



Solare Nachführsysteme
Immer der Sonne nach
Erneuerbare Energien 7 / 2006

Eine technisch gut und am geeigneten Standort geplante nachgeführte Photovoltaikanlage bietet zahlreiche Vorteile. Ein Beitrag von Michael Behlau

Immer der Sonne nach: nachgeführte PV-Systeme

Die Luft wird bei der Rendite von PV-Anlagen immer dünner. Grund ist zum einen die Degression der Vergütung im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Darüber hinaus haben Länder wie Griechenland, Italien und Spanien attraktive gesetzliche Vergütungsregelungen geschaffen, so dass die Hersteller von PV-Modulen längst nicht mehr auf den deutschen Markt angewiesen sind. Dieses alles führt zu einer Knappheit von Modulen und zu steigenden Modulpreisen.

Wer mit Freiflächenanlagen Geld verdienen will, ist gezwungen die Effizienz zu erhöhen. Neben (marginal) höheren Modulwirkungsgraden (die preislich nur bedingt weitergegeben werden) versprechen so genannte Nachführsysteme einen deutlich höheren Ertrag. Bei nachgeführten PV-Anlagen sind die Module auf einem Trägersystem montiert, das in ein oder zwei Achsen beweglich ist und dem jeweiligen Sonnenstand nachgeführt wird. Da Solarmodule am meisten Energie liefern, wenn die Sonne senkrecht auf die Zellen fällt, kann der Energieertrag durch die Nachführung deutlich gesteigert werden.

In südlichen Ländern werden inzwischen etwa 40 % aller Neuprojekte mit nachgeführten Systemen geplant. Es stellt sich die Frage, ob mit nachgeführten Systemen in hiesigen Gefilden der Zwickmühle zwischen steigenden Kosten und sinkender Vergütung (zumindest temporär) entgangen werden kann. Auf jeden Fall bieten nachgeführte Systeme potenziellen Investoren eine sehr

gute Gelegenheit sich – vollkommen losgelöst von Dachflächen und den mit deren Anpachtung verbundenen juristischen, zwischenmenschlichen und technischen Unwegsamkeiten – im Bereich der Photovoltaik ernsthaft zu engagieren. Voraussetzung hierfür sind jedoch technisch zuverlässige Nachführsysteme in Verbindung mit einer geschickten Projektierung, in der die wesentlichen sonnentecnischen, elektrotechnischen, mechanischen und juristischen Aspekte berücksichtigt wurden. Insofern bietet ein Engagement in Nachführsysteme sowohl Chancen als auch Risiken. Es gilt, kritisch zu prüfen und sorgfältig auszuwählen.

Nachgeführte PV-Systeme

Auf dem Markt haben sich inzwischen verschiedene Systeme entwickelt, die sich im wesentlichen durch folgende Aspekte unterscheiden:

Mechanische Aspekte

Es überrascht, aber Nachführsysteme sind nicht nur für Freilandanlagen erhältlich. Ein Hersteller bietet Nachführsysteme auch für Flachdächer an. Grundsätzlich kann die Nachführung ein- oder zweiachsig erfolgen. Bei der einachsigen Nachführung wird das System horizontal mit der Sonne im Tagesverlauf geführt. Bei zweiachsigen Systemen wird die Anlage auch vertikal geführt. Die installierte Leistung je System wird durch die Größe der Trägerkonstruktion bestimmt. Derzeit

gibt es kleinere Modelle für zwei oder vier Module bis hin zu großen Einheiten mit bis zu 180 Modulen. Dementsprechend liegt die Leistung zwischen 0,1 bis 40 kWp je Nachführsystem.

Es wird zwischen aufgeständerten Anlagen (so genannte Solarbäume) und nachfahrenden Systemen (Trägersystem fährt auf Schienensystem) unterschieden. Die aufgeständerten Systeme sind tendenziell zweiachsig nachgeführt, Schienensysteme tendenziell nur einachsig.

Das Fundament, mit dem die Trägerkonstruktion am Boden verankert ist, besteht meist aus Beton. Wegen der geringen Rückbaukosten setzen einige Hersteller auch auf Erdschrauben. Diese lassen sich jedoch nur bei Kleinanlagen realisieren.

Einige Systeme sind statisch nicht für hohe Windlasten ausgelegt, so dass sie bei Windböen in eine so genannte Windposition (waagrecht) fahren. Die Aussage dieser Hersteller, dass bei Wind keine Sonne vorhanden wäre, irritiert eher. Großanlagen sind tendenziell so ausgelegt, dass sie auch hohen Windlasten trotzen und keine Windposition benötigen.

