

DIN EN 63027
(VDE 0126-27)
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; 29.120.50

Einsprüche bis 2018-03-12

Entwurf
Gleichstrom-Lichtbogenerfassung und -unterbrechung in photovoltaischen Energiesystemen
(IEC 82/1318/CD:2017)

DC arc detection and interruption in photovoltaic power systems
 (IEC 82/1318/CD:2017)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2018-01-12 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 71 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Inhalt	Seite
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Klassifizierung	9
4.1 Hinsichtlich der Systemintegration	9
4.1.1 Einzelgerät (en: single device, S).....	9
4.1.2 Verteiltes System (en: distributed system, D)	9
4.1.3 AFPE oder AFD mit verteilter Modulebene (en: distributed module level, DML).....	9
4.1.4 System mit verteilter Kombinatorebene (en: distributed combiner level, DCL)	9
4.2 Hinsichtlich des Realisierungsverfahrens.....	9
4.2.1 Im PCE eingebautes Gerät	9
4.2.2 Eigenständiges Gerät.....	9
4.3 Hinsichtlich der Unterbrechungsfähigkeit.....	10
4.3.1 AFD: Nur Erfassung / keine Unterbrechungsfähigkeit	10
4.3.2 AFPE: Erfassung und Unterbrechungsfähigkeit vorhanden	10
4.4 Hinsichtlich des Wiedereinschaltverfahrens.....	10
4.4.1 Manuelle Wiedereinschaltung	10
4.4.2 Manuelle Fernwiedereinschaltung.....	10
4.4.3 Automatische Wiedereinschaltung	10
4.5 Hinsichtlich der Anzahl der überwachten Stränge	10
4.5.1 Einzelstrang.....	10
4.5.2 Parallele Stränge	10
4.6 Hinsichtlich der Anzahl der überwachten Kanäle	10
4.6.1 Einkanal.....	10
4.6.2 Mehrkanal.....	10
5 Eigenschaften von AFPE und AFD	11
5.1 Im PCE eingebaute AFPE und AFD.....	11
5.1.1 Bemessungs- und Grenzwerte.....	11
5.2 Eigenständige AFPE und AFD	11
5.2.1 Zusammenfassung der Eigenschaften.....	11
5.2.2 Gerätetyp.....	11
5.2.3 Bemessungs- und Grenzwerte.....	11
5.2.4 Gebrauchskategorie	12
5.3 Verteilte AFPE und AFD.....	12

6	Produktinformation	12
6.1	Im PCE eingebaute AFPE.....	12
6.2	Eigenständige AFPE	13
6.2.1	Art der Informationen	13
6.2.2	Kennzeichnung	13
6.2.3	Aufstellungs-, Bedienungs- und Wartungsanweisungen	14
7	Übliche Betriebs-, Einbau- und Transportbedingungen	14
7.1	Im PCE eingebaute AFPE.....	14
7.2	Eigenständige AFPE	14
8	Anforderungen an Konstruktion und Betriebsverhalten	14
8.1	Im PCE eingebaute AFD und AFPE	14
8.1.1	Anforderungen an die Konstruktion	15
8.1.2	Betrieb im Fall eines seriellen Fehlerlichtbogenereignisses	15
8.1.3	Wiedereinschaltfähigkeit von AFPE	15
8.1.4	Prüffunktion	16
8.2	Eigenständige AFD und AFPE	16
8.2.1	Anforderungen an die Konstruktion	16
8.2.2	Betrieb im Fall eines seriellen Fehlerlichtbogenereignisses	17
8.2.3	Wiedereinschaltfähigkeit	17
8.2.4	Störfestigkeit	18
9	Prüfungen	18
9.1	Im PCE eingebaute AFD und AFPE	18
9.2	Eigenständige AFD und AFPE	18
9.2.1	Prüfung serieller Fehlerlichtbögen	18
9.2.2	Prüffunktion	23
9.2.3	Wiedereinschaltprüfung	24
9.2.4	Störfestigkeit	25
	Anhang A (informativ) Definition von Kanälen und parallelen Strängen	26
A.1	Im PCE eingebaute AFPE.....	26
A.2	Eigenständige AFPE	27
A.3	Verteilte AFPE	28
	Anhang B (informativ/normativ) Prüfaufbauten für verschiedene Anwendungsfälle	29
B.1	Aufbauten der Stränge	29
B.2	Gleichstrom/Gleichstrom-Aufbauten auf Modulebene	33
B.3	Aufbauten auf Kombinatorebene	36
Bilder		
	Bild 1 – Gleichstromquellen-Entkoppelnetzwerk	21
	Bild 2 – Leitungsimpedanznetzwerk	22
	Bild 1.1 – Einzelstrang-Aufbau	30

