



Schwachlichtverhalten von PV-Modulen und die Erfordernis besserer Datenqualität

Dipl.-Ing. (FH) André Schumann

1. Anlass und Gegenstand

Die Leistungsfähigkeit von PV-Modulen bei geringer Lichtstärke kann sich selbst innerhalb einer Technologie signifikant unterscheiden. Dies kann große Auswirkungen auf die Erträge von PV-Anlagen haben. Das Wissen über die Bedeutung und Verschiedenartigkeit des Schwachlichtverhaltens von PV-Modulen ist in der Branche noch wenig verbreitet. Es ist nicht möglich, das exakte Verhalten von PV-Modulen bei verschiedenen Einstrahlungsniveaus nur anhand von STC-Daten vorherzusagen. Daher ist es begrüßenswert und wichtig, wenn Hersteller Kennlinien bei mehreren Einstrahlungsstärken in Datenblättern abdrucken. Allerdings zeigt diese Arbeit, dass solche Angaben immer kritisch zu prüfen sind.

Photovoltaik ist zu einem großen Geschäft geworden und wird eine bedeutende Rolle bei der zukünftigen Stromversorgung spielen. Allerdings wird diese Entwicklung durch den Umfang, die Transparenz und die Verlässlichkeit von technischen Spezifikationen der Hersteller beeinträchtigt, denn diese beschränken die Genauigkeit von Ertragsvorhersagen, die für Investitionsentscheidungen wichtig sind. Um genauere Prognosen treffen zu können, ist eine Ausweitung der verbindlichen Testbedingungen für PV-Module dringend erforderlich.

2. Bestrahlungsstärkeverteilungen

Die Bedeutung des Einflusses der Bestrahlungsstärke auf den Modulwirkungsgrad wird anhand von Bild 1 verdeutlicht. Die dargestellten Bestrahlungsstärkeverteilungen für ausgewählte europäische Städte basieren auf Minutenwerten, die mit Hilfe der Software Meteo Norm 6.1 für eine um 30° nach Süden geneigte Fläche interpoliert wurden.

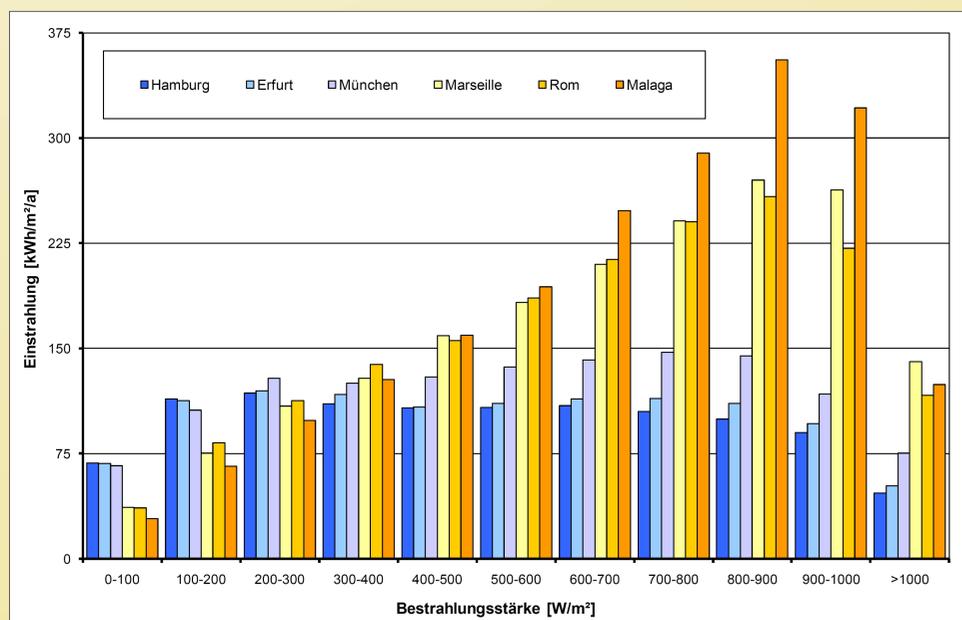


Bild 1: Verteilung der Bestrahlungsstärke einer um 30° nach Süden geneigten Fläche an verschiedenen Europäischen Standorten

Selbst am sonnenreichsten betrachteten Standort Málaga fällt der Großteil der jährlichen Einstrahlung unterhalb von 1000 W/m² an, also der Bestrahlungsstärke bei der PV-Module vermessen werden. Im folgenden Abschnitt wird der Einfluss der vorliegenden Einstrahlungsniveaueverteilungen auf die Erträge und Leistungskennzahlen von PV-Anlagen abgeschätzt. Bei nachgeführten Systemen verschiebt sich die Bestrahlungsstärkeverteilung zu höheren Werten – das Schwachlichtverhalten ist weniger bedeutsam, führt aber immer noch zu Ertragsunterschieden.

