



	DIN EN 60904-7 (VDE 0126-4-7)	
	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.	
<p>ICS 27.160</p> <p>Ersatz für DIN EN 60904-7:1998-11 Siehe jedoch Beginn der Gültigkeit</p> <p>Photovoltaische Einrichtungen – Teil 7: Berechnung der spektralen Fehlanpassungskorrektur für Messungen an photovoltaischen Einrichtungen (IEC 60904-7:2008); Deutsche Fassung EN 60904-7:2009</p> <p>Photovoltaic devices – Part 7: Computation of the spectral mismatch correction for measurements of photovoltaic devices (IEC 60904-7:2008); German version EN 60904-7:2009</p> <p>Dispositifs photovoltaïques – Partie 7: Calcul de la correction de désadaptation des réponses spectrales dans les mesures de dispositifs photovoltaïques (CEI 60904-7:2008); Version allemande EN 60904-7:2009</p> <p style="text-align: right;">Gesamtumfang 14 Seiten</p> <p style="text-align: center;">DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE</p>		

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2009-03-01 angenommene EN 60904-7 gilt als DIN-Norm ab 2009-12-01.

Daneben darf DIN EN 60904-7:1998-11 noch bis 2012-03-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 60904-7 (VDE 0126-4-7):2007-05.

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

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 82 „Solar photovoltaic energy systems“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem Datum (maintenance result date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu dieser Publikation angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60904-7:1998-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Änderung des Titels, um den Zweck der Norm besser widerzuspiegeln;
- b) die Formeln wurden um einen erklärenden Text ergänzt;
- c) Abschnitt 3 „Beschreibung des Verfahrens“ beschreibt nun, wann es notwendig ist, das Verfahren anzuwenden, und wann nicht. Es wird beschrieben wann Daten gesammelt werden müssen bevor die Fehlanpassungskorrektur berechnet werden kann;
- d) Abschnitte 4, 5 und 6 wurden hinzugefügt;
- e) die Formel zur Fehlanpassungskorrektur wurde korrigiert.

Frühere Ausgaben

DIN EN 60904-7: 1998-11

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm oder andere Unterlage ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm oder anderen Unterlage.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm oder anderen Unterlage.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen und anderen Unterlagen mit den entsprechenden Deutschen Normen und anderen Unterlagen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60891	IEC 60891	DIN EN 60891	–
EN 60904-1	IEC 60904-1	DIN EN 60904-1 (VDE 0126-4-1)	VDE 0126-4-1
EN 60904-2	IEC 60904-2	DIN EN 60904-2 (VDE 0126-4-2)	VDE 0126-4-2
EN 60904-3	IEC 60904-3	DIN EN 60904-3 (VDE 0126-4-3)	VDE 0126-4-3
EN 60904-8	IEC 60904-8	DIN EN 60904-8	–
EN 60904-9	IEC 60904-9	DIN EN 60904-9 (VDE 0126-4-9)	VDE 0126-4-9
EN 60904-10	IEC 60904-10	DIN EN 60904-10	–
EN 61215	IEC 61215	DIN EN 61215 (VDE 0126-31)	VDE 0126-31
EN 61646	IEC 61646	DIN EN 61646 (VDE 0126-32)	VDE 0126-32
–	CIE 63	–	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60891, *Verfahren zur Umrechnung von gemessenen Strom-Spannungs-Kennlinien von photovoltaischen Bauelementen aus kristallinem Silizium auf andere Temperaturen und Einstrahlungen*

DIN EN 60904-1 (VDE 0126-4-1), *Photovoltaische Einrichtungen – Teil 1: Messen der photovoltaischen Strom-Spannungskennlinien*

DIN EN 60904-2 (VDE 0126-4-2), *Photovoltaische Einrichtungen – Teil 2: Anforderungen an Referenz-Solarelemente*

DIN EN 60904-3 (VDE 0126-4-3), *Photovoltaische Einrichtungen – Teil 3: Messgrundsätze für terrestrische photovoltaische (PV) Einrichtungen mit Angaben über die spektrale Strahlungsverteilung*

