

**DIN EN 60904-1-2
(VDE 0126-4-1-2)****DIN**

Diese Norm ist zugleich eine **VDE-Bestimmung** im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.

VDE

ICS 27.160

Einsprüche bis 2017-11-08

Entwurf**Photovoltaische Einrichtungen –
Teil 1-2: Messen der Strom-/Spannungskennlinien von doppelseitigen
photovoltaischen Einrichtungen
(IEC 82/1289/CD:2017)**

Photovoltaic devices –
Part 1-2: Measurement of current-voltage characteristics of bifacial photovoltaic (PV) devices
(IEC 82/1289/CD:2017)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-09-08 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 23 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

	Inhalt	Seite
	Nationales Vorwort.....	3
1	Anwendungsbereich	4
2	Normative Verweisungen	4
3	Begriffe	4
4	Allgemeine Betrachtungen	5
5	Prüfeinrichtungen	5
5.1	Sonnensimulator mit einstellbarer Bestrahlungsstärke für eine einseitige Beleuchtung	5
5.2	Sonnensimulator mit einstellbarer Bestrahlungsstärke für eine doppelseitige Beleuchtung	5
5.3	Natürliches Sonnenlicht.....	5
5.4	Nicht bestrahlter Hintergrund und Kompensation des Hintergrundes.....	6
6	Zusätzliche <i>I-U</i> -Kennlinien für doppelseitige PV-Einrichtungen.....	6
6.1	Allgemeine Betrachtungen	6
6.2	Bestimmung der Bifazialitätskoeffizienten.....	7
6.3	Messung des durch die Bifazialität erbrachten Leistungsgewinns.....	8
6.3.1	Messung des Leistungsgewinns im Freien	8
6.3.2	Messung des Leistungsgewinns in Innenräumen mit einseitiger Beleuchtung.....	10
6.3.3	Messung des Leistungsgewinns in Innenräumen mit doppelseitiger Beleuchtung.....	10
7	<i>I-U</i> -Kennlinie für doppelseitige Referenzeinrichtungen und für den Produktionsbetrieb	11
7.1	<i>I-U</i> -Messung von doppelseitigen Referenzeinrichtungen	11
7.2	<i>I-U</i> -Messung von doppelseitigen PV-Einrichtungen im Produktionsbetrieb	11
8	Prüfbericht	12

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 82/1289/CD:2017 „Photovoltaic devices – Part 1-2: Measurement of current-voltage characteristics of bifacial photovoltaic (PV) devices“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 82 „Solar photovoltaic energy systems“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 373 „Photovoltaische Solarenergie-Systeme“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden Deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO [und/oder] IEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Photovoltaische Einrichtungen – Teil 1-2: Messen der Strom-/Spannungskennlinien von doppelseitigen photovoltaischen Einrichtungen

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 60904 beschreibt Verfahren zum Messen von Strom-/Spannungskennlinien (I - U -Kennlinien) doppelseitiger photovoltaischer (PV-) Einrichtungen in natürlichem oder simuliertem Sonnenlicht. Er ist anwendbar für Einzelsolarzellen, Baugruppen aus solchen Zellen oder vollständige PV-Module.

Die Anforderungen an die Messung der I - U -Kennlinien von üblichen (einseitigen) PV-Einrichtungen sind in IEC 60904-1 beschrieben, wohingegen die vorliegende Norm die zusätzlichen Anforderungen für die Messung der I - U -Kennlinien von doppelseitigen PV-Einrichtungen beschreibt.

ANMERKUNG Diese Norm ist für PV-Einrichtungen, die für den Gebrauch in konzentrierter Bestrahlung ausgelegt sind, anwendbar, sofern sie ohne die Optik für die Konzentration gemessen werden und die Bestrahlung eine direkte normale Bestrahlung ist und eine Korrektur der Fehlanpassung auf das direkte normale Referenzspektrum erfolgt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60891, *Photovoltaic devices – Procedures for temperature and irradiance corrections to measured I - V characteristics*

IEC 60904-1, *Photovoltaic devices – Part 1: Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics*

IEC 60904-2, *Photovoltaic devices – Part 2: Requirements for reference solar devices*

IEC 60904-3, *Photovoltaic devices – Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data*

IEC 60904-4, *Photovoltaic devices – Part 4: Reference solar devices – Procedures for establishing calibration traceability*

IEC 60904-7, *Photovoltaic devices – Part 7: Computation of the spectral mismatch correction for measurements of photovoltaic devices*

IEC 60904-8, *Photovoltaic devices – Part 8: Measurement of spectral responsivity of a photovoltaic (PV) device*

IEC 60904-9, *Photovoltaic devices – Part 9: Solar simulator performance requirements*

IEC 61836, *Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions and symbols*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 61836 und die folgenden Begriffe.

doppelseitige PV-Einrichtung

Bei einer doppelseitigen PV-Einrichtung werden beide Flächen (Vorder- und Rückseite) für die Energieerzeugung genutzt.

