

Mit Nachführsystemen zu höheren Photovoltaik-Erträgen

Einachsige Tracker überzeugen durch geringen Wartungsaufwand

Dirk Wohlfahrt, Produkt Manager

Abb. 1: Referenzprojekt einer 24 MW-Anlage in Sinan, Südkorea

Photovoltaik ist eine seit Jahrzehnten erprobte und ausgereifte Technologie, deren Bedeutung im Energiemix beständig zunimmt. Beträgt ihr Anteil an der Stromgewinnung in Deutschland z.B. heute noch weniger als ein Prozent, wird für das Jahr 2020 bereits ein Anteil von sieben Prozent vorhergesagt. Fallende Modulpreise führen weltweit zu immer größer werdenden PV-Parks und machen diese gleichzei-

tig zu immer lukrativeren Investments. Der überwiegende Teil dieser mehrere Hektar großen Anlagen besteht aus fest aufgeständerten Modulreihen. Vornehmlich in Südeuropa befindet sich aber auch eine beachtliche Zahl an Solarparks mit nachgeführten Systemen. Im Folgenden sollen die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Systeme aufgezeigt werden.

KRITERIEN FÜR DIE SYSTEM-AUSWAHL

Solarparks mit fest aufgeständerten Modulen lassen sich in fast jeder geographischen Lage errichten. Einzige Voraussetzungen sind eine möglichst ebene Fläche und keine Verschattungen der Module, z.B. durch Häuser, Bäume oder Berge. Moderne Gestellsysteme kommen ohne gegossene Fundamente aus und ermöglichen sogar einen Aufbau der Modulreihen auf hügeligem Gelände, da die Gestellpfähle in den Boden gerammt werden.

Diese Gestelle gestatten eine bodenparallele Montage: Die Modulreihen passen sich somit der Geländestruktur an. Ein großer Vorteil der fest aufgeständerten Systeme liegt darin, dass sie über keinerlei bewegliche Teile verfügen und dadurch kaum anfällig für Störungen sind. Preislich

liegen sie deutlich unter nachgeführten Systemen. Der Nachteil liegt aber auf der Hand: ein Modul produziert seine maximale Leistung, wenn die Sonnenstrahlen im senkrechten Winkel auf die Oberfläche treffen. Bei tief stehender Sonne (z.B. vormittags und nachmittags) bleiben diese Anlagen folgerichtig weit unter ihrem Potenzial. Eine Möglichkeit, die Ertragsausbeute zu erhöhen, sind Systeme, die die Module der Sonne nachführen. Sie sind in der Planung und Installation aufwändiger, benötigen höhere Investitionskosten, erwirtschaften aber im Gegenzug um zwanzig bis vierzig Prozent höhere Erträge.

Auf dem Markt ist eine Vielzahl von Nachführsystemen erhältlich, die Modulflächen entweder über zwei Achsen, also horizontal und vertikal, oder nur über eine Achse nachführen. Zweiachsig nachgeführte Sys-

teme versprechen dabei die höchsten Mehrerträge, erfordern aber auch höchste Investitionskosten.

EINACHSIGE VS. ZWEIACHSIGE NACHFÜHRUNG

Photovoltaikanlagen mit zweiachsiger Nachführtechnologie sind komplexe Systeme. Sie ermöglichen eine sehr präzise Nachführung der Module, sind aber meist sehr wartungsaufwändig. Ziel bei der Entwicklung eines solchen Systems muss also sein, den Aufwand bei Wartung und Instandhaltung gering zu halten sowie die Komplexität zu verringern. Gleichzeitig muss eine sehr hohe mechanische Belastbarkeit über die gesamte Lebenszeit der Anlage sichergestellt sein. Denn die Modulflächen bieten große Angriffsflächen für Wind, wo bei Stürmen gewaltige Kräfte