	Seite
Bild 1.2 – Parallelstrang-Aufbau	31
Bild 1.3 – Einzelstrang-Aufbau auf Modulebene	31
Bild 1.4 – Parallelstrang-Aufbau auf Modulebene	32
Bild 2.1 – Moduleingangsaufbau auf Modulebene	33
Bild 2.2 – Einzelstrang-Ausgangsaufbau auf Modulebene	34
Bild 2.3 – Parallelstrang-Ausgangsaufbau auf Modulebene	35
Bild 3 – Aufbauten auf Kombinatorebene	36
Tabellen	
Tabelle 1 – Kennzeichnungsanforderungen	13
Tabelle 2 – Kennzeichnung und Position der Kennzeichnung	14
Tabelle 3 – Bedingungen für Prüfungen der Lichtbogenbildung	22
Tabelle B.1 – Parameter der LRC-Bauteile	37

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 82/1318/CD:2017 „DC arc detection and interruption in photovoltaic power systems“ (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 dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 373 „Photovoltaische Solarenergie-Systeme“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

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

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO [und/oder] IEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Gleichstrom-Lichtbogenerfassung und -unterbrechung in photovoltaischen Energiesystemen

Einleitung

Diese Internationale Norm dient dem Zweck, notwendige Anforderungen und Prüfverfahren für Geräte zur Verfügung zu stellen, die durch Fachkräfte in PV-Systemen zu installieren sind, um die Gefahr der Entzündung eines elektrischen Brandes zu verringern.

Ein PV-System enthält eine Gruppe verteilter Gleichstromquellen (PV-Module). In Wechselstromsystemen gibt es wegen der Schwingung des Stroms eine gewisse Wahrscheinlichkeit, dass ein serieller Lichtbogen durch das kurzzeitige Auftreten von 0 A gelöscht und anschließend nicht erneut entzündet wird, wenn der Strom wieder ansteigt. Für Gleichstromsysteme gilt dies nicht, weshalb längere Zeitdauern für Lichtbögen zu erwarten sind. Im Vergleich zu einer zentralisierten Stromversorgung, bei der im Falle eines Fehlers die Schaltung an der Verbindung zur Versorgung getrennt wird, gibt es in einem PV-System wegen der verteilten Stromversorgungen keine bevorzugte Stelle für die Trennung der Verbindung. Für die Löschung von seriellen Lichtbögen ist die Stelle innerhalb der Schaltung gleich, solange der Strom unterbrochen wird. Dies kann innerhalb des Wechselrichters, auf der Anlagen-, Teilanlagen-, Strang- oder Modulebene geschehen. Daher werden in dieser Norm verschiedene Prüfaufbauten angegeben, um alle erwarteten Systemtopologien abzudecken.

In PV-Systemen ist nach den IEC-Installationsnormen der Schutz gegen Erdschluss erforderlich. Außerdem sind Kabel mit einzelnen Adern mit doppelter oder verstärkter Isolation erforderlich (mit Ausnahme von Kleinspannungssystemen). Daher ist die Gefahr von parallelen Lichtbögen ziemlich gering, da in den meisten Fällen zuerst ein Erdschluss auftritt. Daher gibt diese Norm keine Anforderungen für die Erfassung paralleler Lichtbögen an. Einrichtungen nach dieser Norm dürfen in der Lage sein, parallele Lichtbögen zu erfassen, Übereinstimmung darf jedoch nicht mit dieser Norm geprüft werden. Die größere Gefahr von Lichtbögen in PV-Systemen geht von seriellen Lichtbögen aus. Daher stellt diese Norm Anforderungen und Prüfungen für Einrichtungen zur Verfügung, die sicherstellen, dass die meisten seriellen Lichtbögen in einem PV-System erfasst werden.