Bifazialität

Wenn es nicht anders angegeben ist, bezeichnet die Bifazialität das Verhältnis zwischen den I - U Hauptkennlinien der Rückseite und der Vorderseite einer doppelseitigen PV-Einrichtung gewöhnlich bei Normprüfbedingungen. Sie wird in Form von Bifazialitätskoeffizienten angegeben als Bifazialitätskoeffizient des Kurzschlussstromes ϕ_{ISC} , als Bifazialitätskoeffizient der Leerlaufspannung ϕ_{VOC} und als Bifazialitätskoeffizient der größten Leistung ϕ_{Pmax} .

4 Allgemeine Betrachtungen

Die endgültige Leistungsfähigkeit von doppelseitigen PV-Einrichtungen in einer PV-Anlage hängt von der räumlichen Verteilung der auf der Rückseite der Einrichtung einfallenden Bestrahlungsstärke ab, die stark durch die Standortbedingungen wie Albedo, Größe der Reflexionsfläche, Montagesystem, Erhöhung der Einrichtung und deren Neigungswinkel beeinflusst wird. Aufgrund dieser Abhängigkeiten und um vergleichbare Messergebnisse zu erzielen, werden zusätzlich zur I - U -Kennlinie die Bifazialität der Einrichtung und der Leistungsgewinn, den sie erzielen kann, angegeben. Die Bifazialität ist anders als die Standortbedingungen wie die Albedo eine spezifische Eigenschaft der Einrichtung. Die Messbedingungen für doppelseitige PV-Einrichtungen sollten die Erzeugung zusätzlicher Photoströme anstreben, die proportional zu ihrer Bifazialität sind. Im Allgemeinen kann dies durch ein Prüfspektrum erreicht werden, das nahezu dem Referenzspektrum entspricht, wie es durch natürliches Sonnenlicht unter geeigneten Bedingungen erzielt wird oder mit einem Sonnensimulator, dessen Bestrahlungsstärke einstellbar ist. Die Messbedingungen werden jedoch niemals perfekt sein und von den Referenzbedingungen abweichen. Diese Norm legt Grenzwerte für die zulässigen Abweichungen fest, damit gültige Messwerte erzielt werden. Vorzugsweise sollten die Abweichungen gering sein, was aber nicht immer erreichbar sein kann. In jedem Fall müssen die Abweichungen der Messbedingungen von den Referenzbedingungen bei der Analyse der Messunsicherheit berücksichtigt werden.

5 Prüfeinrichtungen

Zusätzlich zu den Anforderungen an die Prüfeinrichtungen in IEC 60904-1 gelten die folgenden Anforderungen für die Beschreibung doppelseitiger PV-Einrichtungen.

5.1 Sonnensimulator mit einstellbarer Bestrahlungsstärke für eine einseitige Beleuchtung

Für die Messung der I - U -Kennlinie von doppelseitigen PV-Einrichtungen muss ein Sonnensimulator nach IEC 60904-9 mit einstellbarer Bestrahlungsstärke verwendet werden. Die Simulatoren müssen Bestrahlungsstärken von mehr als $1\,000\text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (gewöhnlich bis $1\,200\text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$) bereitstellen können. Die Inhomogenität der Bestrahlungsstärke des Simulators muss weniger als 5 % betragen und bei Bestrahlungsstärken, die für die Beschreibung doppelseitiger PV-Einrichtungen verwendet werden, darunter bleiben.

