

	DIN IEC 62548 (VDE 0126-42)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE
ICS 27.160; 29.160.40		
Einsprüche bis 2010-09-30		
Entwurf		
Installation und Sicherheitsanforderungen für photovoltaische Generatoren (IEC 82/592/CD:2009)		
Installation and safety requirements for photovoltaic (PV) generators (IEC 82/592/CD:2009)		
Installation et prescriptions de sécurité pour les générateurs photovoltaïques (CEI 82/592/CD:2009)		
Anwendungswarnvermerk		
Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2010-07-12 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.		
Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.		
Stellungnahmen werden erbeten		
– vorzugsweise als Datei per E-Mail an dke@vde.com in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden – oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.		
Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.		
Gesamtumfang 88 Seiten		
DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	10
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe	11
4 Aufbau einer PV-Anlage	17
4.1 Allgemeines	17
4.1.1 Einteilung von PV-Systemen	18
4.1.2 Architekturen	20
4.1.3 Reihen-Parallel-Schaltung	24
4.1.4 Batterien in Systemen	24
4.1.5 Berücksichtigung der unbeeinflussten Fehlerzustände innerhalb einer PV-Anlage	24
4.1.6 Berücksichtigung der Betriebstemperatur	24
4.1.7 Aspekte des Betriebsverhaltens	25
4.2 Mechanische Ausführung	25
4.2.1 Allgemeines	25
4.2.2 Thermische Aspekte	26
4.2.3 Mechanische Belastung von PV-Konstruktionen	26
4.2.4 Wind	26
4.2.5 Stoffansammlung auf der PV-Anlage	26
4.2.6 Korrosion	26
5 Sicherheitsaspekte	26
5.1 Schutz gegen elektrischen Schlag	26
5.2 Schutz gegen Überstrom	27
5.2.1 Allgemeines	27
5.2.2 Anforderungen an den Überstromschutz	27
5.2.3 Überstromschutz in PV-Systemen, die an Batterien angeschlossen sind	27
5.2.4 Anforderungen an den Überstromschutz für einen Strang	27
5.2.5 Dimensionierung des Überstromschutzes	27
5.2.6 Anordnung des Überstromschutzes	28
5.3 Schutz gegen Erdschlüsse	29
5.3.1 Systeme mit dem ersten Bezeichnungsbuchstaben R oder F	29
5.3.2 Systeme mit dem ersten Bezeichnungsbuchstaben E	29
5.3.3 Erdschlussmeldung	29
5.4 Schutz gegen Auswirkungen von Blitzeinschlag und Überspannung	29
5.4.1 Allgemeines	29

	Seite
5.4.2 Schutz gegen Überspannung	30
6 Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel	30
6.1 Allgemeines.....	30
6.2 Höchstspannung von PV-Anlagen.....	30
6.3 Anforderungen an Komponenten.....	31
6.3.1 Allgemeines	31
6.3.2 PV-Module	31
6.3.3 Anschlusskästen von PV-Anlagen und PV-Teilanlagen	32
6.3.4 Schaltgeräte.....	32
6.3.5 Kabel.....	33
6.3.6 Stecker, Buchsen und Steckverbinder.....	36
6.3.7 Leitungen in Anschlusskästen	36
6.3.8 Sicherungen.....	36
6.3.9 Bypass-Dioden.....	37
6.3.10 Sperrdioden	37
6.4 Anforderungen an den Ort und die Installation	38
6.4.1 Trenner	38
6.4.2 Erdungs- und Potentialausgleichsanordnungen.....	39
6.4.3 Anlagenspannung.....	42
6.4.4 Leitungssystem	42
7 Abnahme.....	44
8 Betrieb/Wartung	44
8.1 Allgemeines.....	44
9 Aufschriften und Dokumentation.....	44
9.1 Aufschriften auf Betriebsmitteln	44
9.2 Anforderungen für Hinweisschilder.....	44
9.3 Aufschriften auf Anschlusskästen von PV-Anlagen und PV-Teilanlagen	45
9.4 Aufschriften auf Trenneinrichtungen.....	45
9.4.1 Allgemeines	45
9.4.2 Trenneinrichtung der PV-Anlage	45
9.5 Dokumentation	45
Anhang A (informativ) Beispiele für Hinweisschilder	46
Literaturhinweise	47
Bilder	
Bild 1 – Allgemeines Funktionsmodell eines Systems mit PV-Versorgung	18
Bild 2 – Beschreibungssystem für die Erdung	19
Bild 3 – Beispiele für die Anwendung des Beschreibungssystems für die Erdung.....	20
Bild 4 – Schaltbild einer PV-Anlage – Einzelner Strang.....	21
Bild 5 – Schaltbild einer PV-Anlage – Mehrere parallele Stränge	22

	Seite
Bild 6 – Schaltbild einer PV-Anlage – Mehrere parallele Stränge mit einer in Teilanlagen unterteilten Anlagen	23
Bild 7a – Einadriges Kabel mit Isolierung und Ummantelung	35
Bild 7b – Einadriges Kabel in einem geeigneten Installationsrohr/einem geeigneten Installationskanal.....	35
Bild 7c – Stahldrahtbewehrung (gewöhnlich nur für das Gleichstromnetz-kabel geeignet).....	35
Bild 8 – Realisierung von Sperrdioden (Beispiel)	38
Bild 9 – Entscheidungsbaum für die Erdung/den Potentialausgleich von Körpern der PV-Anlage	40
Bild 10 – Anordnung einer ungeerdeten PV-Anlage mit Gleichstromlasten	41
Bild 11 – Leitungen von PV-Strängen mit einer kleinstmöglichen Schleifenfläche	43
Bild A.1 – Beispiel für ein Hinweisschild, das auf einem Anschlusskasten einer PV-Anlage erforderlich ist (9.3)	46
Bild A.2 – Beispiel für ein Hinweisschild, das neben einem Gleichstromtrenner einer PV-Anlage erforderlich ist (9.4.2)	46
Bild A.3 – Beispiel für ein Brandschutz-Hinweisschild, das auf der Hauptschalttafel des Gebäudes erforderlich ist.....	46
Tabellen	
Tabelle 1 – Spannungskorrekturfaktoren für kristalline und multikristalline Silizium-PV-Module	31
Tabelle 2 – Kleinste Strombelastbarkeit für PV-Anlagenstromkreise	34
Tabelle 3 – Anforderungen an Trenneinrichtungen in PV-Anlagen	39

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 82/592/CD:2009 „Installation and safety requirements for photovoltaic (PV) generators“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

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

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

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

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

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

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
–	IEC 60050-151:2001	*)	–
–	IEC 60050-195:1998 + A1:2001	–	–
–	IEC 60050-442:1998	*)	–
–	IEC 60050-461:1984 ersetzt durch IEC 60050-461:2008	– *)	–
–	IEC 60050-826:1982 ersetzt durch IEC 60050-826:2004	– DIN VDE 0100-200 (VDE 0100-200):2006-06	VDE 0100-200
–	Normen der Reihe IEC 60287	–	–
–	Normen der Reihe IEC 60364	–	–
HD 60364-4-41	IEC 60364-4-41	DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410)	VDE 0100-410
–	IEC 60364-5-53	–	–
HD 60364-5-54	IEC 60364-5-54	DIN VDE 0100-540 (VDE 0100-540)	VDE 0100-540
HD 60364-7-712:2005 + Cor.:2006	IEC 60364-7-712:2002, modifiziert	DIN VDE 0100-712 (VDE 0100-712):2006-06	VDE 0100-712
–	IEC 60269-6	DIN VDE 0636-301 (VDE 0636-301)	VDE 0636-301
EN 50521	–	DIN EN 50521 (VDE 0126-3)	VDE 0126-3
EN 60446	IEC 60446	DIN EN 60446 (VDE 0198)	VDE 0198
–	IEC 60449	–	–
EN 60529	IEC 60529	DIN EN 60529 (VDE 0470-1)	VDE 0470-1
EN 60904-2	IEC 60904-2	DIN EN 60904-2 (VDE 0126-4-2)	VDE 0126-4-2
EN 60904-3	IEC 60904-3	DIN EN 60904-3 (VDE 0126-4-3)	VDE 0126-4-3
EN 61140	IEC 61140	DIN EN 61140 (VDE 0140-1)	VDE 0140-1
–	IEC 61201	–	–
EN 61215	IEC 61215	DIN EN 61215 (VDE 0126-31)	VDE 0126-31
EN 61277 zurückgezogen	IEC 61277 zurückgezogen	DIN EN 61277 zurückgezogen	–
CLC/TS 61643-12	IEC 61643-12	DIN CLC/TS 61643-12 (VDE V 0675-6-12)	VDE V 0675-6-12
EN 61646	IEC 61646	DIN EN 61646 (VDE 0126-32)	VDE 0126-32
Normen der Reihe EN 61730	Normen der Reihe IEC 61730	Normen der Reihe DIN EN 61730 (VDE 0126-30)	Normen der Reihe VDE 0126-30

Tabelle NA.1 (fortgesetzt)

