



Bewertung verschiedener Einstrahlungsquellen für PV-Ertragsprognosen

Dipl.-Ing. (FH) André Schumann

1. Kontext

Für jeden Investor in photovoltaische Energiesysteme ist der zu erwartende Stromertrag von entscheidender Bedeutung. Neben den technischen Komponenten und deren Zusammenwirken bestimmt vor allem die Höhe der solaren Einstrahlung die elektrische Erzeugung des Systems. Aufgrund der hohen örtlichen Variabilität der Einstrahlung wird die Produktion für fast alle Projekte mit individuellen Ertragsabschätzungen ermittelt. Hierbei stellt sich das Problem der Auswahl aus mehreren verfügbaren Einstrahlungsdatenquellen mit teils größeren Abweichungen untereinander. Bild 1 stellt beispielhaft die mittlere jährliche horizontale Globalstrahlung in München nach Aussage von fünf anerkannten Quellen dar.

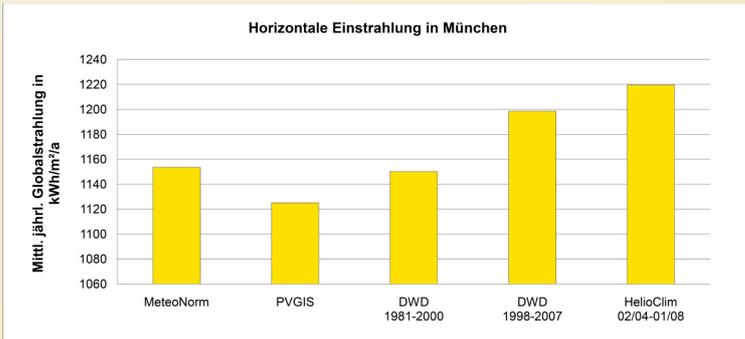


Bild 1: Unterschiedliche Höhe der zu erwartenden Einstrahlung je nach Quelle

Durch eine überlegte Gewichtung mehrerer Quellen erhöht sich die Verlässlichkeit gegenüber einer einzelnen Quelle. Dabei ist es entscheidend, die wesentlichen Ursachen der zum Teil hohen Varianzen zu kennen. In den folgenden Abschnitten werden die drei Hauptkriterien näher beschrieben:

- Länge der Mittelungsperiode
- Aktualität der Daten
- Methodik (Bodenmesswerte, Interpolation, Ableitung aus Satellitenbildern)

2. Aktualität und Länge der Mittelungsperiode

Die Bedeutung der Aktualität und Länge der Mittelungsperiode soll anhand von Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) verdeutlicht werden. Als Beispiel dienen die vier deutschen Standorte Flensburg (Nord), Frankfurt Oder (Ost), München (Süd) und Düsseldorf (West) für die jeweils das langjährige Mittel des Zeitraums 1981-2000 und die einzelnen Einstrahlungssummen der Jahre 1998-2007 betrachtet werden. Die vier Diagramme in Bild 2 zeigen die prozentuale Abweichung der Einstrahlung der letzten Jahre vom Mittel 1981-2000, das vielen Ertragsgutachten zugrundeliegt.

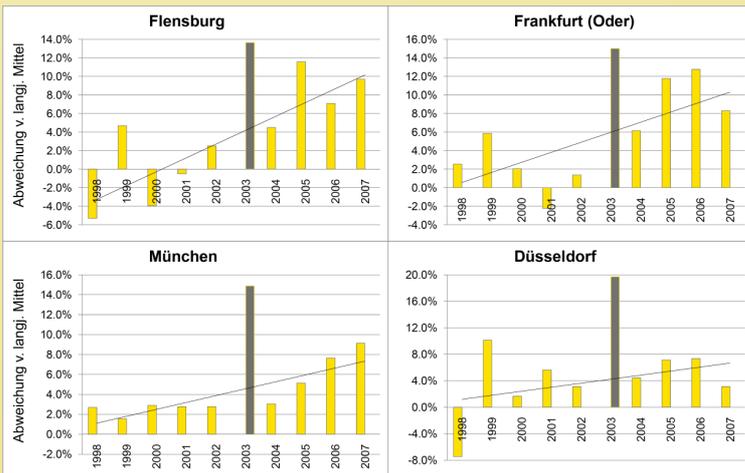


Bild 2: Abweichung der horizontalen Einstrahlungssummen in den Jahren 1998 bis 2007 gegenüber dem Mittelwert 1981-2000

Für alle vier Standorte lässt sich eine teils deutliche Tendenz der Einstrahlungsentwicklung nach oben erkennen, wobei in dem dargestellten Trend das Jahr 2003 aufgrund seiner hohen statistischen Abweichung nicht berücksichtigt ist. Nach Aussagen des DWD beträgt der mittlere jährliche Anstieg der Globalstrahlung zurzeit 0,2 bis 0,4 % [1]. Untersuchungen für den Standort Potsdam lassen auf eine harmonische Schwankung der Strahlungsintensität mit einer Periode von 70 Jahren schließen [1], wobei die Amplitude ca. 5,5 % größer ist als der Mittelwert. Welche Entwicklung gerade in Zeiten des Klimawandels jedoch tatsächlich stattfindet ist ungewiss.

