



**Viel Arbeit:** Nicht nur bei der Wechselrichterproduktion wie hier bei SMA, auch die Umrüstung von 300.000 Bestandsanlagen wird Jahre dauern.

# Kleine Kiste, große Aufgaben

Wechselrichter werden zum Dreh- und Angelpunkt einer Solaranlage. Neueste Geräte erhöhen die Stromausbeute, stützen zugleich das Netz und koordinieren den Eigenverbrauch an Sonnenenergie. Obendrein sollen sie noch die deutsche Industrie retten.

Text: Sascha Rentzing

Gut 300 000 Solaranlagenbesitzer bekommen in diesen Monaten Post von ihrem Netzbetreiber. Was ihnen da ins Haus flattert, ist aber nicht die übliche Abrechnung der Einspeisevergütung. Es ist der Bescheid, dass ihre Anlage an der bisher größten Umrüstaktion in der Geschichte der Photovoltaik teilnehmen muss. Weil immer mehr Sonnenenergie in die Netze strömt, sollen sich spätestens ab 2014 alle Solaranlagen mit mehr als zehn Kilowatt (kW) Leistung, die ab September 2005 installiert wurden, an der Stabilisierung der Leitungen beteiligen. Die neue Niederspannungsrichtlinie sieht vor, dass sich die Solargeratoren bei einer Überfrequenz im Netz ab 50,2 Hertz nicht einfach abschalten, sondern stufenweise runterfahren. Damit werden größere Bestandsanlagen genauso behandelt wie alle Neuinstallationen, die diese Anforderungen seit dem 1. Januar dieses Jahres erfüllen müssen.

Die gute Nachricht für den einzelnen Betreiber: Er braucht sich nicht um die Umrüstung zu kümmern und muss dafür auch nicht zahlen. Der Netzbetreiber schickt eigene Installateure, die die Software des Wechselrichters updaten oder deren Einstellungen ändern. Die Kosten – insgesamt geschätzte 65 bis 175 Millionen Euro – zahlen alle deutschen Stromverbraucher über die Umlage für erneuerbare Energien mit ihrer Stromrechnung. Das wird der „teuren“ Photovoltaik wahrscheinlich erneut Kritik einbringen, doch sei die Vorsichtsmaßnahme angemessen, wie Jürgen Schmid, Leiter des Fraunhofer Instituts für Windenergie und Energiesystemtechnik (Iwes), betont. „Ein Blackout würde Kosten in Milliardenhöhe verursachen.“

Mit der großen Umrüstaktion gewinnt nun plötzlich ein Gerät an Bedeutung, das bisher kaum beachtet wurde. Wechselrichter sind längst mehr als nur schnöde Metallkästen, die den Gleichstrom der Module in netzfähigen Wechselstrom umwandeln. Moderne Inverter helfen bei der Stabilisie-

rung der empfindlichen Leitungen. Sie dosieren bei Bedarf die Leistung der Solaranlage und speisen so genannte Blindleistung zur Regelung der Netzspannung ein. Zudem vermeiden sie gefährliche Lastspitzen am Mittag, indem sie die Solaranlage bei zu hoher Stromproduktion abregeln (siehe Kasten).

### Vom Mitläufer zum Manager

Die meiste Zeit des Tages versucht der Wechselrichter allerdings, möglichst viel Leistung aus den Zellen herauszuholen.



Innen hui: Wechselrichter sind kleine Computer.

Leistung ist das Produkt aus Strom und Spannung. Sie variiert ständig, weil sich im Tagesverlauf Einstrahlung und Temperatur ändern. Damit verschiebt sich stetig auch der optimale Arbeitspunkt, der Maximum Power Point, der Zellen. Der so genannte MPP-Tracker des Wechselrichters, ein spezieller Programmcode, hat die Aufgabe, diesen Punkt regelmäßig zu errechnen und anzusteuern. Mit den Daten reguliert die Wechselrichterelektronik die Spannung der

Zellen immer so, dass damit möglichst viel Licht in Strom umgewandelt wird. „Der Wechselrichter ist somit maßgeblich für hohe Erträge einer Solaranlage“, sagt Andreas Schlumberger, Sprecher des schwäbischen Wechselrichterherstellers Kaco.

Während sich innovativen Herstellern im Wechselrichtermarkt gute Wachstumschancen bieten, können Kunden bei immer neuen Features und Funktionen jedoch leicht den Überblick verlieren. Die Möglichkeiten bei der Planung sind schier unüberschaubar: Es gibt verschiedene Modul-

typen, Standorte und zudem die neuen Auflagen – und eine entsprechend große Vielfalt an Wechselrichtern. An die 1000 Modelle werden laut einer aktuellen Erhebung der Fachzeitschrift Photon in Deutschland angeboten, davon fällt fast die Hälfte in die für private Betreiber relevante Leistungsklasse bis zehn kW. Doch Anlagenbesitzer können sich dem passenden Gerät zumindest per Ausschlussverfahren annähern. Die verwendete Modultechnik ist das erste wichtige Auswahlkriterium. Moderne Inverter kommen ohne schwere und teure Transformatoren aus, aber für Dünnschichtmodule empfehlen Experten die wuchtigen Kästen weiterhin. „Der Trafo erdet die Anlage und schützt die recht empfindlichen Dünnschichtzellen vor zerstörerischen Ableitströmen“, erklärt der Elektroinstallateur Josef Lomme aus Geldern am Niederrhein.

