

**Photovoltaische Einrichtungen**  
Teil 2: Anforderungen an Referenz-Solarzellen  
(IEC 904-2 : 1989)  
Deutsche Fassung EN 60904-2 : 1993

**DIN**  
**EN 60904-2**

Diese Norm enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm **IEC 904-2**

ICS 31.260

Deskriptoren: Photovoltaik, Solarzelle

Photovoltaic devices –

Part 2: Requirements for reference solar cells

(IEC 904-2 : 1989);

German version EN 60904-2 : 1993

Dispositifs photovoltaïques –

Deuxième partie: Exigences relatives aux cellules solaires de référence

(CEI 904-2 : 1989);

Version allemande EN 60904-2 : 1993

**Die Europäische Norm EN 60904-2:1993 hat den Status einer Deutschen Norm.**

#### **Nationales Vorwort**

Diese Norm enthält die Deutsche Fassung der Europäischen Norm EN 60904-2 : 1993, in die die Internationale Norm (International Standard) 904-2, Ausgabe 1989, "Photovoltaic devices, Part 2: Requirements for reference solar cells" unverändert übernommen worden ist.

Die Internationale Norm wurde vom TC 82, "Solar photovoltaic energy systems", der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet.

Zuständig für diese Europäische Norm ist in Deutschland das Komitee 373 "Photovoltaische Solarenergiesysteme" der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE).

Fortsetzung 5 Seiten EN

Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)



DK 621.38 : 621.317.083

Deskriptoren: Photovoltaische Betriebsmittel, Solarzellen, Referenzzelle, sekundäre Referenzzelle, Anforderungen

**Deutsche Fassung**

**Photovoltaische Einrichtungen**  
Teil 2: Anforderungen an Referenz-Solarzellen  
(IEC 904-2 : 1989)

Photovoltaic devices –  
Part 2: Requirements for reference solar  
cells  
(IEC 904-2 : 1989)

Dispositifs photovoltaïques –  
Deuxième partie: Exigences relatives aux  
cellules solaires de référence  
(CEI 904-2 : 1989)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 1993-07-06 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, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und dem Vereinigten Königreich.

**CENELEC**

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR ELEKTROTECHNISCHE NORMUNG  
European Committee for Electrotechnical Standardization  
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

**Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel**

## Vorwort

Das CENELEC-Fragebogenverfahren zur unveränderten Annahme der Internationalen Norm IEC 904-2 : 1989 ergab, daß für die Annahme als Europäische Norm keine gemeinsamen Abänderungen notwendig waren.

Das Referenzdokument wurde danach den CENELEC-Mitgliedern zur formellen Abstimmung vorgelegt und von CENELEC am 6. Juli 1993 als EN 60904-2 genehmigt.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum der Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm (dop): 1994-08-01
- spätestes Datum für die Zurückziehung entgegenstehender nationaler Normen (dow): 1994-08-01

Für Erzeugungen, die vor 1994-08-01 der einschlägigen nationalen Norm entsprochen haben, wie durch den Hersteller oder durch eine Zertifizierungsstelle nachgewiesen, darf diese vorhergehende Norm für die Fertigung bis 1999-08-01 noch weiter angewendet werden.

## Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort .....	2	7 Datenblätter .....	3
1 Anwendungsbereich .....	2	8 Kennzeichnung .....	3
2 Beschreibung .....	2	9 Gehäuse .....	3
3 Auswahl .....	2	10 Wartung der Referenzzellen .....	3
4 Temperaturmessung .....	2	11 Kalibrierung von primären Referenzzellen .....	4
5 Elektrische Anschlüsse .....	3	12 Kalibrierung von sekundären Referenzzellen .....	4
6 Kalibrierung .....	3	Bilder .....	4

### 1 Anwendungsbereich

Diese Norm gibt die Anforderungen für Einteilung, Auswahl, Gehäuse, Kennzeichnung, Kalibrierung und Wartung von Referenz-Solarzellen aus kristallinem Silizium an.

### 2 Beschreibung

Eine Referenz-Solarzelle ist eine besonders kalibrierte Zelle, die zur Messung der Bestrahlungsstärke oder Einstellung des Bestrahlungsstärkewertes des Simulators hinsichtlich der spektralen Verteilung der solaren Referenzbestrahlungsstärke verwendet wird.