auftreten können. Bei den so genannten Pole-Mount-Tracking-Systemen wird die Modulfläche in ihrer vertikalen und ihrer horizontalen Achse bewegt. Die Vorteile dieser Art der Nachführung sind die geringe benötigte Grundstücksfläche und die daraus resultierende Flexibilität. Alternativ kann die zweiachsige Nachführung auch mit zwei horizontalen Achsen realisiert werden. Dem gegenüber steht die einachsige Nachführtechnologie, bei der die Achse entweder vertikal, geneigt oder horizontal bewegt wird. Die unterschiedlichen Technologien sind für jeweils unterschiedliche geografische Breiten und Bodenbegebenheiten geeignet. Die einfache Bauweise der Systeme garantiert eine hohe Zuverlässigkeit und geringe Wartung dieser Nachführungssysteme. Bei einachsiger vertikaler Nachführung verbleibt die horizontale Achse starr in einem definierten Winkel. Dieses System zeichnet sich vor allem in nördlichen Breiten durch ein gutes Verhältnis von Mehrertrag zu Mehraufwand aus. Die Aufstellung unter unterschiedlichen Bodenbedingungen und die Variabilität machen es sehr flexibel. Da allerdings keine Sturmposition möglich ist, muss es so ausgelegt werden, dass es auch starken Windeinflüssen standhält. Aus dem Off-Grid Bereich in Verbindung mit thermohydraulischen Antrieben stammt eines der ältesten Nachführprodukte: die einachsige Nachführung mit einer geneigten Achse. Hierbei wird die

Modulfläche von Ost nach West bewegt. Konstruktionsbedingt ist der Azimutbereich eingeschränkt bzw. der Neigungswinkel gering. Aufgrund der auftretenden Windlasten besitzen diese Nachführanlagen bis auf Ausnahmen eine relativ geringe Modulfläche und sind somit nicht

Nachführsystem verfügt über ein Minimum an bewegten Teilen; so sind bis zu 18 Gestellreihen an nur einem Antrieb montiert. Diese Gestellreihen sind über Koppelstangen mit dem Antrieb verbunden, sodass nur diese und die Lager, auf denen sich Profile mit den Solarmodulen befinden, in Be-

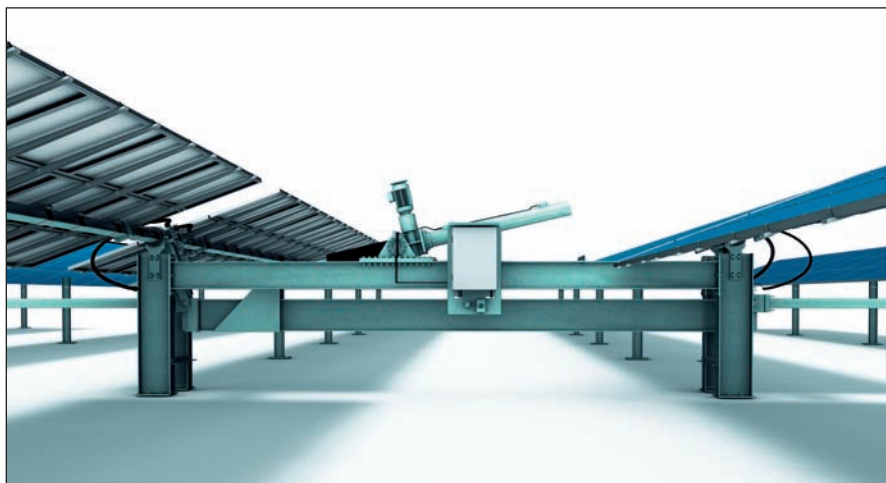


Abb.2: Steuerung und Antrieb des Nachführsystems von Voltwerk (VT single)

besonders gut für Großanlagen geeignet. Da auch hier eine Sturmposition nur bedingt möglich ist, müssen hohe statische Anforderungen an die Konstruktion gestellt werden. Ein Nachführsystem, das den oben genannten Kriterien entspricht, ist z.B. der „Voltwerk-VT single“. Mit diesem System ist es möglich, bis zu 300 kWp – das entspricht einer Modulfläche von 2.550 m² – mit nur einem Antrieb zu bewegen. Dieses

wegung sind. Diese Lager bestehen aus Kunststoff und sind absolut wartungsfrei. Die Module werden von Ost nach West bewegt, so dass der Abstand zwischen den Modulreihen gering ist. Somit ist der Flächenverbrauch nur wenig größer als der einer Anlage mit fest installierten Modulreihen. Einzige Bedingung ist, dass die Nachführsysteme auf einer ebenen Fläche installiert werden, siehe Abb.2.