DIN EN 60904-8, *Photovoltaische Einrichtungen – Teil 8: Messung der spektralen Empfindlichkeit einer photovoltaischen (PV) Einrichtung*

DIN EN 60904-9 (VDE 0126-4-9), *Photovoltaische Einrichtungen – Teil 9: Leistungsanforderungen an Sonnensimulatoren*

DIN EN 60904-10, *Photovoltaische Einrichtungen – Teil 10: Messverfahren für die Linearität*

DIN EN 61215 (VDE 0126-31), *Terrestrische kristalline Silizium-Photovoltaik-(PV-)Module – Bauarteignung und Bauartzulassung*

DIN EN 61646 (VDE 0126-32), *Terrestrische Dünnschicht-Photovoltaik(PV)-Module – Bauarteignung und Bauartzulassung*

– Leerseite –

Deutsche Fassung

Photovoltaische Einrichtungen –
Teil 7: Berechnung der spektralen Fehlanpassungskorrektur für Messungen an
photovoltaischen Einrichtungen
(IEC 60904-7:2008)

Photovoltaic devices –
Part 7: Computation of the spectral mismatch
correction for measurements of
photovoltaic devices
(IEC 60904-7:2008)

Dispositifs photovoltaïques –
Partie 7: Calcul de la correction de
désadaptation des réponses spectrales dans les
mesures de dispositifs photovoltaïques
(CEI 60904-7:2008)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2009-03-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 82/540/FDIS, zukünftige 3. Ausgabe von IEC 60904-7, ausgearbeitet von dem IEC TC 82 „Solar photovoltaic energy systems“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2009_03_01 als EN 60904-7 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 60904-7:1998.

Gegenüber EN 60904-7:1998 wurden im Wesentlichen folgenden Änderungen vorgenommen:

- Änderung des Titels, um den Zweck der Norm besser widerzuspiegeln;
- die Formeln wurden um einen erklärenden Text ergänzt;
- Abschnitt 3 „Beschreibung des Verfahrens“ beschreibt nun, wann es notwendig ist, das Verfahren anzuwenden, und wann nicht. Es wird beschrieben, wann Daten gesammelt werden müssen, bevor die Fehlanpassungskorrektur berechnet werden kann;
- Abschnitte 4, 5 und 6 wurden hinzugefügt;
- die Formel zur Fehlanpassungskorrektur wurde korrigiert.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2009-12-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2012-03-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60904-7:2008 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
1 Anwendungsbereich und Zweck	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Beschreibung des Verfahrens	5
4 Prüfeinrichtung	6
5 Bestimmung der spektralen Empfindlichkeit	6
6 Bestimmung des Prüfspektrums	6
7 Bestimmung des spektralen Fehlanpassungsfaktors	7
8 Prüfbericht	8
Literaturhinweise	9
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	10

1 Anwendungsbereich und Zweck

Dieser Teil von IEC 60904 beschreibt das Verfahren zur Korrektur der durch die Fehlanpassung zwischen Prüfspektrum und Referenzspektrum und durch die Fehlanpassung zwischen der spektralen Empfindlichkeit (SR) der Referenzzelle und des Prüflings in die Prüfung von photovoltaischen Einrichtungen eingeführten systematischen Messabweichung. Das Verfahren eignet sich nur für die Anwendung auf photovoltaische Einrichtungen, deren spektrale Empfindlichkeit linear verläuft, wie in IEC 60904-10 festgelegt. Dieses Verfahren gilt für Single-Junction-(SJ-)Einrichtungen, kann aber im Grundsatz auch auf Multi-Junction-(MJ-)Einrichtungen ausgedehnt werden.

Der Zweck dieser Norm besteht darin, Leitlinien für die Korrektur der Messabweichung zur Verfügung zu stellen, die im Falle einer Fehlanpassung zwischen sowohl dem Prüfspektrum und dem Referenzspektrum als auch zwischen den spektralen Empfindlichkeiten der Referenzeinrichtung und des Prüflings anzuwenden sind.