Viele Fehlerlichtbogendetektoren verwenden die HF-Signalausstrahlung des Lichtbogens. Diese Geräte können durch externe Störungen ansprechen. Einige davon stammen aus anderen Einrichtungen in der PV-Anlage, z. B. dem Wechselrichter. Daher muss die Interoperabilität geprüft werden. Andere externe Einflüsse wie z. B. Funksignale, Funken von Straßenbahnen und andere können ebenfalls Fehlansprechen verursachen. Dies ist ein Aspekt des Betriebsverhaltens und wird in dieser Norm nicht behandelt.

Fehlerlichtbogendetektoren für PV-Systeme wurden durch die NEC 2011 in den USA eingeführt. In PV-Systemen auf Gebäuden mit einer Gleichspannung von 80 V oder mehr sind Fehlerlichtbogen-Stromkreisunterbrecher (en: arc fault circuit interrupter, AFCI) erforderlich. Als Produktnorm wurde UL 1699B erstellt. Erfahrungen aus diesen beiden Normen und aus der Anwendung in den USA wurden für diese Norm verwendet, um von Anfang an hohe Qualität zu erhalten. Diese Norm wurde parallel zur Überarbeitung von UL 1699B verfasst. Beide Verfasser-Teams berücksichtigten die Arbeit des anderen und richteten ihre eigene soweit möglich daran aus.

Fehlerlichtbogendetektoren sind in den USA seit vielen Jahren für Wechselstrominstallationen vorgeschrieben. Beim IEC wurden Fehlerlichtbogendetektoren nach **IEC 62606** für bestimmte Orte für Wechselstromkreise eingeführt. Für PV-Schaltungen war keine Norm verfügbar. Diese Norm erlaubt es nun, Fehlerlichtbogendetektoren, wo es sinnvoll ist, auch für PV-Systeme durch Installationsnormen zu erfordern.

Diese Norm wurde für die besonderen Erfordernisse von PV-Systemen im Unterschied zu anderen Gleichstromschaltungen verfasst. Die Umstände (Gruppe verteilter Quellen, Stromverhalten, Bestrahlungsabhängigkeit, Systemimpedanz und andere) sind verschieden von anderen Gleichstromschaltungen, z. B. Batterieschaltungen und Gleichstromlastschaltungen, die von zentralisierten Gleichrichtern versorgt werden. Daher wurde eine spezifische Norm benötigt und Einrichtungen, die dieser Norm entsprechen, können nicht als geeignet für andere Gleichstromanwendungen angesehen werden.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für Geräte zur Erfassung und für Geräte zur Erfassung und Unterbrechung von elektrischen Gleichstromlichtbögen in photovoltaischen Systemen. Die Norm behandelt die Prüfung der Lichtbogenerfassung und die Ansprechzeiten von Unterbrechungsgeräten für serielle Lichtbögen innerhalb von PV-Schaltungen.

Die Norm definiert Bezugsszenarien, nach denen die Prüfungen auszuführen sind. Diese Norm behandelt Mechanismen in Verbindung mit Systemen, die eine Spannung im PV-Quellenstromkreis von höchstens 1 500 V Gleichspannung nicht überschreiten. Die Einrichtungen können auch an Systeme angeschlossen werden, die an der Wechselstrom-Netzschaltung 1 000 V Wechselspannung nicht überschreiten, an netzfreie Wechselstromlaststromkreise und an andere Gleichstrom-Quellen- oder Laststromkreise wie Batterien, stellen in diesen Schaltungen jedoch keine Fehlerlichtbogenerfassung sicher.

ANMERKUNG Parallele Lichtbögen sind in Beratung und werden in dieser Ausgabe nicht behandelt. Diese Norm gilt nicht für andere Gleichstromanwendungen als photovoltaikbezogene Anwendungen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 62606:2013, *General requirements for arc fault detection devices*

IEC 60947-1, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*

IEC 60947-3, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units*

IEC 61508(all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

IEC 62109-1, *Safety of power converters for use in photovoltaic power systems – Part 1: Allgemeine Anforderungen*

IEC 62109-2, *Safety of power converters for use in photovoltaic power systems – Part 2: Particular requirements for inverters*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