3. Einfluss der Bestrahlungsstärke auf die Moduleffizienz

PV-Module können sehr unterschiedliches Schwachlichtverhalten zeigen. Dies gilt auch innerhalb einer Zelltechnologie. Die folgende Tabelle zeigt für die untersuchten Standorte mögliche Unterschiede bei Ertrag und Performance Ratio zwischen Modulen mit guter (Modul #1) und schlechter (Modul #2) Schwachlichtansprache.

Tabelle 1: Mögliche Erträge mit den betrachteten Einstrahlungsniveaueverteilungen

Stadt	Modul #1 (gutes Schwachlichtverhalten)	Modul #2 (schlechtes Schwachlichtverhalten)	Differenz Modul #1 zu Modul #2
Hamburg	877 kWh/kWp, PR 81,4 %	797 kWh/kWp, PR 74,0 %	10,0 %
Erfurt	914 kWh/kWp, PR 81,4 %	832 kWh/kWp, PR 74,1 %	9,8 %
München	1076 kWh/kWp, PR 81,6 %	987 kWh/kWp, PR 74,9 %	9,0 %
Marseille	1370 kWh/kWp, PR 77,8 %	1282 kWh/kWp, PR 72,8 %	6,8 %
Rom	1349 kWh/kWp, PR 77,5 %	1263 kWh/kWp, PR 72,6 %	6,8 %
Málaga	1560 kWh/kWp, PR 77,5 %	1474 kWh/kWp, PR 73,3 %	5,8 %

Laut Herstellerangaben basieren die zugrundeliegenden Modulwirkungsgrade auf realen Messdaten ihrer polykristallinen Module. Um ausschließlich die Unterschiede im Schwachlichtverhalten herauszukristallisieren, werden weitere Verluste auf Modul- (z.B. Temperaturverluste) und Systemebene (z.B. Wechselrichterverluste) für die Betrachtung als identisch angenommen.

4. Qualität von Herstellerangaben

Unterschiedliche standörtliche Einstrahlungsbedingungen und individuelle Bestrahlungsansprachen von PV-Modulen verlangen nach akkuraten Spezifikationen. Trotzdem veröffentlichen die meisten Hersteller lediglich Daten für STC, die keine exakten Rückschlüsse auf das Schwachlichtverhalten ermöglichen. Daher müssen erweiterte und verpflichtende Standards implementiert werden.

Dieser Forderung wird mit den folgenden Beispielen Nachdruck verliehen, die Zweifel an Herstellerdaten aufkommen lassen, auch wenn Spezifikationen für andere Bedingungen als STC vorliegen.

Beispiel 1: Tabelle 2 zeigt Messergebnisse eines unabhängigen Testlabors für zwei Module, bei denen es sich um das gleiche Produkt handelt (Hersteller, Modultyp, Leistungsklasse). Da es keine verbindlichen Regelungen gibt, steht es dem Hersteller frei, nur das positivere Verhalten von Modul 3 im Datenblatt darzustellen und nicht etwa eine durchschnittliche Schwachlichtempfindlichkeit, die für die gesamte Bandbreite dieses Produkts repräsentativ ist.

Tabelle 2: Messwerte zweier Module des gleichen Produkttyps

Einstrahlung	Leistung Modul #3 (besseres Schwachlichtverhalten)	Leistung Modul #4 (schlechteres Schwachlichtverhalten)	Differenz #3 zu #4
1000 W/m²	165,95 W	166,04	-0,01%
100 W/m²	14,41 W	13,42	7,38%

Beispiel 2: Die im Datenblatt gezeigten Kennlinien (in Bild 3 blau) lassen auf ein sehr schlechtes Schwachlichtverhalten des Moduls schließen. Der Hersteller bestätigt die Richtigkeit der Kurven. In einem unabhängigen Labor werden 4 Module nachvermessen – es zeigt sich ein deutlich besseres Schwachlichtverhalten (in Bild 2 orange). Wie alle folgenden Abbildungen wurden die Kurven nachgezeichnet, um sie zu anonymisieren.

