

Energieerträge eines Next2Sun Agri-PV- Systems im Vergleich zu herkömmlichen bifazialen vertikalen PV-Systemen

Dr. Joris Libal, Jens Eickelmann

*International Solar Energy Research Center
ISC Konstanz*

ZUSAMMENFASSUNG

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse einer am ISC Konstanz durchgeführte Studie zum Energieertrag von vertikal bifazialen PV Systemen zusammen. Ziel der Studie war es, beispielhaft für ein Ost-West-orientiertes PV System an einem Standort in Süddeutschland, den zu erwartenden jährlichen Energieertrag eines Next2Sun PV Systems mit dem eines typischen, marktüblichen vertikal-bifazialen PV System zu vergleichen. Die Ertragssimulation wurde mit dem am ISC seit 2015 in Entwicklung befindlichen Simulationsmodell MoBiDiG durchgeführt. Dabei wurde für beide Systeme jeweils insbesondere der unterschiedliche Einfluss der Verschattung durch den Modulrahmen und das Gestellsystem quantifiziert und bei der Berechnung des Energieertrags entsprechend berücksichtigt.

Das Ergebnis dieser Analyse bestätigt die Vorteile des Next2Sun Systems sehr deutlich: dank einer intelligenten Auswahl der verwendeten PV Module und des optimierten Designs erzeugt das Next2Sun System im Vergleich zum alternativen System 24% mehr Energie bei gleicher installierter Modul-Nennleistung.

Autoren: Dr. Joris Libal, Jens Eickelmann

International Solar Energy Research Center Konstanz e.V., Konstanz 2023

1. MOTIVIATION

Agri-PV-Anlagen, insbesondere wenn sie als vertikale bifaziale PV Systeme ausgelegt sind, erlauben es, die Synergieeffekte zwischen Landwirtschaft und erneuerbarer Energieerzeugung effektiv zu nutzen. Solche vertikalen PV Systeme ermöglichen eine Doppelnutzung der verfügbaren Feldfläche während die Solarmodule regenerativen, emissionsfreien Strom erzeugen, kann gleichzeitig das Land zwischen den Modulreihen weiterhin landwirtschaftlich genutzt werden, wobei sich die Anwesenheit der Solarmodule - je nach Standort – auch positiv auf das Mikroklima und somit auf die Produktivität der landwirtschaftlichen Fläche auswirken kann. Um den Gesamtwert eines solchen Agri-PV Systems so hoch wie möglich zu gestalten wird die Systemauslegung idealerweise in Bezug auf den Energieertrag und unter Berücksichtigung der landwirtschaftlichen Nutzung der Fläche

optimiert. Mit dieser Zielsetzung wurde am ISC Konstanz eine entsprechende Studie durchgeführt. Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse dieser Studie zusammen. Ziel der Untersuchung war es, die Energieertragsdifferenzen für Agri-PV-Anlagen des vertikalen Next2Sun-Gesamtkonzepts im Vergleich mit einem typischen, vertikal-bifazialen System von Mitbewerbern zu quantifizieren.

2. BESCHREIBUNG DER PV SYSTEME

Um einen objektiven Vergleich zwischen den Next2Sun System und dem der Mitbewerber („alternatives vertikal-bifazial“) zu ermöglichen, wurde angenommen, dass beide Systeme am gleichen Standort installiert sind. Als Standort wurde die Gemeinde Aasen bei Donaueschingen in Baden-Württemberg gewählt. Grund hierfür ist, dass Next2Sun an diesem Standort bereits ein Agri-PV-System betreibt.



Abbildung 1: Traktor bei der Mahd an einem Next2Sun Agri-PV System bei Donaueschingen

(Bildquelle: Next2Sun)

2.1 Standort Aasen: geographische Lage und Wetterdaten

Aasen liegt in Baden Württemberg in der Gemeinde Donaueschingen. Die geographischen Koordinaten lauten wie folgt:

- 47° 59' nördlicher Breite
- 8° 33' östlicher Länge
- 679 m Höhe über N.N.