Lichtbogen

Lichtbogenbildung

selbsterhaltende Gasleitung, bei der die meisten der Ladungsträger Elektronen sind, die durch Primärelektronenemission zugeführt werden

3.2

Fehlerlichtbogen

Fehlerlichtbogenbildung

ein gefährlicher, unbeabsichtigter serieller oder paralleler Lichtbogen zwischen Leitern

[QUELLE: IEC 62606, Ausgabe 1]

3.3

Fehlerlichtbogendetektor

AFD (en: arc fault detector)

Gerät oder Gruppe von Geräten zur Erfassung von Lichtbögen

3.4

Fehlerlichtbogenunterbrecher

AFI (en: arc fault interrupter)

ein Gerät, das in der Lage ist, einen Lichtbogen zu unterbrechen, und das durch einen AFD ausgelöst wird

3.5

Fehlerlichtbogenschutzeinrichtung

AFPE (en: arc fault protection equipment)

Kombination von AFD und AFI zur Erfassung und Unterbrechung von Fehlerlichtbögen

3.6

Erfassung

Funktion, die in der Erkennung des Vorhandenseins eines Fehlerlichtbogenstroms besteht

[QUELLE: IEC 62606 Ausgabe 1, modifiziert]

3.7

Unterbrechung

Löschen des Lichtbogens durch Entziehen der Energie

3.8

serieller Fehlerlichtbogen

Lichtbogenbildung in Reihe mit der Last, die das Ergebnis eines Ausfalls der vorgesehenen Leitfähigkeit eines Leiters, einer Verbindung, eines Moduls oder eines anderen Systembestandteils in der Gleichstrom-PV-Schaltung ist

3.9

Bemessungswert des Erfassungsstroms

Strom, den der AFD führen und für den er Lichtbögen erfassen kann

3.10

Bemessungswert des Unterbrechungsstroms

Strom, den AFI oder AFPE unterbrechen können

3.11

im PCE eingebautes Gerät

AFD und/oder AFI, eingebaut in den PCE

3.12

eigenständiges Gerät

AFD und/oder AFI, getrennt und unabhängig vom PCE

3.13

verteiltes Erfassungssystem

AFPE, die innerhalb des PV-Systems verteilt ist

3.14

Einkanalgerät

Gerät, das einen Sensoreingang zur Lichtbogenerfassung besitzt

3.15

Mehrkanalgerät

Gerät, das zwei oder mehr Sensoreingänge zur Lichtbogenerfassung besitzt, wobei die Sensoreingänge unabhängig voneinander sind

3.16

Leistungsumrichter

PCE (en: power conversion equipment)

allgemeiner Begriff zur Benennung aller Arten von Einrichtungen, die in der Lage sind, Energie von einer Form in eine andere umzuwandeln

4 Klassifizierung

Der folgende Abschnitt gibt einen Überblick über die für AFPE verwendeten Klassifizierungen. [Annex A](#) gibt weitere Informationen und führt Maßnahmen zur Gruppierung der folgenden Klassifizierungen in verschiedene Anwendungsfälle ein.

4.1 Hinsichtlich der Systemintegration

4.1.1 Einzelgerät (en: single device, S)

Erfassung und Unterbrechung von Lichtbögen sind in einem einzelnen Gerät realisiert.

4.1.2 Verteiltes System (en: distributed system, D)

Die Funktionen der Erfassung und Unterbrechung im System sind in mehreren getrennten Geräten realisiert.

4.1.3 AFPE oder AFD mit verteilter Modulebene (en: distributed module level, DML)

Die Funktionen der Erfassung und Unterbrechung in einem System mit Gleichstrom-/Gleichstrom-Optimierern sind in mehreren getrennten Geräten realisiert.

ANMERKUNG Systeme verfügen üblicherweise über zwei Gleichstromkreise, die durch Elektronik getrennt sind. Um die Fehlerlichtbogenerfassung in solchen Systemen zu bewerten, wird der zweite Gleichstromkreis in den Prüfaufbauten berücksichtigt.

4.1.4 System mit verteilter Kombinatorebene (en: distributed combiner level, DCL)

Die Funktionen von Erfassung und Unterbrechung in einem System mit externen Kombinatorkästen sind in mehr als einem Gerät realisiert, wobei wenigstens eine Funktion im Kombinatorkasten angeordnet ist.