Einige Hersteller bieten kleinere Einheiten speziell für Anlagen um 100 kW an (Hausgebrauch), andere setzen ausschließlich auf große Solarparks und sind entsprechend professionell ausgelegt.

Elektrische Aspekte

Der Antrieb erfolgt meist über einen Elektromotor. Dessen hohe Drehzahl

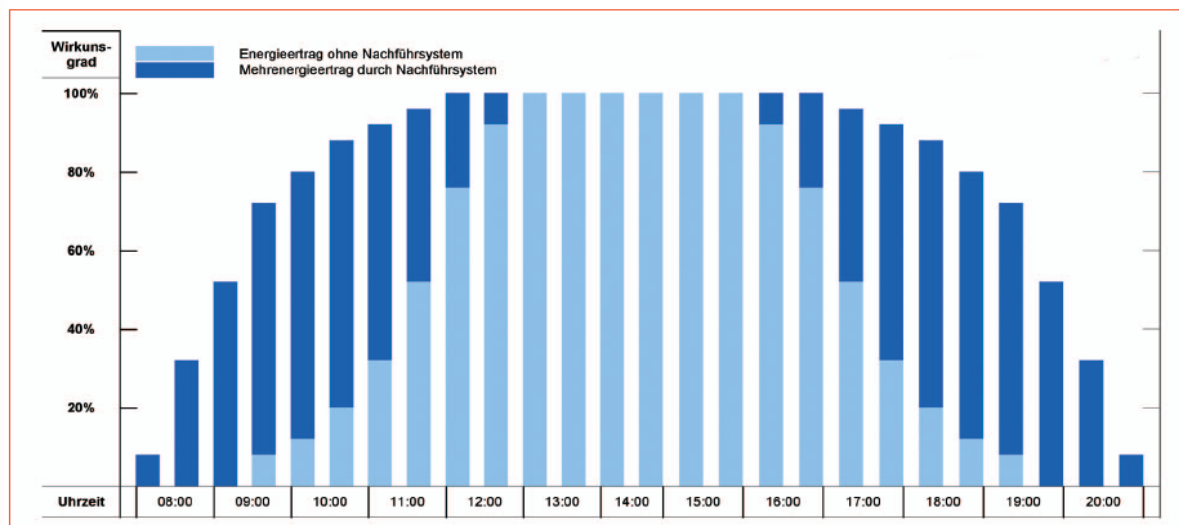


Abbildung 1: Mehrertrag einer nachgeführten PV-Anlage im Tagesgang.

Quelle: www.sun-driver.de

ist per Getriebe in eine langsame Axialbewegung zu wandeln. Hier gibt es technisch riesige Unterschiede – sie reichen von einer einfachen Zahnstangen-Zahnschneckenverbindung (deren Fett schnell aushärtet und nachgeschmiert werden muss) bis hin zu permanentgeschmierten Planetengetriebe.

Der Wechselrichter kann dezentral installiert sein (jedes Nachführsystem verfügt über einen eigenen Wechselrichter und stellt somit ein mehr oder weniger autarkes System dar) oder zentral (wobei lange Gleichspannungskabel erforderlich sind, die zu hohen Leistungsverlusten führen).

Steuerungen

Die Anlage kann astronomisch gesteuert werden. Der jährliche und tägliche Sonnenverlauf ist dabei programmiert und wird jedes Jahr – unabhängig von der aktuellen Bewölkungssituation – gefahren. Eine systemprogrammierte Steuerung (SPS) entspricht dabei dem Industriestandard.

Bei sensorgesteuerten Systemen reagiert die Anlage auf die individuellen Lichtverhältnisse. Leider ist die Sensorsteuerung sehr empfindlich und führt häufig zu Fehlpositionierungen.

Wirtschaftliche Aspekte

Abhängig von der Größe schwankt der spezifische Anlagenpreis für das Trägersystem zwischen etwa 800 Euro/kWp und 1.600 Euro/kWp. Tendenziell ist daher bei größeren Nachführsystemen ein deutlich höherer wirtschaftlicher Effekt gegeben.

Einflüsse auf den Mehrenergieertrag

Um die Zusammenhänge zwischen Nachführung und dem dadurch zu erzielenden Mehrenergieertrag zu verstehen, ist die Sonnenstrahlung/Solarstrahlung näher zu betrachten. Die Globalstrahlung, also die gesamte auf eine (waagerechte) Fläche bezogene, auftreffende Sonnenstrahlung setzt sich aus direktem und indirektem Lichteinfall zusammen.