Die Wetterdaten wurden aus der Meteonorm-Datenbank (Version 8.0) für den Standort Aasen entnommen, womit für jeden Zeitpunkt im Jahr (stündliche Auflösung) ein Wert für die Sonneneinstrahlung, die Temperatur und die Windgeschwindigkeit zur Verfügung steht. Diese Werte werden dann als Eingabeparameter für die Berechnung der jeweiligen elektrischen Momentanleistung der beiden PV-Systeme verwendet. Die jährlichen Werte für Aasen lauten:

- Kumulative Globale Horizontalstrahlung (GHI): 1175 kWh/m²
- Kumulative diffuse Horizontalstrahlung (DHI): 575 kWh/m²
- Durchschnittliche Umgebungstemperatur: 8,5°C
- Durchschnittliche Windgeschwindigkeit: 2,9 m/s

Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten wurde außerdem angenommen, dass beide PV-Systeme auf einer ebenen horizontalen Fläche installiert wurden und keine Abschattung durch Bäume oder Geländeerhebungen in der näheren Umgebung erfolgt.

Für den in Aasen typischen Grasuntergrund wurde über das Jahr hinweg ein durchschnittlicher Albedo von 20% angenommen.

2.2 Ausrichtung und Reihenabstand

Für beide vertikal-bifazialen PV-Systeme wurde eine Ost-West-Ausrichtung angenommen, wobei die Modul-Vorderseite jeweils in Richtung Osten ausgerichtet ist. Die Höhe der Modulunterkante über dem Untergrund beträgt für beide Systeme 0,8 m. Der Reihenabstand wurde so gewählt, dass für beide Systeme jeweils der gleiche Reihenverschattungswinkel vorliegt. Auf diese Weise sind die Verluste beim jährlichen Energieertrag durch gegenseitige Verschattung der Reihen für beide Systeme identisch und beeinflussen somit nicht den Vergleich zwischen beiden Systemkonfigurationen.



Abbildung 2: Next2Sun Agri-PV System (Bildquelle: Next2Sun)

2.3 Alternatives vertikal-bifaziales System (PV-System des Mitbewerbers)

Das alternative System ist aus marktüblichen, gerahmten PERC Modulen aufgebaut. Die modulspezifischen Parameter wurden vom TÜV Süd verifiziert und vom ISC Konstanz in die Berechnung und Simulation eingepflegt.

Für beide Systeme wurde ein einheitlicher Reihenverschattungswinkel von 12° angenommen. Gemäß der beim alternativen System typischen Konfiguration mit vertikal („Portrait“) orientierten Modulen und einer Kollektorhöhe von 2,4 m ergibt sich daraus ein Reihenabstand von 11,5 m. Beim Gestellsystem von Next2Sun mit 2 horizontal orientierten Modulen übereinander, ergibt sich ein Reihenabstand von 10m.

Weiterhin wurde die Rahmengeometrie der Referenz Solar-Module analysiert und mit dem in [i] untersuchten Szenario verglichen. Next2Sun hat außerdem eine Feldstudie durchgeführt, bei der der Energieertrag

verschiedener vertikal-bifazialer Systeme über 12 Monate gemessen wurde. Die dabei aufgezeichneten Daten wurden für diese Studie zur Verfügung gestellt, vom ISC analysiert und in die Berechnung des Energieertrags miteinbezogen.

2.4 Simulation des jährlichen Energieertrags mit MoBiDiG

Da die Wahl des Inverter-Modells und im Allgemeinen die Auslegung der AC-Seite des PV Systems unabhängig von der eigentlichen Technologie und Konfiguration des vertikal-bifazialen PV Systems ist, wurden die Ertragssimulationen für die DC-Werte des Systems durchgeführt.