DAMPF ABLASSEN?



NICHT MIT UNS!

www.spirotech.de

SPIROTOP SOLAR AUTOCLOSE SPIROVENT SOLAR AUTOCLOSE

Die ersten und einzigen dampfsicheren Solarentlüfter!

- AUTOMATISCHE UNTERSCHIEDUNG ZWISCHEN LUFT UND DAMPF
- PERMANENTE ENTGASUNG AN OPTIMALER STELLE
- EINE STÄNDIG LUFTFREIE ANLAGE
- 5 JAHRE GARANTIE



SPIROTECH
FOR BETTER PERFORMANCE

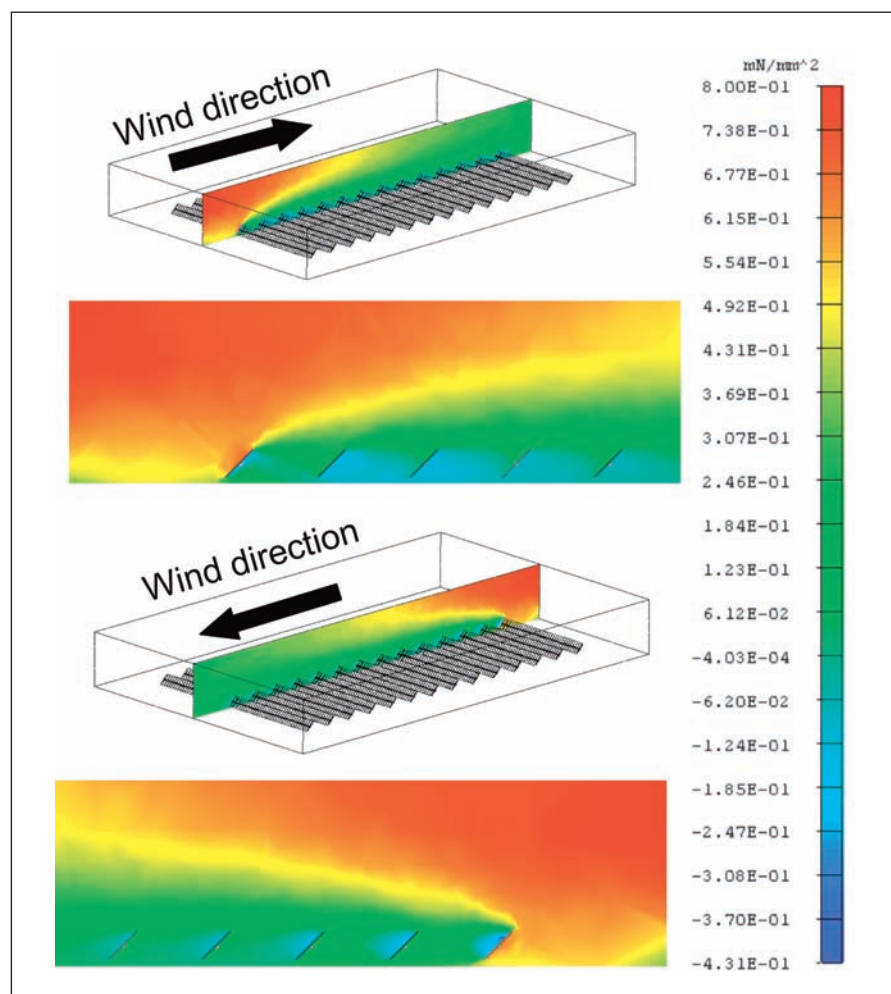


Abb.3: CFD-Strömungsanalyse eines einachsiger horizontal nachgeführter Systems

STRÖMUNGSANALYSEN VERHINDERN STURMSCHÄDEN

Bei der Entwicklung solch großer Systeme steht neben den Service- und Wartungskosten auch die Gefahr von Sturmschäden im Blickpunkt. Um die Auswirkungen der auftretenden Kräfte bei hohen Windstärken zu simulieren, werden unterschiedliche Methoden angewandt. Die so genannte Finite-Elemente (FE)-Methode berechnet die Auswirkungen der Kräfte auf das Material. Allerdings wird dabei von einer Last ausgegangen, die gleich verteilt auf eine Fläche auftrifft.