### 1000 verschiedene Modelle

Die zu erwartende Einstrahlung am Standort ist für die Inverterwahl ebenso wichtig. So tritt zum Beispiel bei Teilverschattung das Problem auf, dass die verschatteten Module einen anderen Betriebspunkt haben als die voll beschienenen. Da ein MPP-Tracker die Anlage nur auf einen solchen Punkt einstellen kann, ist die Energieausbeute geschmälert – je nachdem, ob er zufällig den idealen Arbeitspunkt der verschatteten oder der besonnten Paneele gewählt hat. Einige Hersteller statten ihre



**Neue Pflichten für Betreiber**

Steigende Ökostrommengen belasten die Stromnetze. Daher müssen sich Besitzer von Solaranlagen, die seit dem 1. Januar installiert wurden, an der Stabilisierung der Leitungen beteiligen. Die so genannte Niederspannungsrichtlinie erlaubt nur noch den Einsatz von Wechselrichtern, die ab einer Netzfrequenz von 50,2 Hertz stufenweise ihre Leistung zurückfahren können. Die Richtlinie verlangt außerdem, dass Anlagen ab 3,68 kW Blindleistung bereitstellen. Ein Beitrag, um Spannungshübe und einen Anstieg der Netzfrequenz zu vermeiden. Auch für manche ältere Anlage ist die Richtlinie relevant. So müssen Betreiber von Solarkraftwerken ab zehn kW, die ab dem 1. September 2005 angeschlossen wurden, die Wechselrichter ebenfalls umrüsten. Die Kosten für die Nachrüstung liegen nach Angaben des Bundesverbands Solarwirtschaft für eine Zehn-kW-Anlage bei rund 200 bis 300 Euro. Sie werden laut der Systemstabilitätsverordnung zur Hälfte auf die Netzentgelte und zur Hälfte auf die Umlage für erneuerbare Energien umgelegt. Nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz müssen Solaranlagen seit Anfang dieses Jahres zudem am so genannten Einspeisemanagement teilnehmen. Ziel der Regelung ist, Lastspitzen in der Mittagszeit zu vermeiden. Dafür müssen Anlagen bis 30 kW so ausgeführt sein, dass sie nicht mehr als 70 Prozent ihrer Generatorleistung einspeisen. Alternativ kann auch der Netzbetreiber diese Anlagen per Fernsteuerung regeln, was bei größeren Anlagen Pflicht ist.

Inverter daher inzwischen mit mehreren MPP-Trackern aus. Damit kann ein Gerät Teile des Generators getrennt betreiben – und insgesamt mehr Leistung rausholen. Das Verschattungsproblem lässt sich genauso gut lösen, indem jedes Modul einen separaten Wechselrichter erhält. Die US-Firma Power One bietet solche so genannten Mikrowechselrichter seit etwa einem Jahr an und verspricht, damit den Ertrag einer Solaranlage um bis zu einem Viertel zu erhöhen.

Der erzeugte Gleichstrom wird anschließend in Wechselstrom umgewandelt. Der Wirkungsgrad des Inverters ist das Maß dafür, wie effizient das gelingt. Zwischen den Geräten gibt es große Unterschiede: Mäßige erreichen heute 95 Prozent, gute über 97 Prozent. Bosch peilt mit seinen Wechselrichtern laut Stratmann bereits die 99-Prozent-Marke an. Mit einem solchen Wert dürfte die Firma bei vielen Kunden punkten, denn der Wirkungsgrad ist für den Ertrag einer Anlage entscheidend. Jeder Prozentpunkt mehr erhöht die Stromausbeute um ein Prozent, so rechnet man bei Bosch. Allerdings treiben auch viele andere Firmen die Entwicklung von Wechselrichtern mit hohen Effizienzen voran. Und dabei sind nicht nur Platzhirsche wie Kaco oder SMA erfolgreich. Die Firma Refusol zum Beispiel präsentierte auf der Solarmesse Inter-solar einen Inverter, der 99 Prozent des Gleichstroms in Wechselstrom umwandelt. Refusol setzt statt des bisher gängigen Siliziums Siliziumkarbid als Schaltelement ein. Dadurch verringern sich Schaltverluste, und die Effizienz steigt.

