

# Innovation

Die interessantesten Trends in der Energiewirtschaft



pv magazine award | Blockchain | Post-Lithium-Technologien  
Mieterstrom | Pachtmodelle | Netzdienstleistungen  
Tests Modulwechselrichter | Quality Roundtable | Ausschreibungen



- Panorama**
- 6 Das Ein-Kilowatt-Haus**  
**pv magazine award:** Das Bausatzhaus des Start-ups Ownworld lädt zum Nachdenken und Nachbauen ein.
- 9 Der Markt ist schlauer als die Politik**  
Viele Solarparks aus den ersten Ausschreibungsrunden sind noch nicht realisiert. Jetzt sinken die Preise.
- Innovation – Neue Technologien**
- 12 Radikal günstiges Rohmaterial gesucht**  
Speicherkoryphäe Dirk Uwe Sauer von der RWTH Aachen im Interview zu Post-Lithium-Technologien.
- 17 Solarstrom in Kunststoff gespeichert**  
Mit einer neuartigen Polymer-Redox-Flow-Batterie will Jenabatteries die Speicherpreise halbieren.
- 22 Auf dem Sprung**  
Firmen und Redox-Flow-Technologien, die man im Auge behalten sollte.
- 24 Ökologie zu Ende gedacht**  
**pv magazine award:** Was die Salzwasserbatterie von Aquion Energy leistet.
- 28 Dichter, größer, leistungsstärker**  
Wie Andreas Piepenbrink von E3/DC mit seinem Blick als Einkäufer die Technologietrends bewertet.
- 30 Die Guerilla-Technologie**  
So schnell wie „Blockchain“ hat es schon lange kein Begriff mehr geschafft, die Fachwelt zu erobern. Die Technologie hat das Potenzial, EVUs überflüssig zu machen.
- 34 Handel ohne Aufpasser**  
Kurz und bündig erklärt, wie eine Transaktion mit der Blockchain-Technologie abläuft und warum sie sicher ist.
- 36 Blockchain und die Energiewirtschaft**  
Energemarktexperte Tobias Federico, Gründer von Energy Brainpool, ist von der Technologie fasziniert.
- 40 Sonnenmethan statt Sonnenstrom**  
Bisher galt die Effizienz der Biomassengewinnung als gering. Das Start-up Solaga nutzt eine neue Idee und will Algenmodule auf die Dächer bringen.
- Innovation in der Energiewirtschaft**
- 43 Technologie und Kultur ändern sich**  
Ein Blick auf zwei Energieversorger und ein Industrieunternehmen.
- 46 Primärregelleistung von allen**  
Jetzt wird es real, dass Besitzer kleiner Heimspeicher von der Vermarktung profitieren.
- 49 Gründungen in der Energiebranche**  
Bernd Arkenau vom Wagniskapitalfinanzierer „eCapital“ bewertet Markt und Möglichkeiten.
- 53 David gegen Goliath**  
Die Gründer von Sunride wollen Vermietern mit einer Abrechnungssoftware für Mieterstrommodelle helfen.
- 55 Die Zählmeister**  
Der Gründer von Discovery ist überzeugt, dass seine Smart Meter den Verbrauchern Mehrwert bringen und sich für Mieterstrommodelle eignen.
- 57 Stromverbrauch wird sichtbar**  
Die Produkte von Smappee analysieren Verbraucher und Solarstromerzeugung.



## 59 Mehrfamilienhäuser im Microgrid

**pv magazine award:** Das Projekt Passendorfer Schloss in Halle schließt 30 Haushalte an Gemeinschaftsstrom mit Photovoltaik und Pellet-BHKW an.

## 60 Besondere Herausforderung

Chris Werner und Daniel Zschuckelt im Gespräch über Herausforderungen und Perspektiven des Projekts Passendorfer Schloss.

## 62 Finanzierung in Südafrika

Der Installation Innovation Award von Hanwha Q-Cells und **pv magazine** geht an Maxx-Solar. Das Unternehmen hat Miet-PV von Europa nach Südafrika gebracht.