Da Sturmböen jedoch nie gleichmäßig auf die Modultische auftreffen, führt dies zu einer zu geringen Annahme der tatsächlich einwirkenden Kräfte. Eine entsprechende Auslegung der Konstruktion kann bei Sturm zu schweren Schäden, oder im schlimmsten Fall sogar zu einer völligen Zerstörung der Anlage führen. Voltwerk wendet deshalb zusätzlich die wesentlich

genauere CFD (Computational-Fluid-Dynamics) Analyse an. Diese Methode stellt tatsächlich angreifende Kräfte sowie Strömungs- und Druckverhältnisse wesentlich realistischer dar. Unter Berücksichtigung dieser Analysen kann die Entwicklung eines Nachführsystems eine Langzeitstabilität von mindestens 25 Jahren sicherstellen. Aus der Strömungssimulation, Abb.3, ist zu erkennen, dass vor allem die erste Gestell-

reihe den Kräften des Windes ausgesetzt ist. Somit werden nur die äußeren Reihen auf jeder Seite des Systems besonders stark belastet. Aus diesem Grund wurde das System so optimiert, dass die äußeren Gestellreihen mit verstärktem Material versehen wurden. Dies hat eine optimale Materialausnutzung und dementsprechend eine Senkung der Herstellungskosten zur Folge. Übersteigen Windstärke und die daraus resultierenden Kräfte einen vorher festgelegten Grenzwert, der z.B. beim „VT single“ bei 90 km/h liegt, fährt das Nachführsystem automatisch in eine Sturmposition, in der die Modulreihen horizontal ausgerichtet werden.

Das System ist jetzt geschützt, da der Wind unter den Modultischen hindurchfährt. Die dadurch auftretenden Ertragsverluste sind zu vernachlässigen, da im Allgemeinen bei einem schweren Sturm nur minimale Einstrahlungswerte zu erwarten sind.

GARANTIERTER MEHRERTRAG

Die Entscheidung, welche Art von System installiert werden soll, beruht nun auf der Gegenüberstellung von den zu erwartenden Mehrerträgen und den höheren Investitions- und Betriebskosten. Darüber hinaus fließen die geografische Lage des Standorts und die damit einhergehenden Einstrahlungswerte, die lokalen Einspeisevergütungen und die Modul- und Grundstückspreise in die Berechnungen mit ein. Es lassen sich daher keine allgemeingültigen Aussagen über die zu erwartenden Kosten eines Projektes treffen, da die Vielzahl der Variablen zu groß ist. Generell lässt sich sagen, dass bei unbegrenzt zur Verfügung stehender Fläche ein höherer Ertrag einfach durch zusätzliche Module

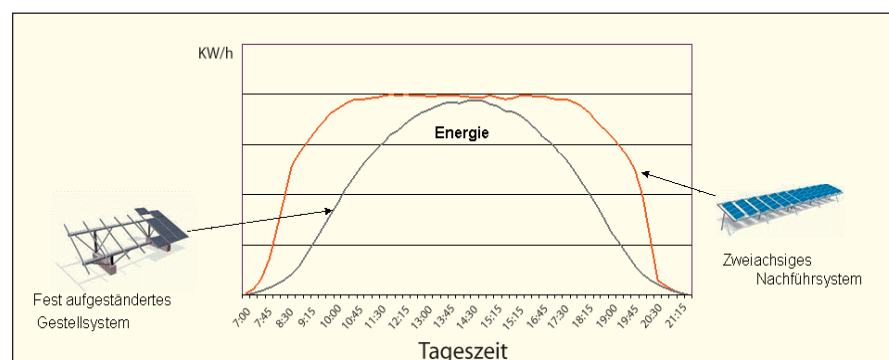


Abb.4: Vergleich zweier Anlagen in Spanien über eine Tageslänge (Entfernung voneinander: 60km)



