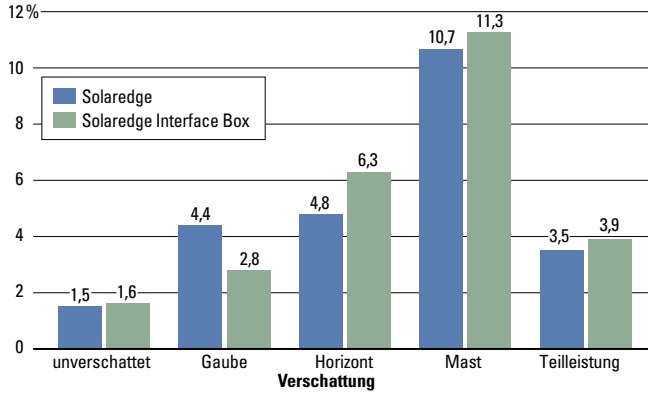
Beeindruckend sind die Ergebnisse bei der Horizontverschattung: Der Ertragsgewinn beträgt hier etwa ein Drittel gegenüber der Referenzmessung ohne Powerboxen. Bei der Simulation des Schattenwurfs eines Masts lagen die Ertragsgewinne in einer ähnlichen Größenordnung wie im Fall der beiden parallel geschalteten kurzen Strings.

Auch bei dieser Messreihe sind Unterschiede zwischen den Anlagenkonfigurationen mit dem Solaredge-Wechselrichter und dem Sunways-Modell zu beobachten. Sie sind allerdings durchweg klein und könnten teilweise auch der Messgenauigkeit, die plus/minus drei Prozent beträgt, geschuldet sein.

Wirkungsgrad: Der Umwandlungswirkungsgrad des aktuellen Leistungsoptimierers von Solaredge hat sich im Vergleich zur Vorgängergeneration auf durchschnittlich 98,5 Prozent erhöht. Dabei maßen wir eine Schwankung von 97,94 bis 99,06 Prozent. Dass die Effizienz so deutlich variiert hat auch mit einer geänderten Betriebsstrategie des Systems zu tun: Die Vorgängergeneration der Boxen optimierte nur die Leistungsabgabe der Module. Die aktuelle

Ertragsgewinn mit zwei kurzen Strings

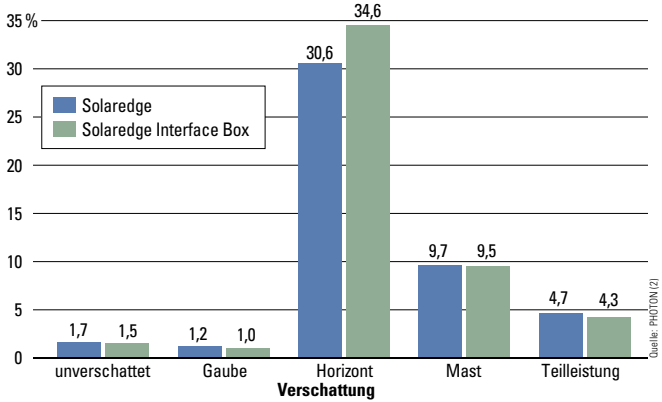
(2 x 7 Module)



▲ **Die Ertragsgewinne durch den Einsatz der Leistungsoptimierer bei Anlagen mit recht kurzen Strings sind eher klein. Auffällig ist, wie sehr der Schatten eines Mastes die Anlagenperformance drückt.**

Ertragsgewinn bei einem langen String

(1 x 14 Module)



Quelle: PHOTON (2)

▲ **Bei der Optimierung eines langen Strings fällt auf, wie sehr sich die Ergebnisse je nach Verschattungsvariante unterscheiden. Besonders groß ist der Gewinn bei der Horizontverschattung.**

Generation bezieht auch die Varianzen beim Umwandlungswirkungsgrad des Solaredge-Wechselrichters mit ein: Unter Umständen wird bei der Leistungsoptimierung auf Modulebene auf einige Promillepunkte Effizienz verzichtet, wenn dafür die Stringspannung in einen Bereich gebracht werden kann, in dem der Wechselrichter besonders effizient arbeitet. Der Hersteller spricht hier von »globaler Optimierung«. Eine Konsequenz dieser Strategie ist, dass der Solaredge-Wechselrichter nun nicht mehr mit einer festen Eingangsspannung arbeitet, sondern wie seine konventionellen Pendants mit einer variablen. Über einen MPP-Tracker verfügt er hingegen nach wie vor nicht, so dass der Aufbau grundsätzlich vergleichsweise einfach bleibt, was sich auch im Preis niederschlagen sollte. Mit dem im vergangenen Jahr gemessenen Wert für den Umwandlungswirkungsgrad des SE3300 von 97,5 Prozent ergibt sich nun ein maximaler Umwandlungswirkungsgrad für das Solaredge-System von 96,0 bis 96,6 Prozent.

