

**Terrestrische Dünnschicht-Photovoltaik- (PV) Module –
Bauarteignung und Bauartzulassung**
(IEC 61646 : 1996)
Deutsche Fassung EN 61646 : 1997

DIN
EN 61646

Diese Norm enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm

IEC 61646

ICS 27.160

Deskriptoren: Dünnschichttechnik, Photovoltaik, terrestrisch, Bauartzulassung, Modul

Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval (IEC 61646 : 1996);
German version EN 61646 : 1997

Modules photovoltaïques (PV) en couches minces pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation (CEI 61646 : 1996);
Version allemande EN 61646 : 1997

Die Europäische Norm EN 61646 : 1997 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 373 "Photovoltaische Solar-energie-Systeme" der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm 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.

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

Fortsetzung Seite 2
und 26 Seiten EN

Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist nachstehend wiedergegeben. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig.

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm
EN 60068-1 : 1994	IEC 60068-1 : 1988	DIN EN 60068-1 : 1995-03
EN 60068-2-2 : 1993 A1 : 1993 A2 : 1994	IEC 60068-2-2 : 1974 Amendment 1 : 1993 Amendment 2 : 1994	DIN EN 60068-2-2 : 1994-08 A2 : 1995-01
HD 323.2.3 S2 : 1987	IEC 60068-2-3 : 1969	DIN IEC 60068-2-3 : 1986-12
HD 323.2.21 S3 : 1988 prEN 60068-2-21 : 1996	IEC 60068-2-21 : 1983	DIN IEC 60068-2-21 : 1985-08
–	IEC 60410 : 1973	DIN ISO 2859-1 : 1993-04 *)
HD 478.2.1 S1 : 1989	IEC 60721-2-1 : 1982 Amendment 1 : 1987	DIN IEC 60721-2-1 : 1992-07
EN 60891 : 1994	IEC 60891 : 1987 Amendment 1 : 1992	–
EN 60904-1 : 1993	IEC 60904-1 : 1987	DIN EN 60904-1 : 1995-04
EN 60904-3 : 1993	IEC 60904-3 : 1989	DIN EN 60904-3 : 1995-04
–	IEC 60904-09 : 1995	–
EN 61215 : 1995	IEC 61215 : 1993	DIN EN 61215 : 1996-10
–	QC 001002 : 1986	DIN IEC QC 001002 : 1988-02
*) Nicht übereinstimmend		

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60068-1

Umweltprüfungen – Teil 1: Allgemeines und Leitfaden (IEC 60068-1:1988 + Corrigendum 1988 + A1:1992); Deutsche Fassung EN 60068-1 : 1994

DIN EN 60068-2-2

Umweltprüfungen – Teil 2: Prüfungen; Prüfgruppe B: Trockene Wärme (IEC 60068-2-2 : 1974 + IEC 60068-2-2A : 1976 + A1 : 1993); Deutsche Fassung EN 60068-2-2 : 1993 + A1 : 1993

DIN EN 60068-2-2/A2

Umweltprüfungen – Teil 2: Prüfungen; Prüfgruppe B: Trockene Wärme (IEC 60068-2-2 : 1974/A2 : 1994); Deutsche Fassung EN 60068-2-2 : 1990/A2 : 1994

DIN EN 60904-1

Photovoltaische Einrichtungen – Teil 1: Messen der photovoltaischen Strom-/Spannungskennlinien (IEC 60904-1 : 1987); Deutsche Fassung EN 60904-1 : 1993

DIN EN 60904-3

Photovoltaische Einrichtungen – Teil 3: Meßgrundsätze für terrestrische photovoltaische (PV) Einrichtungen mit Angaben über die spektrale Strahlungsverteilung (IEC 60904-3 : 1989); Deutsche Fassung EN 60904-3 : 1993

DIN EN 61215

Terrestrische Photovoltaik-(PV)Module mit Silizium-Solarzellen – Bauarteignung und Bauartzulassung (IEC 61215 : 1993); Deutsche Fassung EN 61215 : 1995

DIN IEC 60068-2-3

Elektrotechnik – Grundlegende Umweltprüfverfahren – Prüfungen; Prüfung Ca: Feuchte Wärme, konstant; Identisch mit IEC 60068-2-3, Ausgabe 1969 (Stand 1984)

DIN IEC 60068-2-21

Elektrotechnik – Grundlegende Umweltprüfverfahren – Prüfungen; Prüfgruppe U: Mechanische Widerstandsfähigkeit der Anschlüsse; Identisch mit IEC 60068-2-21, Ausgabe 1983