Es gibt zwei Ausführungen:

- Primäre Referenzzelle: eine Referenzzelle, deren Kalibrierung auf einem Strahlungsmeßgerät oder Standardstrahlungsdetektor nach der Standard-Weltradiometriereferenz (W.R.R.) basiert.
- Sekundäre Referenzzelle: eine Referenzzelle, die in natürlichem oder simuliertem Sonnenlicht gegen eine primäre Referenzzelle kalibriert wird.

### 3 Auswahl

Für die Kalibrierung als Referenzzellen sind mindestens zwei Solarzellen auszuwählen. Die gewählten Zellen müssen eine solche spektrale Empfindlichkeit haben, daß Meßabweichungen von Eigenschaften bei der vorgesehenen Prüfung (im natürlichen Sonnenlicht oder einem spektralen Simulator) infolge falscher Abstimmung der spektralen Empfindlichkeit kleiner als  $\pm 1\%$  sind. Die Meßabweichung infolge der spektralen Fehl Abstimmung ist nach dem in der entsprechenden IEC-Norm (in Arbeit) beschriebenen Verfahren zu berechnen.

Referenzzellen müssen langzeitstabile Einrichtungen sein, d. h., ihre photovoltaischen Eigenschaften dürfen um nicht mehr als 5% von der Anfangskalibrierung abweichen (siehe Abschnitt 10).

### 4 Temperaturmessung

Es sind Mittel vorzusehen, die die Messung der Halbleiter-Substrat-Übergangstemperatur der Referenzzelle mit einer Genauigkeit von  $\pm 1$  K gestatten.

## 5 Elektrische Anschlüsse

Die elektrischen Anschlüsse für die Referenzzelle müssen aus einem Vierdraht-Kontaktsystem (Kelvin-Sonde) bestehen.

## 6 Kalibrierung

Jede Referenzzelle muß hinsichtlich ihres Kurzschlußstroms bei  $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$  je Bestrahlungsstärkeeinheit mit der spektralen Verteilung der Referenzbestrahlungsstärke kalibriert werden [ $\text{A W}^{-1} \text{m}^2$ ].

Die Standardverfahren der Kalibrierung von primären und sekundären Referenzzellen werden in den Abschnitten 11 und 12 beschrieben. Die relative spektrale Empfindlichkeit und der Temperaturbeiwert des Kurzschlußstroms jeder Referenzzelle ist gemäß den entsprechenden Normen (in Arbeit) zu messen.

## 7 Datenblätter

In jedem Falle, wenn eine Referenzzelle kalibriert wird, sind auf einem Datenblatt folgende Angaben aufzuzeichnen:

- Identifizierungsnummer
  - Ausführung (Primärzelle oder Sekundärzelle)
  - Hersteller der Zelle
  - Art des Werkstoffs
  - Art des Gehäuses
  - Kalibrierstelle
  - Ort und Datum der Kalibrierung
  - Kalibrierverfahren (Verweisung auf die Norm)
  - Strahlungsmeßgerät oder Kennlinien der Standardlampe
  - Kennzeichnung der primären Referenzzelle
  - Kennlinien des Simulators
  - Art des Temperaturfühlers
  - Relative spektrale Empfindlichkeit
  - Temperaturbeiwert des Kurzschlußstroms
  - Kalibrierwert [ $\text{A W}^{-1} \text{m}^2$ ] unter Standardprüfbedingungen (STC)
  - geforderte Genauigkeit
- } soweit  
anwendbar

## 8 Kennzeichnung

Jede Referenzzelle muß eine deutliche, gegen äußere Einwirkung geschützte Identifizierungsnummer für den Verweis auf das entsprechende Datenblatt tragen.

## 9 Gehäuse

### 9.1 Messung in natürlichem Sonnenlicht

Die für die Messungen in natürlichem Sonnenlicht benutzten Referenzzellen müssen auf Änderungen der geometrischen Verteilung der einfallenden Strahlung gleichermaßen ansprechen wie die Prüflinge (Zellen, Baugruppen von Zellen, Modulen).