forever clever

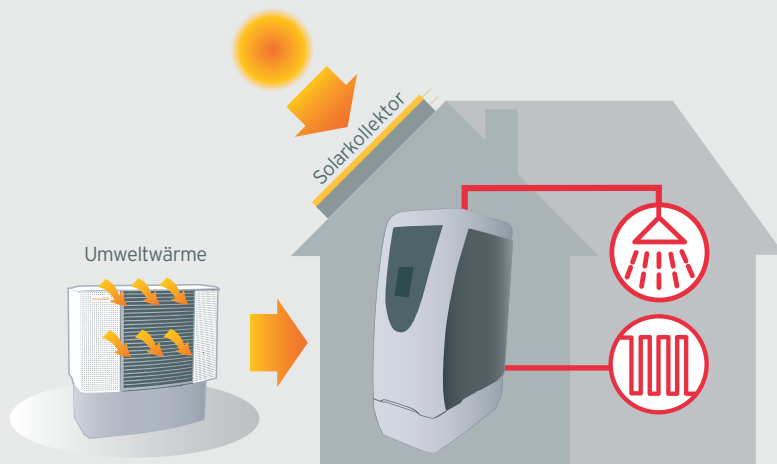
SONNENKRAFT®

powered by Danfoss

**EINFACH.
KOMPLETT.
UNABHÄNGIG.**
MIT SOLAR COMPLETE HEIZEN!



- **Komplett abgestimmt** - Solar- und Umweltwärme in perfekter Kombination.
- **Unabhängig von zusätzlichen Gewerken** - die hocheffiziente Heizungslösung aus einer Hand!
- **Einfach ohne lange Montagearbeiten** - die steckfertige Bauweise ermöglicht Plug & Flow-Betrieb!



erreicht werden kann. Ist die Fläche jedoch begrenzt oder teuer, werden Nachführsysteme wieder sehr interessant, da sie eine maximale Flächennutzung garantieren.

Um den zu erwartenden Mehrertrag zu errechnen, kann die Leistung einer PV-Anlage sowohl mit fest aufgeständerten als auch nachgeführten Modulen mittels spezieller Software simuliert werden.

Vergleicht man z.B. eine PV-Anlage in Süditalien von einer Gesamtleistung von 1 MWp mit einer Anlage, die hinsichtlich Komponenten, Auslegung, Verlustfaktoren und Fläche identisch ist, aber einachsiger nachgeführte und fest aufgeständerte Module hat, kann eine deutliche Ertragssteigerung festgestellt werden: Der spezifische Ertrag liegt in der Simulation bei der Anlage mit Nachführsystemen bei 1929 kWh/kWp/Jahr gegenüber nur 1614 kWh/kWp/Jahr bei der Anlage mit fest aufgeständerten Modulen, also ein Mehrertrag von 19,5 Prozent. Der Hauptfaktor des zustande kommenden Mehrertrages ist die Ertragssteigerung durch Nachführung vor allem in den Morgen- und Abendstunden. Bei tief stehender Sonne würden sich die Gestellreihen verschatten, was beim Nachführsystem durch so genanntes Backtracking (s.u.) ausgeschlossen wird.

Es ergibt sich eine um ca. 2,5 % bessere Performance Ratio (PR), die sich mit den Eigenverschattungsverlusten beim fest aufgeständerten System erklären lässt. Unter dem Begriff versteht man das Bewertungskriterium für die technische Qualität einer PV-Anlage. Durch diesen Wert ist eine von Anlagengröße und Standortbedingungen unabhängige Beurteilung des Betriebsverhaltens einer PV-Anlage möglich. Als Performance Ratio wird der Quotient aus dem theoretischen idealen Energieertrag der Anlage (Simulation) und dem Produkt der Nennleistung der PV-Anlage und der Einstrahlung auf der Generatorebene gesehen.