DIN IEC 60721-2-1

Elektrotechnik – Klassifizierung von Umweltbedingungen – Natürliche Einflüsse, Temperatur und Luftfeuchte; Identisch mit IEC 60721-2-1 : 1982 (Stand 1987)

DIN IEC QC 001002

IEC-Gütebestätigungssystem für Bauelemente der Elektronik (IECQ) – Verfahrensregeln; Identisch mit IEC QC 001002, Ausgabe 1986

DIN ISO 2859-1

Annahmestichprobenprüfung anhand der Anzahl fehlerhafter Einheiten oder Fehler (Attributprüfung) – Nach der annehmbaren Qualitätsgrenzlage (AQL) geordnete Stichprobenanweisungen für die Prüfung einer Serie von Losen anhand der Anzahl fehlerhafter Einheiten oder Fehler; Identisch mit ISO 2859-1 : 1989

Deutsche Fassung

**Terrestrische Dünnschicht-Photovoltaik- (PV) Module –
Bauarteignung und Bauartzulassung
(IEC 61646 : 1996)**

Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design
qualification and type approval (IEC 61646 : 1996)

Modules photovoltaïques (PV) en couches minces pour
application terrestre – Qualification de la conception et
homologation (CEI 61646 : 1996)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 1996-12-09 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

Der Text des Schriftstücks 82/153/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 61646, ausgearbeitet von dem IEC/TC 82 "Solar photovoltaic energy systems", wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 09.12.1996 als EN 61646 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung (dop): 1997-09-01 einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muß
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, (dow): 1997-09-01 zurückgezogen werden müssen

Anhänge, die als "normativ" bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt.

Anhänge, die als "informativ" bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.

In dieser Norm ist Anhang ZA normativ und Anhang A informativ.

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61646 : 1996 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich und Zweck	2	10.16 Mechanische Belastungsprüfung	21
2 Normative Verweisungen	3	10.17 Hagelprüfung	21
3 Stichprobenentnahme	3	10.18 Lichtbehandlung	23
4 Kennzeichnung	3	10.19 Hitzebehandlung	24
5 Prüfungen	3	10.20 Kriechstromprüfung unter Benässung	24
6 Annahmekriterien	4	Tabellen	
7 Größere sichtbare Schäden	4	1 Zusammenfassung der Eignungsprüfungen	6
8 Prüfbericht	4	2 Massen der Eiskugeln und Prüfgeschwindigkeiten	22
9 Änderungen	4	3 Aufschlagpunkte	23
10 Prüfverfahren	7	Bilder	
10.1 Sichtprüfung	7	1 Prüffolge der Eignungsprüfung	5
10.2 Leistung bei Standardprüfbedingungen (STC)	7	2 Korrekturfaktor der NOCT	11
10.3 Isolationsprüfung	7	3 Referenzplatte	12
10.4 Messung der Temperaturkoeffizienten	7	4 NOCT-Messung mit dem Referenzplattenverfahren	12
10.5 Messung der Nennbetriebs-Zellentemperatur (NOCT)	8	5 Korrekturfaktor des Windes	13
10.6 Leistung bei der NOCT	13	6 Hot-Spot-Effekt in Zelle vom Typ A	14
10.7 Leistung bei niedriger Bestrahlungsstärke	13	7 Sperrkennlinien	15
10.8 Dauerprüfung unter Freilandbedingungen	13	8 Hot-Spot-Effekt in Zelle vom Typ B	15
10.9 Hot-Spot-Dauerprüfung	14	9 Fall SP: Reihen-Parallel-Schaltung	16
10.10 UV-Prüfung	18	10 Fall SPS: Reihen-Parallel-Reihen-Schaltung	16
10.11 Temperaturwechselprüfung	18	11 Temperaturwechselprüfung	18
10.12 Feuchte-Frost-Prüfung	19	12 Feuchte-Frost-Zyklus	19
10.13 Feuchte-Wärme-Prüfung	20	13 Hagelprüfeinrichtung	22
10.14 Festigkeit der Anschlüsse	20	14 Aufschlagpunkte	23
10.15 Verwindungsprüfung	21	Anhang A (informativ) Bibliographie	26
		Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	26

1 Anwendungsbereich und Zweck

Diese Internationale Norm legt die Anforderungen für die Bauarteignung und Bauartzulassung terrestrischer photovoltaischer Dünnschichtmodule fest, die für den Langzeitbetrieb in gemäßigten Freiluftklimaten geeignet sind, wie in der IEC 60721-2-1 definiert. Diese Norm ist für amorphe Silizium-

technologien bestimmt, kann aber für andere PV-Dünnschichtmodule angewendet werden. Änderungen der Prüfreihenfolge können wegen der spezifischen Kenngrößen dieser anderen neuen Technologien notwendig sein.