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 61730-1	IEC 61730-1	DIN EN 61730-1 (VDE 0126-30-1)	VDE 0126-30-1
EN 61730-2	IEC 61730-2	DIN EN 61730-2 (VDE 0126-30-2)	VDE 0126-30-2
EN 61829	IEC 61829	DIN EN 61829	—
CLC/TS 61836	IEC/TS 61836	DIN CLC/TS 61836 (VDE V 0126-7)	VDE V 0126-7
EN 62109-1 **)	IEC 62109-1 **)	DIN EN 62109-1 (VDE 0126-14-1 **)	VDE 0126-14-1 **)
EN 62109-2 **)	IEC 62109-2 **)	DIN EN 62109-2 (VDE 0126-14-2 **)	VDE 0126-14-2 **)
EN 62246-2	IEC 62246-2	DIN EN 62246-2	—
Normen der Reihe EN 62305	Normen der Reihe IEC 62305	Normen der Reihe DIN EN 62305 (VDE 0185-305)	Normen der Reihe VDE 0185-305
EN 62305-2	IEC 62305-2	DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2)	VDE 0185-305-2
—	—	DIN EN 62305-2 Bbl 1 (VDE 0185-305-2 Bbl 1)	VDE 0185-305-2 Bbl 1
—	—	DIN EN 62305-2 Bbl 2 (VDE 0185-305-2 Bbl 2)	VDE 0185-305-2 Bbl 2
—	—	DIN EN 62305-2 Ber 1 (VDE 0185-305-2 Ber 1)	VDE 0185-305-2 Ber 1
EN 62305-3	IEC 62305-3, mod.	DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3)	VDE 0185-305-3
CENELEC-Cor.	—	DIN EN 62305-3 Ber 1 (VDE 0185-305-3 Ber 1)	VDE 0185-305-3 Ber 1
—	—	DIN EN 62305-3 Bbl 1 (VDE 0185-305-3 Bbl 1)	VDE 0185-305-3 Bbl 1
—	—	DIN EN 62305-3 Bbl 2 (VDE 0185-305-3 Bbl 2)	VDE 0185-305-3 Bbl 2
—	—	DIN EN 62305-3 Bbl 3 (VDE 0185-305-3 Bbl 3)	VDE 0185-305-3 Bbl 3
—	—	DIN EN 62305-3 Bbl 4 (VDE 0185-305-3 Bbl 4)	VDE 0185-305-3 Bbl 4
—	—	DIN EN 62305-3 Bbl 5 (VDE 0185-305-3 Bbl 5)	VDE 0185-305-3 Bbl 5
EN 62305-3/A11	—	DIN EN 62305-3/A11 (VDE 0185-305-3/A11)	VDE 0185-305-3/A11
EN 62446	IEC 62446	DIN EN 62446 (VDE 0126-23)	VDE 0126-23
—	IEC 62485 **)	—	—
*) „Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Deutsche Ausgabe“, Online-Zugang: http://www.dke.de/dke-iev .			
**) In Vorbereitung.			

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN CLC/TS 61643-12 (VDE V 0675-6-12), *Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung – Teil 12: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen – Auswahl und Anwendungsgrundsätze*

DIN CLC/TS 61836 (VDE V 0126-7), *Photovoltaische Solarenergiesysteme – Begriffe, Definitionen und Symbole*

DIN EN 50521 (VDE 0126-3), *Steckverbinder für Photovoltaik-Systeme – Sicherheitsanforderungen und Prüfungen*

DIN EN 60446 (VDE 0198), *Grund- und Sicherheitsregeln für die Mensch-Maschine-Schnittstelle – Kennzeichnung von Leitern durch Farben oder alphanumerische Zeichen*

DIN EN 60529 (VDE 0470-1), *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)*

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

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

DIN EN 61140 (VDE 0140-1), *Schutz gegen elektrischen Schlag – Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel*

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

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

Normen der Reihe

DIN EN 61730 (VDE 0126-30), *Photovoltaik(PV)-Module – Sicherheitsqualifikation*

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

DIN EN 61730-2 (VDE 0126-30-2), *Photovoltaik(PV)-Module – Sicherheitsqualifikation – Teil 2: Anforderungen an die Prüfung*

DIN EN 61829, *Photovoltaische (PV) Modulgruppen aus kristallinem Silizium; Messen der Strom-/Spannungskennlinien am Einsatzort*

DIN EN 62109-1 (VDE 0126-14-1), *Sicherheit von Leistungsumrichtern zur Anwendung in photovoltaischen Energiesystemen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (in Vorbereitung)*

DIN EN 62109-2 (VDE 0126-14-2), *Sicherheit von Leistungsumrichtern zur Anwendung in photovoltaischen Energiesystemen – Teil 2: Besondere Anforderungen an Wechselrichter (in Vorbereitung)*

DIN EN 62246-2, *Reedkontakt-Einheiten – Teil 2: Hochleistungs-Reedschalter*

Normen der Reihe

DIN EN 62305 (VDE 0185-305), *Blitzschutz*

DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2), *Blitzschutz – Teil 2: Risiko-Management*

DIN EN 62305-2 Beiblatt 1 (VDE 0185-305-2 Beiblatt 1), *Blitzschutz – Teil 2: Risiko-Management: Abschätzung des Schadensrisikos für bauliche Anlagen – Beiblatt 1: Blitzgefährdung in Deutschland*

DIN EN 62305-2 Beiblatt 2 (VDE 0185-305-2 Beiblatt 2), *Blitzschutz – Teil 2: Risiko-Management – Beiblatt 2: Berechnungshilfe zur Abschätzung des Schadensrisikos für bauliche Anlagen*

DIN EN 62305-2 Berichtigung 1 (VDE 0185-305-2 Berichtigung 1), *Blitzschutz – Teil 2: Risiko-Management (IEC 62305-2:2006); Deutsche Fassung EN 62305-2:2006, Berichtigungen zu DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2)*

DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3), *Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen*

DIN EN 62305-3 Berichtigung 1 (VDE 0185-305-3 Berichtigung 1), *Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen,*

DIN EN 62305-3 Beiblatt 1 (VDE 0185-305-3 Beiblatt 1), *Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen – Beiblatt 1: Zusätzliche Informationen zur Anwendung der DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3)*

DIN EN 62305-3 Beiblatt 2 (VDE 0185-305-3 Beiblatt 2), *Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen – Beiblatt 2: Zusätzliche Informationen für besondere bauliche Anlagen*

DIN EN 62305-3 Beiblatt 3 (VDE 0185-305-3 Beiblatt 3), *Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen – Beiblatt 3: Zusätzliche Informationen für die Prüfung und Wartung von Blitzschutzsystemen*

DIN EN 62305-3 Beiblatt 4 (VDE 0185-305-3 Beiblatt 4), *Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen – Beiblatt 4: Verwendung von Metalldächern in Blitzschutzsystemen*

DIN EN 62305-3 Beiblatt 5 (VDE 0185-305-3 Beiblatt 5), *Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen – Beiblatt 5: Blitz- und Überspannungsschutz für PV-Stromversorgungssysteme*

DIN EN 62305-3/A11 (VDE 0185-305-3/A11), *Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen*

DIN EN 62446 (VDE 0126-23), *Netzgekoppelte Photovoltaik-Systeme – Mindestanforderungen an Systemdokumentation, Inbetriebnahmeprüfung und Überwachungsprüfung*

DIN VDE 0100-200 (VDE 0100-200):2006-06, *Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 200: Begriffe (IEC 60050-826:2004, modifiziert)*

DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410), *Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag*

DIN VDE 0100-540 (VDE 0100-540), *Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-54: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Erdungsanlagen, Schutzleiter und Schutzpotentialausgleichsleiter*

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 (IEC 60364-7-712:2002, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-7-712:2005 + Corrigendum:2006*

DIN VDE 0636-301 (VDE 0636-301), *Niederspannungssicherungen – Teil 3-1: Zusätzliche Anforderungen an Sicherungen zum Gebrauch durch Laien (Sicherungen überwiegend für Hausinstallationen und ähnliche Anwendungen) – Hauptabschnitte I bis IV: Beispiele von genormten Sicherungstypen*

Installation und Sicherheitsanforderungen für photovoltaische Generatoren

1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Norm legt allgemeine Installations- und Sicherheitsanforderungen für photovoltaische (PV) Generatoren fest. Ein PV-Generator besteht aus einer PV-Anlage oder einer Kombination von PV-Anlagen, die ein Elektrizität erzeugendes Teilsystem bilden, einschließlich der Leitungen der Gleichstromanlage und von elektrischen Schutzeinrichtungen, Schaltgeräten und Erdungseinrichtungen bis zu den Energiespeichereinrichtungen, Stromrichtern oder Lasten, aber ausschließlich dieser.

In netzgekoppelten Systemen sind die in diesem Dokument angegebenen Sicherheitsanforderungen abhängig von den Umrichtern, die mit den PV-Anlagen verbunden sind und den Anforderungen von IEC 62109-1 und IEC 62109-2 entsprechen, jedoch kritisch.

PV-Generatoren mit einer Leistung von weniger als 50 W und weniger als 30 V Leerlaufspannung gehören nicht zum Anwendungsbereich dieser Norm.

Systeme mit Wechselstrommodulen werden in der vorliegenden Norm nicht behandelt.

Die vorliegende Norm behandelt die Sicherheitsanforderungen, die sich aus den besonderen Eigenschaften photovoltaischer Systeme ergeben.

Gleichstromsysteme und besonders PV-Generatoren werfen zusätzlich zu den aus üblichen Wechselstromsystemen hervorgehenden Gefahren bestimmte zusätzliche Gefahren auf einschließlich der Fähigkeit, einen stehenden elektrischen Lichtbogen mit Strömen zu erzeugen, die nicht höher sind als normale Betriebsströme.