Zusatzfunktionen

Der Leistungsoptimierer von Solaredge verfügt über einige Zusatzfunktionen, die sie – abseits von der Ertragsverbesserung – sowohl für Installateure als auch für Anlagenbetreiber interessant werden lassen. Angesichts der Debatte um die Brandsicherheit von Photovoltaikanlagen (PHOTON 1-2011) dürfte die »Normally off«-Funktion das wichtigste Feature sein. Diese bewirkt, dass die Module keinen Strom abgeben, wenn der Wechselrichter sich ausschaltet – beispielsweise, weil Feuerwehrleute den elektrischen Hausanschluss kappen. Das Gleiche gilt für den Fall, dass die Strings freigeschaltet werden. Diese Funktion steht in allen drei Betriebsmodi – Einsatz der Powerboxen mit Solaredge-Wechselrichter, mit Interface-Box sowie ausschließlich mit einem beliebigen Wechselrichter – zur Verfügung. Das Solarsystem stellt damit keine Gefahr bei der Brandbekämpfung dar.

Es handelt sich allerdings – und hier kann sich der Installateur freuen – um eine modifizierte Normally-off-Funktion: Jedes freigeschaltete Modul liefert, eine Mindestbeleuchtung vorausgesetzt, eine Spannung von genau einem Volt. Schaltete der Installateur beispielsweise 15 Module in Reihe, so kann er zwischen den beiden Polen des Strings eine Spannung von 15 Volt messen – und weiß so, dass der String korrekt aufgebaut ist.

Eine weitere Zusatzfunktion besteht im Monitoring der einzelnen Module. Die Boxen senden kontinuierlich Strom und Spannung per Powerline-Kommunikation an den Solaredge-Wechselrichter beziehungsweise an die Interface-Box. Diese Geräte übertragen die Daten dann über einen gewöhnlichen Internetanschluss an das Solaredge-Portal. Hier kann ein Layout der Solarstromanlage erstellt werden, mit dem sich die Leistungsdaten jedes einzelnen Moduls visualisieren lassen. Es lassen sich Energien, Leistungen, Ströme und Spannungen eines Strings oder mehrerer Boxen darstellen. Das System erstellt bei Bedarf Berichte und kann auch Alarmmeldungen absetzen. Defekte Module lassen sich dadurch recht leicht aufspüren – eine Aufgabe, die sonst sehr zeitaufwendig sein kann. Etwaige Garantieansprüche lassen sich damit leichter durchsetzen.

▲ **Diese Interfacebox lässt sich zwischen Stringzuleitungen und Wechselrichter einschleifen. Damit funktionieren die Monitoring-Funktionen des Systems auch mit Invertern, die nicht von Solaredge stammen. Auf den Ertrag wirkte sich das in unserem Test eher positiv aus.**

Carsten Behler / photon-pictures.com (2)

▲ **Solaredge hat die Zahl der elektronischen Bauteile gegenüber der vorherigen Version des Gerätes deutlich reduziert und den Wirkungsgrad um etwa einen Prozentpunkt erhöht.**

Angesichts dieser sehr auf den Komfort von Anlagenbetreiber und Installateur gerichteten Features erstaunt es, dass ausgerechnet der Anschluss des Wechselrichters an das Internet recht unbequem ist. Dieser erfolgt über einen Netzwerkstecker, der allerdings im Inneren des Wechselrichters gesteckt wird. Um die Dichtigkeit des Aufbaus zu gewährleisten, muss das Netzwerkkabel jedoch durch eine Kabelverschraubung geführt werden, durch die aber der Netzwerkstecker nicht passt. Der Installateur kommt daher nicht umhin, den Stecker umständlich im Feld – entweder am Wechselrichter oder am Internetrouter – zu konfektionieren. Das ist eine tendenziell fehleranfällige Tätigkeit, die überdies spezielles Werkzeug voraussetzt.

Ist diese Hürde genommen, so finden sowohl Wechselrichter als auch Interface-Box ohne Umstände das Solaredge-Portal. Allenfalls eine Firewall im Netzwerk muss noch auf das System eingestellt werden.

Fazit

Bei den Funktionen stimmt einfach alles: Die Leistungsoptimierung optimiert unter allen Umständen, die Überwachung gibt dem Anlagenbetreiber Investitionssicherheit und erlaubt dem Installateur das Angebot von darauf abgestimmten Serviceverträgen. Die Feuersicherheit gibt ein gutes Gefühl. Als Preis für die Abnahme von integrierten Systemen in großen Stückzahlen strebt Solaredge im kommenden Jahr zehn US-Cent pro Watt an, also derzeit knapp sieben Eurocent. Da die Solaredge-Wechselrichter einfacher aufgebaut sind als ihre Pendants mit MPP-Tracker ist hier noch eine zusätzliche Ersparnis möglich. Bei Solaredge will man im kommenden Jahr Leistungsoptimierer mit einer Gesamtleistung von 500 Megawatt bauen, so Marketing-Manager Amit Rosner. Mit vier der fünf großen Modulproduzenten aus China verhandele man derzeit über eine Belieferung über in die Anschlussdose integrierte Geräte. Dabei geht Rosner nicht davon aus, dass die Modulanbieter viel auf den Einkaufspreis der Elektronik aufschlagen werden. »Sie schaffen damit eher ein zusätzliches Verkaufsargument für ihre Produkte.« Sollten die Leistungsoptimierer auf diesem Weg den Einzug in den Massenmarkt schaffen, so müssen sie letztlich nur noch eines beweisen: dass ihre Elektronik tatsächlich so lange hält wie das Modul.

| Heinz Neuenstein, Christoph Podewils