



	DIN EN 62446 (VDE 0126-23)	
	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>Netzgekoppelte Photovoltaik-Systeme – Mindestanforderungen an Systemdokumentation, Inbetriebnahmeprüfung und wiederkehrende Prüfungen (IEC 62446:2009); Deutsche Fassung EN 62446:2009</p> <p>Grid connected photovoltaic systems – Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection (IEC 62446:2009); German version EN 62446:2009</p> <p>Systèmes photovoltaïques connectés au réseau électrique – Exigences minimales pour la documentation du système, les essais de mise en service et l'examen (CEI 62446:2009); Version allemande EN 62446:2009</p> <p style="text-align: right;">Gesamtumfang 28 Seiten</p> <p>DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE</p>		

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2009-10-01 angenommene EN 62446 gilt als DIN-Norm ab 2010-07-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 62446 (VDE 0126-23):2007-07.

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.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

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.

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

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
Normen der Reihe HD 60364	Normen der Reihe IEC 60364	Normen der Reihe DIN VDE 0100 (VDE 0100)	Normen der Reihe VDE 0100
HD 60364-6	IEC 60364-6, modifiziert	DIN VDE 0100-600 (VDE 0100-600)	VDE 0100-600
HD 60364-7-713:2005	IEC 60364-7-712:2002	DIN VDE 0100-712 (VDE 0100-712):2006	VDE 0100-712
–	IEC/TR 60755:2008	–	–
Normen der Reihe EN 61557	Normen der Reihe IEC 61557	Normen der Reihe DIN EN 61557 (VDE 0413)	Normen der Reihe VDE 0413
EN 61730-1	IEC 61730-1, modifiziert	DIN EN 61730-1 (VDE 0126-30-1)	VDE 0126-30-1

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

Normen der Reihe DIN EN 61557 (VDE 0413), *Elektrische Sicherheit in Niederspannungsnetzen bis AC 1 000 V und DC 1 500 V – Geräte zum Prüfen, Messen oder Überwachen von Schutzmaßnahmen*

DIN EN 61730-1 (VDE 0126-30-1), *Photovoltaik(PV)-Module – Sicherheitsqualifikation – Teil 1: Anforderungen an den Aufbau*

Normen der Reihe DIN VDE 0100 (VDE 0100), *Errichten von Niederspannungsanlagen*

DIN VDE 0100-600 (VDE 0100-600), *Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 6: Prüfungen*

DIN VDE 0100-712 (VDE 0100-712):2006-06, *Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-712: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Solar-Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme*

– Leerseite –

**Netzgekoppelte Photovoltaik-Systeme –
Mindestanforderungen an Systemdokumentation, Inbetriebnahmeprüfung und
wiederkehrende Prüfungen**
(IEC 62446:2009)

Grid connected photovoltaic systems –
Minimum requirements for system
documentation, commissioning tests and
inspection
(IEC 62446:2009)

Systèmes photovoltaïques connectés au réseau
électrique –
Exigences minimales pour la documentation du
système, les essais de mise en service et
l'examen
(CEI 62446:2009)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2009-10-01 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, Kroatien, 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 82/558A/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 62446, ausgearbeitet von dem IEC TC 82 „Solar photovoltaic energy systems“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2009-10-01 als EN 62446 angenommen.

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): 2010-07-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2012-10-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62446:2009 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Anforderungen an die Systemdokumentation	6
4.1 Allgemeines	6
4.2 Systemdaten.....	6
4.3 Stromlaufplan	7
4.4 Datenblätter	8
4.5 Angaben über die mechanische Konstruktion.....	8
4.6 Betriebs- und Wartungsangaben.....	8
4.7 Prüfergebnisse und Inbetriebnahmeangaben	8
5 Prüfung	9
5.1 Generell	9
5.2 Allgemeines	9
5.3 Besichtigen	9
5.4 Prüfen	11
5.5 Prüfbericht	16
Anhang A (informativ) Prüfbescheinigung	17
Anhang B (informativ) Prüfbericht der Besichtigung.....	18
Anhang C (informativ) Prüfbericht der Erprobung des PV-Generators – Beispiel.....	20
Anhang D (informativ) Untersuchung des PV-Generators mit Infrarotkamera	22
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	24
Tabelle 1 – Mindestwerte des Isolationswiderstandes	16

Einleitung

Netzgekoppelte PV-Systeme haben eine erwartete jahrzehntelange Lebensdauer, bei Wartung oder Modifikationen wahrscheinlich über diese Dauer hinaus. Bau- oder Elektroarbeiten in der Nähe des PV-Generators sind sehr wahrscheinlich, z. B. Dacharbeiten direkt neben dem PV-Generator oder Modifikationen (konstruktiv oder elektrisch) an einem Haus, welches ein PV-System besitzt. Ebenso können sich auch im Laufe der Zeit die Besitzverhältnisse ändern, besonders an Systemen, die an Gebäuden montiert sind. Das Langzeitbetriebsverhalten und die Sicherheit des PV-Systems sowie Arbeiten an oder direkt neben dem PV-System können nur durch die Bereitstellung einer angemessenen Dokumentation von Anfang an gesichert werden.

Dieses Dokument ist in zwei Abschnitte unterteilt:

- **Anforderungen an die Systemdokumentation** ([Abschnitt 4](#)) – In diesem Abschnitt werden die Angaben ausführlich beschrieben, die mindestens in der Dokumentation enthalten sein müssen, welche dem Kunden nach der Installation eines netzgekoppelten PV-Systems übergeben wird.
- **Prüfung** ([Abschnitt 5](#)) – In diesem Abschnitt werden die erwarteten Informationen zur Verfügung gestellt, welche nach der Erstprüfung (oder wiederkehrende Prüfungen) eines installierten Systems vorzusehen sind. Er enthält Anforderungen für Besichtigung und Erprobung.

1 Anwendungsbereich

In dieser Internationalen Norm werden die erforderlichen Mindestangaben und die Dokumentation festgelegt, die einem Kunden nach der Installation eines netzgekoppelten PV-Systems zu übergeben sind. In diesem Dokument wird auch der Mindestumfang der Inbetriebnahmeprüfungen, Prüfkriterien und der Dokumentation beschrieben, der zur Prüfung der sicheren Installation und des korrekten Betriebes des Systems erwartet wird. Das vorliegende Dokument kann auch für die wiederkehrenden Prüfungen angewendet werden.

Diese Norm ist ausschließlich für netzgekoppelte PV-Systeme erarbeitet worden und gilt nicht für Wechselstrommodulsysteme oder Systeme mit Energiespeichern (z. B. Batterien) oder Hybridsysteme.

ANMERKUNG Es ist zu erwarten, dass unter besonderen Umständen zusätzliche Angaben und Inbetriebnahmeprüfungen erforderlich sein werden, z. B. für große kommerzielle Anlagen.

Diese Norm dient Systementwicklern und -installateuren von netzgekoppelten PV-Systemen als Vorlage, um einem Kunden eine effektive Dokumentation bereitzustellen. Durch die ausführliche Beschreibung des erwarteten Mindestumfangs der Inbetriebnahmeprüfungen und der Prüfkriterien dient sie auch dazu, bei der Besichtigung und Erprobung eines netzgekoppelten PV-Systems nach der Installation und der sich anschließenden wiederkehrenden Prüfung, Wartung oder Modifikationen behilflich zu sein.

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 60364 (all parts), *Low-voltage electrical installations*

IEC 60364-6, *Low-voltage electrical installations – Part 6: Verification*

IEC 60364-7-712:2002, *Electrical installations of buildings – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar Photovoltaic (PV) power supply systems*

IEC/TR 60755:2008, *General requirements for residual current operated protective devices*

IEC 61557 (all parts), *Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V a.c. and 1 500 V d.c. – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures*

IEC 61730-1, *Photovoltaic (PV) module safety qualification – Part 1: Requirements for construction*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Prüfung

alle Maßnahmen, mit denen die Übereinstimmung der elektrischen Anlage mit einschlägigen Normen überprüft wird

ANMERKUNG Dies umfasst Besichtigen, Erproben und die Erstellung eines Prüfberichts.