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).

EN 50521, *Steckverbinder für Photovoltaik-Systeme – Sicherheitsanforderungen und Prüfungen*

IEC 60050-826:1982, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 8: Electrical installations of buildings*

IEC 60269-6, *Ausgabe 1.0, Low-voltage fuses – Part 6: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of solar photovoltaic energy systems (Veröffentlichung in Vorbereitung)*

IEC 60287 (alle Teile), *Electric cables – Calculation of the current rating*

IEC 60364 (alle Teile), *Low-voltage electrical installations*

IEC 60364-4-41, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-5-53, *Electrical installations of buildings – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and control*

IEC 60364-5-54, *Electrical installations of buildings – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors*

IEC 60449, *Voltage bands for electrical installations of buildings*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

- IEC 61140, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*
- IEC 61201, *Use of conventional touch voltage limits – Application guide*
- IEC 61215, *Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval*
- IEC 61643-12, *Low voltage surge protective devices – Part 12: Surge protective devices connected to low voltage power distribution systems – Selection and application principles*
- IEC 61646, *Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval*
- EN 61730-1, *Photovoltaic module safety qualification – Requirements for construction*
- EN 61730-2, *Photovoltaic module safety qualification – Requirements for testing*
- IEC 61730-1, *Photovoltaic module safety qualification – Requirements for construction*
- IEC 61730-2, *Photovoltaic module safety qualification – Requirements for testing*
- IEC 61836, *Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions and symbols*
- IEC 62109-1, *Safety of power conversion equipment for use in photovoltaic power systems – Part 1: General requirements*
- IEC 62109-2, *Safety of power conversion equipment for use in photovoltaic power systems – Part 2: Particular requirements for inverters*
- IEC 62305, *Protection against lightning*
- IEC 62446, *Grid connected PV systems – Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection requirements*

3 Begriffe

3.1

Erde

leitfähiges Erdreich, dessen elektrisches Potential an jedem Punkt vereinbarungsgemäß gleich null gesetzt wird

3.2

fremdes leitfähiges Teil

leitfähiges Teil, das ein elektrisches Potential, im Allgemeinen das Erdpotential, einführen kann und das nicht zur elektrischen Anlage gehört

3.3

Sperrdiode

in Reihe zu Modulen, Paneelen, Teilanlagen und Anlagen geschaltete Diode zur Blockierung des elektrischen Rückwärtsstromes in diese Module, Paneele, Teilanlagen und Anlagen hinein

3.4

Potentialausgleichsleiter

Schutzleiter, der den Potentialausgleich herstellt

3.5

Bypass-Diode

Diode, die über eine oder mehrere Zelle(n) in Durchlassrichtung des elektrischen Stromes geschaltet wird, damit der elektrische Stromfluss des Moduls abgeschattete oder beschädigte Zellen umgehen kann, um dadurch eine Beschädigung durch heiße Flecken (Hot Spots) oder heiße Zellen zu verhindern, die durch die Rückwärtsvorspannung gegenüber den anderen Zellen in diesem Modul entstehen

3.6

Kabel

Zusammenstellung aus einem oder mehreren Leitern und/oder Glasfasern, einer Schutzumhüllung und möglicherweise Füll-, Isolier- und Schutzstoffen

[IEV 151-12-38]

3.7

Kabelseele

der Leiter mit seiner Isolierung aber ohne mechanische Schutzumhüllung

3.8

Schirm (eines Kabels)

geerdete metallene Umhüllung zur Begrenzung des elektrischen Feldes auf das Kabelinnere und/oder zum Schutz des Kabels vor äußeren elektrischen Beeinflussungen

ANMERKUNG 1 Metallmäntel, Bewehrungen und geerdete konzentrische Leiter können auch als Schirme dienen.

[IEV 461-03-04]

Anwendungsklassen für PV-Module sind in IEC 61730-1 wie folgt festgelegt:

3.9

Anwendungsklasse A: Unbeschränkt zugänglich, gefährliche Spannung, Anlagen gefährlicher Leistung

Module, die für den Einsatz in dieser Anwendungsklasse bemessen sind, können in Systemen mit einer Gleichspannung von 50 V oder 240 W und höher betrieben werden, wenn ein unbeschränkter Zugang und Berührung erwartet werden. Bei Modulen innerhalb dieser Anwendungsklasse, die für die Sicherheit nach IEC 61730-1 und nach IEC 61730-2 qualifiziert sind, wird davon ausgegangen, dass sie die Anforderungen der Schutzklasse II erfüllen

3.10

Anwendungsklasse B: Eingeschränkt zugänglich, gefährliche Spannung, Anlagen gefährlicher Leistung

Module, die für den Einsatz in dieser Anwendungsklasse bemessen sind, sind auf Systeme beschränkt, die vor öffentlichem Zugang durch Zäune, ihre Anordnung usw. geschützt sind. Module, die innerhalb dieser Anwendungsklasse bewertet werden, bieten einen Schutz durch Basisisolierung und es wird davon ausgegangen, dass sie die Anforderungen an die Sicherheitsklasse 0 erfüllen

3.11

Anwendungsklasse C: Begrenzte Spannung, Anlagen begrenzter Leistung

Module, die für den Einsatz in dieser Anwendungsklasse bemessen sind, sind auf Systeme beschränkt, die mit einer Gleichspannung von kleiner 50 V und 240 W betrieben werden, wenn ein unbeschränkter Zugang und Berührung erwartet werden. Bei Modulen innerhalb dieser Anwendungsklasse, die für die Sicherheit nach IEC 61730-1 und nach IEC 61730-2 qualifiziert sind, wird davon ausgegangen, dass sie die Anforderungen der Schutzklasse III erfüllen

ANMERKUNG Die Schutzklassen sind in IEC 61140 definiert.

3.12

doppelte Isolierung

Isolierung, die aus der Basisisolierung und der zusätzlichen Isolierung besteht

[IEV 195-06-08]

3.13

Potentialausgleich

elektrische Verbindung, die verschiedene Körper elektrischer Betriebsmittel und fremde leitfähige Teile auf annähernd gleiches Potential bringt (siehe auch Schutzpotentialausgleich)

3.14

Kleinspannung

ELV

Spannung, die 50 V Wechselspannung oder 120 V geglättete Gleichspannung nicht überschreitet

3.15

Funktionserdung

Erdung eines Punktes eines Betriebsmittels oder eines Netzes zu anderen Zwecken als der elektrischen Sicherheit

3.16

$I_{MOD_MAX_OCPR}$

Bemessungswert des größten Überstromschutzes des PV-Moduls nach IEC 61730

3.17

$I_{SC\ MOD}$

Kurzschlussstrom eines PV-Moduls oder eines PV-Stranges bei Normprüfbedingungen nach den Festlegungen des Herstellers auf dem Leistungsschild

ANMERKUNG Da PV-Stränge eine Gruppe von in Reihe geschalteten PV-Modulen sind, ist der Kurzschlussstrom eines Stranges gleich $I_{SC\ MOD}$.

3.18

$I_{SC\ S-ARRAY}$

Kurzschlussstrom einer PV-Teilanlage bei Normprüfbedingungen mit folgender Gleichung:

$$I_{SC\ S-ARRAY} = I_{SC\ MOD} \times S_{SA}$$

dabei ist S_{SA} die Anzahl der parallelgeschalteten PV-Stränge in der PV-Teilanlage

3.19

$I_{SC\ ARRAY}$

Kurzschlussstrom der PV-Anlage bei Normprüfbedingungen mit folgender Gleichung:

$$I_{SC\ ARRAY} = I_{SC\ MOD} \times S_A$$

dabei ist S_A die Anzahl der parallelgeschalteten PV-Stränge in der PV-Anlage

3.20

I_{TRIP}

der Nennstromstärke einer Überstromschutzeinrichtung

3.21

Anschlusskasten

geschlossenes oder geschütztes Verbindungsmaterial zur Herstellung einer oder mehrerer Anschlüsse

[IEV 442-08-03]

3.22

aktives Teil

Leiter oder leitfähiges Teil, der/das dazu vorgesehen ist, im üblichen Betrieb unter Spannung zu stehen, einschließlich eines Neutralleiters, vereinbarungsgemäß jedoch nicht eines PEN-Leiters [IEV 195-02-12] oder PEM-Leiters [IEV 195-02-13] oder PEL-Leiters [IEV 195-02-14]

ANMERKUNG Dieser Begriff besagt nicht unbedingt, dass das Risiko eines elektrischen Schlages besteht.