## 64 Perfekt geplant für Mercedes

Durch gute Planung und genaue Rechnung konnte das Unternehmen Intellisol die hohen Renditeerwartungen des Investors erfüllen.

## 65 Wohnen von morgen in Schweden

Die Plusenergiecontainer der Bjarke Ingels Group könnten aufgegebene Stadthäfen zu neuem Leben erwecken.

## 66 Innovation bisher ohne Erfolg

Eine Analyse der Denkzentrale Energie zeigt, wie Photovoltaik-Mietmodelle von Stadtwerken erfolgreicher werden können.

## Leistungselektronik

## 70 Die Suche nach dem besten System

Tests an Mikrowechselrichtern und ein Systemvergleich mit Power Optimizern und Stringwechselrichtern helfen bei der Planung.

## 75 Einzelstränge im großen Maßstab

Strangwechselrichter jagen Zentralwechselrichtern derzeit in vielen Ländern Marktanteile ab. Auch in großen Anlagen haben die kleineren Geräte oft Vorteile.

## 78 Die Grenze verschiebt sich nach oben

Boris Wolff, Leiter der Business Unit Utility bei SMA, zum Vergleich Zentral- versus Strangwechselrichter.

## 80 Der Röntgenblick auf die Lötstellen

Mathias Hammer von Senec geht in die Offensive. Er berichtet von früheren Mängeln und heutiger Qualitätssicherung bei der Leistungselektronik.

## 83 Megawattspeicher erobern die Netze

Seit diesem Jahr erreichen die Investitionen in Batteriespeicher für Netzdienstleistungen völlig neue Größenordnungen.

## Was Betreiber wissen wollen

## 86 Wenn Bypassdioden überhitzen

Auf dem 3. **pv magazine** Quality Roundtable sorgte ein Fall aus unserer Schwarze-Schafe-Reihe für besonders viel Diskussionsstoff.

## Installation

## 90 Übersicht regelbare Heizgeräte

In unserer Übersicht stellen wir Produkte von 21 Unternehmen vor, die Solarstrom in Wärme umwandeln.

## 93 Produktneuheiten

Module, Montage, Wechselrichter, Speicher, Zubehör

## 95 Inserentenliste

## 96 Impressum

# Auf der Suche nach dem besten System

**Verteilte Elektronik:** Bisher tobte um Mikrowechselrichter und Power Optimizer eine Art Lagerkampf. Zwei Messreihen gehen objektiver an das Thema heran. Eine vergleicht in einem spezifischen Fall die Erträge. Eine andere zeigt, dass die Erträge bei Mikro- oder Modulwechselrichtern sehr unterschiedlich sind.

Wallisellen ist eine Vorortgemeinde von Zürich am Fuße der Alpen. Schaut man in die blauen Module, die entlang der Gleise angebracht sind, spiegeln sich darin neben Wolken Oberleitungsmasten. Wenn man zur richtigen Jahres- und Tageszeit vor Ort ist, kann man den Schatten umliegender Häuser zuschauen, die über die Solaranlage wandern. Als sie 1998 errichtet wurde, war sie Teil eines Forschungsprojekts zu Schallschutzwänden mit Photovoltaik.

Jetzt vergleichen dort Ralph Lingel und seine Kollegen von TNC, das Unternehmen hatte die Anlage damals auch errichtet, die Performance von Stringwechselrichtern, von Power Optimizern und von Mikro- oder Modulwechselrichtern. „Wir haben uns immer wieder gefragt, wie man mit den Verschattungen am besten umgeht“, sagt Lingel. Da es keine Feldtest-

ergebnisse gebe außer den Fallbeispielen der Hersteller selbst, haben er und seine Kollegen die Gelegenheit ergriffen, als sie sich ergab. Das Schweizer Unternehmen plant unter anderem immer wieder BIPV-Anlagen. Dort komme es oft zu Teilver-schattungen. Aber auch bei Dächern sei es selten, dass es gar keine Aufbauten gebe. Von daher sei ein System, das die Planung um diese Aufbauten herum einfacher macht, für ihn wünschenswert, zum Beispiel mit Optimizern.