Als direkte Strahlung wird derjenige Anteil der Solarstrahlung bezeichnet, der ohne Streuung durch die Erdatmosphäre auf die Erdoberfläche trifft. Dies ist bei klarem Himmel der Fall. Direktes Licht wirft – im Gegensatz zur diffusen Strahlung – einen „scharfen“ Schatten. Sie kann für die solare Stromerzeugung genutzt werden. Dabei ist diese lineare Strahlung am effizientesten, wenn sie möglichst senkrecht auf die Module auftrifft. Die indirekte Strahlung ist die Summe aus der so genannten diffusen

Strahlung und der Reflexionsstrahlung. Diffuse Strahlung erreicht die Erdoberfläche bei dunstiger Atmosphäre. Das Sonnenlicht wird an Wolken, Dunst oder Nebel zerstreut und trifft nicht geradlinig – wie bei der direkten Strahlung – auf die Erde. Diffuses Licht bildet einen Schatten, der nicht scharf begrenzt ist. Die von der Umgebung auf eine Empfangsfläche geworfene direkte und diffuse Sonnenstrahlung wird als reflektierte Solarstrahlung bezeichnet. Sie ist nur bedingt für die Stromerzeugung nutzbar. Grundsätzlich nimmt der Anteil der direkten Strahlung zu, wenn der geographische Standort sich dem Äquator nähert – der Anteil der indirekten Strahlung nimmt dabei ab. Durch die Nachführung wird die technische Möglichkeit geschaffen, die für die Stromerzeugung wesentlich bedeutsamere direkte Strahlung über mehr Tagesstunden senkrecht auf die Module aufzutreffen zu lassen.

Im Hinblick auf die geographischen Einflüsse ist der Mehrertrag davon abhängig, wie nah das Nachführsystem am Äquator steht. Insofern ist zunächst festzustellen, dass südliche Länder (Griechenland, Italien, Spanien) nicht nur über deutlich mehr Sonnenstunden verfügen, sondern dass sich auf Grund des dortigen höheren Anteils der direkten Strahlung dieser Mehrertrag durch das Nachführsystem nicht nur absolut, sondern auch relativ stärker positiv auswirkt, als wenn sich das Nachführsystem in Mitteldeutschland oder an der deutschen Küste befindet.

Mehrertrag

Die Mehrerträge werden von einigen Stellen mit 20 bis 30 %, von anderen Stellen mit bis zu 40 % angegeben. Der geographische Aspekt ist sicherlich einer der Gründe dafür, dass die Angaben über die erzielten Mehrerträge durch nachgeführte PV-Anlagen deutlich voneinander abweichen. Dem Autor sind Vergleichsbetrachtungen bekannt, bei denen die realen Mehrerträge zwischen 20 % und 40 % an einem mitteldeutschen Standort je Monat betragen. An Einzeltagen, an denen bei der nicht-nachgeführten Vergleichsanlage während der Mittagszeit Bewölkung zu einer geringen direkten Strahlung führt, wird durch die Nachführung etwa der doppelte Ertrag erzielt; weil durch die Nachführung die Direktstrahlung der Morgen- und Abendstunden zu höheren Erträgen führt als durch die geringen Mehrerträge zur Mittagszeit.

Der Projektentwickler hat neben der Standortwahl auch durch die Wahl der Mechanik (Zuverlässigkeit, Verfügbar-