3.23

Niederspannung

Spannung, die größer ist als Kleinspannung, aber 1 000 V Wechselspannung oder 1 500 V Gleichspannung nicht überschreitet

3.24

Haupterdungs-Anschlusspunkt

Klemme oder Schiene für die Verbindung der Schutzleiter einschließlich der Schutzpotentialausgleichsleiter und gegebenenfalls der Leiter für die Funktionserdung mit der Erdungsleitung

3.25

n_p

Anzahl parallelgeschalteter Stränge in einer PV-Anlage

3.26

PEL-Leiter

Leiter, der zugleich die Funktionen eines Schutzerdungsleiters und eines Außenleiters erfüllt

[IEV 195-02-14]

3.27

Funktionskleinspannung mit elektrisch sicherer Trennung

PELV

Kleinspannungssystem ohne galvanische Trennung von Erde, das ansonsten alle Anforderungen für SELV erfüllt

3.28

Schutzerdung

Erdung eines Punktes in einem Betriebsmittel oder in einem Netz zum Zweck der elektrischen Sicherheit

3.29

Schutzpotentialausgleichsleiter

Schutzleiter zur Herstellung des Schutzpotentialausgleichs

3.30

PEM-Leiter

Leiter, der zugleich die Funktionen eines Schutzerdungsleiters und eines Mittelleiters erfüllt

[IEV 195-02-13]

3.31

Schutzpotentialausgleich

Potentialausgleich zum Zweck der Sicherheit

3.32

PEN-Leiter

Leiter, der zugleich die Funktionen eines Schutzerdungsleiters und eines Neutralleiters erfüllt

[IEV 195-02-12]

3.33

Stromrichter

PCU

System zur Umwandlung der von der PV-Anlage gelieferten elektrischen Leistung in geeignete Frequenz- und/oder Spannungswerte, die an die Last abgegeben, in einer Batterie gespeichert oder in das elektrische Netz eingespeist werden (siehe Bilder 4 bis 6)

3.34

Stromrichter mit Potentialtrennung

Stromrichter mit einer galvanischen Trennung zwischen Eingangs- und Ausgangstromkreis (z. B. mit einem Trenntransformator)

3.35

Stromrichter ohne Potentialtrennung

Stromrichter ohne galvanische Trennung zwischen Eingangs- und Ausgangsstromkreis

3.36

photovoltaische Anlage

Baugruppe mechanisch integrierter und elektrisch miteinander verbundener PV-Module, PV-Paneele oder PV-Teilanlagen und deren Stützkonstruktion

ANMERKUNG Zu einer PV-Anlage gehören nicht das Fundament, Nachführeinrichtungen, Wärmeregulierung und ähnliche Komponenten.

[IEC 61836, 2. Ausgabe]

ANMERKUNG Eine PV-Anlage kann aus einem einzelnen PV-Modul, einem einzelnen PV-Strang oder mehreren parallelgeschalteten Strängen oder mehreren parallelgeschalteten PV-Teilanlagen und den zugehörigen elektrischen Bauteilen bestehen (siehe Bilder 4 bis 6). Für die Anwendung dieser Norm ist die Grenze der PV-Anlage die Ausgangsseite der Trenneinrichtung der PV-Anlage. Zwei oder mehr PV-Anlagen, die auf der Generatorseite des Stromrichters nicht parallelgeschaltet sind, müssen als voneinander unabhängige PV-Anlagen angesehen werden.

3.37

Kabel einer PV-Anlage

das Ausgangskabel einer PV-Anlage, das den Anschlusskasten der PV-Anlage mit der Trenneinrichtung der PV-Anlage verbindet

3.38

Anschlusskasten einer PV-Anlage

PV-Zusammenschaltkasten

Anschlusskasten, in dem alle Stränge einer Anlage miteinander verbunden werden und die auch Überstromschutzvorrichtungen enthalten kann

[IEC 60364-7-712, Begriff 712.3.5, modifiziert]

3.39

PV-Zelle

- a) Grundeinheit der photovoltaischen Umwandlung; ein Halbleiterbauelement, das Licht direkt in elektrische Energie umwandeln kann;
- b) grundlegendes photovoltaisches Bauelement [siehe IEC 60904-3]

ANMERKUNG Die Vorzugsbenennung ist „photovoltaische Solarzelle“ oder „photovoltaische Zelle“, die umgangssprachliche Bezeichnung „Solarzelle“.

3.40

PV-Modul

kleinste vollständige und gegen die Umgebung geschützte Baugruppe von miteinander verbundenen Zellen

[siehe IEC 60904-3, IEC 61277]

ANMERKUNG Wird umgangssprachlich als „Solarmodul“ bezeichnet.

3.41

Anschlusskasten des PV-Moduls

an einem PV-Modul befestigtes Gehäuse, in dem die elektrischen Verbindungen mit dem PV-Modul vorgenommen werden

3.42

PV-Strang

Stromkreis von in Reihe geschalteten PV-Modulen

[IEC 61836, 2. Ausgabe]

3.43

Kabel eines photovoltaischen Stranges

Kabel, das die Module zu einem PV-Strang oder den Strang mit einem Anschlusskasten oder mit den Gleichspannungsanschlüssen des Stromrichters verbindet (siehe Bilder 4 bis 6)

3.44

PV-Teilanlage

Teil einer PV-Anlage, die als eine Einheit angesehen werden kann

[IEC 61836, 2. Ausgabe ¹⁾]

3.45

Kabel einer PV-Teilanlage

das Ausgangskabel einer PV-Teilanlage, das nur den Ausgangsstrom seiner angeschlossenen Teilanlage im Normalbetrieb führt und das die PV-Teilanlage mit anderen PV-Teilanlagen zu einer PV-Anlage verbindet

ANMERKUNG Kabel von PV-Teilanlagen sind nur für PV-Anlagen von Bedeutung, die in Teilanlagen unterteilt sind (Erläuterung siehe Bild 7).

3.46

Anschlusskasten einer PV-Teilanlage

Gehäuse, in dem alle PV-Stränge einer PV-Teilanlage elektrisch parallelgeschaltet werden und die gegebenenfalls auch Schutzeinrichtungen enthalten kann (siehe Bild 7)

ANMERKUNG Anschlusskästen von PV-Teilanlagen sind nur für PV-Anlagen von Bedeutung, die in Teilanlagen unterteilt sind.

3.47

leicht zugänglich

gute Erreichbarkeit für Inspektionen, Wartung oder Reparaturen ohne Zerlegen von Konstruktionsteilen, Abbau von Schränken, Tischen oder dergleichen

3.48

verstärkte Isolierung

Isolierung von gefährlichen aktiven Teilen, die im gleichen Maße Schutz gegen elektrischen Schlag bietet wie die doppelte Isolierung

ANMERKUNG Die verstärkte Isolierung kann aus mehreren Schichten bestehen, die nicht einzeln als Basisisolierung oder zusätzliche Isolierung geprüft werden können.

[IEV 195-06-09]

3.49

gleichzeitig berührbare leitfähige Teile

Leiter oder leitfähige Teile, welche gleichzeitig durch eine oder mehrere Person(en) berührt werden können

ANMERKUNG Gleichzeitig berührbare leitfähige Teile können sein: aktive Teile, Körper, fremde leitfähige Teile, Schutzleiter oder Erder.

3.50

zusätzliche Isolierung

unabhängige Isolierung, die zusätzlich zur Basisisolierung als Fehlerschutz angewendet wird

[IEV 195-06-07]

¹⁾ In Vorbereitung.

3.51

einfache elektrische Trennung

Trennung zwischen elektrischen Stromkreisen oder zwischen einem elektrischen Stromkreis und Erde durch Basisisolierung

[IEV 826-12-28]

3.52

Gleichspannung ohne Welligkeit

bei einer sinusförmigen überlagerten Wechselspannung ein Wechselanteil mit einem Effektivwert von höchstens 10 %

ANMERKUNG Damit liegt der Höchstwert der Spitzenspannung bei einem Gleichstromsystem ohne Welligkeit mit 108 V Nennspannung nicht über 120 V.

3.53

SELV

Schutzkleinspannung

Kleinspannungssystem mit einer galvanischen Trennung von Erde und von anderen Systemen auf eine Weise, dass ein Einzelfehler nicht die Gefahr eines elektrischen Schlages hervorrufen kann

3.54

Normprüfbedingungen

Menge von Referenzbedingungen für die Prüfung und Bemessung von PV-Zellen und PV-Modulen. Die Normprüfbedingungen sind:

- a) Temperatur der PV-Zelle von 25 °C;
- b) Bestrahlungsstärke in der Ebene der PV-Zelle oder des PV-Moduls von 1 000 W/m²;
- c) Lichtspektrum entsprechend einer atmosphärischen Luftmasse von 1,5

3.55

V_{OC MOD}

Leerlaufspannung eines PV-Moduls bei Normprüfbedingungen nach den Festlegungen des Herstellers in der Produktspezifikation

3.56

V_{OC ARRAY}

Leerlaufspannung der PV-Anlage bei Normprüfbedingungen mit folgender Gleichung:

$$V_{OC\ ARRAY} = V_{OC\ MOD} \times M$$

dabei ist M die Anzahl der in Reihe geschalteten PV-Module in einem PV-Strang der PV-Anlage

ANMERKUNG In dieser Norm wird angenommen, dass alle Stränge innerhalb einer PV-Anlage parallelgeschaltet sind; damit ist die Leerlaufspannung der PV-Teilanlagen und der PV-Stränge gleich $V_{OC\ ARRAY}$.

4 Aufbau einer PV-Anlage

4.1 Allgemeines

PV-Anlagen dienen der Energieversorgung eines Anwendungstromkreises.

Bild 1 stellt das allgemeine Funktionsmodell eines Systems mit PV-Versorgung dar.