Die Prüfreihenfolge basiert zum größten Teil auf der Reihenfolge, die in der IEC 61215 für die Bauarteignung und Bauart-

zulassung von terrestrischen kristallinen Silizium PV-Modulen festgelegt ist. Jedoch sind einige Änderungen durchgeführt worden, um die speziellen Merkmale der amorphen Silizium-Dünnschichtmodule zu berücksichtigen. Lichtbehandlung wird benutzt, um die durch Licht verursachten Degradationen von anderen Degradationsmechanismen zu trennen und die maximale Leistung am Ende der Prüffolge als eine Einschätzung der Langzeitleistung von Dünnschichtmodulen zu liefern. Module werden vor der Temperaturwechselbeanspruchung und Feuchte-Wärme-Prüfung erhitzt, um die Auswirkungen der Hitzebehandlung von jeder Verschlechterung, die sich aus diesen Prüfungen ergibt, zu trennen. Für andere Dünnschichttechnologien, außer amorphes Silizium, können Vorbehandlungen wie Lichtbehandlung und Hitzebehandlung unterschiedlich oder gar unnötig sein. Eine Kriechstromprüfung unter Benässung ist hinzugefügt worden, da alle Arten von Dünnschichtmodulen für Korrosion anfällig sind, die durch Feuchtigkeit verursacht wird.

Der Zweck der festgelegten Prüffolgen ist es, die elektrischen und thermischen Kenngrößen des PV-Moduls festzustellen sowie im Rahmen eines vertretbaren Kosten- und Zeitaufwandes den Nachweis zu erbringen, daß das Modul geeignet ist, im Dauereinsatz den im Anwendungsbereich beschriebenen Klimaten standzuhalten. Die tatsächliche Lebenserwartung der so als geeignet bezeichneten PV-Module wird von ihrer Konstruktion, den Umweltbedingungen und den Bedingungen abhängen, unter denen sie betrieben werden.

Diese Norm gilt nicht für PV-Module, die in Verbindungen mit konzentrierenden Einrichtungen eingesetzt werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Normen enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil der vorliegenden Internationalen Norm sind. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig. Alle Normen unterliegen der Überarbeitung, und Vertragspartner, deren Vereinbarungen auf dieser Internationalen Norm basieren, werden gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, ob die jeweils neuesten Ausgaben der im folgenden genannten Normen angewendet werden können. Die Mitglieder von IEC und ISO führen Verzeichnisse der gegenwärtig gültigen Internationalen Normen.

IEC 60068-1 : 1988

Environmental testing – Part 1: General and guidance
Amendment 1 (1993)

IEC 60068-2-2 : 1974

Environmental testing – Part 2: Tests – Test B: Dry heat
Amendment 1 (1993), Amendment 2 (1994)

IEC 60068-2-3 : 1969

Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ca: Damp heat, steady state

IEC 60068-2-21 : 1983

Environmental testing – Part 2: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices
Amendment 2 (1991), Amendment 3 (1992)

IEC 60410 : 1973

Sampling plans and procedures for inspection by attributes

IEC 60721-2-1 : 1982

Classification of environmental conditions – Part 2: Environmental conditions appearing in nature – Temperature and humidity
Amendment 1 (1987)

IEC 60891 : 1987

Procedures for temperature and irradiance corrections to measured I-V characteristics of crystalline silicon photovoltaic devices
Amendment 1 (1992)

IEC 60904-1 : 1987

Photovoltaic devices – Part 1: Measurements of photovoltaic current – voltage characteristics

IEC 60904-3 : 1989

Photovoltaic devices – Part 3: Measurements principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data

IEC 60904-9 : 1995

Photovoltaic devices – Part 9: Solar simulator performance requirements

IEC 61215 : 1993

Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval

IEC QC 001002 : 1986

Rules of Procedure of the IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQC)
Amendment 2 (1994)

3 Stichprobenentnahme

Für die Eignungsprüfung sind acht Module (plus Ersatzmodule, wenn gewünscht) nach dem in IEC 60410 angegebenen Verfahren wahllos einer oder mehrerer Produktionschargen zu entnehmen. Die Module müssen aus spezifizierten Werkstoffen und Komponenten nach entsprechenden Zeichnungen und Verfahrensunterlagen hergestellt und den üblichen Prüfungen, Qualitätskontrollen und Annahmeverfahren des Herstellers unterzogen worden sein. Die Module müssen in jeder Einzelheit vollständig sein, und ihnen müssen die Bedien-, Einbau- und Anschlußanweisungen des Herstellers beigelegt sein, die die höchstzulässige Systemspannung enthalten muß.