3.2

Besichtigen

vollständige Untersuchung einer elektrischen Anlage, um die richtige Auswahl und die ordnungsgemäße Errichtung der elektrischen Betriebsmittel nachzuweisen

3.3

Erproben

Durchführen von Maßnahmen, mit denen die ordnungsgemäße Funktion der elektrischen Anlage nachgewiesen wird

ANMERKUNG Dies umfasst das Ermitteln von Werten mit geeigneten Messgeräten, die durch Besichtigen nicht festgestellt werden können.

3.4

Prüfberichterstellung

Protokollierung der Ergebnisse aus Besichtigen und Erproben

3.5

Datenblatt

eine grundlegende Produktbeschreibung und -spezifikation

ANMERKUNG Üblicherweise eine oder zwei Seite(n). Kein vollständiges Produkthandbuch.

4 Anforderungen an die Systemdokumentation

4.1 Allgemeines

Der Zweck dieses Abschnittes ist die Auflistung des Mindestumfangs der Dokumentation, die im Anschluss an die Installation eines netzgekoppelten PV-Systems bereitgestellt werden sollte. Diese Angaben dienen der Sicherstellung, dass die wichtigsten Systemdaten einem Kunden, Prüfer oder Wartungsingenieur problemlos zur Verfügung stehen. Die Dokumentation enthält grundlegende Systemdaten und die Angaben, von denen erwartet wird, dass sie im Betriebs- und Wartungshandbuch angegeben werden.

4.2 Systemdaten

4.2.1 Grundlegende Systemangaben

Die folgenden grundlegenden Systemangaben sind als Mindestangaben bereitzustellen. Nachfolgende „Typschild“-Angaben stehen im Regelfall auf dem Deckblatt der Systemdokumentation.

- a) Projektidentifikation (sofern anwendbar);
- b) Bemessungsleistung des Systems (kW DC oder kVA AC);
- c) PV-Module und Wechselrichter – Hersteller, Modell und Anzahl;
- d) Installationsdatum;
- e) Datum der Inbetriebnahme;
- f) Name des Kunden;
- g) Anschrift des Aufstellungsortes.

4.2.2 Angaben über Systementwickler

Die folgenden Angaben sind als Mindestumfang allen Beteiligten zur Verfügung zu stellen, die für die Entwicklung des Systems verantwortlich sind. Sind mehrere Unternehmen an der Entwicklung des Systems beteiligt, sollten allen Unternehmen, gemeinsam mit einer Beschreibung ihrer Aufgabe im Projekt, die folgenden Angaben bereitgestellt werden:

- a) Systementwickler, Unternehmen;
- b) Systementwickler, Ansprechpartner;
- c) Systementwickler, Postanschrift, Telefonnummer und Email-Adresse.

4.2.3 Angaben über Systeminstallateur(e)

Die folgenden Informationen sind als Mindestumfang allen Beteiligten zur Verfügung zu stellen, die für die Installation des Systems verantwortlich sind. Sind mehrere Unternehmen an der Installation des Systems beteiligt, sollten allen Unternehmen, gemeinsam mit einer Beschreibung ihrer Aufgabe im Projekt, die folgenden Angaben bereitgestellt werden:

- a) Systeminstallateur, Unternehmen;
- b) Systeminstallateur, Ansprechpartner;
- c) Systeminstallateur, Postanschrift, Telefonnummer und Email-Adresse.

4.3 Stromlaufplan

4.3.1 Allgemeines

Es ist mindestens ein Prinzipstromlaufplan zur Verfügung zu stellen. Dieser Stromlaufplan muss mit Anmerkungen versehen werden, um die Angaben aufzunehmen, die in den folgenden Abschnitten ausführlich aufgeführt werden.

ANMERKUNG Im Allgemeinen wird erwartet, dass diese Angaben als Kommentare zum Prinzipstromlaufplan angegeben werden. Unter besonderen Umständen, üblicherweise bei größeren Systemen, wo der Platz auf dem Stromlaufplan eingeschränkt sein kann, dürfen diese Informationen tabellarisch angegeben werden.

4.3.2 PV-Generator – Allgemeine Festlegungen

Der Stromlaufplan muss die folgenden Angaben zur PV-Generator-Konstruktion enthalten:

- a) Modultyp(en);
- b) Gesamtanzahl der Module;
- c) Anzahl der Stränge;
- d) Anzahl der Module je Strang.

4.3.3 Angaben zum PV-Strang

Der Stromlaufplan muss die folgenden Angaben zum PV-Strang enthalten:

- a) Festlegungen für die Kabel im Strang – Querschnitt und Typ;
- b) Festlegungen für die Überstrom-Schutzeinrichtung im Strang (sofern eingebaut) – Typ und Spannungs-/Strom-Bemessungswerte;
- c) Sperrdiodentyp (sofern eingebaut).

4.3.4 Elektrische Einzelheiten des PV-Generators

Der Stromlaufplan muss die folgenden Angaben über elektrische Einzelheiten des PV-Generators enthalten:

- a) Festlegungen zum Hauptkabel des PV-Generators – Querschnitt und Typ;
- b) Lage der Anschlussdosen des PV-Generators (sofern anwendbar);
- c) Typ, Lage und Bemessung (Spannung/Strom) von Gleichspannungsisolatoren ^{N1)};
- d) Überstrom-Schutzeinrichtungen des PV-Generators (sofern anwendbar) – Typ, Lage und Bemessung (Spannung/Strom).

4.3.5 Erdung und Überspannungsschutz

Der Stromlaufplan muss die folgenden Angaben zur Erdung und zum Überspannungsschutz enthalten:

^{N1)} Nationale Fußnote: Diese Einzelteile finden in Deutschland keine Anwendung.

- a) Einzelheiten aller Funktionserder-/Potentialausgleichsleiter – Querschnitte und Anschlusspunkte; aufzunehmen sind Einzelheiten über das Potentialausgleichskabel des PV-Generator-Rahmens, sofern angeschlossen;
- b) Einzelheiten aller Verbindungen an eine bestehende Blitzschutzanlage (LPS);
- c) Einzelheiten aller installierten Überspannungs-Schutzeinrichtungen (an Wechselspannungs- und Gleichspannungsleitungen); Lage, Typ und Bemessungswerte sind aufzunehmen.

4.3.6 Wechselstromnetz

Der Stromlaufplan muss die folgenden Angaben zum Wechselstromnetz enthalten:

- a) Lage, Typ und Bemessung von Wechselspannungsisolatoren ^{N1)};
- b) Lage, Typ und Bemessung der Überstrom-Schutzeinrichtung;
- c) Lage, Typ und Bemessung der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (sofern eingebaut).

4.4 Datenblätter

Datenblätter müssen mindestens für die folgenden Anlagenkomponenten bereitgestellt werden:

- a) Modul-Datenblatt für alle Modultypen, die in der Anlage verwendet werden – nach den Anforderungen von **IEC 61730-1**;
- b) Wechselrichter-Datenblatt für alle Umrichtertypen, die in der Anlage verwendet werden.

ANMERKUNG Die Bereitstellung von Datenblättern für andere wichtige Anlagenkomponenten sollte ebenfalls in Betracht gezogen werden.

4.5 Angaben über die mechanische Konstruktion

Für das Montagesystem des PV-Generator-Rahmens muss ein Datenblatt bereitgestellt werden.