Da die Empfindlichkeit von photovoltaischen Einrichtungen wellenlängenabhängig ist, wird ihre Leistung in signifikantem Maße von der spektralen Verteilung der einfallenden Strahlung beeinflusst, die ihrerseits bei natürlichem Sonnenlicht von verschiedenen Faktoren, wie z. B. der geografischen Position, der Wetterlage, der Jahres- und Tageszeit, der Ausrichtung der Empfängeroberfläche usw., und bei Einsatz eines Simulators von dessen Typ und den angewendeten Bedingungen abhängig ist. Falls die Bestrahlungsstärke mit einem zu den Thermosäulen gehörenden Radiometer (das nicht spektral selektiv ist) oder mit einer Referenzsolarzelle gemessen wird, muss die spektrale Bestrahlungsstärkeverteilung des einfallenden Lichts bekannt sein, um die Korrekturen durchführen zu können, die zur Ermittlung der Leistung der photovoltaischen Einrichtung bei der in IEC 60904-3 festgelegten Referenz-Solarspektralverteilung erforderlich sind.

Wird zur Messung der Bestrahlungsstärke eine photovoltaische Referenzeinrichtung oder ein zu den Thermosäulen gehörender Detektor verwendet, so ist es möglich, unter Befolgung des in dieser Norm angegebenen Verfahrens die Korrektur der spektralen Fehlanpassung zu berechnen, die erforderlich ist, um den Kurzschlussstrom der zu prüfenden photovoltaischen Einrichtung bei der in **Tabelle 1 von IEC 60904-3** angegebenen spektralen Verteilung der solaren Referenzbestrahlungsstärke oder einem beliebigen anderen Referenzspektrum ermitteln zu können. Hat die photovoltaische Referenzeinrichtung die gleiche relative spektrale Empfindlichkeit wie die zu prüfende photovoltaische Einrichtung, so berücksichtigt sie automatisch die Abweichungen der spektralen Verteilung des tatsächlich verwendeten Lichts von der spektralen Standardverteilung, und es ist keine weitergehende Korrektur der bei den spektralen Messungen auftretenden systematischen Messabweichungen erforderlich. Aufgrund dessen sind die geografische Position und die Witterungsbedingungen von untergeordneter Bedeutung, wenn bei Leistungsmessungen im Freien das Verfahren mit der Referenzeinrichtung angewendet wird, vorausgesetzt, sowohl die Referenzzelle als auch die zu prüfende photovoltaische Einrichtung haben die gleiche relative spektrale Empfindlichkeit. Entsprechend ist im Falle der Messung in Innenräumen bei gleichen spektralen Empfindlichkeiten ohne Bedeutung, welcher Simulortyp verwendet wird.

Falls die Leistung einer photovoltaischen Einrichtung mit Hilfe einer bekannten spektralen Bestrahlungsstärkeverteilung gemessen wird, kann ihr Kurzschlussstrom für jede andere spektrale Bestrahlungsstärkeverteilung anhand der spektralen Empfindlichkeit der zu prüfenden photovoltaischen Einrichtung berechnet werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente 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, *Procedures for temperature and irradiance corrections to measured I-V-characteristics of crystalline silicon photovoltaic devices*

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

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

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

IEC 60904-8, *Photovoltaic devices – Part 8: Guidance for the measurement of spectral response of a photovoltaic (PV) device*

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

IEC 60904-10, *Photovoltaic devices – Part 10: Methods of linearity measurement*

IEC 61215, *Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval*

IEC 61646, *Thin film silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval*

3 Beschreibung des Verfahrens

Bei vielen photovoltaischen Einrichtungen ist die Form der I-U-Kennlinie vom Kurzschlussstrom und von der Temperatur der Einrichtung abhängig, nicht aber von dem Spektrum, das zur Erzeugung des Kurzschlussstroms verwendet wird. Bei diesen Einrichtungen lässt sich die Spektrumsfehlانpassung oder die Fehlanpassung der spektralen Empfindlichkeit nach dem folgenden Verfahren korrigieren. Bei anderen Einrichtungen muss eine Messung der I-U-Kennlinie mit Hilfe einer Lichtquelle mit geeignetem Spektrum durchgeführt werden.