Wenn die zu prüfenden PV-Module Prototypen einer neuen Bauart sind und nicht einer Produktionscharge entstammen, ist das im Prüfbericht festzuhalten (siehe Abschnitt 8).

4 Kennzeichnung

Jedes Modul muß deutlich und unlöschar die folgenden Kennzeichnungen tragen:

- Name, Monogramm oder Symbol des Herstellers;
- Typ oder Modellnummer;
- Seriennummer;
- Polarität der Anschlüsse oder Zuleitungen (Farbkodierung ist zulässig);
- höchste Systemspannung, für die das Modul geeignet ist;
- Nennwerte und Mindestwerte der maximalen Ausgangsleistung bei STC, wie von dem Hersteller für den Modultyp spezifiziert.

Datum und Ort der Herstellung müssen auf dem Modul angegeben werden oder durch die Seriennummer feststellbar sein.

5 Prüfungen

Die Module sind in Gruppen zu unterteilen und den einzelnen Eignungsprüfungen nach Bild 1 in der festgelegten Reihenfolge zu unterziehen. Jeder Block bezieht sich auf den entsprechenden Abschnitt dieser Norm. Die Prüfverfahren und Schärfegrade, einschließlich der Anfangs- und Schlußmessungen, sofern erforderlich, sind im einzelnen in Abschnitt 10 beschrieben. Hinsichtlich der Prüfungen in 10.2, 10.4, 10.6 und 10.7 wird jedoch darauf hingewiesen, daß die in IEC 60891 festgelegten Verfahren für Temperatur- und Einstrahlungskorrekturen der gemessenen I-V-Kenngrößen sich nur auf lineare Module beziehen. Wenn das Modul nicht linear ist, müssen diese Prüfungen innerhalb $\pm 5\%$ der angegebenen Einstrahlung und innerhalb $\pm 2^\circ\text{C}$ der angegebenen Temperatur durchgeführt werden.

ANMERKUNG: Wenn die Schlußmessungen einer Prüfung als Anfangsmessungen für die nächste Prüfung in der Prüffolge dienen, brauchen sie nicht wiederholt werden. In diesen Fällen werden die Anfangsmessungen zu der betreffenden Prüfung übergangen.

Jede Einzelprüfung, die unabhängig von einer Prüffolge durchgeführt wird, wird von den Anfangsprüfungen 10.1, 10.2. und 10.3 eingeleitet.

Bei der Ausführung der Prüfungen muß der Prüfer die Anweisungen des Herstellers für die Handhabung, Montage und den Anschluß genau befolgen. Die Prüfung in 10.4 darf weggelassen werden, wenn die Temperaturkoeffizienten, α und β bereits bekannt sind. Bei Dünnschichttechnologien, außer amorphem Silizium, können Hitze- und Lichtbehandlungsprüfungen weggelassen werden, wenn diese nachweislich keinerlei Auswirkungen haben (Änderung der maximalen Ausgangsleistung weniger als 0,5 %). Der Prüfbericht muß die Begründung einer solchen Unterlassung angeben.

Die Prüfbedingungen sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

6 Annahmekriterien

Eine Modulbauart hat die einzelnen Eignungsprüfungen bestanden und soll damit als "IEC-Bauartzugelassen" bewertet werden, wenn jeder Prüfling alle folgenden Kriterien erfüllt:

- a) Die Verschlechterung der maximalen Leistung unter Standard-Prüfbedingungen (STC) überschreitet den vorgeschriebenen Grenzwert nach jeder Prüfung nicht.
- b) Nach der abschließenden Lichtbehandlung beträgt die maximale Leistung bei STC nicht weniger als 90 % des Mindestwertes, der von dem Hersteller in Abschnitt 4 angegeben wird.
- c) Bei keinem Prüfling ist während der Prüfungen eine Unterbrechung oder ein Erdschluß aufgetreten.
- d) Es ist kein sichtbares Anzeichen für einen größeren Schaden, wie in Abschnitt 7 definiert, aufgetreten.
- e) Die Anforderungen der Prüfungen 10.3 und 10.20 sind erfüllt worden.