4.6 Betriebs- und Wartungsangaben

Betriebs- und Wartungsangaben sind bereitzustellen und müssen mindestens Folgendes enthalten:

- a) Verfahren zum Nachweis des korrekten Anlagenbetriebes;
- b) eine Checkliste, was im Fall eines Anlagenausfalls zu tun ist;
- c) Not-Abschaltung/Trennverfahren;
- d) Empfehlungen für die Wartung und Reinigung (sofern verfügbar);
- e) Überlegungen hinsichtlich zukünftiger Arbeiten am Gebäude, die sich auf den PV-Generator auswirken können (z. B. Dacharbeiten);
- f) Gewährleistungsangaben für PV-Module und Wechselrichter, um das Datum des Gewährleistungsbeginns und die Gewährleistungsdauer aufzunehmen;
- g) Angaben über die zutreffende Ausführungsqualität oder über die Garantie der Wasserdichtheit.

4.7 Prüfergebnisse und Inbetriebnahmeangaben

Von allen Prüf- und Inbetriebnahmedaten sind Kopien bereitzustellen. Diese müssen mindestens die Ergebnisse der Erstprüfungen enthalten, die ausführlich in Abschnitt 5 dieser Norm beschrieben werden.

^{N1)} Nationale Fußnote: Diese Einzelteile finden in Deutschland keine Anwendung.

5 Prüfung

5.1 Generell

Viele der Prüfungen eines netzgekoppelten PV-Systems sollten mit Bezug auf IEC 60364-6 durchgeführt werden, in der die Anforderungen an die Erstprüfung und die wiederkehrenden Prüfungen von elektrischen Anlagen angegeben sind.

In diesem Abschnitt werden die Anforderungen angegeben, die speziell für die Erstprüfung und die wiederkehrenden Prüfungen einer netzgekoppelten PV-Anlage gelten. Er bezieht sich, wo es angebracht ist, auf IEC 60364-6 und beschreibt weiterhin zusätzliche Anforderungen oder zu berücksichtigende Einzelheiten der Prüfungen eines PV-Systems.

Die Erstprüfung erfolgt bei Fertigstellung einer neuen Anlage oder nach der Fertigstellung von Erweiterungen oder Änderungen an bestehenden Anlagen. Die wiederkehrenden Prüfungen dienen der Feststellung, soweit es praktisch gerechtfertigt ist, ob die Anlage und alle ihre Bestandteile einen zufriedenstellenden Gebrauchszustand haben.

ANMERKUNG In den Anhängen dieses Schriftstückes werden typische Formblätter für Prüfungen angegeben.

5.2 Allgemeines

Jede Installation von Untersystemen und Komponenten muss, soweit es praktisch gerechtfertigt ist, während der Errichtung und bei Fertigstellung vor der Inbetriebnahme durch den Benutzer mit Verweis auf IEC 60364-6 geprüft werden. Die Erstprüfung muss einen Vergleich der Ergebnisse mit anwendbaren Kriterien einschließen, um zu bestätigen, dass die Anforderungen nach IEC 60364 eingehalten worden sind.

Für eine Erweiterung oder Änderung einer bestehenden Anlage muss geprüft werden, ob die Erweiterung oder Änderung nicht der IEC 60364 entgegensteht und die Sicherheit der bestehenden Anlage nicht beeinträchtigt.

Erstprüfungen und die wiederkehrenden Prüfungen sind von einer Elektrofachkraft vorzunehmen, die in der Durchführung von Prüfungen erfahren ist.

5.3 Besichtigen

5.3.1 Allgemeines

Das Besichtigen muss dem Erproben vorausgehen und im Regelfall vor dem Einschalten der Anlage erfolgen. Das Besichtigen ist nach den Anforderungen in IEC 60364-6 durchzuführen.

Beim Besichtigen ist sicherzustellen, dass die folgenden speziellen Punkte für netzgekoppelte PV-Systeme berücksichtigt werden.

5.3.2 Besichtigen des Gleichstromsystems

Das Besichtigen der Gleichstrominstallation muss mindestens den Nachweis erbringen:

- a) dass das Gleichstromsystem im Allgemeinen nach den Anforderungen in IEC 60364 und im Besonderen nach den Anforderungen in IEC 60364-7-712 ausgelegt, ausgewählt und errichtet worden ist;
- b) dass alle Gleichstromkomponenten für den Betrieb bei Gleichstrom und der höchstmöglichen Spannung des Gleichstromsystems sowie für den höchstmöglichen Bemessungsstrom ausgelegt sind ($U_{oc\ stc}$, berichtigt für den örtlichen Temperaturbereich und bezogen auf den Modultyp; Strom bei $1,25 \times I_{sc\ stc}$ nach IEC 60364-7-712.433:2002);
- c) dass ein Schutz durch Anwendung der Schutzklasse II oder einer gleichwertigen Isolation auf der Gleichstromseite realisiert worden ist oder nicht (bevorzugt Schutzklasse II – IEC 60364-7-712.413.2:2002);

- d) dass PV-Strangkabel, PV-Generator-Kabel und PV-Gleichstromhauptkabel so ausgewählt und errichtet wurden, dass das Risiko von Erdschlüssen und Kurzschlüssen auf ein Minimum verringert ist (IEC 60364-7-712.522.8.1:2002); dies wird üblicherweise mit der Anwendung von Kabeln mit Schutzisolierung und verstärkter Isolierung (häufig bezeichnet als „doppelte Isolierung“) erreicht;
- e) dass das Verkabelungssystem so ausgewählt und errichtet wurde, dass es den erwarteten äußeren Einflüssen, wie Wind, Eisbildung, Temperatur und Sonnenstrahlung standhält (IEC 60364-7-712.522.8.3:2002);
- f) dass für Systeme ohne Strang-Überstrom-Schutzeinrichtungen die Bemessung des Modulrückstroms (I_r) größer als der mögliche Rückstrom ist, und ob die Strangkabel so ausgelegt sind, dass sie den höchsten zusammengefassten Fehlerstrom von Parallelsträngen aufnehmen können (IEC 60364-7-712.433:2002);
- g) dass für Systeme mit Strang-Überstrom-Schutzeinrichtungen die Strang-Überstrom-Schutzeinrichtungen eingebaut und korrekt nach den örtlichen technischen Anschlussbedingungen oder nach den Herstelleranweisungen zum Schutz von PV-Modulen nach der Anmerkung von IEC 60364-7-712.433.2:2002 festgelegt sind;
- h) dass ein Gleichstrom-Lasttrennschalter auf der Gleichstromseite des Wechselrichters eingebaut ist (IEC 60364-7-712.536.2.2.5:2002);
- i) dass, wenn Sperrdioden eingebaut sind, deren Rückspannung mindestens $2 \times U_{oc\ stc}$ des PV-Strangs beträgt, in den sie eingebaut sind (IEC 60364-7-712.512.1.1:2002);
- j) dass, wenn ein Gleichstromleiter geerdet ist, mindestens eine einfache Trennung zwischen Wechselstrom- und Gleichstromseite besteht und die Erdanschlüsse korrosionsgeschützt sind (IEC 60364-7-712.312.2:2002).

ANMERKUNG 1 Das Besichtigen des Gleichstromsystems erfordert Kenntnisse über die höchste Systemspannung und den höchsten Systemstrom.

- Die maximale Systemspannung ist eine Funktion der Strang-/PV-Generator-Konstruktion, der Leerlaufspannung (U_{oc}) der Module und einem Faktor, mit dem Temperatur- und Bestrahlungsstärkeschwankungen berücksichtigt werden.
- Der maximale Bemessungsstrom ist eine Funktion der Strang-/PV-Generator-Konstruktion, des Kurzschlussstromes (I_{sc}) der Module und einem Faktor, mit dem Temperatur- und Bestrahlungsstärkeschwankungen berücksichtigt werden (IEC 60364-7-712.433:2002).

ANMERKUNG 2 Ist vom Hersteller kein Modul-Rückstromwert (I_r) angegeben, sollt dieser als 1,35facher Überstromschutz-Bemessungswert angenommen werden.