Es ist nicht notwendig, eine Korrektur vorzunehmen, wenn entweder das Prüfspektrum mit dem Referenzspektrum identisch ist (siehe IEC 60904-3) oder wenn die spektrale Empfindlichkeit des Prüflings mit der der Referenzzelle identisch ist. In diesem Fall bestimmt der Messwert, wie er von der Referenzzelle gewonnen wird, welche Intensität des Referenzspektrums den gleichen Kurzschlussstrom in der zu prüfenden Einrichtung wie das Prüfspektrum erzeugt.

Falls die beiden Spektren und die beiden spektralen Empfindlichkeiten einander nicht entsprechen, sollte eine Fehlanpassungskorrektur berechnet werden.

Aufgrund der Fehlanpassung zwischen den Spektren und den spektralen Empfindlichkeiten liefert der Messwert der Referenzzelle (siehe IEC 60904-2) nicht die Intensität des Referenzspektrums, die den Kurzschlussstrom erzeugt, wie er bei der zu prüfenden Einrichtung gemessen wurde. Die äquivalente Bestrahlungsstärke ist zu bestimmen als die Bestrahlungsstärke des Referenzspektrums, das in der zu prüfenden Einrichtung den gleichen Kurzschlussstrom erzeugt wie das Prüfspektrum bei der gemessenen Bestrahlungsstärke G_{Mess} .

$$G_{\text{Äquiv beim Referenzspektrum}} = MM \times G_{\text{Mess}} \quad (1)$$

Dabei ist

G_{Mess} die mit der Referenzeinrichtung mit ihrer spektralen Empfindlichkeit $S_{\text{ref}(\lambda)}$ gemessene Bestrahlungsstärke;

MM der nach Abschnitt 7 ermittelte spektrale Fehlanpassungsfaktor.

Es stehen zwei Korrekturverfahren zur Verfügung, mit deren Hilfe sich eine Messung auf die spektrale Referenzbestrahlungsstärke beziehen lässt:

- Die Intensität des Simulators ist möglichst so anzupassen, dass die nach Gleichung (1) ermittelte effektive Bestrahlungsstärke gleich der Referenzbestrahlungsstärke G_{Ref} ist (z. B. 1 000 W/m² für die Standard-Prüfbedingungen nach IEC 61215). D. h., die Intensität des Simulators, wie sie mit der Referenzzelle mit dem für das Referenzspektrum angegebenen Kalibrierwert gemessen wird, muss eingestellt werden auf:

$$G_{\text{Mess}} = G_{\text{Ref}} / MM \quad (2)$$

Folglich ergibt der Kehrwert des Fehlanpassungsfaktors $1/MM$ den Grad, um den die Intensität des Simulators angepasst werden muss, sofern die Einrichtung ein lineares Verhalten zeigt (siehe IEC 60904-10). Damit erzeugt das Simulatorspektrum bei dieser Bestrahlungsstärke den gleichen Kurzschlussstrom wie das Referenzspektrum bei der Referenzintensität. Es ist mit der Messung der I-U-Kennlinie nach IEC 60904-1 fortzufahren.

- b) Anderenfalls ist die I-U-Kennlinie mit der gegebenen Intensität des Simulators zu messen. Die äquivalente Bestrahlungsstärke beim Referenzspektrum ist nach Gleichung (1) zu berechnen. Für die Übertragung der I-U-Kennlinie auf die Referenzbestrahlungsstärke ist IEC 60891 heranzuziehen und die nach Gleichung (1) ermittelte äquivalente Bestrahlungsstärke zu verwenden.