5.2 Sonnensimulator mit einstellbarer Bestrahlungsstärke für eine doppelseitige Beleuchtung

Es muss ein Sonnensimulator nach IEC 60904-9 mit der Fähigkeit der gleichzeitigen Beleuchtung der doppelseitigen PV-Einrichtung von beiden Seiten verwendet werden. Diese Simulatoren müssen in der Lage sein, auf beiden Seiten verschiedene Bestrahlungsstärken bereitzustellen. Die Inhomogenität der Bestrahlungsstärke, die spektrale Verteilung und die zeitliche Instabilität der Bestrahlungsstärke müssen auf beiden Seiten gemessen werden, wenn die Prüffläche gleichzeitig von beiden Seiten beleuchtet wird. Die Inhomogenität der Bestrahlungsstärke muss bei Bestrahlungsstärken, die für die Beschreibung doppelseitiger PV-Einrichtungen verwendet werden, auf beiden Seiten weniger als 5 % betragen.

5.3 Natürliches Sonnenlicht

Zusätzlich zu den allgemeinen Messanforderungen nach IEC 60904-1 sind für die Messung der Bestrahlungsstärke auf der Rückseite und der rückseitigen Inhomogenität der Bestrahlungsstärke mindestens zwei zusätzliche PV-Referenzeinrichtungen erforderlich. Die spektrale Empfindlichkeit dieser Referenzeinrichtungen sollte so genau wie möglich der spektralen Empfindlichkeit der zu prüfenden Einrichtung entsprechen.

5.4 Nicht bestrahlter Hintergrund und Kompensation des Hintergrundes

Für die Messung der I - U -Kennlinie jeder Fläche von doppelseitigen PV-Einrichtungen muss die Möglichkeit bestehen, den Beitrag der Vorderseite oder der Rückseite der zu prüfenden Einrichtung während der Messung durch Erzeugung eines nicht bestrahlten Hintergrundes zu unterdrücken. Der Hintergrund wird als nicht bestrahlt angesehen, wenn die gemessene Bestrahlungsstärke an mindestens zwei Stellen der nicht beleuchteten Seite der Einrichtung weniger als $3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ beträgt.

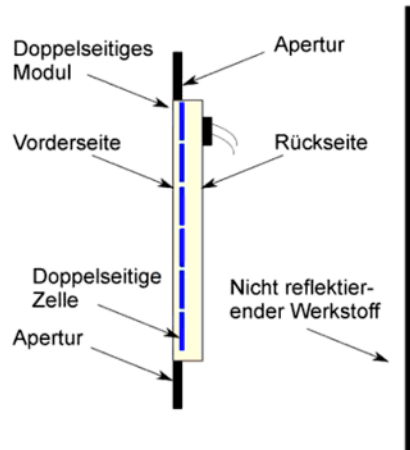


Bild 1 – Schematische Darstellung eines doppelseitigen PV-Moduls und des geforderten nicht bestrahlten Hintergrundes und der Apertur

Damit PV-Module diese Anforderung erfüllen, ist es empfehlenswert, die Größe der Prüffläche mithilfe von Aperturen auf die zu prüfende Einrichtung zu begrenzen, wie in Bild 1 dargestellt. Mit in einem angemessenen Abstand von der nicht beleuchteten Seite angebrachten Werkstoffen mit geringer Reflexion in dem Wellenlängenbereich, der der spektralen Empfindlichkeit des Prüflings entspricht, muss die Bestrahlungsstärke verringert werden (nicht reflektierender Werkstoff).

Bei freiliegenden PV-Zellen ist die Verwendung nicht reflektierender Werkstoffe für die Herstellung von Zellenträgern unter Umständen nicht ausreichend, um Bestrahlungsstärken unter $3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ zu erzielen. In diesem Fall darf eine Hintergrundkompensation durchgeführt werden, indem der Kurzschlussstrom als Funktion der Bestrahlungsstärke des Hintergrundes extrapoliert wird.

ANMERKUNG Wenn der Abstand zwischen den Zellen in einem Modul sehr groß ist, kann es schwierig sein, die Bestrahlungsstärke auf der nicht beleuchteten Seite gering zu halten. In diesem Fall darf mit einer Maske verhindert werden, dass Licht durch die Zwischenräume zwischen den Zellen fällt.