ANMERKUNG 3 Als Modul-Überstromschutz-Bemessungswert sollte der vom Hersteller nach den Anforderungen von IEC 61730-1 angegebene Wert übernommen werden.

5.3.3 Schutz gegen Überspannung / elektrischen Schlag

Das Besichtigen des PV-Systems muss mindestens den Nachweis erbringen:

- a) dass, sofern eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) im Wechselstromkreis installiert ist, diese vom Typ B ist und es sich um einen PV-Wechselrichter ohne einfache Trennung zwischen der Wechselstromseite und der Gleichstromseite nach IEC 60755 handelt (IEC 60364-7-712.413.1.1.1.2:2002 und Bild 712.1);
- b) dass die Fläche aller Verdrahtungsschleifen so klein wie möglich gehalten ist, um durch Blitzschlag induzierte Spannungen zu verringern (IEC 60364-7-712.444.4:2002);
- c) dass entsprechend örtlichen technischen Anschlussbedingungen Schutzleiter^{N2)} des PV-Generator- und/oder Modulrahmens richtig installiert und geerdet sind, dass, wenn Schutz- und/oder Potentialausgleichsleiter installiert sind, diese parallel und in möglichst engem Kontakt zu Gleichstromkabeln laufen (IEC 60364-7-712.54:2002).

^{N2)} Nationale Fußnote: Hierunter ist in der Regel der Funktionserder zu verstehen.

5.3.4 Wechselstromsystem

Das Besichtigen des PV-Systems muss mindestens den Nachweis erbringen:

- a) dass auf der Wechselstromseite Vorrichtungen zur Trennung des Wechselrichters vorgesehen sind;
- b) dass alle Trenn- und Schalteinrichtungen so angeschlossen sind, dass die PV-Installation an der „Last“-Seite und die öffentliche Versorgung an der „Einspeise“-Seite angeschlossen ist (IEC 60364-7-712.536.2.2.1:2002);
- c) dass die Betriebsparameter des Wechselrichters entsprechend den örtlichen technischen Anschlussbedingungen oder nach den Herstelleranweisungen programmiert sind.

5.3.5 Aufschriften und Kennzeichnung

Das Besichtigen des PV-Systems muss mindestens den Nachweis erbringen:

- a) dass alle Stromkreise, Schutzeinrichtungen, Schalter und Anschlussklemmen geeignete Aufschriften besitzen;
- b) dass alle Gleichstrom-Anschlusskästen (PV-Teilgeneratoranschlusskasten- und PV-Generatoranschlusskasten) einen Warnhinweis enthalten, dass die im Anschlusskasten befindlichen aktiven Teile von einem PV-Generator gespeist werden und nach der Abschaltung vom PV-Wechselrichter und von der öffentlichen Versorgung noch spannungsführend sein können;
- c) dass der Wechselstrom-Haupttrennschalter eindeutig beschriftet ist;
- d) dass am Punkt der Zusammenschaltung Warnhinweise für die Doppelversorgung vorhanden sind;
- e) dass vor Ort ein Prinzipstromlaufplan angebracht ist;
- f) dass vor Ort die Schutzeinstellungen des Wechselrichters und Einzelheiten der Installation angegeben sind;
- g) dass vor Ort die Verfahren für die Notabschaltung angegeben sind;
- h) dass alle Aufschriften und Kennzeichnungen dauerhaft und geeignet befestigt und dauerhaft sind.

5.4 Prüfen

5.4.1 Allgemeines

Die Prüfung der elektrischen Anlage ist nach den Anforderungen in IEC 60364-6 durchzuführen.

Die Messgeräte und Überwachungseinrichtungen sowie die Verfahren sind entsprechend den zutreffenden Teilen von IEC 61557 auszuwählen. Werden andere Messeinrichtungen angewendet, dürfen sie kein geringeres Niveau der Leistungsfähigkeit und der Sicherheit besitzen. Die Prüfverfahren, die in diesem Abschnitt beschrieben werden, werden als Bezugsverfahren angegeben; andere Verfahren werden nicht ausgeschlossen, vorausgesetzt, sie führen zu gleichwertigen Ergebnissen.

Im Fall eines festgestellten Fehlers: Nach Behebung des Fehlers sind alle vorangegangenen Prüfungen zu wiederholen, wenn die Prüfergebnisse durch diesen Fehler beeinflusst wurden.

Die folgenden Prüfungen sind, soweit zutreffend, durchzuführen und sollten vorzugsweise in der folgenden Reihenfolge vorgenommen werden:

- a) Prüfung aller Wechselstromkreise nach den Anforderungen in IEC 60364-6.

Sind die Prüfungen der Wechselstromkreise abgeschlossen, müssen die folgenden Prüfungen an den Gleichstromkreisen, welche den PV-Generator bilden, durchgeführt werden:

- b) Durchgängigkeit der Schutz-^{N2)} und Potentialausgleichsleitern, sofern angebracht (siehe 5.4.2);
- c) Polaritätsprüfung (siehe 5.4.3);

^{N2)} Nationale Fußnote: Hierunter ist in der Regel der Funktionserder zu verstehen.

- d) Prüfung der Leerlaufspannung eines Stranges (siehe 5.4.4);
- e) Prüfung des Kurzschlussstroms eines Stranges (siehe 5.4.5);
- f) Funktionsprüfungen (siehe 5.4.6);
- g) Isolationswiderstand der Gleichstromkreise (siehe 5.4.7).

Im Fall eines festgestellten Fehlers, sind entsprechend den Anforderungen Prüfungen und vorangegangene Prüfungen, die durch diesen Fehler möglicherweise beeinflusst wurden, zu wiederholen.

5.4.2 Durchgängigkeit der Schutzleiter ^{N2)} und/oder Potentialausgleichsleiter

Sofern auf der Gleichstromseite Schutzleiter ^{N2)} und/oder Potentialausgleichsleiter angebracht sind, wie für den Potentialausgleich des PV-Generator-Rahmens, muss an allen derartigen Leitern die elektrische Durchgängigkeit geprüft werden. Der Anschluss an die Haupterdungsklemme sollte ebenfalls überprüft werden.

5.4.3 Polaritätsprüfung

Die Polarität aller Gleichstromkabel ist mit einer geeigneten Prüfvorrichtung zu prüfen. Wenn die Polarität bestätigt wurde, sind die Kabel zu kontrollieren, um sicherzustellen, dass sie korrekt gekennzeichnet und richtig an die Systemgeräte, wie Schalteinrichtungen oder Wechselrichter, angeschlossen sind.

ANMERKUNG Aus Sicherheitsgründen und zur Verhütung von Beschädigungen angeschlossener Betriebsmittel ist es besonders wichtig, die Polaritätsprüfung vor allen anderen Prüfungen und vor dem Schließen von Schaltelementen oder vor dem Einbau von Strang-Überstrom-Schutzeinrichtungen durchzuführen. Wenn bei einer Prüfung an einem vorgeschalteten System ein Strang mit falscher Polarität festgestellt wird, müssen Module und Bypass-Dioden auf Beschädigungen, die durch diesen Fehler hervorgerufen wurden, untersucht werden.

5.4.4 Messung der Leerlaufspannung eines PV-Stranges

Die Leerlaufspannung jedes PV-Stranges sollte mit geeigneten Messgeräten gemessen werden. Dies sollte vor dem Schließen von Schaltern oder dem Einbau von Strang-Überstrom-Schutzeinrichtungen (sofern vorhanden) erfolgen.

Die gemessenen Werte sollten mit den erwarteten Werten verglichen werden. Der Vergleich mit den erwarteten Werten ist als Kontrolle der korrekten Installation vorgesehen und nicht als Maß für die Leistungsfähigkeit des Moduls oder des PV-Generators. Die Prüfung der Leistungsfähigkeit des PV-Moduls oder PV-Generators liegt außerhalb des Anwendungsbereiches dieser Norm.