Verfahren a) ist vorzugsweise bei simuliertem Sonnenlicht anzuwenden (siehe IEC 60904-9), da die eigentliche Messung beim korrekten Kurzschlussstrom durchgeführt wird, wodurch Nichtlinearitätsfehler auf ein Mindestmaß reduziert werden. Verfahren b) wird üblicherweise für Messungen im Freien gewählt, wenn die Lichtintensität nicht einfach gesteuert werden kann.

4 Prüfeinrichtung

4.1 Einrichtung zur Messung der spektralen Empfindlichkeit nach IEC 60904-8.

4.2 Prüfeinrichtung zur Messung der Strom-Spannungs-Kennlinie der photovoltaischen Einrichtung nach IEC 60904-1.

4.3 Spektroradiometer, mit dessen Hilfe sich die spektrale Bestrahlungsstärke in der Prüfebene in einem Spektralbereich messen lässt, der die spektralen Empfindlichkeiten der Referenzeinrichtung und der zu prüfenden Einrichtung umfasst.

ANMERKUNG 1 Spektroradiometermessungen sind z. B. in CIE 63:1984 beschrieben.

ANMERKUNG 2 Der Messkopf des Spektroradiometers und die zu prüfende Einrichtung sollten ein ähnliches Sichtfeld mit einer vergleichbaren Abhängigkeit vom Raumwinkel besitzen.

5 Bestimmung der spektralen Empfindlichkeit

5.1 Die relative spektrale Empfindlichkeit des Prüflings ist nach IEC 60904-8 zu messen.

5.2 Falls sich die relative spektrale Empfindlichkeit der Referenzeinrichtung nicht aus den Kalibrierungsunterlagen ersehen lässt, muss sie nach IEC 60904-8 gemessen werden.

6 Bestimmung des Prüfspektrums

6.1 Der Messkopf des Spektroradiometers ist in oder möglichst nahe der Position zu montieren, in der anschließend die zu prüfende Einrichtung montiert wird. Er muss mit $\pm 2^\circ$ koplanar zum Prüfling montiert werden.

6.2 Das Spektrum der Lichtquelle ist aufzuzeichnen. Für Messungen mit dem Simulator werden Schrittweiten von 2 nm oder weniger mit einer Bandbreite von 2 nm bis 5 nm empfohlen. Für die unter Freilandbedingungen erhaltenen Spektren sind Schrittweiten und Bandbreiten von bis zu 10 nm zulässig. Es ist nachzuweisen, dass die Gesamtbestrahlungsstärke während dieser Messung um nicht mehr als $\pm 2\%$ schwankt. Falls erforderlich, ist auf alle Messpunkte in Bezug auf die tatsächliche Gesamtbestrahlungsstärke eine lineare Intensitätskorrektur anzuwenden. Alternativ können mehrere Abtastungen vorgenommen werden, die mit einer Genauigkeit von $\pm 2\%$ übereinstimmen müssen. Danach ist das mittlere relative Spektrum zu ermitteln.

6.3 Falls zur Erfassung eines vollen Spektrums mehr Zeit erforderlich ist als zur Erfassung der I-U-Kennlinie oder falls das Spektrum der Lichtquelle zeitlich instabil ist (z. B. im Falle des Einsatzes von Blitzsimulatoren oder bei der Messung unter natürlichem Sonnenlicht), muss mit besonderer Sorgfalt vorgegangen werden, um das richtige Prüfspektrum zu ermitteln.

ANMERKUNG 1 Das Spektrum von mit Lichtimpulsen arbeitenden Simulatoren ist im Verlauf der I-U-Messung möglicherweise zeitlich instabil. Dazu kommt, dass das Spektrum an der ansteigenden oder der abfallenden Flanke des Impulses von dem im festgelegten Messintervall vorliegenden Spektrum abweichen kann. Das Spektrum mit einer Integrationszeit zu messen, die die Impulsenden einschließt, kann daher zu Verfälschungen führen.