4.2 Hinsichtlich des Realisierungsverfahrens

4.2.1 Im PCE eingebautes Gerät

Die AFPE ist in einem mit der PV-Anlage verbundenen PCE realisiert und verwendet Gehäuse und Anschlüsse des PCE.

4.2.2 Eigenständiges Gerät

Die AFPE ist ein eigenständiges Gerät, arbeitet unabhängig und verwendet ihr eigenes Gehäuse oder andere dafür vorgesehene Gehäuse.

4.3 Hinsichtlich der Unterbrechungsfähigkeit

4.3.1 AFD: Nur Erfassung/keine Unterbrechungsfähigkeit

Das Gerät erfasst nur den Lichtbogen und kann ein anderes Gerät zur Unterbrechung des Lichtbogens auslösen.

ANMERKUNG: Ein AFD ohne dafür vorgesehenes AFI erfüllt nicht die Anforderungen an eine AFPE nach der Norm. Solche Geräte können verwendet werden, um Lichtbogenereignisse anzuzeigen.

4.3.2 AFPE: Erfassung und Unterbrechungsfähigkeit vorhanden

Das Gerät erfasst den Lichtbogen und bietet eigene Fähigkeiten zur Unterbrechung des Lichtbogens.

4.4 Hinsichtlich des Wiedereinschaltverfahrens

4.4.1 Manuelle Wiedereinschaltung

Nach dem Ansprechen kann die Wiedereinschaltung nur manuell durchgeführt werden.

4.4.2 Manuelle Fernwiedereinschaltung

Nach dem Ansprechen kann die Wiedereinschaltung durch Fernzugriff auf die AFPE durchgeführt werden.

4.4.3 Automatische Wiedereinschaltung

Nach dem Ansprechen stellt die AFPE Mittel zum automatischen Wiedereinschalten im Anschluss an die in [8.2.3.3](#) beschriebenen Maßnahmen zur Verfügung.

4.5 Hinsichtlich der Anzahl der überwachten Stränge

4.5.1 Einzelstrang

AFD oder AFPE sind so entworfen, dass nur ein einzelner Strang der Anlage zur Erfassung und möglichen Unterbrechung angeschlossen werden darf.

4.5.2 Parallele Stränge

AFD oder AFPE sind so entworfen, dass mehrere, aber durch eine Höchstzahl begrenzte Stränge zur Erfassung und möglichen Unterbrechung angeschlossen werden können.

ANMERKUNG 1 Parallele Stränge können entweder direkt oder extern an das Gerät angeschlossen werden.

ANMERKUNG 2 Siehe [Annex A](#) für verschiedene Stranganordnungen.

4.6 Hinsichtlich der Anzahl der überwachten Kanäle

4.6.1 Einkanal

Der AFD oder die AFPE ist so entworfen, dass nur ein Kanal zur Lichtbogenerfassung zur Verfügung steht.

4.6.2 Mehrkanal

Der AFD oder die AFPE hat zwei oder mehr unabhängige Kanäle zur Erfassung von Lichtbögen.

ANMERKUNG Siehe für verschiedene Kanalanordnungen.

5 Eigenschaften von AFPE und AFD

5.1 Im PCE eingebaute AFPE und AFD

5.1.1 Bemessungs- und Grenzwerte

5.1.1.1 Bemessungserfassungsstrom

Der größte Bemessungsstrom des Eingangs des PCE entspricht dem Erfassungsstrom der/des eingebauten AFPE oder AFD.

5.1.1.2 Bemessungsunterbrechungsstrom

Der größte Bemessungsstrom des Eingangs des PCE entspricht dem Unterbrechungsstrom der/des eingebauten AFPE oder AFI.

5.1.1.3 Andere Bemessungswerte

Andere Bemessungswerte der/des AFPE oder AFD entsprechen den Eingangseigenschaften des PCE nach [IEC 62109-1](#).

5.2 Eigenständige AFPE und AFD

5.2.1 Zusammenfassung der Eigenschaften

- Gerätetyp (siehe 5.2.2);
- Bemessungs- und Grenzwerte (siehe 5.2.3);
- Gebrauchskategorie (siehe [5.2.4](#));

5.2.2 Gerätetyp

Es müssen folgende Angaben gemacht werden.