Falls zwei oder mehr PV-Module diese Kriterien nicht erfüllen, muß angenommen werden, daß die Bauart die Eignungsanforderungen nicht erfüllt hat. Falls nur ein PV-Modul eine Prüfung nicht bestehen sollte, müssen zwei weitere PV-Modu-

le, die den Anforderungen von Abschnitt 3 entsprechen, der gesamten betreffenden Prüfungsfolge von Beginn an unterzogen werden. Falls eines oder beide dieser PV-Module wiederum nicht bestehen, muß angenommen werden, daß die Bauart die Eignungsanforderungen nicht erfüllt hat. Wenn jedoch beide PV-Module die Prüfungsfolge bestehen, ist die Bauart so zu bewerten, daß sie die Eignungsanforderungen erfüllt hat.

7 Größere sichtbare Schäden

Für den Zweck der Bauarteignung und -zulassung werden folgende Schäden als größere sichtbare Schäden angesehen:

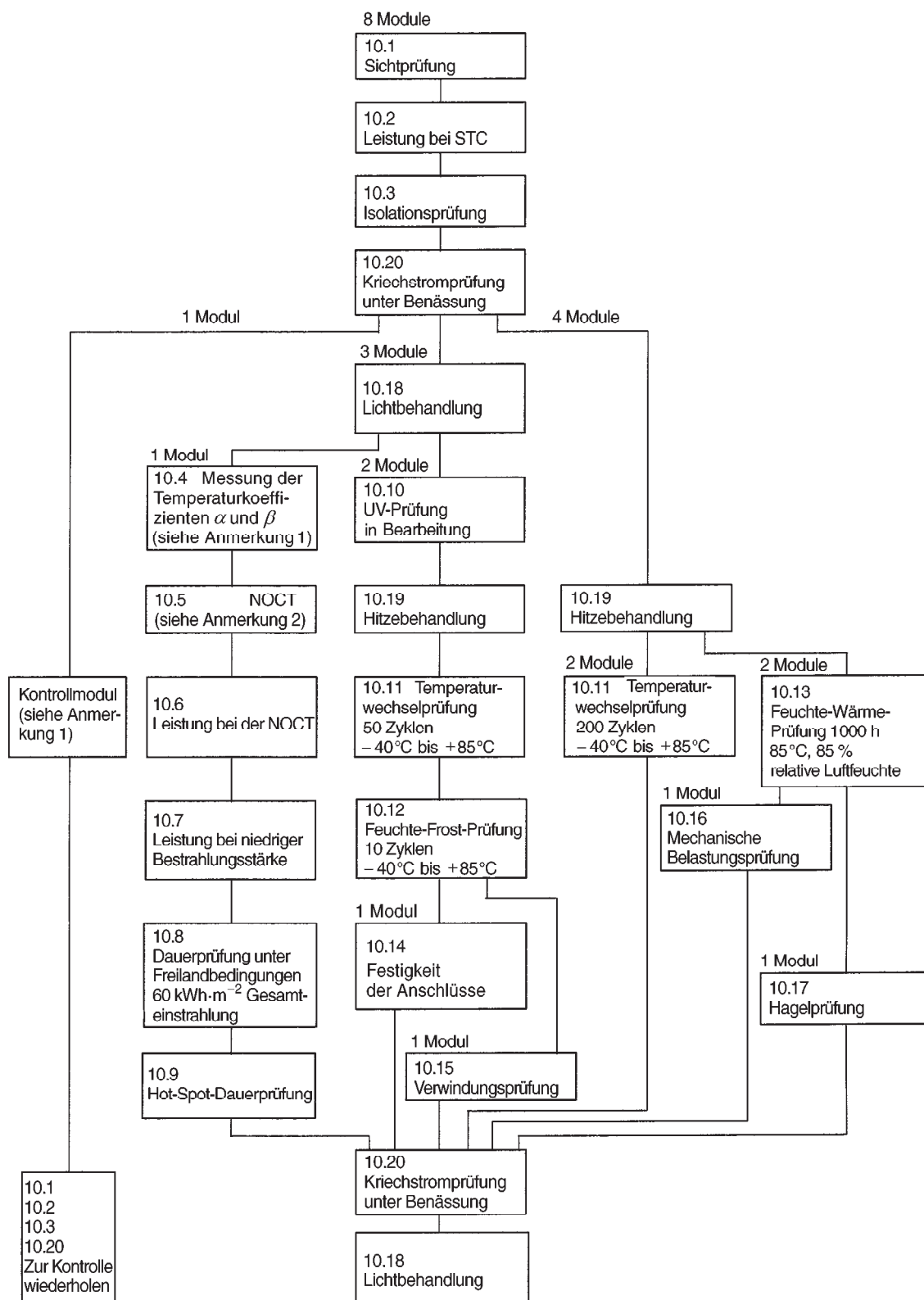
- a) gebrochene, rissige, verbogene, versetzte oder gerissene äußere Oberflächen;
- b) Risse oder sichtbare Korrosion in einer der Dünnschichtebenen des aktiven Schaltungsaufbaus, die sich über mehr als 10 % irgendeiner Zelle ausbreiten;
- c) Blasen oder Ablösungen, die einen durchgehenden Pfad zwischen irgendeinem Teil des elektrischen Schaltkreises und der Kante des Moduls bilden;
- d) Verlust der mechanischen Unversehrtheit in einem Maße, daß die Installation und/oder die Funktion des Moduls beeinträchtigt werden würde.