Wenn Messungen an Mehrfachzellen bei nicht senkrechtem Einfall oder nahezu senkrechtem Einfall des direkten Sonnenstrahls auf die Mehrfachzelleneinrichtung durchgeführt werden, muß folglich die Referenzzelle in ein Mehrfachzellengehäuse eingeschlossen sein (siehe Bild 1). In diesem Fall müssen Gestell, Kapselungssystem, Form sowie Größe und Abstand der Zellen, die die Referenzzelle umgeben, die gleichen sein wie im zu prüfenden Modul. Die umgebenden Zellen dürfen real oder Simulationen mit denselben optischen Eigenschaften sein. Die gestrichelte Linie in Bild 1 gibt die annehmbare Mindestgröße des Mehrfachzellengehäuses für Prüfungen im Freien an.

## 9.2 Messung unter Simulatoren

9.2.1 Bei einigen Simulatoren, die Mehrfachreflexionen des Lichts zum und vom Prüfling zulassen, kann sich je nachdem, ob der Prüfling vorhanden ist oder nicht, die Bestrahlungsstärke in der Prüfebene ändern.

9.2.2 Um die Bestrahlungsstärke, die vorliegt, wenn sich der Prüfling an seinem Platz befindet, exakt zu messen, muß sich die in solchen Simulatoren verwendete Referenzzelle in der gleichen Weise im Gehäuse befinden wie der Prüfling, so daß die Änderung der Bestrahlungsstärke infolge der Mehrfachreflexionen für Referenzzelle und Prüfling dieselbe ist.

Referenzzellen, die für Messungen in Simulatoren verwendet werden, die Meßabweichungen infolge von mehrfach reflektiertem Licht unerheblich machen sollen, dürfen einzeln im Gehäuse untergebracht oder, wenn sie nicht für den täglichen Gebauch bestimmt sind, ohne Gehäuse auf einer temperaturgeregelten Trägereinheit angebracht werden.

Alternativ dürfen die Anforderungen erfüllt werden, die für Referenzzellen für die Verwendung in natürlichem Sonnenlicht angegeben sind.

## 9.3 Gehäuse für Einzelzellen

Wenn ein Gehäuse für Einzelzellen verwendet wird, werden folgende Empfehlungen gegeben:

9.3.1 Das Gesichtsfeld sollte mindestens  $160^\circ$  betragen.

9.3.2 Alle Oberflächen des Gehäuses innerhalb des Gesichtsfeldes der Zelle sollten nichtreflektierend sein und eine Absorption von mindestens 0,95 in dem Wellenlängenbereich haben, für den die Zelle empfindlich ist.

9.3.3 Der Werkstoff für die Befestigung der Zelle auf der Halterung sollte nicht elektrisch und optisch beeinträchtigbar sein. Seine physikalischen Eigenschaften sollten über seine gesamte vorgesehene Einsatzzeit beständig sein.

9.3.4 Die Verwendung eines Schutzfensters wird empfohlen. Wenn die Zelle im Gesamtsonnenlicht kalibriert oder verwendet werden soll, sollte der Raum zwischen Fenster und Zelle mit einer beständigen, durchsichtigen Vergußmasse ausgefüllt werden. Der Brechwert der Vergußmasse muß ähnlich dem Brechwert des Fensters sein (innerhalb der Grenzen von 10%), um die Meßabweichungen infolge der inneren Reflexion des Lichtes bei großen Einfallswinkeln möglichst klein zu halten. Durchsichtigkeit, Beständigkeit und Haftfestigkeit der Vergußmasse sollten durch Ultraviolettstrahlung und die Betriebstemperaturen nicht beeinträchtigt werden.

Bild 2 gibt ein Beispiel für ein geeignetes Einzelzellengehäuse wieder.

## 10 Wartung der Referenzzellen

Das Fenster einer Referenzzelle mit Gehäuse muß sauber und kratzerfrei gehalten werden.

Referenzzellen ohne Gehäuse müssen vor Schaden, Verschmutzung und Eigenschaftsverschlechterungen bewahrt werden.

Die Kalibrierung von Referenzzellen, die häufig benutzt werden, müssen in zeitlichen Abständen von nicht mehr als einem Monat durch Vergleich ihrer Kurzschlußströme bei derselben Bestrahlungsstärke gegeneinander geprüft werden. Ergibt sich eine Änderung der Kurzschlußstromwerte um mehr als  $\pm 1\%$ , sind die Zellen neu zu kalibrieren.