Die Simulation des jährlichen DC-Energieertrags wurde dabei – unter Verwendung der oben angegebenen Eingabeparameter sowie der von den Modulherstellern zur Verfügung gestellten .pan-files - mit dem am ISC eigens für bifaziale und für vertikal-bifaziale PV Systeme optimierte Simulationsmodell

MoBiDiG („modelling of bifacial distributed gain“, siehe z.B. [ii],[iii],[iv] durchgeführt. Dabei wurden die in 2.3 beschriebenen Erkenntnisse mit einbezogen. Die Ergebnisse dieser Simulationen sind in

Tabelle 1 aufgeführt. Unter Berücksichtigung der zu Beginn angegebenen Reihenabstände beider Systeme, zur Erfüllung des gleichen

Verschattungswinkels, ergibt sich mit dem Next2Sun Anlagensystem eine höhere Belegungsichte von 6,5% zusätzlich zum höheren Systemertrag. Der jährliche spezifische Energieertrag pro m² Feldfläche liegt somit um 32% höher als bei dem Vergleichssystem.

Tabelle 1: jährlicher spezifischer DC-Energieertrag unter Berücksichtigung der verschattungsgebenden Elemente und prozentualer Mehrertrag des Next2Sun-Systems im Vergleich zum alternativen System

System Konfiguration	kWh/kWp/Jahr	Leistung pro m2 Feldfläche [Wp/m2]	Jährliche kWh/m2 Feldfläche
Alternativ	977	38,7	37,8
Next2Sun	1208 (+24%)	41,2	49,7 (+32%)

2.5 Schlussfolgerung

Ziel der vorliegenden Studie war es, den zu erwartenden jährlichen Energieertrag eines herkömmlichen vertikal-bifazialen PV Systems mit dem des Next2Sun Systems zu vergleichen. Dabei wird angenommen, dass beide Systeme am gleichen Standort und mit vergleichbarer Geometrie (Ausrichtung, Verschattungswinkel, Höhe über dem Untergrund ...) installiert werden. Das ISC Konstanz hat alle hierfür erforderlichen Daten und Informationen über den Standort, die verwendeten PV Module sowie die Gestellsysteme gesammelt, eine Literaturstudie durchgeführt und von Next2Sun zur Verfügung gestellte Felddaten analysiert. Auf Basis dieser Daten wurde am ISC für beide PV Systeme der jährliche Energieertrag mittels des ISC-eigenen Simulationsmodells MoBiDiG berechnet und

der jeweilige Einfluss der Verschattung durch Modulrahmen und Gestellsystem evaluiert. Der Vergleich des mit dem Next2Sun System zu erwartenden jährlichen Energieertrags (kWh/kWp/Jahr) mit dem des alternativen Systems ergibt einen Mehrertrag von 24% des Next2Sun Systems. Bei Betrachtung des auf die Feldfläche bezogenen spezifischen Jahresertrags (kWh/kWp/m2) ergibt sich sogar ein Vorteil des Next2Sun Systems von 32%. Aus der Analyse beider Systeme ergab sich, dass der signifikant höhere Ertrag des Next2Sun Systems durch die grundlegend ertragsoptimierte Bauweise des gesamten Systems erzielt werden kann.

Literatur

ⁱ Jorge Rabanal Arabach, Andreas Schneider , Milica Mrcarica , Radovan Kopecek ,“The Need of Frameless Mounting Structures for Vertical Mounting of Bifacial PV Modules, proceedings of the 32nd EUPVSEC, Munich, 2016

ⁱⁱ D. Berrian, “Accuracy of Ray Tracing and View Factor Optical Models For Energy Yield Prediction of Fixed Tilt and Tracked Bifacial PV Systems”, Dissertation Universität Freiburg 2020

ⁱⁱⁱ I. Shoukry, J. Libal, R. Kopecek, E. Wefringhaus and J. Werner, “Modelling of Bifacial Gain for Stand-alone and in-field Installed Bifacial PV Modules,” Energy Procedia, vol. 92, pp. 600-608, 2016.

^{iv} Djaber Berrian, Joris Libal, Markus Klenk, Hartmut Nussbaumer, Radovan Kopecek, “Performance of Bifacial PV Arrays with Fixed Tilt and Horizontal Single Axis Tracking: Comparison of Simulated and Measured Data”, IEEE Journal of Photovoltaics, 2019