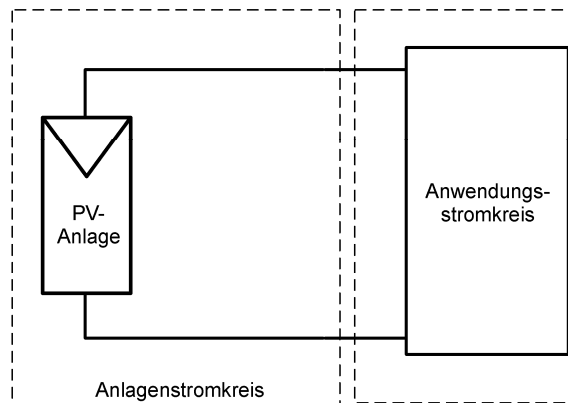


Bild 1 – Allgemeines Funktionsmodell eines Systems mit PV-Versorgung

Es werden drei Arten von Anwendungsstromkreisen betrachtet:

- die PV-Anlage ist mit Gleichstromlasten verbunden;
- die PV-Anlage ist über eine Umwandlungseinrichtung mit mindestens einfacher Trennung mit einem Wechselstromsystem verbunden;
- die PV-Anlage ist über eine Umwandlungseinrichtung ohne einfache Trennung mit einem Wechselstromsystem verbunden.

4.1.1 Einteilung von PV-Systemen

4.1.1.1 Allgemeines

Die Sicherheit und die Verbindung einer PV-Anlage mit Erde werden dadurch bestimmt, ob eine Funktions-erdung der Anlage vorhanden ist und auch durch die Erdungsbedingungen des Anwendungsstromkreises, an den sie angeschlossen ist.

Bei der Bestimmung der am besten geeigneten Erdungsanordnung des Systems müssen die Anforderungen der Hersteller der PV-Module und der Stromrichter, an den die PV-Anlage angeschlossen wird, berücksichtigt werden.

Zur Bezeichnung der Einteilung des Systemaufbaus wird ein Buchstabensystem benutzt.

Dieses System ist eine Beschreibung der Erdungsanordnung des PV-Systems unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Wirkung des Anwendungsstromkreises auf das PV-System. Dieses System gilt nur für den Gleichstromteil des Systems, der die PV-Anlage umfasst.

Erster Buchstabe – Verbindung des Gleichstromsystems der PV-Anlage mit Erde:

- E direkte Verbindung eines Punktes der stromführenden Leiter mit Erde;
- F alle aktiven Teile sind gegen Erde isoliert oder ein Punkt der stromführenden Leiter ist hochohmig mit Erde verbunden;
- R alle aktiven Teile sind nicht direkt mit Erde verbunden, sie sind aber über einen Stromrichter auf Erde bezogen.

Zweiter Buchstabe – Verbindung der Körper der Anlage mit Erde:

- T direkte elektrische Verbindung der Körper mit Erde unabhängig von der Erdung eines beliebigen Punktes des Anwendungsstromkreises;

- D direkte elektrische Verbindung der Körper mit dem geerdeten Punkt des Anwendungsstromkreises;
Eine Art des Anwendungsstromkreises kann das elektrische Versorgungsnetz sein (in diesen Wechselstromnetzen ist der geerdete Punkt gewöhnlich der Neutralpunkt oder, falls kein Neutralpunkt zur Verfügung steht, ein Außenleiter).
- U keine Verbindung der Körper mit Erde.

Nachfolgende(r) Buchstabe(n) (soweit vorhanden) – Anwendungsstromkreis, mit dem die PV-Anlage verbunden ist:

- D Gleichstromlast(en);
- I Wechselstromlast über einen Umrichter mit Potentialtrennung;
- X Wechselstromlast über einen Umrichter ohne Potentialtrennung (ein Wechselrichter, der keine galvanische Trennung zwischen der Gleichstrom- und der Wechselstromverbindung bietet);
- B der Anwendungsstromkreis enthält eine Batterie, die einen Fehlerstrom zurück in die PV-Anlage einspeisen kann.

ANMERKUNG In Abhängigkeit vom Vorhandensein einer Batterie kann dieser letzte Buchstabe eine Kombination von zwei Buchstaben sein.

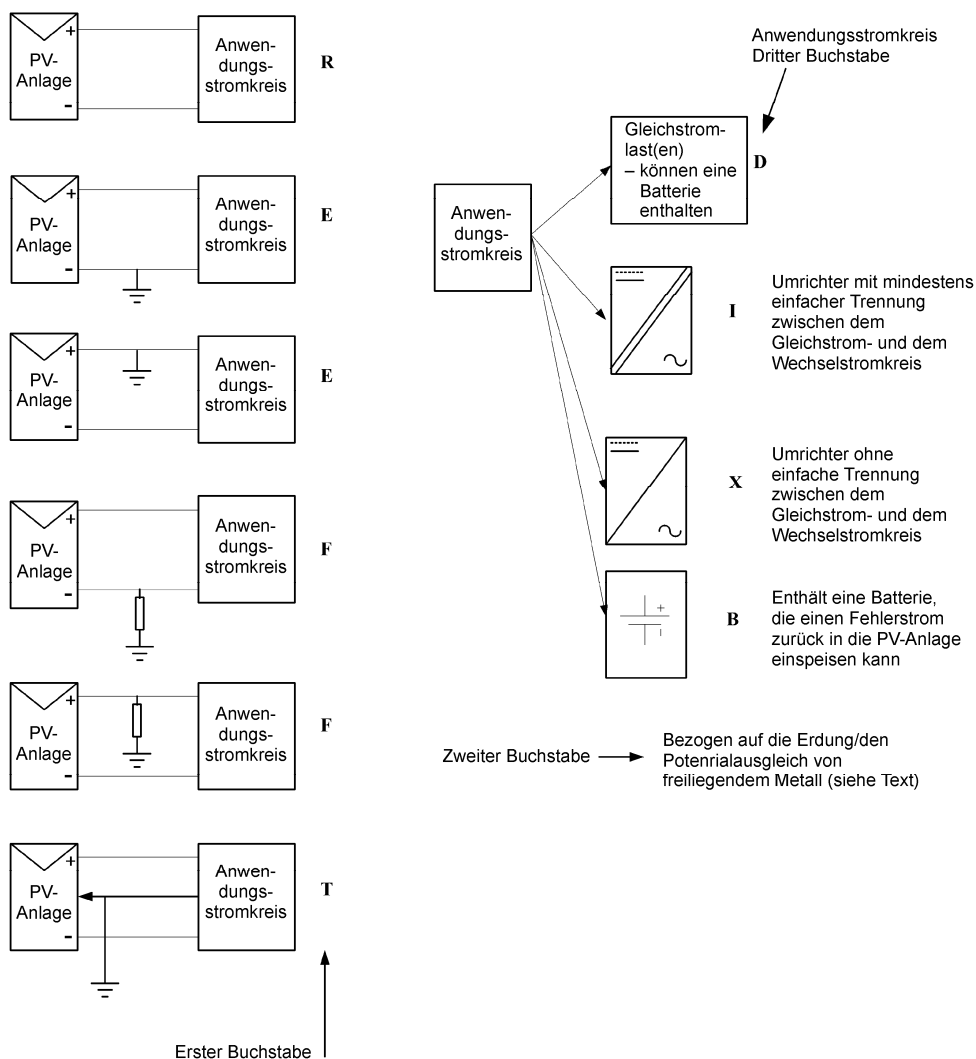


Bild 2 – Beschreibungssystem für die Erdung

Die Bilder 3a bis 3d zeigen Beispiele für den allgemeinen Aufbau von PV-Systemen. Diese Schaltbilder beschreiben nicht jede mögliche Verbindung des PV-Systems.