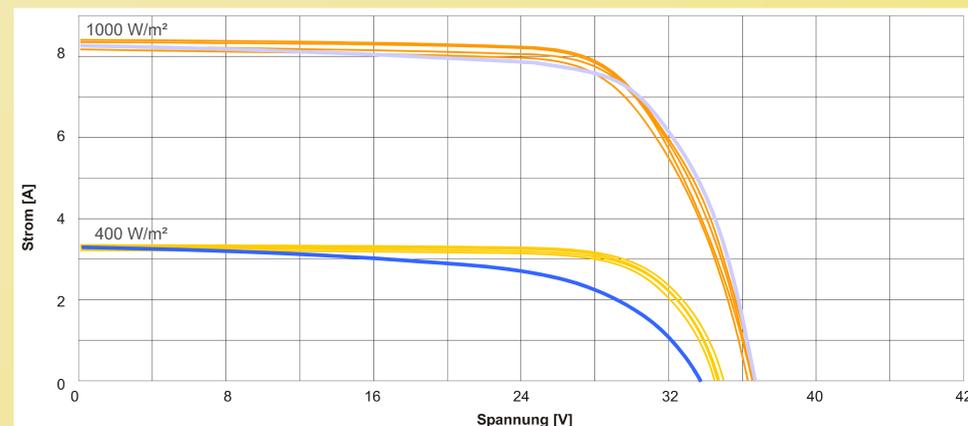


Bild 2: Gemessene (orange) und spezifizierte (blau) Kennlinien

Beispiel 3: Die Kennlinien in Bild 3 und 4 sind original Herstellerdatenblättern entnommen. Da sich der Kurzschlussstrom üblicherweise proportional zur Einstrahlung verhält, sind die Kurven wie kommentiert anzuzweifeln.

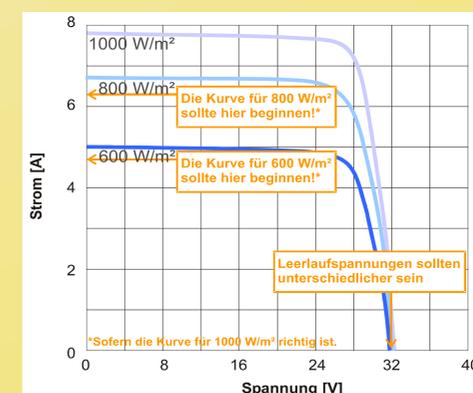


Bild 3: Zweifelhafte Kennlinienspezifikationen #1

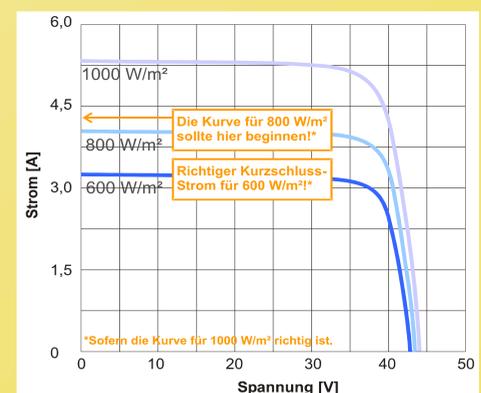


Bild 4: Zweifelhafte Kennlinienspezifikationen #2

5. Zusammenfassung

Bestrahlungsstärkeverteilungen und Ergebnisse von Ertragssimulationen verdeutlichen die Bedeutung der Kenntnis der exakten Reaktion von PV-Modulen auf wechselnde Bedingungen. Das Schwachlichtverhalten variiert auch innerhalb einer Modultechnologie. Einige Datenblätter zeigen bei freiwilligen Angaben (also nicht STC) physikalisch zweifelhaftes Verhalten und hohe Abweichungen von tatsächlichen Labormessungen. Der nicht gewissenhafte Umgang mit solchen Informationen seitens der Hersteller ist auch darauf zurückzuführen, dass derlei Angaben nicht verpflichtend anzugeben sind und auch nicht von einer unabhängigen Stelle kontrolliert werden.

Schlussfolgerung: Angesichts der heutigen Anforderungen an die PV-Technologie sind die Standard-Test-Bedingungen als Mittel der Qualitätsmessung unzureichend. Investitionsentscheidungen sollten nicht auf Basis unzureichender oder sogar falscher Informationen getroffen werden. Auch ein gewichteter Modulwirkungsgrad über den gesamten Einstrahlungsbereich, ähnlich dem Euro-Wirkungsgrad bei Wechselrichtern, ist nicht besonders aussagekräftig, wenn man sich die Verschiedenartigkeit von Verteilungen der Bestrahlungsstärke an unterschiedlichen Standorten vor Augen führt. Daher sollten Kennwerte zumindest bei 3 Einstrahlungsniveaus (z.B. 200, 500 und 1000 W/m²) angegeben werden und als zu zertifizierende Normkonformität für PV-Module gelten.