Bei Systemen mit mehreren identischen Strängen und bei stabilen Bestrahlungsstärkebedingungen müssen die Spannungen der Stränge miteinander verglichen werden. Diese Werte sollten identisch sein (bei stabilen Bestrahlungsstärkebedingungen üblicherweise innerhalb von 5 %). Bei instabilen Bestrahlungsstärkebedingungen kann wie folgt verfahren werden:

- die Prüfung darf zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführt werden;
- die Prüfungen können mit mehreren Messgeräten durchgeführt werden, wobei sich ein Messgerät an einem Bezugsstrang befindet;
- zum Einstellen der Stromwerte darf ein Skalenwert des Bestrahlungsmessgerätes verwendet werden.

ANMERKUNG Spannungen, die niedriger als der erwartete Wert sind, können ein Hinweis darauf sein, dass ein oder mehrere PV-Module mit vertauschter Polarität angeschlossen sind oder ein Hinweis auf Ausfälle aufgrund mangelhafter Isolierung, nachträgliche Beschädigung und/oder Wasseransammlung in Elektroinstallationsrohren oder Anschlusskästen. Hohe Spannungsmesswerte sind üblicherweise die Folge von Verkabelungsfehlern.

^{N2)} Nationale Fußnote: Hierunter ist in der Regel der Funktionserder zu verstehen.

5.4.5 Messung des Stroms eines PV-Stranges

5.4.5.1 Allgemeines

Wie bei den Messungen der Leerlaufspannung wird diese Messung durchgeführt, um zu prüfen, dass keine groben Fehler in der Verdrahtung des PV-Generators vorhanden sind. Diese Erprobung und Messung ist nicht als Maß für die Leistungsfähigkeit des PV-Moduls oder PV-Generators heranzuziehen.

Es gibt zwei Prüfverfahren, die beide Angaben über die Leistungsfähigkeit des PV-Stranges liefern. Sofern durchführbar, ist die Kurzschlussprüfung zu bevorzugen, da sie mögliche Beeinflussungen durch den Wechselrichter ausschließt.

5.4.5.2 Messung des Kurzschlussstroms eines PV-Stranges

Der Kurzschlussstrom jedes PV-Stranges sollte mit geeigneten Messgeräten gemessen werden. Das Einschalten/Ausschalten von Kurzschlussströmen im PV-Strang ist potentiell gefährlich, und deshalb sollte ein geeignetes Prüfverfahren wie das nachfolgend beschriebene angewendet werden.

Die gemessenen Werte sollten mit dem erwarteten Wert verglichen werden. Bei Systemen mit mehreren identischen PV-Strängen und bei stabilen Bestrahlungsstärkebedingungen müssen die Ströme der PV-Stränge miteinander verglichen werden. Diese Werte sollten identisch sein (bei stabilen Bestrahlungsstärkebedingungen üblicherweise innerhalb von 5 %).

Bei instabilen Bestrahlungsstärkebedingungen kann wie folgt verfahren werden:

- die Prüfung darf zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführt werden;
- die Prüfungen dürfen mit mehreren Messgeräten durchgeführt werden, wobei sich ein Messgerät an einem Bezugsstrang befindet;
- zum Einstellen der Stromwerte darf ein Skalenwert des Bestrahlungsmessgerätes verwendet werden.

5.4.5.2.1 Kurzschluss-Prüfverfahren

Es ist sicherzustellen, dass alle PV-Stränge gegeneinander isoliert und alle Schaltgeräte und Trennvorrichtungen offen sind.

In dem zu prüfenden PV-Strang ist ein zeitweiliger Kurzschluss herzustellen. Dies kann jeweils wie folgt realisiert werden:

- a) In der Schalteinrichtung für die Lastabschaltung, welche bereits im Stromkreis des Stranges installiert ist, wird zeitweilig ein Kurzschlusskabel angeschlossen.
- b) Anwendung eines „Kurzschluss-Prüfschaltkastens“ – ein für die Lastabschaltung bemessenes Schaltgerät, das zeitweilig in einen Stromkreis eingeschleift werden kann, um einen geschalteten Kurzschluss herzustellen.

In jedem Fall müssen die Schalteinrichtung und der Kurzschlussleiter höher als der mögliche Kurzschlussstrom und die Leerlaufspannung bemessen sein.

Der Kurzschlussstrom kann dann entweder mit einer Strommesszange oder einem eingeschleiften Strommessgerät gemessen werden.

ANMERKUNG Ein „Kurzschluss-Schaltkasten“ ist ein Teil einer Prüfeinrichtung, die sowohl für Kurzschlussprüfungen als auch für PV-Generator-Isolationsprüfungen eingesetzt werden kann (siehe [5.4.7](#)).

5.4.5.3 Eignungsprüfung eines PV-Stranges

Der Strom jedes PV-Stranges sollte bei eingeschaltetem System und in üblicher System-Betriebsart (höchste Kriechwegbildung des Stromanschlusspunktes der Wechselrichter) mit einer geeigneten, auf das Strangkabel geklemmten Strommesszange gemessen werden.

Die gemessenen Werte sollten mit dem erwarteten Wert verglichen werden. Bei Systemen mit mehreren identischen PV-Strängen und bei stabilen Bestrahlungsstärkebedingungen müssen die Ströme der PV-Stränge miteinander verglichen werden. Diese Werte sollten identisch sein (bei stabilen Bestrahlungsstärkebedingungen üblicherweise innerhalb von 5 %).

Bei instabilen Bestrahlungsstärkebedingungen kann wie folgt verfahren werden:

- die Prüfung darf zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführt werden;
- die Prüfungen dürfen mit mehreren Messgeräten durchgeführt werden, wobei sich ein Messgerät in einem Bezugsstrang befindet;
- zum Einstellen der Stromwerte darf ein Skalenwert des Bestrahlungsmessgerätes verwendet werden.

5.4.6 Funktionsprüfungen

Die folgenden Funktionsprüfungen sind durchzuführen:

- a) Schaltgeräte und andere Steuereinrichtungen müssen geprüft werden, um ihren korrekten Betrieb sicherzustellen, und dass sie ordnungsgemäß montiert und angeschlossen sind.
- b) Alle Wechselrichter, die zum PV-System gehören, sind zu prüfen, um ihren korrekten Betrieb sicherzustellen. Als Prüfverfahren sollte das vom Hersteller des Wechselrichters festgelegte Verfahren angewendet werden.
- c) Es ist eine Netzausfallprüfung durchzuführen: Bei arbeitendem System ist die Wechselstrom-Trenneinrichtung zu öffnen – es sollte beobachtet werden (z. B. auf einem anzeigenden Messgerät), dass das PV-System unmittelbar die Erzeugung einstellt. Anschließend sollte die Wechselstrom-Trenneinrichtung wieder geschlossen und beobachtet werden, ob das System in seinen ungestörten Betrieb zurückkehrt.

ANMERKUNG Die Netzausfallprüfung kann während stabiler Bestrahlungsstärkebedingungen abgeändert werden. In derartigen Fällen können vor dem Öffnen der Wechselstrom-Trenneinrichtung die Lasten innerhalb des Gebäudes so ausgewählt werden, dass sie möglichst der Leistung angepasst sind, die vom PV-System erzeugt wird.

5.4.7 Prüfung des Isolationswiderstandes eines PV-Generators

5.4.7.1 Allgemeines

Die Gleichstromkreise eines PV-Generators sind bei Tageslicht spannungsführend und können, anders als bei einem herkömmlichen Wechselstromkreis, vor dieser Prüfung nicht abgetrennt werden.