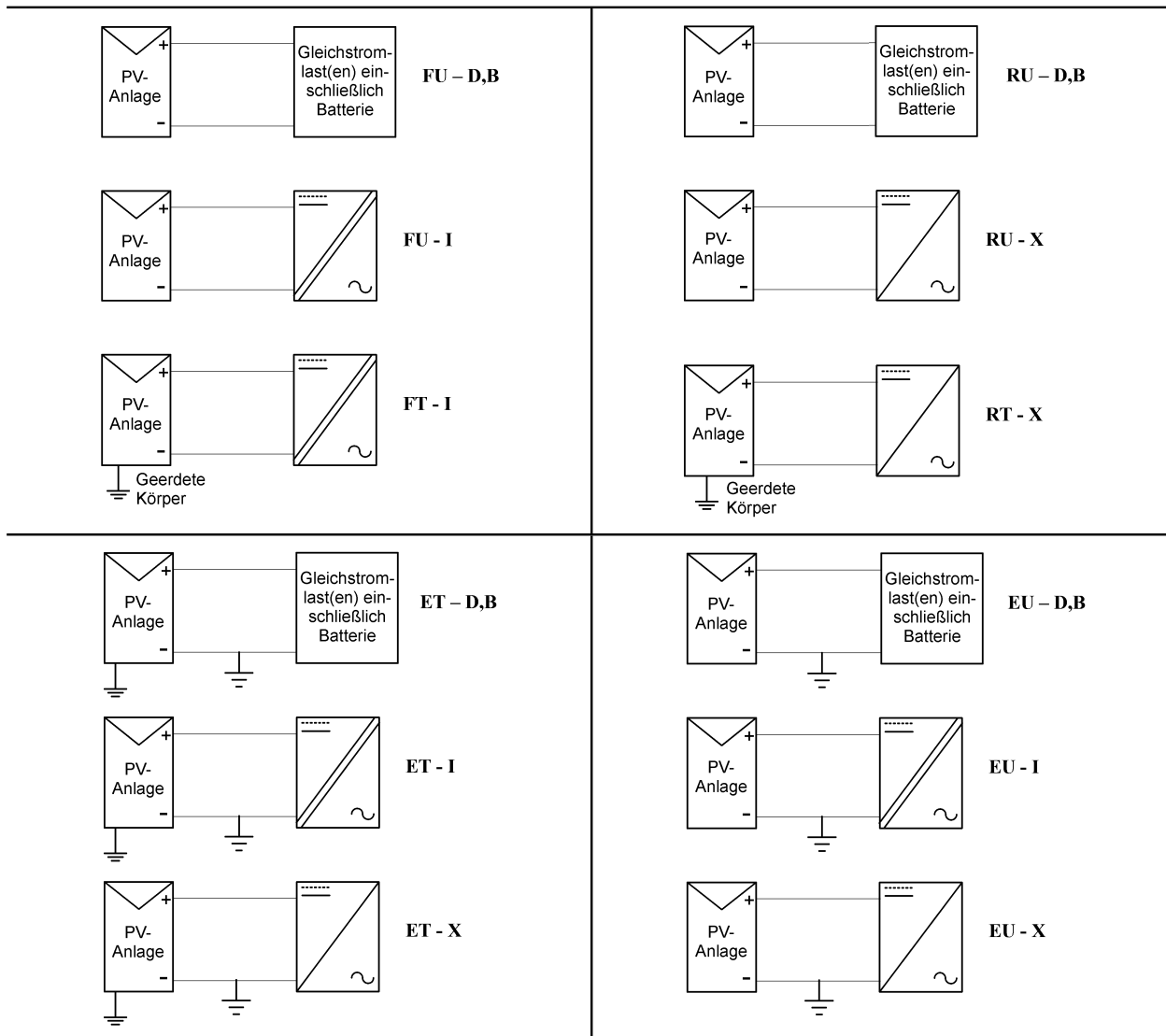
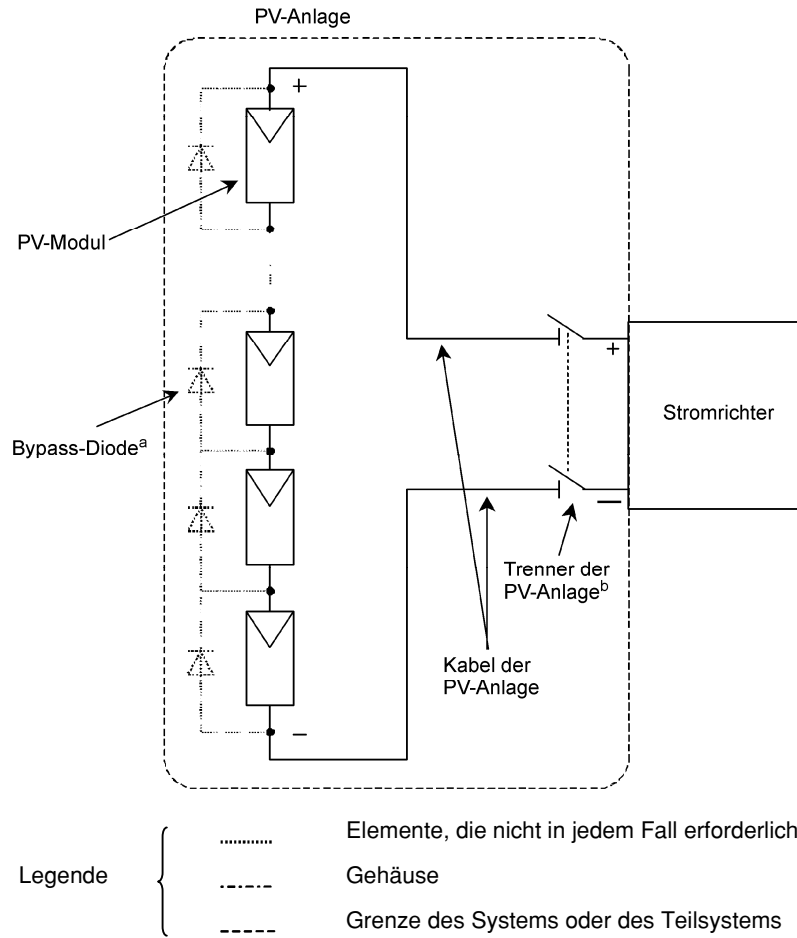


Bild 3 – Beispiele für die Anwendung des Beschreibungssystems für die Erdung

4.1.2 Architekturen

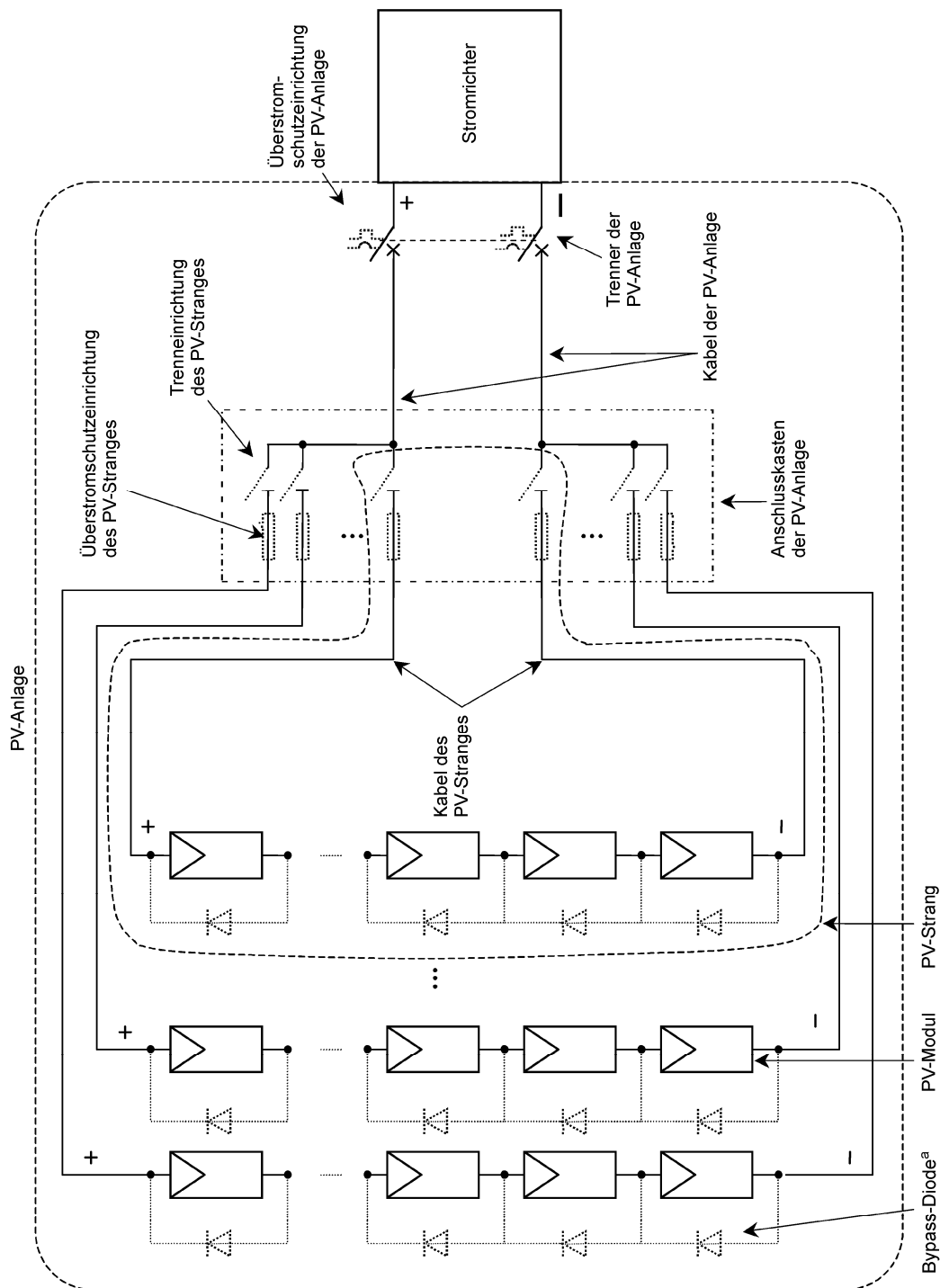
Die Schaltbilder in den Bildern 4 bis 6 zeigen den grundlegenden elektrischen Aufbau einer PV-Anlage mit einem einzigen Strang, mit mehreren parallelen Strängen bzw. mit mehreren PV-Teilanlagen.



^a Bypass-Dioden sind vom Hersteller aus generell als Standardelemente der PV-Module enthalten.