5.2.2.1 Eigenständiges Gerät oder verteiltes Erfassungssystem

5.2.2.2 AFD oder AFPE

5.2.2.3 Einkanal oder Mehrkanal

5.2.2.4 Einzelstrang oder parallele Stränge

5.2.2.5 Manuelle, entfernte oder automatische Wiedereinschaltung

5.2.3 Bemessungs- und Grenzwerte

Bemessungswerte werden vom Hersteller zugewiesen. Sie müssen in Übereinstimmung mit [IEC 60947-1](#) angegeben werden, es kann jedoch unnötig sein, alle aufgeführten Bemessungswerte aufzustellen.

5.2.3.1 Höchstzahl überwachter Stränge S_{r_n}

Höchstzahl überwachter Unterstränge je Kanal.

5.2.3.2 Höchstzahl überwachter Kanäle Ch_n

Eine AFPE kann über mehrere Kanäle verfügen. Ein Kanal wird den Funktionsprüfungen in [Abschnitt 9](#) als ein zu prüfendes Gerät (en: device under test, DUT) angesehen.

5.2.3.3 Bemessungsspannungen

5.2.3.3.1 Bemessungsbetriebsspannung (U_e)

Es gilt [4.3.1.1](#) von [IEC 60947-1](#).

5.2.3.3.2 Bemessungsisolationsspannung (U_i)

Es gilt [4.3.1.2](#) von [IEC 60947-1](#).

5.2.3.3.3 Bemessungsstoßspannungsfestigkeit (U_{imp})

Es gilt [4.3.1.3](#) von [IEC 60947-1](#).

5.2.3.4 Ströme

Die AFPE wird durch folgende Ströme definiert.

5.2.3.4.1 Bemessungsbetriebsart

Es gilt [4.3.4](#) von [IEC 60947-3](#).

ANMERKUNG In den meisten Fällen fallen AFPE entweder unter 4.3.4.1, Acht-Stunden-Betrieb, oder unter 4.3.4.2, Dauerbetrieb.

5.2.3.4.2 Bemessungserfassungsstrom

Größter Strom, den die AFPE oder der AFD führen und für den es Lichtbögen erfassen kann.

5.2.3.4.3 Bemessungsunterbrechungsstrom

Größter Strom, den der AFI oder die AFPE unterbrechen kann.

5.2.4 Gebrauchskategorie

Eigenständige AFPE sind entweder als DC-PV1 oder als DC-PV2 nach [IEC 60947-3](#) zu bemessen.

ANMERKUNG Die Auswahl hängt von der Position im System ab.

5.3 Verteilte AFPE und AFD

AFPE und AFD können aus einer Gruppe von PCE oder eigenständigen Geräten oder aus einer Kombination aus beiden bestehen. Abhängig von der jeweiligen Realisierung gilt [5.1](#) oder [5.2](#) für jedes einzelne Gerät dieser Gruppe.

6 Produktinformation

6.1 Im PCE eingebaute AFPE

Es gilt [IEC 62109-1](#) mit folgenden Ergänzungen.

Zusätzlich zu den Informationen, die nach **IEC 62109-1, Abschnitt 5** von Bedeutung sind, müssen folgende Informationen zur Verfügung gestellt werden.

- Art der Realisierung („verteilt“, nur für verteilte Systeme)
- Höchstzahl überwachter Kanäle
- Höchstzahl überwachter Stränge je Kanal
- Wiedereinschaltverfahren
- Unterbrechungsfähigkeit (AFD oder AFPE)

Zusätzlich zu den in **IEC 62109-1, Unterabschnitt 5.1** beschriebenen Kennzeichnungsanforderungen gelten die Anforderungen in Tabelle 1.

Tabelle 1 – Kennzeichnungsanforderungen

	Kennzeichnung oder Angabe	Sichtbar auf installiertem Produkt	In einem Handbuch
a	Art der Realisierung	x	x
b	Höchstzahl überwachter Kanäle		x
c	Höchstzahl überwachter Stränge		x
d	Wiedereinschaltverfahren		x
e	Unterbrechungsfähigkeit	x	x

6.2 Eigenständige AFPE

6.2.1 Art der Informationen

IEC 60947-1, 5.1 gilt wie für einen bestimmten Entwurf geeignet, mit den folgenden Ergänzungen.