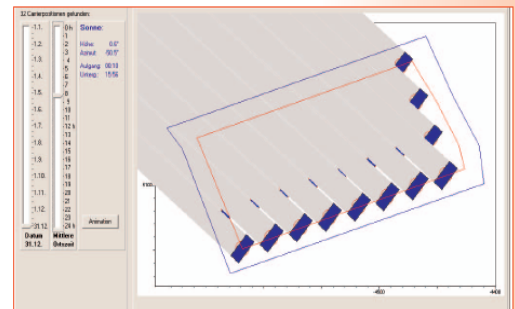
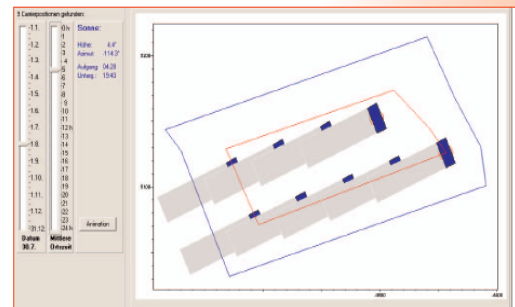
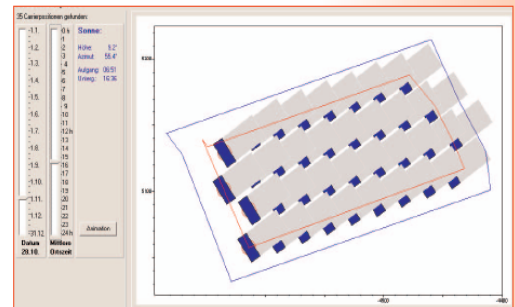
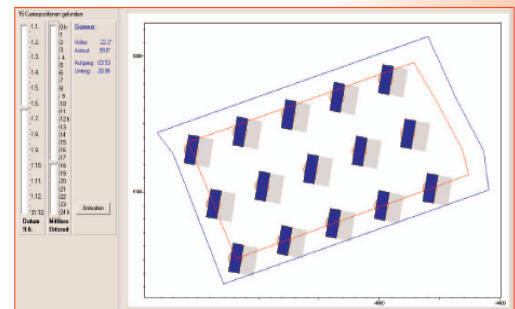
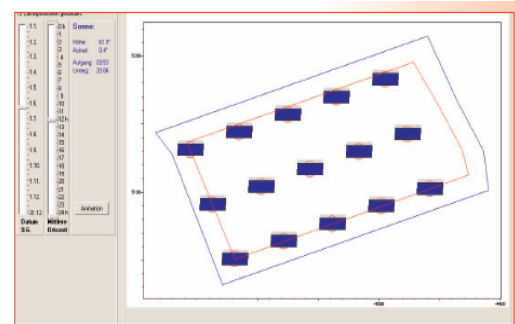


Abbildung 2: Simulationen zur Berechnung der gegenseitigen Beschattung von PV-Modulen in einem Solarpark.

keit, Nicht-Windposition), der Elektronik (optimale Wahl der Module und Wechselrichter, geringe Leitungsverluste) und Steuerung (Ertragsoptimierung durch Master-Slave-Steuerung, Nachführsteuerung) Einfluss auf die Höhe des Mehrertrags. Insofern ist man gut beraten, vor einem Engagement das jeweilige Projekt genauestens zu prüfen.

Die zweiachsige Nachführung lässt einen zusätzlichen Mehrertrag von etwa 5 % erwarten. Dem stehen jedoch deutliche Kosten für diese Zusatzfunktion sowohl in der Anschaffung als auch in der Wartung gegenüber. Sie birgt zudem das deutlich höhere Risiko für Störungen.

Die Erfahrungen des Autors stimmen in etwa mit den Erfahrungen des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) in Stuttgart überein. Dort hat man Mehrerträge zwischen 20 und 30 % festgestellt.

Zahlreiche Vorteile

Eine technisch gut und am geeigneten Standort geplante, nachgeführte PV-Anlage bietet zahlreiche Vorteile:

- Sie bietet Einzelinvestoren die Möglichkeit, eine vollständige, technisch ausgereifte, eigenständige PV-Anlage zu betreiben, ohne das eigene Haus für eine PV-Anlage zu nutzen (zum Beispiel für norddeutsche Investoren in Süddeutschland, oder für deutsche Investoren an einem spanischen Standort).
- Die abgeschlossene Einheit hat gegenüber einer Beteiligung im Rahmen eines Beteiligungsmodells im Hinblick auf § 15 b EStG die Möglichkeit der uneingeschränkten Verlustzuweisung (weil es sich um eine eigenständige, abgegrenzte Einheit handelt – sofern kein Modellcharakter vorliegt und der Verkäufer nicht auch die Finanzierung etc. leistet).
- Durch die Möglichkeit der erstrangigen Eintragung einer persönlich beschränkten Dienstbarkeit bieten Nachführsysteme eine hohe Rechtssicherheit. Eine hohe Rechtssicherheit resultiert auch aus der Baugenehmigung, die für ein solches System erforderlich ist.
- Als Freilandanlage werden Nachführsysteme aufgrund der besseren Kühlung durch die optimale Hinterlüftung nicht so heiß wie zum Beispiel Dachanlagen. Dies führt zu einem höheren Energieertrag und einer längeren Lebensdauer der Module.
- Gerade im Hinblick auf die Erfahrungen wegen Schneelasten und der Rechtsunsicherheit bei Dachanlagen

(§ 95 BGB) stellen nachgeführte PV-Anlagen, die in sich ein geschlossenes Kraftwerk darstellen, eine echte Alternative zu Dachanlagen dar.