Neben der Aktualität spielt vor allem auch die Länge der Mittelungsperiode eine entscheidende Rolle. Einer weit bekannten Studie [2] zufolge, die auf einer 62-jährigen Zeitreihe für den Standort Potsdam basiert, liegen die maximal möglichen Abweichung gegenüber dem langjährigen Mittelwert im Bereich von ca. +/- 5 % bei einer Mittelungsperiode von 10 Jahren und ca. +/- 2,5 % bei einer Mittelungsperiode von 20 Jahren. In Bild 3 ist eine analoge Auswertung der letzten 10 Jahre für den Standort München dargestellt. Zu beachten ist, dass auch das 10-jährige Mittel Abweichungen gegenüber einem längeren Intervall aufweisen kann. So liegt am Standort München der Mittelwert der Jahre 1998-2007 ca. 5 % über dem der Periode 1981-2000 (ca. + 4 % ohne das Jahr 2003).

Die unterschiedlichen Mittelungsperioden erklären bereits zum Teil die Abweichungen zwischen einzelnen Einstrahlungsquellen. Zudem lässt sich erahnen, dass durch geschickte Kombination verschiedener Quellen ein möglichst langer und aktueller Zeitraum erreicht werden kann. Dabei muss jedoch auch berücksichtigt werden, dass sich die Quellen in der Methodik der Datengewinnung unterscheiden, worauf im folgenden Abschnitt eingegangen wird.

Literaturangaben

- [1] Deutscher Wetterdienst: Globalstrahlung – Die Energie der Sonne, Broschüre, Dezember 2007
 [2] Quaschnig, V.: Unstete Plangröße. In: Sonnenenergie (2001), Heft 6-01, S. 24-27

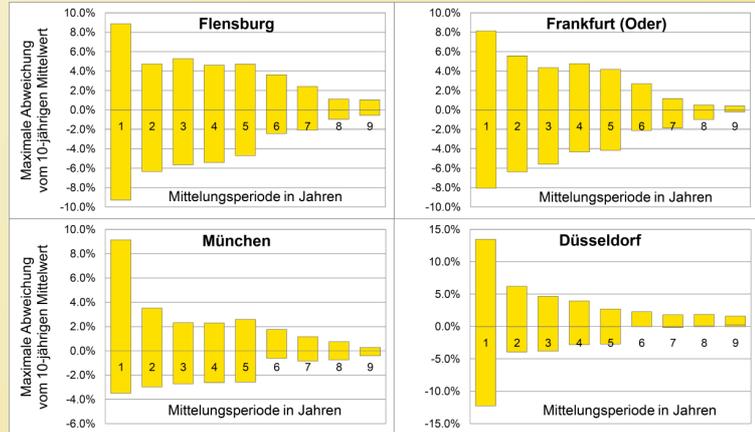


Bild 3: Länge der Mittelungsperiode und Verlässlichkeit der Daten

3. Methodik

Im Wesentlichen lassen sich Daten, die auf Bodenmesswerten beruhen, und Daten, die aus Satellitenbeobachtungen gewonnen werden, unterscheiden.

Am genauesten lässt sich die globale Einstrahlung am Boden mit Pyranometern ermitteln, wobei im Prinzip die durch Solarstrahlung verursachte Erwärmung einer geschwärzten Thermosäule gemessen wird. Satellitenbasierte Daten beruhen im Wesentlichen auf Auswertungen der im Weltall gemessenen an Wolken reflektierten Strahlung. Unsicherheiten ergeben sich immer dann, wenn der Erdboden ein ähnlich hohes Reflexionsvermögen wie die Wolken aufweist (z.B. bei Schnee). Des Weiteren bergen die physikalischen Modelle zur Berechnung der atmosphärischen Absorption, Streuung und Reflexion Unsicherheiten. Der wesentliche Vorteil der Satellitentechnik gegenüber Bodenmesswerten liegt in dem großen Beobachtungsgebiet mit hoher räumlicher Auflösung (unter 5 km).