## Mit Messungen gegen den Lagerkampf

Noch vor einigen Jahren glich die Diskussion über die unterschiedlichen Systeme einem Lagerkampf, und es gab hauptsächlich Schwarz und Weiß. Die modulnahe Elektronik der Mikrowechselrichter oder Power Optimizer bringe 5 bis 25 Prozent mehr Ertrag als ein Stringwechselrichter, so die einen. Stimmt nicht, so die anderen. Auf's Jahr gerechnet seien es nur wenige Prozent und wo viele Verschattungen bestünden, gehöre sowieso kein Modul hin.

Inzwischen sind die Power Optimizer, allen voran die von Platzhirsch Solaredge, sehr etabliert, vor allem mit Blick auf die USA auch die Mikrowechselrichter. SMA hatte in der Zwischenzeit auch Modulwechselrichter im Angebot und kooperiert bei Optimizern mit Tigo, an dem es 27 Prozent Anteile hält. Bei Tigo heißt das dann „DC-MLPE-Technologie“. Die

## Das Wichtigste in Kürze

In einer Messreihe brachte der Power Optimizer acht Prozent mehr und der Modulwechselrichter fünf Prozent weniger Ertrag als der Stringwechselrichter. Gut ausgelegte Modulwechselrichter könnten vermutlich mithalten.

Eine Testreihe zeigt, dass der schlechteste Modulwechselrichter 25 Prozent weniger Ertrag bringt als der beste.

Foto: TNC Consulting



Direkter Vergleichstest am Bahnhof Wallisellen bei Zürich bei einer Photovoltaik-Schallschutzwand. Die Farben zeigen, welche Module zum Vergleichstest mit welchen Systemen ausgestattet wurden. Optimizer, Modulwechselrichter und Stringwechselrichter sollten die gleichen haben.

Tigo-Systeme funktionieren zwar etwas anders, erfüllen aber den gleichen Zweck. Die modulnahe Elektronik stellt den für das Modul optimalen Arbeitspunkt durch die Vorgabe der Spannung bereit und ermöglicht trotzdem eine DC-Verschaltung. Die Mikrowechselrichter steuern auch für das Modul den optimalen Arbeitspunkt an, konvertieren die Leistung aber gleich zu Wechselstrom und erlauben eine AC-Verkabelung.

Ralph Lingel teilte die Modulfläche in Wallisellen wie ein Schachbrett auf. Ein Drittel der Module, 15, ließ er zu zwei Strings verkabeln und an einen Wechselrichter anschließen, der sich auf den Fotos leicht als SMA Sunny Boy erkennen lässt. Ein weiteres Drittel bekam Solaredge Power Optimizer, das letzte Drittel wurde mit Modulwechselrichtern ausgestattet. Für jedes Modul berechneten die TNC-Experten den jährlichen Verschattungsgrad. So wie die Felder gewählt wurden, stellt er sicher, dass alle Systeme mit den gleichen Bedingungen zurechtkommen müssen.

### Suche nach geeignetem Systemaufbau

Dabei war es gar nicht so einfach, einen geeigneten Modulwechselrichter zu finden. „Wir haben alle Hersteller angefragt, uns bei der Auswahl zu unterstützen“, sagt Lingel. Das Problem sind die Spannungswerte der Module von 1998. Sie brauchen bei 210 Watt Nennleistung höhere Spannungen als heutige

Standardmodule. „Nur AE Conversion sah sich in der Lage, uns sein Gerät freizugeben“, so Lingel. Damit das geht, ist es mit 330 Watt Nennleistung überdimensioniert. Dadurch wird der Wechselrichter mehr im Teillastbereich betrieben, wodurch das System bereits einen Nachteil hat. Bei den Solaredge Power Optimizern besteht das Problem auch, ist Lingel zufolge aber nicht so ausgeprägt.