8 Prüfbericht

Nach der Bauartzulassung muß von der Prüfstelle entsprechend dem IECQ-Verfahren QC 001002 ein zertifizierter Bericht der Eignungsprüfung ausgestellt werden, der die gemessenen Funktions- und Leistungskennwerte sowie die Einzelheiten jedes Schadens und aller Wiederholungsprüfungen oder weggelassener Prüfungen enthält. Eine Kopie dieses Berichtes hat der Hersteller für Referenzzwecke aufzubewahren.

9 Änderungen

Jede Veränderung der Konstruktion, der Werkstoffe, der Komponenten oder der Verarbeitung des PV-Moduls kann eine Wiederholung einiger oder aller Eignungsprüfungen zur Erhaltung der Bauartzulassung erforderlich machen.



ANMERKUNG 1: Darf weggelassen werden, wenn α und β bereits bekannt sind.

ANMERKUNG 2: Im Falle von PV-Modulen, die nicht für die Montage an Unterkonstruktionen vorgesehen sind, darf die NOCT (Nennbetriebs-Zellentemperatur) durch die mittlere Gleichtemperatur der Zellfläche bei Standard-Referenzumgebungsbedingungen (SRE) ersetzt werden, wobei das Modul wie vom Hersteller empfohlen zu montieren ist.

Bild 1: Prüffolge der Eignungsprüfung

Tabelle 1: Zusammenfassung der Eignungsprüfungen

Prüfung	Name	Prüfbedingungen
10.1	Sichtprüfung	Siehe detaillierte Liste für die Sichtprüfung in 10.1.2
10.2	Leistung bei Standard-Prüfbedingungen (STC)	Zellentemperatur: 25 °C; Einstrahlung: 1000 W · m ⁻² bei spektraler Verteilung der solaren Referenzbestrahlungsstärke nach IEC 60904-3
10.3	Isolationsprüfung	1000 V Gleichspannung + doppelte System-Leerlaufspannung bei Standard-Prüfbedingungen (STC) für 1 min. Isolationswiderstand nicht kleiner als 50 MΩ bei 500 V Gleichspannung
10.4	Messung der Temperaturkoeffizienten	Siehe 10.4 für Einzelheiten
10.5	Messung der NOCT	Bestrahlungsstärke: 800 W · m ⁻² Umgebungstemperatur: 20 °C Windgeschwindigkeit: 1 m · s ⁻¹
10.6	Leistung bei der NOCT	Zellentemperatur: NOCT Bestrahlungsstärke: 800 W · m ⁻² Spektralverteilung entsprechend Referenzsonnenspektrum nach IEC 60904-3
10.7	Leistung bei niedriger Bestrahlungsstärke	Zellentemperatur: 25 °C Bestrahlungsstärke: 200 W · m ⁻² mit spektraler Verteilung der solaren Referenzbestrahlungsstärke nach IEC 60904-3
10.8	Dauerprüfung unter Freilandbedingungen	Solare Gesamtbestrahlung: 60 kWh · m ⁻²
10.9	Hot-Spot-Dauerprüfung	Fünf einstündige Dauerprüfungen bei einer Bestrahlungsstärke von 1000 W · m ⁻² unter ungünstigsten Hot-Spot-Bedingungen
10.10	UV-Prüfung	In Vorbereitung
10.11	Temperaturwechselprüfung	50 und 200 Zyklen von – 40 °C bis + 85 °C
10.12	Feuchte-Frost-Prüfung	10 Zyklen von + 85 °C, 85 % relative Luftfeuchte bis – 40 °C
10.13	Feuchte-Wärme-Prüfung	1000 h bei + 85 °C, 85 % relative Luftfeuchte
10.14	Festigkeit der Anschlüsse	Wie in IEC 60068-2-21
10.15	Verwindungsprüfung	Verbiegungswinkel: 1,2°
10.16	Mechanische Belastungsprüfung	Zwei Zyklen gleichmäßiger Belastung mit 2 400 Pa, nacheinander für 1 h auf die Vorder- und die Rückfläche aufgebracht
10.17	Hagelprüfung	Eiskugel von 25 mm Durchmesser mit 23,0 m · s ⁻¹ , auf 11 Aufschlagstellen gerichtet
10.18	Lichtbehandlung	Belichtung bei 800 W · m ⁻² bis 1000 W · m ⁻² , bis $P_{\max}$ innerhalb 2 % konstant ist
10.19	Hitzebehandlung	Erwärmen auf 85 °C, bis $P_{\max}$ innerhalb 2 % konstant ist
10.20	Kriechstromprüfung unter Benässung	Anschlüsse mit Wasser besprühen und Kanten eintauchen bei 500 V Gleichspannung, um den Kriechstrom festzustellen