Bei der Durchführung dieser Prüfung besteht die Gefährdung für einen möglichen elektrischen Schlag, und es ist deshalb wichtig, vor dem Beginn beliebiger Arbeiten das Verfahren vollständig zu verstehen. Es wird empfohlen, die folgenden grundlegenden Sicherheitsmaßnahmen einzuhalten:

- Einschränkung des Zugangs zum Arbeitsbereich;
- bei der Durchführung der Isolationsprüfung keine anderen Personen berühren und Maßnahmen treffen, dass keine anderen Personen metallische Oberflächen mit beliebigen Körperteilen berühren;
- bei der Durchführung der Isolationsprüfung keine anderen Personen berühren und Maßnahmen treffen, dass keine anderen Personen die Rückseite des PV-Moduls/Laminats oder die Anschlussklemmen des PV-Moduls/Laminats mit beliebigen Körperteilen berühren;
- jedesmal, wenn die Isolationsprüfeinrichtung eingeschaltet ist, steht eine Spannung an dem zu prüfenden Bereich an. Die Einrichtung muss mit einer automatischen Selbstentladeeinrichtung ausgerüstet sein;
- für die Dauer der Prüfung sollte geeignete „Persönliche Schutzbekleidung bzw. -ausrüstung“ getragen werden.

ANMERKUNG Bei einigen Anlagen, z. B. größeren Systemen oder bei denen bei der Installation Isolationsfehler oder Herstellungsfehler vermutet werden, kann eine Isolationsprüfung des PV-Generators im Nasszustand geeignet sein. Ein Prüfverfahren für die Isolationsprüfung des PV-Generators im Nasszustand ist in ASTM Std E 2047, Prüfverfahren für die Isolations-Integritätsprüfung von PV-Generatoren im Nasszustand, enthalten.

5.4.7.2 Prüfverfahren für die Isolationswiderstandsprüfung von PV-Generatoren

Diese Prüfung sollte mindestens an jedem PV-Generator wiederholt werden. Falls gefordert, ist es auch möglich, einzelne Stränge zu prüfen. Zwei Prüfverfahren sind möglich:

Prüfverfahren 1: Prüfung zwischen der negativen Elektrode des PV-Generators und Erde, gefolgt von einer Prüfung zwischen der positiven Elektrode des PV-Generators und Erde.

Prüfverfahren 2: Prüfung zwischen Erde und den miteinander kurzgeschlossenen negativen und positiven Elektroden des PV-Generators.

Wenn das Gerüst bzw. der Rahmen elektrisch leitend mit Erde verbunden ist, kann die Erdverbindung an jedem geeigneten Erdanschluss oder am Rahmen des PV-Generators erfolgen (wo der Rahmen des PV-Generators verwendet wird, ist ein guter Kontakt und die Durchgängigkeit über den gesamten metallischen Rahmen sicherzustellen).

Bei Systemen, wo der Rahmen des PV-Generators nicht elektrisch leitend mit Erde verbunden ist (z. B., wenn es sich um eine Installation der Klasse II handelt), darf der Inbetriebnahmetechniker zwischen der Durchführung zweier Prüfungen auswählen: a) zwischen den PV-Generator-Kabeln und Erde und einer zusätzlichen Prüfung b) zwischen den PV-Generator-Kabeln und Rahmen.

Bei PV-Generatoren, die keine berührbaren leitenden Teile besitzen (z. B. PV-Dachplatten), ist die Prüfung zwischen den PV-Generator-Kabeln und der Gebäudeerde durchzuführen.

ANMERKUNG 1 Kommt das Prüfverfahren 2 zur Anwendung, sollten die Plus- und Minus-Anschlusskabel des PV-Generators in sicherer Weise kurzgeschlossen werden, um das Risiko von elektrischen Lichtbögen auf ein Mindestmaß zu senken. Dies wird üblicherweise mit einer Kurzschluss-Einrichtung erreicht. Eine derartige Einrichtung enthält einen Gleichstrom-Lasttrennschalter, der die Kurzschlussverbindung herstellen kann, nachdem die PV-Generator-Kabel sicher in der Einrichtung angeschlossen worden sind.

ANMERKUNG 2 Mit dem Prüfverfahren sollte gewährleistet sein, dass die Spitzenspannung nicht die PV-Modul- oder PV-Kabel-Bemessungsdaten übersteigt.

5.4.7.3 Prüfverfahren für die Isolationswiderstandsprüfung von PV-Generatoren

Bevor mit der Prüfung begonnen wird: Begrenzung des Zutritts für unbefugtes Personal, Trennung des PV-Generators vom Wechselrichter (üblicherweise am PV-Generator-Lasttrennschalter), und Abtrennung jedes Ausrüstungsteiles, welches einen Einfluss auf die Isolationsmessung haben könnte (z. B. Überspannungsschutz) in den Anschluss- oder Verbindungsdosen.

Wenn eine Kurzschluss-Einrichtung für die Prüfung nach Verfahren 2 eingesetzt wird, sollten die PV-Generator-Kabel sicher in der Kurzschlussvorrichtung angeschlossen werden, bevor der Kurzschlussschalter betätigt wird.

Die Prüfeinrichtung für den Isolationswiderstand ist zwischen Erde und dem (den) PV-Generator-Kabel(n) anzuschließen, wie es für das gewählte Prüfverfahren geeignet ist. Vor der Durchführung der Prüfung sollten die Prüfzuleitungen gesichert werden.

Die Anweisungen für die Isolationswiderstand-Prüfeinrichtung sind einzuhalten, um eine Prüfspannung nach [Tabelle 1](#) und Messwerte in M Ω zu sichern. Der Isolationswiderstand, gemessen bei der in [Tabelle 1](#) angegebenen Prüfspannung, ist zufriedenstellend, wenn der Isolationswiderstand jedes Stromkreises nicht kleiner als der entsprechende Wert nach [Tabelle 1](#) ist.

Vor dem Abnehmen der Prüfkabel oder dem Berühren leitfähiger Teile ist sicherzustellen, dass das System spannungsfrei geschaltet ist.

Tabelle 1 – Mindestwerte des Isolationswiderstandes

Prüfverfahren	Systemspannung ($U_{oc\ stc} \times 1,25$) V	Prüfspannung V	Kleinster Isolationswiderstand MΩ
Prüfverfahren 1 Getrennte Prüfung an den positiven und negativen Elektroden des PV-Generators	< 120	250	0,5
	120 bis 500	500	1
	> 500	1 000	1
Prüfverfahren 2 Positive und negative Elektroden des PV-Generators sind kurzgeschlossen	< 120	250	0,5
	120 bis 500	500	1
	> 500	1 000	1

5.5 Prüfbericht

5.5.1 Allgemeines

Nach dem Abschluss der Prüfungen ist ein Prüfbericht vorzulegen. Dieser Prüfbericht muss die folgenden Angaben enthalten:

- zusammenfassende Beschreibung des Systems (Name, Adresse usw.);
- Verzeichnis aller besichtigten und erprobten Stromkreise;
- einen Bericht der Besichtigung;
- einen Bericht der Prüfergebnisse für jeden erprobten Stromkreis;
- empfohlenes Intervall bis zur nächsten Prüfung;
- Unterschrift der Person(en), die die Prüfung durchgeführt hat (haben).

Beispiele für Prüfberichte sind in den Anhängen dieser Norm angegeben.

5.5.2 Erstprüfung

Die Prüfung einer neuen Anlage ist nach den Anforderungen des [Abschnitts 5](#) dieser Norm durchzuführen. Der Prüfbericht für die Erstprüfung muss zusätzliche Angaben hinsichtlich der Person(en), die für Konstruktion, Bau und Prüfung des Systems verantwortlich ist (sind), sowie den Umfang ihrer entsprechenden Verantwortlichkeiten.

Im Prüfbericht der Erstprüfung muss eine Empfehlung für den Zeitraum zwischen den wiederkehrenden Prüfungen enthalten sein. Dies ist in Bezug auf die Art der Installation und Ausrüstung, deren Anwendung und Wirkungsweise, die Wartungsintervalle und den Wartungsumfang sowie auf die äußeren Einflüsse, denen die Anlage ausgesetzt sein kann, festzulegen.