Die erhältliche modulnahe Elektronik ist eben auf die aktuelle Modulgeneration und die dort bestehenden Strom-Spannungs-Verhältnisse für die optimalen Arbeitspunkte ausgelegt. Wenn sich das nicht ändert, liegt darin laut Lingel auch ein Nachteil der dezentralen Systeme. Die Nachrüstung nach 10 bis 15 Jahren kann dadurch schwierig werden.

### Optimizersystem mit höchstem Ertrag

Das Ergebnis nach einem Jahr Vergleichsbetrieb lässt sich kurz zusammenfassen. Die mit Power Optimizern ausgestatteten Module hatten den höchsten Ertrag. Er lag acht Prozent über dem der an den Stringwechselrichter angeschlossenen Module, obwohl die Wirkungsgrade vergleichbar sind. Der europäische Wirkungsgrad des Stringwechselrichters liegt laut Datenblatt bei 96 Prozent, der des Solaredge-Systems mit Optimizern und Wechselrichter zusammengerechnet bei 96,4 Prozent. Bei dem Stringwechselrichter war die Global-Peak-Funktion akti-

# Leistungselektronik

Fotos: TNC Consulting



Die Schatten wandern auf den Modulen (links: Mitte September, 14:00 Uhr; rechts: Ende Januar, 16:00 Uhr).

viert (siehe Kasten) – sie reicht also nicht aus, um den Vorteil der modulnahen Elektronik ganz auszugleichen. Der mit Modulwechselrichtern betriebene Anlagenteil hat fünf Prozent weniger Energie geliefert und schneidet damit am schlechtesten ab.

Der Vergleich einzelner Tage zeigt, wann welches System gut läuft. An sonnigen Tagen im Sommer, ohne Bewölkung, bringt der Stringwechselrichter einen um ein Prozent höheren Ertrag als das Optimizersystem und einen um acht Prozent höheren Ertrag als das Modulwechselrichtersystem. An einem bewölkten Sommertag, an dem die Schatten über die Anlage ziehen, liegt dagegen der Optimizer mit zwei Prozent höherem Ertrag vorne. Der Modulwechselrichter fällt 13 Prozent zurück.

Auch im Sommer treten vormittags jedoch Verschattungen auf. Ralph Lingel ist nach den Messungen der Auffassung, dass man das durch ein gut angepasstes String-Layout, bei dem ähnlich verschattete Module zu Strings zusammengefasst sind, auffangen kann. Dann hätten die dezentralen Systeme trotz starker Verschattung gegenüber den Stringwechselrichtern keinen Vorteil. Er vermutet, das liegt am niedrigeren Wirkungsgrad, gegebenenfalls schlechterer Tracking-Qualität und Dimensionierung der dezentralen Systeme.

Im Winter, wenn durch die tiefer stehende Sonne mehr abgegrenzte Gebäudeschatten über die Anlage wandern, ändert sich das Bild. Solange nur ein Modul im String verschattet ist, schafft es der Stringwechselrichter mitzuhalten. Doch bei mehr verschatteten Modulen, hilft auch die Global-Peak-Funktion nicht mehr und das Gerät findet nicht den richtigen Arbeitspunkt. Der Wechselrichter liefert an sonnigen Tagen dann nur noch den halben Tagesertrag im Vergleich zu den anderen Systemen.

Was das beste System ist, lässt sich jedoch nicht so einfach entscheiden, wie sich die Ergebnisse zusammenfassen lassen. Der europäische Wirkungsgrad des Mikrowechselrichters lag mit 91,8 Prozent rund vier Prozent unter dem der anderen beiden Systeme. Wenn die Leistungs- und Spannungswerte passen, gibt es im Prinzip bessere Geräte. Mit ihnen könnte das System mit Modulwechselrichtern in der stark verschatteten Anlage den gleichen Ertrag liefern wie der Stringwechselrichter. Außerdem darf man nicht vergessen, dass er wegen der Strom-Spannungs-Kennlinie der alten Module etwas zu groß ausgelegt werden musste.