- Art der Realisierung
- Bemessungsstrom
- Höchstzahl überwachter Kanäle
- Höchstzahl überwachter Stränge
- Wiedereinschaltverfahren
 - Art der Wiedereinschaltung. Wenn mehr als eine Art gewählt werden kann, ist die Voreinstellung (en: default) anzugeben.
 - Verfahren für manuelle Wiedereinschaltung (falls zutreffend)
 - Verfahren für manuelle Fernwiedereinschaltung (falls zutreffend)
 - Zeiteinstellungen für automatische Wiedereinschaltung (falls nicht konfigurierbar)
 - Bereich von Zeiteinstellungen und Voreinstellungen (falls konfigurierbar)
- Geräteart, mit der die AFPE geprüft wurde, um die Übereinstimmung mit dieser Norm nachzuweisen

ANMERKUNG Kombinationen von AFPE mit nicht geprüften Bauteilen können zu nicht erfassten Lichtbogenereignissen führen.

6.2.2 Kennzeichnung

IEC 60947-1, 5.2 gilt, wie für einen bestimmten Entwurf geeignet, mit [Tabelle 2](#).

Tabelle 2 – Kennzeichnung und Position der Kennzeichnung

	Kennzeichnung oder Angabe	Position der Kennzeichnung oder Angabe		
		Sichtbar auf installiertem Produkt	Auf dem Produkt	In einem Beiblatt
a	Art der Realisierung	x	x	x
b	Bemessungsstrom	x	x	x
c	Höchstzahl überwachter Kanäle		x	x
	Ausrichtung		x	x
d	Höchstzahl überwachter Stränge		x	x
e	Wiedereinschaltverfahren			x
f	Unterbrechungsfähigkeit	x	x	x

6.2.3 Aufstellungs-, Bedienungs- und Wartungsanweisungen

Es gilt 5.3 von IEC 60947-1.

7 Übliche Betriebs-, Einbau- und Transportbedingungen

7.1 Im PCE eingebaute AFPE

Für AFPE, die in PCE eingebaut sind, gelten die üblichen Betriebs-, Einbau- und Transportbedingungen in IEC 62109-1 und IEC 62109-2.

Falls eine manuelle Prüffunktion verwendet wird, muss die Häufigkeit der manuellen Bedienung angegeben werden.

7.2 Eigenständige AFPE

Abschnitt 6 von IEC 60947-1 gilt mit der folgenden Ergänzung.

Verschmutzungsgrad (siehe IEC 60947-1, 6.1.3.2).

Wenn vom Hersteller nicht anders festgelegt, ist das Gerät zum Einsatz bei Umweltbedingungen entsprechend Verschmutzungsgrad 3 geeignet.

[QUELLE: IEC 60947-3]

Falls eine manuelle Prüffunktion verwendet wird, muss die Häufigkeit der manuellen Bedienung angegeben werden.

8 Anforderungen an Konstruktion und Betriebsverhalten

8.1 Im PCE eingebaute AFD und AFPE

Für AFD und AFPE, die in PCE eingebaut sind, gelten die üblichen Betriebs-, Einbau- und Transportbedingungen in IEC 62109-1 mit folgenden Ergänzungen.

8.1.1 Anforderungen an die Konstruktion

8.1.1.1 Signalgeber für Fehlerlichtbogenereignisse

AFD und AFPE müssen mit einem Signalgeber (vor Ort oder entfernt) ausgestattet sein, der eine visuelle Anzeige bietet, dass das Gerät bei der Erfassung eines Fehlerlichtbogens gearbeitet hat.

Diese Anzeige darf nicht automatisch zurückgesetzt werden, wenn das Rücksetzen manuell auszuführen ist.

ANMERKUNG Dies gilt für manuelle Wiedereinschaltung, manuelle Fernwiedereinschaltung und auch für den Fall der automatischen Wiedereinschaltung nach dem fünften Ansprechen innerhalb eines Tages.

8.1.1.2 Bauteile für programmierbare Schaltungen

Jede Schaltung, in der ein Bauteil für programmierbare Schaltungen zum Einsatz kommt, muss entweder IEC 61508 oder IEC 62109-1, Anhang B entsprechen.