ANMERKUNG 2 Die unter Freilandbedingungen auftretenden Spektren sind möglicherweise aufgrund von Änderungen der atmosphärischen Bedingungen zeitlich instabil.

7 Bestimmung des spektralen Fehlanpassungsfaktors

Der spektrale Fehlanpassungsfaktor ist nach folgender Gleichung zu bestimmen:

$$MM = \frac{\int E_{\text{Ref}}(\lambda) S_{\text{Ref}}(\lambda) d\lambda \int E_{\text{Mess}}(\lambda) S_{\text{Prüfling}}(\lambda) d\lambda}{\int E_{\text{Mess}}(\lambda) S_{\text{Ref}}(\lambda) d\lambda \int E_{\text{Ref}}(\lambda) S_{\text{Prüfling}}(\lambda) d\lambda} \quad (3)$$

Dabei ist

$E_{\text{Ref}}(\lambda)$ die Bestrahlungsstärke je Bandbreiteneinheit bei einer bestimmten Wellenlänge λ der spektralen Verteilung der Referenzbestrahlungsstärke, z. B. wie in IEC 60904-3 angegeben;

$E_{\text{Mess}}(\lambda)$ die Bestrahlungsstärke je Bandbreiteneinheit bei einer bestimmten Wellenlänge λ der spektralen Bestrahlungsstärkeverteilung des einfallenden Lichts zur Zeit der Messung;

$S_{\text{Ref}}(\lambda)$ die spektrale Empfindlichkeit der photovoltaischen Referenzeinrichtung;

$S_{\text{Prüfling}}(\lambda)$ die spektrale Empfindlichkeit der zu prüfenden photovoltaischen Einrichtung.

Es muss grundsätzlich über den gesamten Wellenlängenbereich integriert werden, in dem die Referenzeinrichtung und der Prüfling spektral empfindlich sind.

ANMERKUNG 1 Die spektralen Verteilungen der Bestrahlungsstärke und die spektralen Empfindlichkeiten können auf einer absoluten oder einer relativen Skala aufgetragen werden.

ANMERKUNG 2 Wegen der unregelmäßigen Form der solaren Spektren und der mit Hilfe von Simulatoren erzeugten Spektren sollten die spektralen Empfindlichkeiten zu den Wellenlängenpunkten der Messungen der spektralen Bestrahlungsstärke interpoliert werden und nicht umgekehrt.

ANMERKUNG 3 Gleichung 3 gilt für Single-Junction-Einrichtungen, kann aber auch auf Multi-Junction (MJ)-Einrichtungen angewendet werden. Im Falle von MJ-Einrichtungen muss die Berechnung für jede einzelne Abzweigung mit dessen spektraler Empfindlichkeit einschließlich der spektralen Filterung durchgeführt werden, welche von den Abzweigungen über der betrachteten Abzweigung vorgenommen wird. In den Prüfbericht sollten die Fehlanpassungsfaktoren und die äquivalente Stromerzeugung der einzelnen Abzweigungen aufgenommen werden.

ANMERKUNG 4 Die Integrationsgrenzen sollten die Grenzwellenlängen der spektralen Empfindlichkeit sein.

Für den Fall, dass für die Untersuchung absolute Spektren und absolute spektrale Empfindlichkeiten angewendet werden, darf die Gleichung (3) folgendermaßen interpretiert werden:

$$MM = \frac{I_{\text{sc,Ref,ERef}} I_{\text{sc,Prüfling,EMess}}}{I_{\text{sc,Ref,EMess}} I_{\text{sc,Prüfling,ERef}}} \quad (4)$$

Dabei ist

$I_{\text{sc,Prüfling,ERef}}$ der Kurzschlussstrom des Prüflings unter dem Referenzspektrum,

$I_{\text{sc,ref,ERef}}$ der Kurzschlussstrom der Referenzeinrichtung unter dem Referenzspektrum,

$I_{sc,Prüfling,EMess}$ der Kurzschlussstrom des Prüflings unter dem bei der Messung angewendeten Spektrum,

$I_{sc,Ref,EMess}$ der Kurzschlussstrom der Referenzeinrichtung unter dem bei der Messung angewendeten Spektrum,

weil $I_{sc} = \int E(\lambda) S(\lambda) d\lambda$.