Das Messergebnis zeigt also nicht, dass Modulwechselrichter immer weniger Ertrag liefern. Im Gegenteil, es zeigt, dass ein gut ausgelegter Modulwechselrichter mit hohem Wirkungs-

Hersteller	Modell	Europäischer Wirkungsgrad			CEC-Wirkungsgrad			Ertrag	
		Relativ zum besten	Rang		Relativ zum besten	Rang	Relativ zum besten	Rang	
Power-One/ABB	Micro-0.25-i	94,6 %	99,2 %	4	95,5 %	99,9 %	2	100 %	1
SMA	Sunny Boy 240	95,4 %	100 %	1	95,1 %	99,5 %	4	95,2 %	2
Involar	MAC 250	92,7 %	97,2 %	5	93,9 %	98,2 %	6	94,4 %	3
Enphase	M 215	95,2 %	99,8 %	2	95,6 %	100 %	1	95,0 %	4
Aeconversion/Aptronic	INV 250-45	90,3 %	94,7 %	7	91,2 %	95,5 %	9	92,4 %	5
lenergy	GT 260	89,9 %	94,3 %	9	91,5 %	95,7 %	8	91,8 %	6
Enecsys	SMI-S-240W	90,3 %	94,7 %	8	92,0 %	96,3 %	7	88,8 %	7
Hoymiles	MI 250	95,0 %	99,5 %	3	95,4 %	99,8 %	3	78,0 %	8
Changetec	ELV 300-25	90,9 %	95,3 %	6	90,9 %	95,1 %	10	75,6 %	9

Tabelle: Mikrowechselrichter im Vergleich. Stefan Krauter und sein Team an der Universität Paderborn haben 50 Wochen lang ihren Ertrag gemessen. Sie sind an identische, zuvor vermessene 60-Zellen-Standardmodule mit 210 Watt Leistung angeschlossen. Die Wirkungsgrade wurden im Labor bei Leistungen zwischen 5 und 225 Watt bestimmt. Für den europäischen Wirkungsgrad werden die Werte bei verschiedenen Leistungen gewichtet addiert, die der Realität bei einem Einsatz in Mitteleuropa nahekommen. Für den CEC-Wirkungsgrad werden sie so gewichtet, wie sie einem Einsatz bei den Sonneneinstrahlungen in den USA nahekommen. Das erklärt die unterschiedliche Rangfolge. Die Messunsicherheiten bei der Ertragsmessung liege bei einem Prozent, die bei der Bestimmung der Wirkungsgrade bei 0,025 Prozent. Überrascht hat die Forscher, wie unterschiedlich die Ertragsmessungen im Vergleich zu den Wirkungsgradmessungen ausfallen. Eine Erklärung dafür sind die unterschiedlich gut funktionierenden MPP-Tracker.

## Ringen um Normung für Balkonmodule

Rund 20.000 Menschen haben in Deutschland laut Marcus Vietzke, Koordinator der AG Stecker-PV der DGS – Berlin-Brandenburg e. V., bereits steckbare Solarmodule installiert, die mit Modulwechselrichtern ausgestattet sind. Sie bewegen sich damit in einer rechtlichen Grauzone. Die Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE) hat nun einen Normentwurf veröffentlicht, der wenig Fortschritte bringt und eher noch neue Hürden aufbaut. Bis Dezember lassen sich Einwände vorbringen.

Mehr im Interview: [www.pv-magazine.de](http://www.pv-magazine.de) Webcode : 5372

Foto: Indielux



grad und gutem MPP-Tracking vermutlich sogar einen höheren Ertrag hat als ein Stringwechselrichter.