6 Zusätzliche I - U -Kennlinien für doppelseitige PV-Einrichtungen

6.1 Allgemeine Betrachtungen

Das Messverfahren für die I - U -Kennlinie von üblichen (einseitigen) PV-Einrichtungen wird in IEC 60904-1 beschrieben und diese Festlegungen gelten auch für die Messung von doppelseitigen PV-Einrichtungen mit Ausnahme der ausdrücklichen Änderungen nach dieser Norm. Das Messverfahren für die I - U -Kennlinien einer doppelseitigen PV-Einrichtung beruht auf den gleichen Grundsätzen wie in IEC 60904-1, es erfordert aber einige zusätzliche Betrachtungen und ergibt auch ergänzende Kennwerte speziell für doppelseitige PV-Einrichtungen.

Die Messbedingungen für die I - U -Kennlinien von doppelseitigen PV-Einrichtungen erfordern mehr Aufmerksamkeit als bei einseitigen Einrichtungen, da die Messergebnisse für doppelseitige Einrichtungen anfälliger für die von den Referenzbedingungen abweichenden Messbedingungen sind. Parasitäre Reflexionen von der Rückseite der zu prüfenden Einrichtung können die Messunsicherheit z. B. erheblich erhöhen.

Die nach der nachfolgenden Beschreibung berechneten Parameter müssen bestimmten Beschränkungen unterliegen, die die zulässigen Messbedingungen festlegen. Außerdem müssen die berechneten Parameter mit den Messergebnissen aufgezeichnet werden, wie in [Abschnitt 8](#) angegeben.

Eine geeignete Auswahl von Messbedingungen verhindert oder verringert den Umfang der Korrekturen, die an den gemessenen Kennlinien vorgenommen werden müssen. In jedem Fall wird eine genaue Analyse der Messunsicherheiten gefordert.

6.2 Bestimmung der Bifazialitätskoeffizienten

Für die Bestimmung der Bifazialitätskoeffizienten des Prüflings müssen die I - U -Hauptkennlinien der Vorderseite und der Rückseite bei Normprüfbedingungen ($G = 1\,000\text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$) gemessen werden. Um die Beleuchtung der nicht beleuchteten Seite zu verhindern, muss ein nicht bestrahlter Hintergrund nach [5.4](#) verwendet werden.

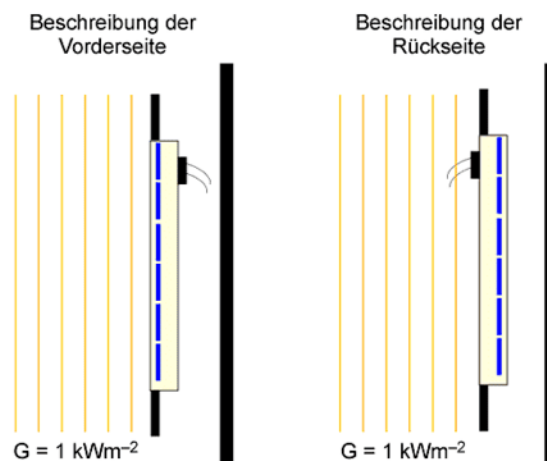


Bild 2 – Beschreibung der Vorderseite und der Rückseite für die Bifazialität

Für die Messung der Rückseite von PV-Modulen müssen die Empfehlungen des Herstellers für die Verlegung der Leitungen berücksichtigt werden. Wenn keine spezifischen Empfehlungen vorliegen, müssen die Leitungen möglichst so verlegt werden, wie in der PV-Anlage.

Der Bifazialitätskoeffizient des Kurzschlussstromes φ_{sc} ist das Verhältnis zwischen dem Kurzschlussstrom, der ausschließlich durch die Rückseite der doppelseitigen PV-Einrichtung erzeugt wird, und dem Kurzschlussstrom, der durch die Vorderseite erzeugt wird. Beide Ströme werden bei Normprüfbedingungen ($1\,000\text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, 25 °C , mit der spektralen Verteilung der solaren Referenzbestrahlung nach [IEC 60904-3](#)) gemessen.

$$\varphi_{\text{sc}} = \frac{I_{\text{sc}_r}}{I_{\text{sc}_f}} \quad (1)$$

Dabei ist

φ_{sc} der Bifazialitätskoeffizient des Kurzschlussstromes, der gewöhnlich in Prozent angegeben wird;

I_{sc_r} der Kurzschlussstrom, wenn die Einrichtung nur auf der Rückseite bei Normprüfbedingungen beleuchtet wird;

I_{sc_f} der Kurzschlussstrom, wenn die Einrichtung nur auf der Vorderseite bei Normprüfbedingungen beleuchtet wird.