BACKTRACKING-TECHNOLOGIE

Nicht immer besteht bei der Planung einer PV-Anlage die Möglichkeit, eine gegenseitige Verschattung durch die Modulreihen zu verhindern. Auch beim Einsatz eines Nachführsystems ist dies ein wichtiger Punkt. Voltwerk sowie einige weitere Anbieter

nutzen die so genannte Backtracking-Technologie, um diese Eigenverschattung zu verhindern. Hierbei wird bei tief stehender Sonne die optimale Position zum Einfallswinkel der Direktstrahlung kurzfristig verlassen. Auch in den Wintermonaten kann so eine Ertragssteigerung durch die bessere Ausnutzung der Globalstrahlung festgestellt werden. Da sich Verschattung extrem negativ auf den Energieertrag der Anlage auswirkt, wird hier ein Mehrwert bezüglich Flächenverbrauch und Anlagenperformance erzielt. Um den Zeitpunkt der Eigenverschattung zu errechnen, wird der Steuerung ein astronomischer Algorithmus (s.u.) zugrunde gelegt.



Abb.5: Referenzprojekt einer fest aufgeständerten PV-Anlage (Wiesenbach)

Das Voltwerk-Nachführsystem kann hier speziell an verschiedene vorhandene Flächen angepasst werden. Es ist möglich, Gestellreihenabstände von 6,5 m, 7,0 m, 7,5 m oder 8,0 m zu installieren. Je nachdem, welche Variante eingesetzt wird, wird das Backtracking früher oder später aktiv werden.

STEUERUNG VON NACHFÜHRSYSTEMEN

Neben der rein mechanischen Nachführung ist die exakte Berechnung der Nachföhrbewegungen ein wesentlicher Faktor für die Effizienz eines Solarparks. Hierbei bedienen sich die Anbieter unterschiedlicher Technologien: der sensorischen, astronomischen und der kombinierten

Steuerung. Bei der sensorischen Steuerung messen Sensoren, die für jede Drehachse auf dem Modulträger angebracht sind, die Richtung der höchsten Strahlungsintensität. Dies gewährleistet auch eine Nachführung bei diffuser Lichteinstrahlung. Ändern sich jedoch die Lichtverhältnisse schnell oder treten Verschmutzungen auf den Sensoren auf, kann es zu Ungenauigkeiten im Nachföhrbetrieb kommen.

Von derartigen externen Einflüssen unabhängig und daher störungsfrei und garantiert präzise ist die Steuerung mit einem astronomischen Algorithmus. Hierbei wird die exakte Position der Sonne errechnet. Dafür werden bei Inbetriebnahme der An-

lage die Standortkoordinaten, Datum und Ortszeit in einem Mikroprozessor gespeichert. Je nach Anbieter wird die Position alle fünf bis zwanzig Minuten neu berechnet und somit die neue Winkelposition der Modultische bestimmt. Die Daten werden in der angeschlossenen Motorsteuerung verarbeitet und somit ein Verfahren der Antriebe angestoßen. Korrigierende Bewegungen werden dadurch ausgeschlossen und die Anzahl der täglichen Bewegungen so gering wie möglich gehalten. Je größer die Modulflächen sind, die jeweils ein Antrieb bewegt, desto ökonomischer ist das Nachführsystem. Das oben erwähnte System von Voltwerk kommt auf einen eigenen Energieverbrauch, der nur 0,1 % des jährlichen Ertrages für das Gesamtsystem beträgt.

MONITORING

Wie eingangs bereits erwähnt, vergrößert sich die Gefahr einer Störung, je mehr bewegliche Teile in einem Solarpark verbaut wurden. Ein Überwachungssystem einer PV-Großanlage muss folglich nicht nur die Ertragsdaten sicher auslesen, sondern auch schnell und präzise Fehler lokalisieren und melden. Eine wesentliche Rolle bei der Umsetzung eines solchen Überwachungs- und Steuerungskonzeptes einer Großanlage mit Nachführsystemen spielt die Kommunikation der elektronischen Komponenten untereinander. Ein großer Vorteil ist hierbei, wenn sämtliche Komponenten bereits als Gesamtsystem entwickelt wurden. Auf diese Weise ist gewährleistet, dass die Kommunikation aller angeschlossenen Geräte reibungslos funktioniert und keine zusätzlichen Schnittstellen benötigt werden. Das Monitoring System von Voltwerk z.B. überwacht nicht nur den Status und die korrekte Position der Modulreihen mittels Gravitationssensoren. Es veranlasst auch das automatische Verfahren des Systems in eine windneutrale Position, sollte die Windgeschwindigkeit eine bestimmte Grenze überschreiten.