### Große Unterschiede bei Mikrowechselrichtern

Welche Mikrowechselrichter gut sind, zeigt wiederum eine Testreihe von Stefan Krauter, Professor an der Universität Paderborn und Mitgründer des PI Berlin. Er hat von acht Mikrowechselrichtern Wirkungsgrade im Labor bestimmt und mit Feldtests verglichen. Die meisten hat er 2013 und 2014 gekauft, allerdings kauft er kontinuierlich zu und erweitert die Messreihe. Da Ertragstests sinnvollerweise mindestens ein Jahr dauern, liegen die Ergebnisse erst seit Kurzem vor. Zum Einsatz kamen 215-Watt-Geräte, entsprechend der damals üblichen Modulleistung. „Die Ergebnisse sollten aber auf die heutigen Geräte mit höherer Leistung verallgemeinerbar sein“, erklärt er.

Am besten hat dabei ABB abgeschnitten. Danach folgen SMA, Involar und Enphase mit rund fünf Prozentpunkten niedrigerem Ertrag. Auffällig ist das Ergebnis des Hoymiles-Geräts. Es hat bei den Wirkungsgraden mit Rang drei abgeschnitten, beim Ertragsvergleich in Paderborn fällt es deutlich zurück. „Daran sieht man den Einfluss des MPP-Trackings“, sagt Krauter. „Das hat bei Bewölkung nicht so gut funktioniert.“ Ein Ertragsvergleich in Regionen mit weniger Bewölkung und bei unverschatteten Systemen mag da besser verlaufen.

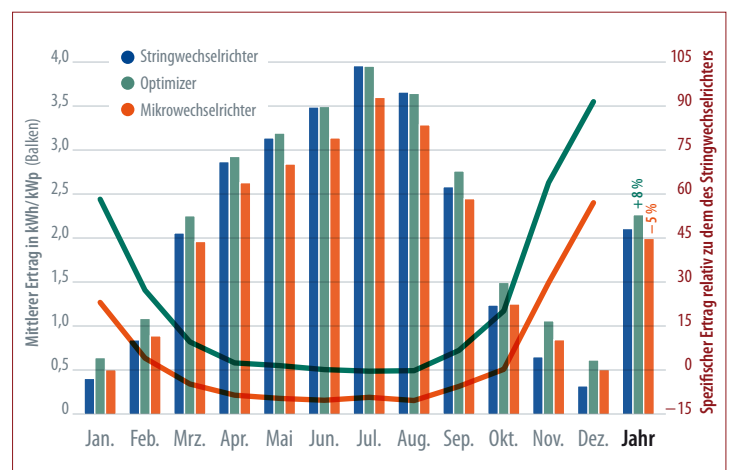
Vergleicht man das Gerät der Firma, mit der auch die Anlage in Wallisellen ausgestattet war, zeigt sich, dass mit einem effizienteren Gerät durchaus acht Prozentpunkte mehr Ertrag möglich gewesen wären, sodass das Ergebnis sogar das des Stringwechselrichters übertrumpfen würde.

### Vorteil der Mikrowechselrichter

Krauter hält Mikrowechselrichter für den Verlauf der Energieerzeugung für wichtig. Für ihn ist es eine ausgemachte Sache, dass es auch viele kleine Anlagen geben wird, für die sie eine gute Lösung sind. „Außerdem können damit Planungskosten reduziert werden“, sagt er. In den USA gebe es Installateure, die den Pick-up voll mit Modulen und Mikrowechselrichtern hätten. „Sie stoppen, bauen so viele Module aufs Dach, wie es die Situation erlaubt, und fahren weiter“, so Krauter. „Mit den Modulwechselrichtern müsse man sich über Stringlängen und Ver-

schattungen keine Gedanken machen. Auch in Brasilien, wohin Stefan Krauter viele Beziehungen unterhält, seien Mikrowechselrichter für zahlreiche Anwendungen sinnvoll. „Dort gibt es sehr viele verschattete Dächer.“ Neben den Wärmetauschern der großen Zentralklimaanlagen befinden sich dort auch die Wasserbehälter für das Brauchwasser auf den Dächern, da das Land kein Druckwassernetz besitzt. Diese erzeugen die Verschattungen. „Das gilt auch für viele andere Länder des amerikanischen Kontinents, einschließlich den USA“, sagt Krauter. „Außerdem sind die thermischen Belastungen für die Elektronik sehr hoch.“ Lebensdauern und Garantien untersucht er daher aktuell in einem Forschungsprojekt.