Alle Referenzzellen sind mindestens alle 12 Monate neu zu kalibrieren.

## 11 Kalibrierung von primären Referenzzellen

Das Kalibrierverfahren und seine Ausführung müssen mit hoher Genauigkeit innerhalb von  $\pm n\%$  ( $\pm n\%$  ist festzulegen) erfolgen.

**ANMERKUNG:** Das Wort "Genauigkeit" (benutzt im Sinne von ISO-Normen) hängt von dem für die Kalibrierung verwendeten Verfahren ab. Es kann jedoch eine Wiederholbarkeit innerhalb von  $\pm 1\%$  erreicht werden.

## 12 Kalibrierung von sekundären Referenzzellen

Sekundäre Referenzzellen sind in natürlichem oder simuliertem Sonnenlicht gegen eine primäre Referenzzelle zu kalibrieren. Die spektralen Empfindlichkeiten der primären und der sekundären Referenzzelle müssen so abgestimmt sein, daß die Meßabweichung infolge der spektralen FehlAbstimmung bei der für die Kalibrierung verwendeten Beleuchtung bei Bestimmung nach dem in der entsprechenden IEC-Norm (in Arbeit) angegebenen Verfahren kleiner als  $\pm 1\%$  ist.

### 12.1 Natürliches Sonnenlicht

Die Kalibrierung in natürlichem Sonnenlicht ist unter den folgenden Bedingungen durchzuführen:

**12.1.1** Klares, sonniges Wetter bei einer diffusen Bestrahlungsstärke von nicht mehr als 25% der Gesamtbestrahlungsstärke.

**12.1.2** Keine beobachtbaren Wolkenbildungen innerhalb eines Kegels um die Sonne mit einem halben Öffnungswinkel von  $30^\circ$ .

**12.1.3** Gesamtbestrahlungsstärke (Sonne plus Himmel plus Reflexion vom Erdboden), gemessen mit der primären Referenzzelle, nicht weniger als  $800 \text{ W m}^{-2}$ .

**12.1.4** Luftmasse zwischen AM 1 und AM 2.

**12.1.5** Strahlung hinreichend beständig, so daß die Änderung des Kurzschlußstroms der Referenzzelle während der Meßdauer kleiner als  $\pm 0,5\%$  ist.

### 12.2 Simulator

Wenn simuliertes Sonnenlicht verwendet wird, muß der Simulator die Klasse A nach der entsprechenden IEC-Norm (in Arbeit) haben.

### 12.3 Kalibrierverfahren

**12.3.1** Vor der Kalibrierung sind unter Verwendung der in den entsprechenden IEC-Normen (in Arbeit) festgelegten Verfahren die relative spektrale Empfindlichkeit und der Temperaturbeiwert der sekundären Referenzzelle zu messen.

**12.3.2** Die primäre und die sekundäre Referenzzelle sind in der gleichen Ebene dicht nebeneinander auf derselben Halterung anzubringen. Sie sind an die Strom- und Temperaturmeßgeräte anzuschließen. Wenn möglich, ist die Zelltemperatur auf  $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$  einzustellen. Wenn die Temperatur der Zellen nicht geregelt werden kann, sind sie gegen das Licht abzudecken, außer wenn Strommessungen ausgeführt werden. (Bei gepulsten Simulatoren ist eine Abdeckung nicht erforderlich.)

**12.3.3** Die Halterung ist so zu justieren, daß das Sonnenstrahlenbündel oder die Mittelachse des Simulatorstrahls innerhalb von  $\pm 5^\circ$  senkrecht zu den Zellenflächen liegen.