Im Falle einer Störung generiert hierbei das zentrale Monitoring automatisch eine entsprechende Fehlermeldung. Eine schnelle und genaue Lokalisierung der Fehlerquelle ermöglicht das schnelle Einleiten von Gegenmaßnahmen, um so mögliche Ertragsausfälle auf ein Minimum zu reduzieren. Es zählt heutzutage zum Standard, dass die Überwachung aller Werte auch bequem via Internet vorgenommen werden kann.

AUSBLICK

Welche Rolle hocheffiziente Nachführsysteme in der Zukunft bei der Gewinnung von umweltfreundlichem Strom spielen werden, wird maßgeblich von der Preisentwicklung im Segment der Nachführung abhängen. Der zurzeit zu beobachtende Preisverfall bei Modulen stellt Entwickler und Ingenieure vor neue Herausforderungen, um in diesem Wettbewerb bestehen zu können. Besonders bei Projekten, bei denen die zur Verfügung stehende Fläche begrenzt ist, haben Nachführsysteme gute Chancen, sich Marktanteile zu sichern. Hier kann die Ertragsausbeute die höheren Investitionskosten wettmachen und den Solarpark über die gesamte Lebensdauer deutlich rentabler machen. Die Auswahl der Komponenten, bzw. die Art der Nachführung, wird hier zum Zünglein an der Waage. Je geringer das Risiko von Ertragseinbußen, desto größer die Chancen eines Großprojekts, bei den finanzierenden Banken den Zuschlag zu bekommen. Die wartungsarmen Systeme mit einachsiger Nachführung sind daher gegenüber den komplexeren, zweiachsigen Systemen deutlich im Vorteil. Analysiert man Flächenverbrauch, Belastbarkeit und Einfachheit der Konstruktion, kristallisiert sich die einachsige Nachführung mit horizontaler Achse als das zukunftsicherste Modell heraus.

Autor:

Dirk Wohlfahrt,
Product Manager PV Power Plants,
voltwerk electronics, Hamburg

Fotos / Grafiken: voltwerk
www.voltwerk.de

Die weltweit sparsamste Solar-Brennwertheizung von Junkers!

So zeigen
Ihre Kunden
den Heizkosten
die Gelbe Karte!



Bieten Sie Ihren Kunden jetzt die einfachste Art der Solareinbindung: mit der neuen Cerapur-Solar-Brennwertheizung von Junkers. Flexibler kann solare Heizungsunterstützung nicht sein. Durch zwei zusätzliche Anschlüsse ist die Installation völlig unkompliziert.



Das komplette System inklusive Solarpufferspeicher ist bereits vorkonfiguriert und kommt mit einer einzigen Bestellnummer aus. So sparen Sie Zeit – und Ihre Kunden bis zu 50% Energiekosten gegenüber herkömmlichen Brennwertgeräten.

Wärme fürs Leben

www.junkers.com

 **JUNKERS**
Bosch Gruppe

Die Welt ist keine Scheibe - Ihre Anzeigen auch nicht [...]

Anmeldung
Service-Box



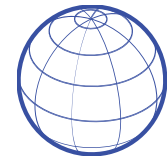
innovatools

Werkzeuge für den Erfolg

Fach.Journal

Fachzeitschrift für Erneuerbare Energien & Technische Gebäudeausrüstung

[Hier mehr erfahren](#)



innovapress

*Innovationen publik machen
schnell, gezielt und weltweit*

Filmproduktion | Film & Platzierung | Interaktive Anzeige | Flankierende PR | Microsites/Landingpages | SEO/SEM | Flashbühne