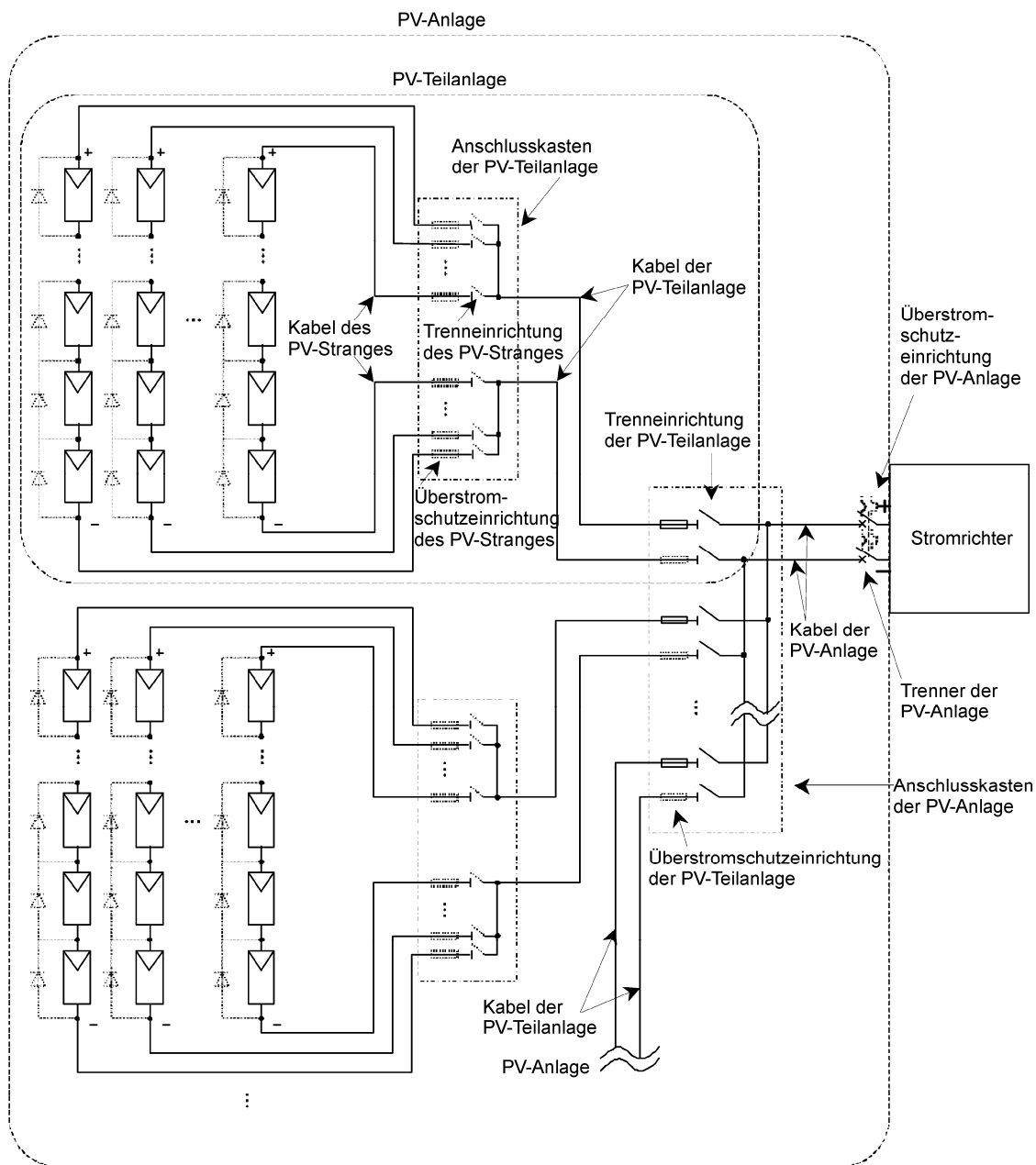
^b Anforderungen an Trenner von PV-Anlagen siehe 6.2.4.2 und 6.3.1.

Bild 4 – Schaltbild einer PV-Anlage – Einzelner Strang



^a Bypass-Dioden sind vom Hersteller aus generell als Standardelemente der PV-Module enthalten.

Bild 5 – Schaltbild einer PV-Anlage – Mehrere parallele Stränge



Legende	{		Elemente, die nicht in jedem Fall erforderlich sind
		-----	Gehäuse
		-----	Grenze des Systems oder des Teilsystems

ANMERKUNG Bypass-Dioden sind vom Hersteller aus generell als Standardelemente der PV-Module enthalten.

Bild 6 – Schaltbild einer PV-Anlage – Mehrere parallele Stränge mit einer in Teilanlagen unterteilten Anlagen

ANMERKUNG In den Bildern 4, 5 und 6 sind die in gestrichelten Linien eingerahmten Komponenten nicht in jedem Fall erforderlich. Die Bilder zeigen die Anordnung im Stromkreis, wenn sie erforderlich sind.

4.1.3 Reihen-Parallel-Schaltung

Um die Fehlanpassung möglichst gering zu halten und den Ertrag der PV-Anlage zu verbessern, sollten alle PV-Stränge in einer PV-Anlage nach der gleichen Technik ausgeführt sein und die gleiche Anzahl in Reihe geschalteter PV-Module besitzen (siehe Bilder 4 bis 6). Darüber hinaus sollten alle PV-Module in der PV-Anlage die gleichen Bemessungswerte für die elektrischen Kennwerte aufweisen einschließlich von Kurzschlussstrom, Leerlaufspannung, Strom bei größter Leistung, Spannung bei größter Leistung und Bemessungsleistung (alle bei Normprüfbedingungen).

ANMERKUNG Dieser Aspekt sollte beim Entwurf vor allem beim Ersatz von Modulen oder bei der Veränderung eines bestehenden Systems vom Projektentwickler berücksichtigt werden.

4.1.4 Batterien in Systemen

Batterien in PV-Systemen können eine Quelle von hohen unbeeinflussten Fehlerströmen sein und sollten einen Fehlerstromschutz besitzen. Der Fehlerstromschutz in Batteriesystemen wird im Allgemeinen zwischen der Batterie und dem Laderegler und möglichst nahe an der Batterie angeordnet. Mit diesem Schutz wird ein Überstromschutz für die Kabel der PV-Anlage bereitgestellt, sofern die Kabel so bemessen sind, dass sie dem gleichen Strom standhalten wie die Überstromschutzeinrichtung der Batterie.

ANMERKUNG 1 Batteriesysteme sollten nach IEC 62485 ausgeführt werden.

ANMERKUNG 2 Der Überstromschutz der Batterie sollte in allen aktiven (ungeerdeten) Leitern angeordnet werden.

4.1.5 Berücksichtigung der unbeeinflussten Fehlerzustände innerhalb einer PV-Anlage

In jeder Anlage muss die Quelle von Fehlerströmen ermittelt werden.

Systeme mit Batterien können aufgrund der Eigenschaften der Batterie hohe unbeeinflusste Fehlerströme aufweisen (siehe 4.1.4).

In einem PV-System ohne Batterien verhalten sich die PV-Zellen (und folglich die PV-Anlagen) bei niederohmigen Fehlzuständen wie Stromquellen. Damit sind Fehlerströme selbst unter Kurzschlussbedingungen nicht viel größer als übliche Ströme bei Vollast.

Der Fehlerstrom hängt von der Anzahl der Stränge, von der Fehlerstelle und von der Bestrahlungsstärke ab. Damit gestaltet sich die Suche nach einem Kurzschluss in einer PV-Anlage sehr schwierig. In einer PV-Anlage mit Fehlerströmen können sich Lichtbögen bilden, die eine Überstromschutzeinrichtung möglicherweise nicht auslösen.

Aus diesen Eigenschaften der PV-Anlage ergeben sich für den Entwurf der PV-Anlage die folgenden Schlussfolgerungen:

- a) Die Möglichkeit von zweiphasigen Kurzschlüssen, Erdschlüssen und unbeabsichtigten Leitungsabtrennungen in der PV-Anlage müssen sorgfältiger vermieden werden als bei herkömmlichen elektrischen Anlagen. (Es ist zu beachten, dass bei herkömmlichen elektrischen Anlagen die anlageneigene hohe Fehlerstromfestigkeit des Systems beim Eintreten eines Fehlers im Allgemeinen zum Ansprechen einer Sicherung oder zum Auslösen eines Leistungsschalters oder einer anderen Schutzeinrichtung führt.)
- b) In Abhängigkeit von der Anlagengröße und vom Anlagenstandort können als Teil der Systemschutzfunktionen eine Erdschlusserkennung und -beseitigung erforderlich sein, um die Brandgefahr zu senken.

ANMERKUNG Anforderungen an den Überstromschutz siehe 5.2 und Anforderungen an den Erdschlussschutz siehe 5.3.

4.1.6 Berücksichtigung der Betriebstemperatur

Bemessungswerte von PV-Modulen werden bei Normprüfbedingungen (25 °C) angegeben.

Unter normalen Betriebsbedingungen ist 25 °C für kristalline Silizium-PV-Module, die beim Punkt der maximalen Leistung bei einer Bestrahlungsstärke der Sonne unter 1 000 W/m² und mit angemessener Belüftung betrieben werden, eine angemessene stationäre Temperaturerhöhung in Bezug auf die Umgebungstemperatur. Die Temperaturerhöhung kann bei Bestrahlungsstärken über 1 000 W/m² und bei schlechter Belüftung der Module bedeutend höher sein.

Aus diesen Betriebskennwerten der PV-Module ergeben sich die beiden folgenden Hauptanforderungen für den Entwurf der PV-Anlage.

- a) Bei bestimmten PV-Techniken sinkt der Wirkungsgrad, wenn die Betriebstemperatur steigt (bei kristallinen Silizium-Solarzellen sinkt die maximale Leistung zwischen 0,4 % und 0,5 % für jedes °C der Erhöhung der Betriebstemperatur). Deshalb sollte ein Entwurfsziel eine angemessene Belüftung der PV-Anlage sein, damit sowohl für die Module als auch die angeschlossenen Komponenten ein optimales Betriebsverhalten sichergestellt werden kann.
- b) Sämtliche Komponenten und Betriebsmittel, die die PV-Anlage berühren oder nahe der PV-Anlage angeordnet sind, (Leiter, Umrichter, Steckverbinder usw.) müssen der erwarteten maximalen Betriebstemperatur der PV-Anlage standhalten können.
- c) Bei Kälte steigt bei Zellen auf der Basis der kristallinen Siliziumtechnik die Spannung an (weitere Betrachtungen siehe 4.1.8).