Um auch mit Bodenmesswerten eine hohe räumliche Deckung zu erreichen, werden verschiedene Interpolationsverfahren eingesetzt, wozu z.B. auch ein genaues Höhenmodell des Gebietes erforderlich ist. Sofern keine Bodenmesswerte in unmittelbarer Nähe zum Standort vorliegen, lässt sich die höchste Genauigkeit sicherlich durch eine Kombination von Bodenmesswerten und satellitendatengestützter Interpolation erreichen. Auf diesem Prinzip beruhen z.B. die Rasterdaten des DWD. Diese und weitere häufig verwendete Quellen werden im Folgenden näher betrachtet.

4. Einstrahlungsquellen

Tabelle 1: Eigenschaften verschiedener Einstrahlungsquellen

Quelle	Gebiet	Zeitraum	Methodik	Kosten
DWD	Deutschland ¹	Mittelwert 1981-2000, Einzeljahre ab 1998 (weiteres auf Anfrage)	Interpolierte Rasterdaten aus Bodenmesswerten (40x Globalstrahlung, 200x Sonnenscheindauer) sowie Satellitenbildern	ca. 50 € für 12 Monatswerte (Rabatt für weitere Daten)
Meteo-Norm	Welt	Mittelwert meist 1981-2000 oder 1981-1990	Interpolation aus Strahlungsdaten von weltweit 1422 Stationen und hinterlegten Sat.-Bildern	410 € für Einzelplatzlizenz
PVGIS	Europa und Nord-Afrika	Mittelwert 1981-1990 für Europa	Europa: Interpolation von Bodenmesswerten u.a. mit digitalem Höhenmodell	frei
HeliClim	-66. bis +66. Breitengrad, +66. Längengrad	Tages- und Monatswerte für 1985-2004, Monats- bis Minutenwerte ab Feb. 2004.	Satellitenauswertungen, Auflösung: ca. 20 km, ab 2004 ca. 5 km.	Je nach Datenprodukt 900 - 3750 € pro Jahr
Satelliteight	Europa	Halbstunden-werte für 1998-2000	Satellitenauswertungen, Auflösung: ca. 5 km in Länge, 6-16 km in Breite	Frei, Registrierung

¹ In Zusammenarbeit mit weiteren nationalen Diensten sind auch Daten für andere Länder erhältlich.

5. Vorgehen

Anhand der präsentierten Übersicht wird deutlich, dass kein einzelnes Datenprodukt eine optimale Verlässlichkeit bietet. Eine Mittelung mit Gewichtungen, die je nach Standort unterschiedlich ausfallen können, ist daher anzuraten. Als kleinster gemeinsamer Nenner wird die mittlere horizontale Globalstrahlung in monatlicher Auflösung betrachtet. Die Gewichtung sollte so erfolgen, dass den Daten ein möglichst langer und aktueller Zeitraum zugrunde liegt und Unsicherheiten der Methodik standortspezifisch berücksichtigt werden. Stochastische Verfahren können angewandt werden, um zu Simulationszwecken besser geeignete Stundenraten zu erhalten.

Die durch die meisten Quellen verfügbare Globalstrahlung in der Horizontalen, muss durch Berechnungsverfahren in eine Einstrahlungsleistung in der Modulebene umgerechnet werden, wozu zunächst eine Aufteilung in Direkt- und Diffusanteil erforderlich ist. Liegen von bestimmten Quellen verlässliche Werte der Diffusstrahlung vor, ist es ratsam, dem synthetisch erzeugten stündlichen Datensatz entsprechend des gemessenen Diffusanteils zu korrigieren.

6. Optimierung und Ausblick

Der so erzeugte Dateninput für die Ertragsimulation birgt trotz der höheren Verlässlichkeit gegenüber einer einzigen Quelle immer noch Unsicherheiten, die aus folgenden Tatsachen resultieren.

- Einstrahlungsschwankungen können das System mit Extremsituationen konfrontieren, die durch ein langjähriges Mittel nicht wiedergegeben werden.
- Ähnliche Probleme zeigen sich auch im Stundenmittelbereich. Zur Simulation des Wechselrichterhaltens sind kürzere Intervalle (z.B. 5 min) besser geeignet.
- Immer mehr neue Modultechnologien auf dem Markt unterscheiden sich im absorbierbaren Spektralbereich von den etablierten Silizium-Techniken.

Eine spektral aufgelöste 5-minütige Zeitreihe über die letzten 20 Jahre, die die Einstrahlung direkt in der Modulebene angibt, wäre somit der ideale Input für ein Simulationsprogramm. Bis solche Daten tatsächlich verlässlich, flächendeckend und bezahlbar verfügbar sind, dürfte noch einige Zeit vergehen. Doch gerade durch die aufkommenden Satelliten-Einstrahlungsdaten ist der Anfang in diese Richtung bereits getan.

Schlussfolgerung: Durch eine überlegte Gewichtung mehrerer verfügbarer Einstrahlungsdaten erhöht sich die Verlässlichkeit gegenüber einer einzelnen Quelle.