- Vorteilhaft ist vor allem die Sonderrechtsfähigkeit. Nachführsysteme, insbesondere wenn sie eine abgeschlossene PV-Anlage darstellen (also Wechselrichter etc. enthält), können der finanzierenden Bank sicherungsübereignet werden. Dadurch entfällt die Eintragung einer Grundschuld und die Bonität des Investors bleibt erhalten. Die unbegrenzte Größe durch den Erwerb mehrerer Nachführsysteme, die ständig optimale Ausrichtung zur Sonne und der daraus resultierende hohe Anlagenwirkungsgrad, die gute Hinterlüftung sowie eine sehr gute Zugänglichkeit für Wartung sind wichtige Aspekte, die für nachgeführte PV-Anlagen sprechen, gleichwohl sind in der Planung wichtige Aspekte zu beachten.

Wichtige Planungsaspekte

- Wählt der Projektentwickler Standort, Mechanik, Elektronik und Steuerung nicht sorgfältig aus, besteht die Gefahr einer hohen Störanfälligkeit der Nachführaggregate in Verbindung mit hohen Wartungs- und Instandhaltungskosten.
- Insbesondere sind nur Wechselrichter zu verwenden, die auch outdoor-gesiegt sind. Ebenso sind frei liegende Zahnstangen und gefettete Ketten problematisch. Wichtig ist auch, dass die Materialien hinsichtlich der elektrochemischen Spannungsreihe aufeinander abgestimmt sind.
- Wie alle Freilandanlagen bedarf es besonderer Maßnahmen hinsichtlich des Diebstahlschutzes. Hier kann auf bewährte Technik zurückgegriffen werden, wobei zu bedenken ist, dass bei dezentralen Wechselrichter auch die Wechselrichter vor unliebsamen Gästen zu schützen ist.
- Um eine Beschattung bei tief stehender Sonne in den Morgen- und Abendstunden zu vermeiden, ist der Flächenbedarf größer als bei einer starren Aufständigung.
- Das Trägersystem sollte statisch für hinreichend große Lasten ausgelegt sein. Das kostet Material und Geld. Gerade im Hinblick auf die hohen Windlasten gilt hier der Spruch: Viel hält viel.
- Um eine Beschattung bei tiefstehender Sonne zu den Morgen- und Abendstunden (Direktstrahlung) zu vermeiden, ist bei Solarparks zwischen den Nachführsystemen ein hinreichend großer Abstand zu wählen. Hier sind Schattenwurfanalysen uner-

lässlich. Hinreichende Abstände müssen auch zur Bewaldung und Bebauung eingehalten werden, insbesondere wenn diese östlich und westlich gelegen sind. Insgesamt ist der Flächenbedarf je installierter Leistung größer als bei einer starren Aufständigung.

- Sinnvoll – und von den Versicherungen allgemein gefordert – ist ein hinreichendes Schutzkonzept wie Zaunanlage, Alarmanlage und Videoüberwachung. Darüber hinaus ist eine Zugangskontrolle heute technisch einfach realisierbar.
- Ebenso wie nicht-nachgeführte Systeme ist eine Realisierung nur in Gebieten möglich, die im Flächennutzungsplan der Gemeinde für die Errichtung und das Betreiben von Solaranlagen ausgewiesen sind.
- Sind für den Investor steuerliche Aspekte bedeutsam, sollte er die Angebote der Anbieter unbedingt auf Modellcharakter prüfen lassen. Andernfalls besteht die Gefahr, dass in einigen Jahren eine Nachversteuerung erfolgt, weil die Verlustzuweisung nicht anerkannt wird.
- Beim Erwerb sollte der Liefer- und Leistungsumfang ausführlich geprüft werden.
- Nachgeführte PV-Systeme sind nicht wartungsfrei (was auch andere Freilandanlagen nicht sind). Insofern ist für den Erfolg auch der Nachweis eines qualifizierten Kontroll- und Wartungskonzeptes zwingend erforderlich.

Fazit

Die Qualität und der Mehrertrag nachgeführter PV-Anlagen sind vom Standort und dem System abhängig. Eine pauschale Aussage über den wirtschaftlich positiven Effekt von Nachführsystemen kann daher nicht getroffen werden. Sicher ist jedoch, dass nachgeführte PV-Anlagen ihren Platz im Energiemix finden werden. Erfolgversprechend ist die Wahl eines erfahrenen Projektentwicklers, der sich nicht auf Experimente einlässt, sondern auf geeigneten Standorten ausschließlich zuverlässige und bewährte Technik einsetzt und das genehmigungsrechtliche Verfahren und wirtschaftlich-juristische Konzept so aufbaut, dass es einer steuerlich rechtlichen Prüfung stand hält. Grundsätzlich stellen gut geplante und technisch hochwertig ausgeführte Nachführsysteme ein interessantes Investorenmodell als eine echte Alternative zu Beteiligungsmodellen dar. ■