4.1.7 Aspekte des Betriebsverhaltens

Das Betriebsverhalten der PV-Anlage kann durch viele Faktoren beeinflusst werden wie:

- Abschattung;
- Temperaturerhöhung;
- Spannungsabfall in den Kabeln;
- Verschmutzung der Oberfläche der Anlage.

Der Standort der PV-Anlage muss sorgfältig ausgewählt werden. Die Nähe von Bäumen und Gebäuden kann eine Abschattung der PV-Anlage während eines Teils des Tages hervorrufen.

Es ist maßgeblich, die Abschattung möglichst zu verhindern oder wenigstens auf eine sehr geringe Dauer zu verringern, da selbst der kleinste Schatten auf der Anlage deren Betriebsverhalten stark einschränken kann.

Aspekte der Verschlechterung des Betriebsverhaltens aufgrund einer Temperaturerhöhung und die Notwendigkeit einer guten Belüftung sind in 4.2.2 beschrieben. Es sollte darauf geachtet werden, dass die Module möglichst kühl gehalten werden.

Die Dimensionierung der Kabel innerhalb der Anlage und in den Kabelverbindungen von der Anlage zum Anwendungsstromkreis im Entwurfsprozess beeinflusst den Spannungsabfall in diesen Kabeln unter Last. Dies kann besonders in Systemen mit niedriger Ausgangsspannung und hohem Ausgangsstrom bedeutsam sein. Es wird empfohlen, dass unter Höchstlastbedingungen der Spannungsabfall zwischen dem am weitesten entfernten Modul in der Anlage und den Anschlüssen des Anwendungsstromkreises 3 % der Nennspannung des Systems nicht überschreitet.

Eine Verschmutzung der Oberfläche der PV-Module durch Staub, Schmutz, Vogelkot, Schnee usw. kann die Ausgangsleistung der Anlage maßgeblich herabsetzen. Es sollten Vereinbarungen über eine regelmäßige Reinigung in Situationen getroffen werden, in denen eine starke Verschmutzung ein Problem darstellen kann.

4.2 Mechanische Ausführung

4.2.1 Allgemeines

Stützkonstruktionen und die Befestigungseinrichtungen der Module sollten geltenden Vorschriften und Normen für Gebäude entsprechen.

4.2.2 Thermische Aspekte

Anhand der Empfehlungen des Herstellers sollten die Befestigungseinrichtungen der PV-Module so ausgeführt werden, dass bei den erwarteten Betriebstemperaturen die größtmögliche Ausdehnung/Schrumpfung der Module möglich ist. Für andere metallische Bauteile einschließlich von Montagekonstruktionen, Installationsrohren und Kabelwannen sollten ähnliche Vorkehrungen getroffen werden.

4.2.3 Mechanische Belastung von PV-Konstruktionen

Hinsichtlich der Belastungskennwerte sollten Stützkonstruktionen von PV-Anlagen nationalen Normen und Vorschriften entsprechen. Besondere Beachtung sollten Windlasten an PV-Anlagen finden.

4.2.4 Wind

PV-Module, Montagerahmen für Module und die Befestigungsverfahren der Rahmen an den Gebäuden oder im Boden müssen für die höchsten erwarteten Windgeschwindigkeiten am Standort bemessen sein.

Die Bewertung dieser Komponenten muss anhand der höchsten am Standort beobachteten (oder bekannten) Windgeschwindigkeit unter Beachtung regelmäßig wiederkehrender Windereignisse (Zyklone, Tornados, Hurrikans usw.) erfolgen. Die Konstruktion der PV-Anlage muss angemessen und nach lokalen Gebäudenormen gesichert werden.

ANMERKUNG Auf die PV-Anlage wirkende Windkräfte erzeugen eine maßgebliche Belastung der Gebäudekonstruktion. Diese Belastung sollte bei der Bewertung der Widerstandsfähigkeit des Gebäudes gegenüber den resultierenden Kräften berücksichtigt werden.

4.2.5 Stoffansammlung auf der PV-Anlage

Auf der PV-Anlage können sich Schnee, Eis und andere Stoffe ablagern, was bei der Auswahl von entsprechend ausgelegten Modulen, bei der Berechnung der Stützkonstruktion für die Module und dergleichen und bei der Berechnung der Gebäudetragfähigkeit für die Anlage berücksichtigt werden sollte.

4.2.6 Korrosion

Sämtliche Konstruktionen müssen möglichst aus korrosionsbeständigem Werkstoff wie z. B. Aluminium, verzinktem Stahl, imprägnierten Holzmasten oder Holzkonstruktionen usw. hergestellt werden.

Konstruktionen aus Metall, Aluminium oder feuerverzinktem Stahl sind für diese Anwendungen gut geeignet. Falls die Anlage in einer Meeresumgebung oder einer anderen stark korrosiven Umgebung errichtet wird, muss das Aluminium eloxiert werden.

Die gleichen Anforderungen gelten für alle Schrauben, Muttern und Befestigungsmittel.

Es müssen Maßnahmen gegen elektrochemische Korrosion zwischen den Konstruktionen und dem Gebäude einerseits und den Konstruktionen und PV-Modulen andererseits ergriffen werden. Falls das System eine Funktionserde besitzt, ist es empfehlenswert, wenn der negative Leiter mit dem Erder verbunden ist, da diese Anordnung einen elektrochemischen Abbau der Elektrode und anderer Metallteile verringert.

ANMERKUNG Zum Entwurf der Erdungssysteme sollten die Herstelleranweisungen herangezogen werden.

5 Sicherheitsaspekte

5.1 Schutz gegen elektrischen Schlag

Für den Schutz gegen elektrischen Schlag müssen die Anforderungen von IEC 61140 und IEC 60364-4-41 angewendet werden.

Für den Schutz durch Niederspannungssysteme (SELV- und PELV-Systeme) müssen alle Betriebsmittel nach Klasse III oder besser klassifiziert sein.

Für alle anderen Systeme wird empfohlen, die Komponenten und Kabel in den PV-Anlagen durch doppelte oder verstärkte Isolierung zwischen jedem aktiven Leiter und jedem geerdeten leitfähigen Teil oder jedem Körper zu schützen.

Die Erdung und der Potentialausgleich von freiliegenden Metallteilen von PV-Modulen müssen nach 6.4.2 erfolgen.

Die Funktionserdung von einem der Leiter auf der Gleichspannungsseite ist zulässig, wenn mindestens einfache Trennung zwischen der Gleichspannungs- und der Wechselspannungsseite vorliegt.

5.2 Schutz gegen Überstrom

5.2.1 Allgemeines

Fehlerströme durch Kurzschlüsse in Modulen, in Anschlusskästen oder in den Leitungen der Module oder Erdschlüsse in den Leitungen der Anlage können zu einem Überstrom in einer PV-Anlage führen.

PV-Module sind strombegrenzte Quellen, da sie aber parallelgeschaltet und auch an externe Quellen (z. B. Batterien) angeschlossen werden können, können sie Überströmen ausgesetzt sein, die entweder durch mehrere parallele aneinandergrenzende Stränge, durch bestimmte Arten von angeschlossenen Umrichtern und/oder durch externe Quellen verursacht werden.

5.2.2 Anforderungen an den Überstromschutz

Auf eine Anforderung der Hersteller von PV-Modulen und angeschlossenen Betriebsmitteln hin muss ein Überstromschutz zu Verfügung gestellt werden. Falls Hersteller keinen Überstromschutz festlegen, muss die Notwendigkeit für einen Schutz nach 5.2.3 bis 5.2.6 ermittelt werden.

5.2.3 Überstromschutz in PV-Systemen, die an Batterien angeschlossen sind

Für alle an Batterien angeschlossene PV-Systeme muss ein Überstromschutz vorgesehen werden (dritter Buchstabe der Systemklassifikation ist ein 'B'). Dieser Schutz darf unmittelbar neben der Batterie in das System eingebaut werden. Falls dort kein Überstromschutz vorhanden ist, muss dieser in das Hauptkabel der Anlage integriert werden, um dieses Kabel gegen Fehlerströme zu schützen, die vom Batteriesystem herrühren. Die Dimensionierung des Überstromschutzes ist in 5.2.5.3 beschrieben. Der verwendete Überstromschutz muss den größten unbeeinflussten Fehlerstrom von der Batterie unterbrechen können.

5.2.4 Anforderungen an den Überstromschutz für einen Strang

Der Überstromschutz für einen Strang muss vorgesehen sein, wenn:

$$((n_p - 1) \times I_{SC \text{ MOD}}) > I_{MOD_MAX_OCPR} \times 1,25$$

ANMERKUNG Wenn Leistungsschalter mit Überstromschutzelementen benutzt werden, dürfen diese auch die in 6.4.1 geforderten Trenner zu Verfügung stellen.

5.2.5 Dimensionierung des Überstromschutzes

5.2.5.1 Überstromschutz eines PV-Stranges

Wenn ein Überstromschutz für einen Strang erforderlich ist, muss jeder PV-Strang mit einer Fehlerstromschutzeinrichtung geschützt werden.