Allerdings hilft der beste Wirkungsgrad nichts, wenn der Inverter nicht hundertprozentig mit den Modulen harmoniert. Dafür muss dessen Spannung zu den Zellen passen. Das Gerät arbeitet nur in einem bestimmten Voltbereich effizient. Liefern die Zellen weniger Spannung, als der Wechselrichter mindestens benötigt, fährt er quasi untertourig und erreicht nur einen Teil seiner Leistung. Ist die Spannung dage-

gen zu hoch, geht er kaputt. Schäden drohen ebenfalls, wenn das Leistungsverhältnis zwischen den beiden Komponenten nicht stimmt „Bei guter Ausrichtung der Anlage sollte deren Leistung ungefähr der Gleichstromleistung des Wechselrichters entsprechen“, rät Elektromeister Lomme. Bringen es die Module also auf fünf kW, muss der Inverter fünf kW Gleichstrom aufnehmen können. In sonnenärmeren Regionen, wo das Solarkraftwerk seltener volle Leistung erreicht, dimensionieren Installateure den Wechselrichter gern auch etwas kleiner. So vermeiden sie, dass dieser zu oft im ineffizienteren Teillastbereich läuft.

**Werte, die wichtig sind**

Doch auch der beste Handwerker wird eine Solaranlage nie so konfigurieren können, dass der Inverter stets auf seinen Spitzenwirkungsgrad kommt. Dieser beschreibt das Umwandlungsoptimum für eine bestimmte Spannung und Leistung unter Standardtestbedingungen. In der Praxis ist dieser Betriebszustand wegen des schwankenden Sonnenangebots eher selten. Hilfreich ist daher auch der so genannte europäische Wirkungsgrad, den die Hersteller ebenfalls in ihren Datenblättern ausweisen. Er zeigt an, wie viel Strom der Wechselrichter über alle relevanten Betriebsbedingungen, also auch in Teillast, umwandelt. Nur wenn auch diese gemittelte Effizienz hoch ist – im Idealfall reicht der europäische bis auf einen Prozentpunkt an den maximalen Wirkungsgrad heran –, fährt die Anlage stetig gute Erträge ein.

Effizienzsteigerungen und eine bessere Einbindung der Solaranlagen ins Gesamtsystem werden aber nicht die einzigen Projekte für die Her-



**Fusion:** Voltwerk ist jetzt Bosch

steller bleiben. Wechselrichter sollen noch intelligenter werden, sich künftig nicht nur an der Stabilisierung des öffentlichen



**Keine Science Fiction:** Moderne Wechselrichter tragen bereits zur Netzstabilität bei.

Stromnetzes beteiligen, sondern darüber hinaus auch den Verbrauch in Haushalten steuern. Noch ist es üblich, den Strom vom eigenen Dach für eine Einspeisevergütung ins öffentliche Netz einzuspeisen. Doch mit sinkender Förderung und steigenden Preisen für Haushaltsstrom aus der Steckdose wird es für Anlagenbesitzer immer interessanter, den Solarstrom direkt selbst zu verbrauchen. Inverter koordinieren den Verbrauch: Ist viel Sonnenstrom vorhanden, schmeißen sie automatisch per Signal große Stromverbraucher wie Waschmaschinen an. Überschüsse fließen in Batteriespeicher im Keller, die die Energie zwischenspeichern. Fehlt dem Haushalt Strom, schalten die Wechselrichter auf Netzbezug um.

Große Hersteller wie SMA und Kaco entwickeln solche Alleskönner bereits. SMA stellte auf der Intersolar mit seinem Sunny Boy 5000 Smart Energy einen

Wechselrichter mit Doppelfunktion vor: Er erzeugt Wechselstrom und kann die Solarenergie dank einer integrierten Lithium-Ionen-Batterie mit 2000 Kilowattstunden Kapazität auch speichern. Dadurch lässt sich der Eigenverbrauch im Haushalt laut SMA um bis zu 30 Prozent steigern. Kaco

**„Ein Blackout würde Kosten in Milliardenhöhe verursachen.“**

Jürgen Schmid, Fraunhofer Iwes

wiederum entwickelt seit Juni gemeinsam mit Samsung Solarakkus, die mit seinen Wechselrichtern gekoppelt werden können.

Auch Bosch drängt als weiterer großer Spieler auf den Wechselrichtermarkt. Der rapide Preisverfall für Solarmodule trug dem Konzern 2011 eine Abschreibung auf die Sparte Solartechnik in Höhe von über einer halben Milliarde Euro und zudem

Verluste von 364 Millionen Euro ein. Inverter sollen Bosch nun aus der Klemme helfen. Das Ziel: Bis 2017 will das Unternehmen weltweit in die Top Drei der Anbieter vorstoßen, mindestens zehn Prozent Marktanteil erobern, mit den Geräten einen dreistelligen Millionenbetrag umsetzen und die Solarsparte sanieren: Der neue Bosch-Chef Volkmar Denner bei seinem Amtsantritt Ende Juni: „Spätestens in fünf Jahren wollen wir mit der Solarenergie Gewinne erwirtschaften.“ Mit der Übernahme des Hamburger Elektronik-Zulieferers Voltwerk im April startete das Vorhaben. „Bei den Wechselrichtern hatten wir bisher eine Wertschöpfungslücke. Diese Lücke haben wir mit der Voltwerk-Akquise geschlossen, um die Wechselrichter der nächsten Generation zu entwickeln“, erklärt Andreas Stratmann, Geschäftsführer der neugegründeten Bosch Power-Tec. ◀