Der Markt bei Mikrowechselrichtern ist rau. „Derzeit tobt ein Preiskampf“, sagt Krauter. Unter anderem stellt SMA die Modulwechselrichterproduktion ein. „Vor dem Hintergrund des massiven Markteinbruchs in der Modulwechselrichterbranche, der aktuell die in diesem Bereich marktführenden



Ertragsvergleich von TNC Consulting, aufgeschlüsselt nach Monaten. Die Daten wurden von Juni 2015 bis Juni 2016 erhoben. In den verschattungsreichen Monaten liegt der Ertrag des Systems mit Mikrowechselrichtern deutlich über dem des Systems mit Stringwechselrichter. Im Dezember waren es sogar 57 Prozent mehr. Im gleichen Monat lag der Ertrag mit Power Optimizern sogar 92 Prozent über dem mit Stringwechselrichter. Auf das ganze Jahr bezogen schrumpft der Mehrertrag mit Power Optimizer jedoch auf acht Prozent.

Grafik: pv magazine/Harald Schütt

Hersteller unter massiven Druck setzt, sind die intelligenten DC-Lösungen im Bereich der modulnahen Elektronik der richtige Weg“, so das Unternehmen in einer E-Mail. Mit den intelligenten Lösungen sind wiederum die Optimizer gemeint.

### Preis-Leistungs-Vergleich

Für beide Tests haben die Experten die Geräte auf dem freien Markt gekauft. Laut Stefan Krauter sind die Modulwechselrichter rund 20 Prozent teurer als Stringwechselrichter, wenn man eine kleine oder mittelgroße Hausanlage bauen würde. In Wallisellen waren die Unterschiede eher noch größer. Ohne die Verkabelung zu berücksichtigen, lagen die Optimizer mit allem Drum und Dran rund 50 Prozent über dem Preis der Ausstattung mit Stringwechselrichtern, die Modulwechselrichter nochmals deutlich darüber. Insbesondere wenn man die Monitoringoption hinzurechnet, die die beiden anderen Systeme bereits an Bord haben.

Sowohl Krauter als auch Lingel sind sich einig darüber, dass bei einem Preis-Leistungs-Vergleich beachtet werden muss,

dass bei manchen Geräten Zusatzausrüstung notwendig ist. Das hängt auch von der Region ab. „Zwar nicht in Deutschland, aber in manchen anderen Regionen ist ein aktives Anti-Islanding gefordert“, sagt Krauter. „Das kostet bei manchen Geräten extra.“ Bei anderen sei für die Kommunikation ein Internetanschluss nötig, was ebenfalls Kosten verursacht.

Auch die Kosten der AC-Verkabelung sollte man beachten, so Ralph Lingel. Generell heißt es, die AC-Verkabelung sei einfacher als die DC-Verkabelung in Stringsyste-men. Doch die Anforderungen an die Steckverbindungen sind hoch. „Die Verbindungsstücke kann man nicht im Baumarkt kaufen“, erklärt Lingel. Hersteller nutzen verschiedene Systeme. Teils sind vergleichsweise teure vorkonfektionierte Verbindungsleitungen notwendig, teils werden exotische Steckverbinder eingesetzt. „Diese muss man beim Preisvergleich auch berücksichtigen.“

Michael Fuhs

Detaillierte Beschreibungen der beiden zitierten Untersuchungen finden sich im Tagungsband der diesjährigen EU PVSEC.