10 Prüfverfahren

10.1 Sichtprüfung

10.1.1 Zweck

Feststellung von sichtbaren Schäden im Modul.

10.1.2 Durchführung

Jedes Modul ist bei einer Beleuchtungsstärke von mindestens 100 lux einer sorgfältigen Sichtprüfung auf folgende Zustände zu unterziehen:

- gebrochene, rissige, verbogene, versetzte oder gerissene äußere Oberflächen;
- fehlerhafte Verschaltungen oder Verbindungsstellen;
- Risse oder sichtbare Korrosion in einer der Dünnschichten des aktiven Schaltungsaufbaus;
- sichtbare Korrosion der Ausgangsverbindungen, Verschaltungen oder Sammelschienen;
- fehlerhafte Klebeverbindungen;
- klebrige Oberfläche bei Verwendung von Kunststoffmaterialien;
- fehlerhafte Anschlüsse, offene spannungsführende elektrische Teile;
- alle anderen Zustände, die die Leistung/Funktion beeinflussen können;
- Blasen, Delaminierung oder jeder andere Defekt, der einen durchgehenden Pfad zwischen einer Solarzelle und der Kante des Moduls bildet.

Die Art und Lage aller Risse, Blasen oder Delaminierung usw., die die Leistung/Funktion des Moduls bei nachfolgenden Prüfungen verschlechtern oder beeinträchtigen könnten, sind zu notieren und/oder zu photographieren.

10.1.3 Anforderungen

Andere sichtbare Zustände als die in Abschnitt 7 genannten größeren sichtbaren Mängel sind für die Zwecke der Bauartzulassung annehmbar.

10.2 Leistung bei Standardprüfbedingungen (STC)

10.2.1 Zweck

Feststellung, wie sich die elektrische Leistung des PV-Moduls bei angeschlossener Last unter STC (Zellentemperatur: $25^{\circ}\text{C} \pm 2\%$, Bestrahlungsstärke: $1000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$) bei natürlichem Sonnenlicht oder bei Verwendung eines Sonnensimulators Klasse A entsprechend den Anforderungen von IEC 60904-9 ändert.

10.2.2 Verfahren

Die Strom-Spannungs-Kennlinie des PV-Moduls bei STC wird nach IEC 60904-1 bestimmt. Falls erforderlich werden Temperatur- und Bestrahlungsstärkekorrekturen nach IEC 60891 durchgeführt.

10.3 Isolationsprüfung

10.3.1 Zweck

Nachweis, ob das Modul zwischen stromführenden Teilen und dem Rahmen ausreichend isoliert ist.

10.3.2 Prüfbedingungen

Die Prüfung des PV-Moduls soll bei der Umgebungstemperatur der umgebenden Atmosphäre (siehe IEC 60068-1) und einer relativen Luftfeuchte von nicht mehr als 75 % durchgeführt werden.