ANMERKUNG In einigen Ländern werden die Prüfungsintervalle durch den Gesetzgeber vorgegeben.

5.5.3 Wiederkehrende Prüfungen

Die wiederkehrenden Prüfungen einer bestehenden Anlage sind nach den Anforderungen des [Abschnitts 5](#) dieser Norm durchzuführen. Sofern zutreffend, sind die Ergebnisse und Empfehlungen der vorangegangenen wiederkehrenden Prüfungen zu berücksichtigen.

Der Prüfbericht der wiederkehrenden Prüfungen muss vorgelegt werden und ein Verzeichnis aller Fehler und Empfehlungen für Reparaturen oder Verbesserungen enthalten (wie qualitätsmäßige Verbesserung eines Systems zur Einhaltung geltender Normen).

Anhang B (informativ)

Prüfbericht der Besichtigung

Prüfbericht der Besichtigung des PV-Systems		Erstprüfung Wiederkehrende Prüfung
Anlagenanschrift	Bezugs-Nr.	
	Datum	
Besichtigte Stromkreise	Prüfer	

Allgemeines

Das gesamte System wurde nach den Anforderungen in IEC 60364-6 besichtigt, und es wird ein Prüfbericht der Besichtigung angefügt, welcher den Anforderungen in IEC 60364-6 entspricht.

Konstruktion und Installation des PV-Generators

Das Gleichstromsystem wurde im Allgemeinen nach den Anforderungen in IEC 60364 und im Besonderen nach IEC 60364-7-712 konstruiert, ausgewählt und errichtet.

Die Gleichstromkomponenten sind für den Gleichstromdauerbetrieb bemessen.

Die Gleichstromkomponenten sind für den höchstmöglichen Strom und die höchstmögliche Spannung bemessen ($U_{oc\ stc}$, angepasst für den Temperaturbereich und Modultyp vor Ort, $I_{sc\ stc} \times 1,25$; IEC 60364-7-712.433:2002).

Schutz durch Anwendung der Schutzklasse II oder einer gleichwertigen Isolation auf der Gleichstromseite realisiert – ja / nein? (bevorzugt Schutzklasse II IEC 60364-7-712.413.2:2002).

PV-Strangkabel, PV-Generator-Kabel und PV-Gleichstromhauptkabel wurden so ausgewählt und errichtet, dass das Risiko von Erdschlüssen und Kurzschlüssen auf ein Minimum verringert ist (IEC 60364-7-712.522.8.1:2002).

Das Verkabelungssystem wurde so ausgewählt und errichtet, dass es den erwarteten äußeren Einflüssen wie Wind, Eisbildung, Temperatur und Sonnenstrahlung standhält (IEC 60364-7-712.522.8.3:2002).

Systeme ohne Strang-Überstrom-Schutzeinrichtungen: Strangkabel sind so ausgelegt, dass sie den höchsten zusammengefassten Fehlerstrom von Parallelsträngen aufnehmen können (IEC 60364-7-712.433:2002).

Systeme mit Strang-Überstrom-Schutzeinrichtungen: Überstrom-Schutzeinrichtungen sind korrekt nach den örtlichen Regeln oder nach den Anweisungen des PV-Modul-Herstellers festgelegt – siehe Anmerkung in IEC 60364-7-712.433.2:2002.

Gleichstrom-Lasttrennschalter sind auf der Gleichstromseite des Wechselrichters eingebaut (IEC 60364-7-712.536.2.2.5:2002).

Sind Sperrdioden eingebaut, ist zu prüfen, ob deren Rückspannung mindestens $2 \times U_{c\ stc}$ des PV-Strangs, in dem sie eingebaut sind, beträgt (IEC 60364-7-712.512.1.1:2002).

Sofern ein Gleichstromleiter mit Erde verbunden ist, ist zu prüfen, ob zwischen der Wechselstrom- und der Gleichstromseite mindestens eine einfache Trennung vorhanden ist und die Erdanschlüsse korrosionsfrei sind (IEC 60364-7-712.312.2:2002).

PV-System – Schutz gegen Überspannung / elektrischen Schlag

Sofern eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung im Wechselstromkreis installiert ist und der Wechselrichter keine einfache Trennung zwischen der Wechselstromseite und der Gleichstromseite hat, entspricht diese einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) des Typs B nach IEC 60755 (IEC 60364-7-712.413.1.1.1.2:2002 und Bild 712.1).

Die Fläche aller Verkabelungsschleifen ist so klein wie möglich zu halten (IEC 60364-7-712.444.4:2002).

Der Rahmen des PV-Generators hat eine Potentialausgleichverbindung (entsprechend den örtlichen technischen Anschlussbedingungen oder nach den Herstelleranweisungen).

Wenn Potentialausgleichsleiter installiert sind, laufen diese parallel und in möglichst engem Kontakt zu den PV-Gleichstromkabeln.

PV-System – Besondere Faktoren des Wechselstromkreises

Auf der Wechselstromseite müssen Vorrichtungen zur Trennung des Wechselrichters vorgesehen sein.

Trenn- und Schalteinrichtungen müssen so angeschlossen sein, dass die PV-Installation an der „Last“-Seite und die öffentliche Versorgung an der „Einspeise“-Seite angeschlossen sind (IEC 60364-7-712.536.2.2.1:2002).

Schutzeinstellungen des Wechselrichters sind entsprechend den örtlichen Bestimmungen programmiert.

Aufschriften und Kennzeichnung des PV-Systems

Alle Stromkreise, Schutzeinrichtungen, Schalter und Anschlussklemmen haben geeignete Aufschriften.

Alle Gleichstrom-Anschlusskästen (PV-Teilgeneratoranschlusskasten- und PV-Generatoranschlusskasten) tragen einen Warnhinweis, dass die im Anschlusskasten befindlichen aktiven Teile von einem PV-Generator gespeist werden und nach der Abschaltung vom PV-Wechselrichter und von der öffentlichen Versorgung noch spannungsführend sein können.

Der Wechselstrom-Haupttrennschalter ist eindeutig beschriftet.

Am Punkt der Zusammenschaltung sind Warnhinweise für die Doppelversorgung vorhanden.

Vor Ort ist ein Prinzipstromlaufplan angebracht.

Vor Ort sind die Schutzeinstellungen des Wechselrichters und Einzelheiten der Installation angegeben.

Vor Ort sind die Verfahren für die Notabschaltung angegeben.

Alle Aufschriften und Kennzeichnungen sind dauerhaft und geeignet befestigt.

Allgemeine (mechanische) Installation des PV-Systems

Hinter dem PV-Generator ist zur Vermeidung von Überhitzung/Brandrisiko eine Belüftung vorgesehen.

Die Rahmen und Werkstoffe des PV-Generators sind korrosionsbeständig.

Die Rahmen des PV-Generators sind ordnungsgemäß befestigt und stabil; Dachbefestigungsteile sind witterungsbeständig.

Die Kabeleinführung ist witterungsbeständig.

Anhang C (informativ)

Prüfbericht der Erprobung des PV-Generators – Beispiel

Prüfbericht der Erprobung des PV-Generators		Erstprüfung Wiederkehrende Prüfung				
Anlagenanschrift		Bezugs-Nr.				
		Datum				
Beschreibung der zu prüfenden Arbeiten		Prüfer				
		Prüfgeräte				
Strang		1	2	3	4	n
PV-Generator	Modul					
	Anzahl					
PV-Generator-Parameter (wie festgelegt)	U_{oc} (stc)					
	I_{sc} (stc)					
Strang-Überstrom-Schutz- einrichtung	Typ					
	Bemessungswert (A)					
	DC-Bemessung (V)					
	Schaltvermögen (kA)					
Verkabelung	Typ					
	Aktiver Leiter (mm ²)					
	Erdleiter (mm ²)					
Erprobung des Stranges	U_{oc} (V)					
	I_{sc} (A)					
	Bestrahlungsstärke					
Kontrolle der Polarität						
Isolationswiderstand des PV-Generators	Prüfspannung (V)					
	Positive Elektrode – Erde (MΩ)					
	Negative Elektrode – Erde (MΩ)					
Durchgängigkeit der Erdverbindung (wenn angebracht)						
Bestimmungsgemäße Schaltgerätefunktion						
Marke/Modell des Wechselrichters						
Seriennummer des Wechselrichters						
Bestimmungsgemäße Wechselrichterfunktion						
Netzausfallprüfung						

Bemerkungen

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for handwritten or typed notes. It occupies the upper half of the page below the header.