**12.3.4** Die gleichzeitigen Ablesungen der Kurzschlußströme und Temperaturen beider Referenzzellen sind aufzuzeichnen.

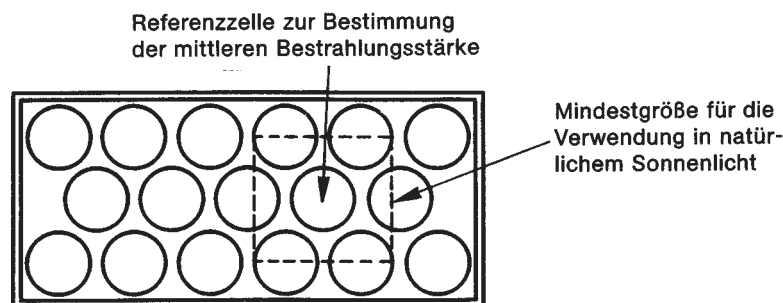
**12.3.5** Schritt 12.3.4 ist zu wiederholen, bis fünf aufeinanderfolgende Ablesungsreihen vorliegen, in denen sich das Verhältnis der Kurzschlußströme, korrigiert auf  $25^\circ\text{C}$ , um nicht mehr als  $\pm 1\%$  ändert.

**12.3.6** Wenn in natürlichem Sonnenlicht kalibriert wird, sind die Schritte 12.3.2 bis einschließlich 12.3.5 mindestens fünfmal an mindestens drei verschiedenen Tagen zu wiederholen.

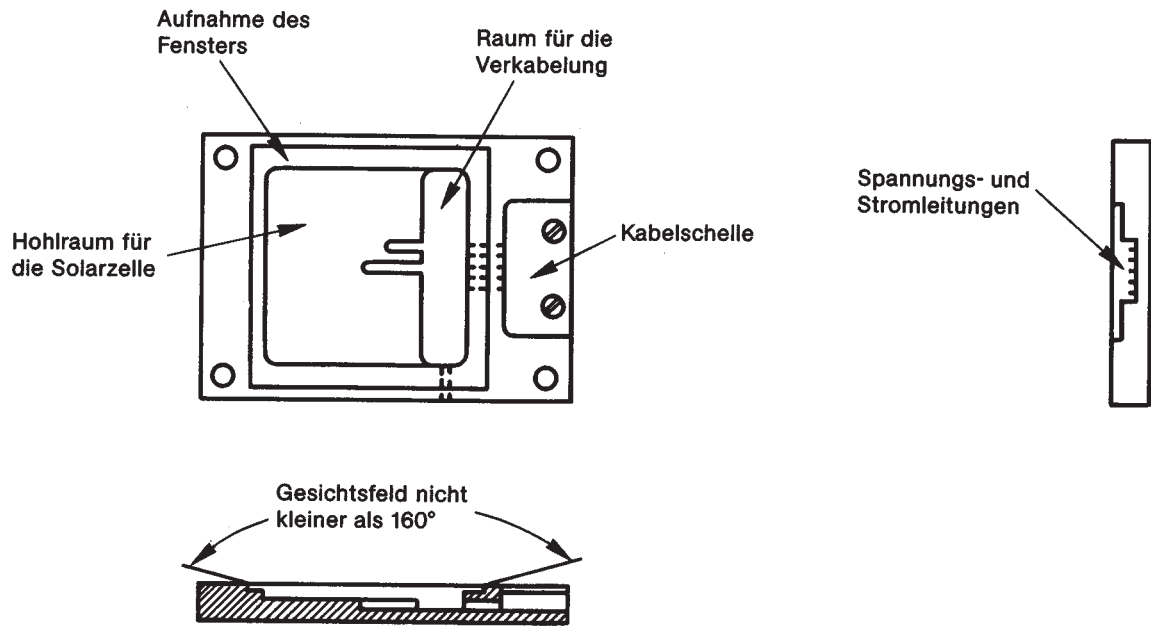
**12.3.7** Aus den annehmbaren Daten ist folgendes mittleres Verhältnis zu berechnen:

$$\frac{\text{Kurzschlußstrom der sekundären Referenzzelle bei } 25^\circ\text{C}}{\text{Kurzschlußstrom der primären Referenzzelle bei } 25^\circ\text{C}}$$

**12.3.8** Der Kalibrierwert der primären Referenzzelle ist mit dem berechneten mittleren Verhältnis zu multiplizieren, um den Kalibrierwert der sekundären Referenzzelle zu erhalten.



**Bild 1: Referenzzelle in einem Mehrfachzellengehäuse**



**Bild 2: Einzelzellegehäuse**