10.3.3 Durchführung

- a) Die kurzgeschlossenen Ausgangsanschlüsse des PV-Moduls sind mit dem Pluspol eines Gleichstrom-Isolationsprüfers mit einer Strombegrenzung zu verbinden. Die Strombegrenzung auf 50 μA einstellen.
- b) Die ungeschützten Metallteile des PV-Moduls sind mit dem Minuspol des Isolationsprüfers zu verbinden. Hat das PV-Modul keinen Rahmen oder ist der Rahmen ein schlechter elektrischer Leiter, so muß das PV-Modul auf eine metallene nachgebildete Tragkonstruktion montiert werden, die mit dem Minuspol des Isolationsprüfers verbunden ist.

c) Die an den Isolationsprüfer angelegte Spannung ist mit einer Geschwindigkeit von höchstens $500 \text{ V} \cdot \text{s}^{-1}$ auf einen Höchstwert von 1000 V plus der doppelten maximalen Systemspannung (d. h. der Leerlaufspannung des Systems bei STC) zu erhöhen. Die Spannung muß 1 min bei diesem Wert gehalten werden. Wenn die maximale Systemspannung nicht größer als 50 V ist, muß die angelegte Spannung 500 V betragen.

d) Die angelegte Spannung ist auf Null zu senken und die Pole des Isolationsprüfers sind für 5 min kurzgeschlossen, während das PV-Modul angeschlossen bleibt.

e) Der Kurzschluß ist aufzuheben.

f) An das PV-Modul ist eine Gleichspannung von mindestens 500 V anzulegen, wobei der Isolationsprüfer wie bei den Schritten a) und b) angeschlossen bleibt. Der Isolationswiderstand ist zu bestimmen.

10.3.4 Prüfungsanforderungen

- Kein dielektrischer Durchschlag (weniger als 50 μA) oder keine Oberflächenrisse bei Schritt c).
- Isolationswiderstand mindestens 50 M Ω .

10.4 Messung der Temperaturkoeffizienten

10.4.1 Zweck

Ermittlung des Temperaturkoeffizienten des Stromes (α) und der Spannung (β) aus Messungen an einem PV-Modul. Die so ermittelten Koeffizienten sind bei der Bestrahlungsstärke gültig, bei der die Messungen durchgeführt wurden. Bei linearen PV-Modulen sind sie auch über einen Bestrahlungsstärkenbereich von $\pm 30\%$ dieses Wertes gültig. Dieses Verfahren ergänzt das Verfahren in IEC 60891 zur Messung dieser Koeffizienten an einer repräsentativen Auswahl von Einzelzellen. Die Temperaturkoeffizienten eines Dünnschichtmoduls können von der Einstrahlung und der Vorgeschichte der Temperatur des Moduls abhängen. Wenn Temperaturkoeffizienten zitiert sind, muß die Vorgeschichte bezüglich der Bedingungen und der Ergebnisse der Einstrahlung zusammen mit den Wärmeprüfungen angegeben werden.

10.4.2 Prüfeinrichtung

a) Sonnensimulator (Klasse B oder besser) nach IEC-Norm 60904-9. Einrichtungen zur Messung der Bestrahlungsstärke, des Kurzschlußstromes und der Leerlaufspannung nach IEC 60904-1, Abschnitt 2.

ANMERKUNG: Die Verwendung eines gepulsten Sonnensimulators ist vorzuziehen, da sie nur eine geringe zusätzliche Erwärmung hervorruft, die das Modul bei der Messung beeinflussen könnte. Wenn ein stationärer Sonnensimulator verwendet wird, sollte er mit einer Abschattungsklappe oder einer gleichwertigen Einrichtung ausgerüstet sein, um den Zeitraum der Bestrahlung auf 0,5 s oder weniger zu vermindern.

b) Einrichtungen zur Messung der Oberflächen- oder Zellentemperatur des Prüfmoduls mit einer Meßunsicherheit von $\pm 0,5\%$.

c) Eine Prüfkammer, in der das Prüfmodul untergebracht werden kann und die mit einem durchsichtigen Fenster sowie Einrichtungen zur gleichmäßigen Erwärmung und Abkühlung des Nutzraumes über den interessierenden Temperaturbereich ausgerüstet ist.

10.4.3 Durchführung

a) Der Kurzschlußstrom des PV-Moduls ist bei der gewünschten Bestrahlungsstärke und bei Raumtemperatur nach IEC 60904-1 zu ermitteln.

b) Das Prüfmodul ist in die Prüfkammer einzubauen und eine geeignete Bestrahlungsstärkemeßeinrichtung außerhalb der Prüfkammer, aber innerhalb des Strahlenganges des Sonnensimulators anzuordnen. Der Anschluß an die Meßdatenerfassung ist herzustellen.

c) Die Prüfkammer ist zu schließen und die Bestrahlungsstärke so einzustellen, daß das Prüfmodul den nach Schritt a) ermittelten Kurzschlußstrom erzeugt. Um diese Einstellung der Bestrahlungsstärke während der Prüfung