Anhang D (informativ)

Untersuchung des PV-Generators mit Infrarotkamera

D.1 Allgemeines

Der Einsatz einer Infrarotkamera dient dazu, ungewöhnliche Temperaturerhöhungen bei im Betrieb befindlichen PV-Modulen am Einsatzort zu erfassen. Derartige Temperaturerhöhungen können auf Probleme innerhalb der Module und/oder PV-Generators, z. B. in Sperrichtung betriebene Zellen, fehlerhafte Bypass-Dioden, fehlerhafte Lötkontakte, schlechte Verbindungen und andere Zustände, hinweisen, die zu einem örtlich bedingten, erhöhten Temperaturverlauf führen.

Diese Untersuchung darf als Bestandteil einer Erstprüfung oder wiederkehrenden Prüfung aufgenommen werden. Sie darf ebenfalls zur Lösung von zu erwartenden Problemen in einem PV-Modul, PV-Strang oder PV-Generator angewendet werden.

D.2 Verfahrensweise

Bei der Untersuchung mit einer Infrarotkamera sollte sich der PV-Generator in normaler Betriebsart befinden (MPP-Betrieb). Die Bestrahlungsstärke in der PV-Generator-Ebene sollte mehr als 400 W/m^2 betragen, und die Umweltbedingungen sollten beständig sein. Im Idealfall sollte die Bestrahlungsstärke relativ konstant sein und in der PV-Generator-Ebene mehr als 600 W/m^2 betragen, um zu gewährleisten, dass zur Erzeugung wahrnehmbarer Temperaturschwankungen ein ausreichender Strom vorhanden ist.

In Abhängigkeit vom Modulaufbau und der Befestigungsart ist festzustellen, auf welcher Modulseite das höchste wahrnehmbare Wärmeabbild erzeugt wird (das Verfahren muss möglicherweise für jede Seite wiederholt werden).

Jedes PV-Modul im in Frage kommenden PV-Generator oder PV-Teilgenerator, in dem besonders die Sperrdioden, Anschlussdosen/Anschlusskästen, elektrischen Anschlüsse oder speziell hervorgetretene PV-Generator-Probleme untersucht werden, die eine wahrnehmbare Temperaturabweichung von der unmittelbaren Umgebung offen legen, ist abzutasten.

Wenn von der Vorderseite eines PV-Generators abgetastet wird, sollte darauf geachtet werden, dass von der Kamera und dem Bediener keine Schatten auf die zu prüfende Fläche fallen.

ANMERKUNG Bei der Untersuchung des PV-Generators von der Rückseite wird die Beeinflussung des vom Modulglas reflektierten Lichtes verringert, während jedoch bei der Untersuchung von der Vorderseite gewöhnlich leicht wahrnehmbare Abbilder durch das Wärmeleitvermögen des Glases entstehen.

D.3 Auswertung der Ergebnisse

D.3.1 Allgemeines

Bei dieser Prüfung wird in erster Linie auf anomale Temperaturerhöhungen im PV-Generator geachtet. Durch Befestigungsstellen, Aufkleber sowie andere Gegenstände verursachte normale Temperaturerhöhungen sollten lediglich identifiziert werden.

Die Umgebungstemperatur eines PV-Generators schwankt von Tag zu Tag erheblich, so dass zur Feststellung von Anomalien die Festlegung einer absoluten Temperatur nicht sinnvoll ist. Der Temperaturunterschied zwischen der überhitzten Stelle und dem PV-Generator im Normalbetrieb ist entscheidend. Es sollte beachtet werden, dass die PV-Generator-Temperatur eine Funktion der Bestrahlungsstärke, der Windstärke und der Umgebungstemperatur, die im Tagesverlauf deutlich schwankt, ist.

Flächen mit Temperatur-Extremwerten sind direkt an ihrem Ort auf den mutmaßlichen Bestandteilen oder auf den PV-Generator-/Strang-Schaltplänen eindeutig zu kennzeichnen. Jede thermische Anomalie ist auf die mögliche(n) Ursache(n) zu untersuchen. Dies ist mittels Sichtkontrolle und elektrischen Prüfungen (Strang- und Modulwerte) durchzuführen. In einigen Fällen kann der Vergleich einer Strom-Spannungs-Kurve von einem oder mehreren PV-Modul(en) mit einer thermischen Anomalie mit einer Strom-Spannungs-Kurve ohne thermische Anomalie geeignet sein.

Unter Umständen kann die Wiederholung einer Abtastung mit geöffnetem PV-Generator-Segment aufschlussreich sein. Mindestens 15 min nach dem Öffnen des PV-Generators muss die Herstellung des thermischen Gleichgewichts möglich sein. Modulstränge, deren Abbild der Infrarotstrahlung (IR) sich nicht ändert, dürfen unter Lastbedingungen keinen Strom erzeugen.

D.3.2 Modul mit überhitzten Stellen

Die Modultemperatur sollte relativ gleichmäßig sein, und es sollte keine Flächen mit übermäßiger Temperaturerhöhung geben. Es ist jedoch zu erwarten, dass das Modul an den Anschlussdosen vergleichsweise heißer ist als an den übrigen Stellen, da die Wärme nicht so gut an die Umgebung übertragen wird. Bei PV-Modulen können an den Kanten und Geräteträgern Temperaturgefälle auftreten.

Überhitzte Stellen in einem PV-Modul deuten gewöhnlich auf ein elektrisches Problem hin, möglicherweise Reihenwiderstand, Nebenschlusswiderstand oder falsche Zellenanpassung. In jedem Fall ist die Leistung sämtlicher PV-Module, die eine oder mehrere überhitzte Stelle(n) aufweist (aufweisen), zu überprüfen. Bei der Sichtprüfung können Anzeichen von Überhitzung entdeckt werden, z. B. eine braune oder verfärbte Stelle.

D.3.3 Bypass-Dioden

Wenn Bypass-Dioden Strom führen (eingeschaltet sind), ist der PV-Generator auf augenfällige Fehler, z. B. Schattenbildung oder Verschmutzung auf dem durch die Dioden geschützten PV-Modul zu überprüfen. Gibt es keine augenfälligen Fehler, ist von einem fehlerhaften PV-Modul auszugehen.

D.3.4 Kabelanschlüsse

Die Anschlüsse der Verbindungskabel zwischen den PV-Modulen sollten nicht wesentlich heißer sein als das Kabel selbst. Sind die Anschlüsse heißer, ist zu überprüfen, ob der Anschluss sich gelöst hat oder korrodiert ist.

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 60364 (mod)	Reihe	Low-voltage electrical installations	HD 60364	Reihe
IEC 60364-6 (mod)	– ¹⁾	Low voltage electrical installations – Part 6: Verification	HD 60364-6	2007 ²⁾
IEC 60364-7-712	2002	Electrical installations of buildings – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems	HD 60364-7-712 + Cor. April	2005 2006
IEC/TR 60755	2008	General requirements for residual current operated protective devices	–	–
IEC 61557	Reihe	Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V a.c. and 1 500 V d.c. – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures	–	Reihe
IEC 61730-1 (mod)	– ¹⁾	Photovoltaic (PV) module safety qualification – Part 1: Requirements for construction	EN 61730-1	2007 ²⁾

¹⁾ Undatierte Verweisung.

²⁾ Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm gültige Ausgabe.