8 Prüfbericht

Der Prüfbericht nach **IEC 60904-1** sollte die folgenden Angaben enthalten:

- a) Wird bei einer Messung, die auf **IEC 60904-1** oder einer anderen zutreffenden Norm beruht, die spektrale Fehlanpassung für die Bestrahlungsstärkekorrektur angewendet, dann sollten in den Prüfbericht die Kennzeichnung des Prüflings und der Referenzeinrichtung sowie deren spektrale Empfindlichkeiten entsprechend ihrem Prüfbericht (IEC 60904-8), das Prüfspektrum und das Referenzspektrum zusammen mit dem Verfahren zur Berechnung der Integrale aufgenommen werden.

Wenn sich die Referenzeinrichtung und die zu prüfende Einrichtung hinsichtlich ihrer Maße (Fläche) unterscheiden, dann sollten die Maße im Prüfbericht angegeben werden.

- b) Wird eine angepasste Referenzeinrichtung verwendet und keine Fehlanpassungskorrektur durchgeführt, sollten die Beschreibung und Kennzeichnung der Prüfeinrichtung und der Referenzeinrichtung sowie die spektralen Empfindlichkeiten von Referenz- und Prüfeinrichtung nach deren Prüfbericht (IEC 60904-8) in den Prüfbericht aufgenommen werden.

Wenn sich die Referenzeinrichtung und die zu prüfende Einrichtung hinsichtlich ihrer Maße (Fläche) unterscheiden, dann sollten die Maße im Prüfbericht angegeben werden.

Wenn die spektrale Empfindlichkeit der zu prüfenden Einrichtung nicht gemessen werden kann, dann sollte der Prüfbericht die Kriterien enthalten, die zur Festlegung gleichwertiger spektraler Empfindlichkeiten herangezogen wurden.

Literaturhinweise

CIE 63:1984, *The Spectroradiometric Measurement of Light Sources*

Anhang ZA (normativ)

Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

Die folgenden zitierten Dokumente 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).

ANMERKUNG Wenn internationale Publikationen durch gemeinsame Abänderungen geändert wurden, durch (mod) angegeben, gelten die entsprechenden EN/HD.

<u>Publikation</u>	<u>Jahr</u>	<u>Titel</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Jahr</u>
IEC 60891	– ¹⁾	Procedures for temperature and irradiance corrections to measured I-V characteristics of crystalline silicon photovoltaic devices	EN 60891	1994 ²⁾
IEC 60904-1	– ¹⁾	Photovoltaic devices – Part 1: Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics	EN 60904-1	2006 ²⁾
IEC 60904-2	– ¹⁾	Photovoltaic devices – Part 2: Requirements for reference solar devices	EN 60904-2	2007 ²⁾
IEC 60904-3	– ¹⁾	Photovoltaic devices – Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data	EN 60904-3	2008 ²⁾
IEC 60904-8	– ¹⁾	Photovoltaic devices – Part 8: Measurement of spectral response of a photovoltaic (PV) device	EN 60904-8	1998 ²⁾
IEC 60904-9	– ¹⁾	Photovoltaic devices – Part 9: Solar simulator performance requirements	EN 60904-9	2007 ²⁾
IEC 60904-10	– ¹⁾	Photovoltaic devices – Part 10: Methods of linearity measurement	EN 60904-10	1998 ²⁾
IEC 61215	– ¹⁾	Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval	EN 61215	2005 ²⁾
IEC 61646	– ¹⁾	Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval	EN 61646	2008 ²⁾

¹⁾ Undatierte Verweisung.

²⁾ Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm gültige Ausgabe.