## Was bringt „Global Peak“ bei Stringwechselrichtern?

Die Hersteller von Stringwechselrichtern haben teilweise schon vor einigen Jahren auf die Diskussion um Power Optimizer und Modulwechselrichter reagiert und die Option entwickelt, eine sogenannte Global-Peak-Funktion einzuschalten. Bei dem Vergleich in Wallisellen war diese aktiviert.

Die momentane Leistung einer Anlage ergibt sich aus dem Produkt von Strom und Spannung. Die Spannung gibt das MPP-Tracking des Wechselrichters vor. Die Stromstärke ergibt sich aus Sonneneinstrahlung, Stringaufbau und Moduleigenschaften. Der MPP-Tracker muss die Spannung finden, bei der die Leistung maximal ist. In verschatteten Strings gibt es mehrere Leistungsgipfel, die jedoch nicht alle gleich hoch sind. Standard-MPP-Tracker geben sich unter Umständen mit einem nicht so hohen Gipfel zufrieden und finden den höchsten Berg nicht. Das ist ein Grund dafür, warum in teilverschatteten Anlagen Stringwechselrichter Ertragseinbußen haben.

Die Idee zur Lösung ist einfach. Das MPP-Tracking muss im gesamten Spannungsbereich nach Gipfeln suchen, um den höchsten zu finden. Doch je mehr ein MPP-Tracker nach Gipfeln sucht, umso größer sind die Verluste im unverschatteten Betrieb. Die Firmen müssen für die Global-Peak-Funktion also Kompromisse schließen. Parameter dafür sind, wie lange es dauert, einmal alle Spannungswerte durchzufahren (Scangeschwindigkeit), und wie oft der MPP-Tracker das macht. Denn während der Suche erbringt die Anlage wenig Leistung.

SMA gibt an, dass die Scandauer bei seiner „OptiTrac Global Peak“-Funktion für die gesamte Kennlinie unter einer Sekunde liege. Durch intelligente Verfahren sei es aber möglich, sich auf Teilbereiche der Kennlinie zu konzentrieren. Dadurch liege die Scandauer deutlich darunter. Standardmäßig wird bei Aktivierung der Funktion alle sechs Minu-

ten nach einem Optimum gesucht, der Installateur hat aber die Möglichkeit, die Suchfrequenz zu reduzieren und auf 30-Minuten-Intervalle umzuschalten. In Zeiten ohne Verschattung liegen laut SMA die Verluste durch die Global-Peak-Funktion unter 0,02 Prozent bei einem 30-minütigen Suchintervall, unter 0,1 Prozent bei einem sechsminütigen Intervall. Wenn man es auf drei Minuten verkürzen würde, würden die Verluste auf 0,2 Prozent steigen.

Bei Fronius heißt die Funktion „Dynamic Peak Manager“. Im Prinzip funktioniert sie wie bei SMA, nur dass die Kennlinie alle zehn Minuten gescannt wird. Fronius gibt an, nach Analysen festgelegt zu haben, dass nur die halbe Kennlinie gescannt werden muss. Das geht dann in 100 bis 150 Millisekunden. Die Verluste im unverschatteten Betrieb würden dadurch unter 0,07 Promille liegen. Außerdem werden einige Parameter des MPP-Trackers an das Verhalten der Anlage angepasst.

Bei Kostal ist die Funktion Schattenmanagement jetzt Teil des Konzepts Smart Optimization. Das wiederum umfasst alle technischen Features, die zur Ertragssteigerung beitragen. Dazu soll ein großer Eingangsspannungsbereich, eine Produktpalette, die die richtige Dimensionierung erlaubt, und die Auslegungssoftware beitragen. Das Schattenmanagement fährt nicht in festem Abstand die Kennlinie durch. Stattdessen ist es selbstlernend und muss nur manchmal einen ganzen Scan fahren. So weiß es nach einiger Zeit teilweise, zu welchen Zeiten eine Verschattung vorliegt und wie es die Intervalle vergrößern kann.