8.1.2 Betrieb im Fall eines seriellen Fehlerlichtbogenereignisses

Der AFD muss den Lichtbogen innerhalb von 2,5 s oder unterhalb der Lichtbogenenergie von 750 Joule erfassen, je nachdem, was niedriger ist.

ANMERKUNG Ein mit einer externen Unterbrechung ausgestattetes AFD wird nicht als AFPE nach dieser Norm angesehen.

Die AFPE muss den Lichtbogen innerhalb von 2,5 s oder unterhalb der Lichtbogenenergie von 750 Joule, je nachdem, was niedriger ist, erfassen und unterbrechen oder die Unterbrechung auslösen.

Wenn die AFPE-Einrichtung den Lichtbogen vor dem Überschreiten von 200 Joule löschen kann, ist keine Signalisierung einer Lichtbogenerfassung erforderlich.

8.1.3 Wiedereinschaltfähigkeit von AFPE

Nach der Erfassung eines Lichtbogens muss der Stromkreis selbst in dem Fall unterbrochen bleiben, dass die Stromversorgung ausfällt. Für den Neustart gelten folgende Neustartverfahren.

8.1.3.1 Manuelle Wiedereinschaltung

Um die AFPE neuzustarten und Stromkreise zu schließen, ist ein manuelles Verfahren erforderlich (Knopf oder externes Signal, das durch manuelle Bedienung vor Ort ausgelöst wird).

ANMERKUNG Die Verwendung ist vorgesehen, wenn entweder der manuelle Neustart durch die Installationsnorm vorgesehen ist oder der Betreiber in jedem Fall eine Untersuchung des Systems vor der Wiedereinschaltung bevorzugt.

8.1.3.2 Manuelle Fernwiedereinschaltung

Um die AFPE neuzustarten und Stromkreise zu schließen, ist ein manuelles Verfahren erforderlich (Knopf oder externes Signal, das durch manuelle Bedienung vor Ort oder durch entfernte Aktivierung ausgelöst wird).

ANMERKUNG Die Verwendung ist vorgesehen, wenn ein PV-System durch eine Fernsteuerung überwacht wird und der Betreiber eine Fernüberprüfung des Systems vor der Wiedereinschaltung bevorzugt.

8.1.3.3 Automatische Wiedereinschaltung

Um strengere Anforderungen, die örtlichen Installationsvorschriften folgen, oder strengere Einstellungen durch den Errichter oder Betreiber zu erlauben, ist es zulässig, konfigurierbare Wartezeiten für die Wiedereinschaltung zu verwenden, vorausgesetzt, dass konfigurierbare Mindestwartezeiten sichergestellt sind. Die

konfigurierbaren Zeiteinstellungen können entweder durch Parametereinstellungen oder durch Handschalter (z. B. Drehschalter) verändert werden.

ANMERKUNG Die Verwendung ist vorgesehen, um empfindlichere Fehlerlichtbogenerfassung zu ermöglichen, die die Unterbrechung im Fall von Zweifeln erlaubt. Außerdem ist es möglich, Systemüberprüfungen durchzuführen, um zwischen Fehlansprechen und echten Lichtbögen zu unterscheiden.

Für den Neustart der AFPE ist kein manuelles Verfahren erforderlich:

- Nach einer Unterbrechung von mindestens 3 min darf die AFPE den Betrieb der Anlage fortsetzen.
- Im Fall eines erneuten Ansprechens der AFPE darf die Zeit für die Wiedereinschaltung nicht kleiner als 10 min sein.
- Beim fünften Ansprechen am Tag muss die AFPE manuell zurückgesetzt werden.

8.1.4 Prüffunktion

AFD und AFPE müssen mit einer manuell oder automatisch eingeleiteten Prüffunktion oder mit beiden ausgestattet sein, die regelmäßige Überprüfungen der Lichtbogenerfassungsschaltung erlauben.

Die Prüfschaltung muss einen Lichtbogen so nachbilden, dass die Lichtbogenerfassungsschaltung oder -software veranlasst wird, den simulierten Lichtbogen zu erfassen.

Die manuelle Prüffunktion muss periodische manuelle Prüfungen des Geräts gestatten, ohne dass die Verwendung eines Werkzeugs oder Schlüssels erforderlich ist. Bei einem AFD muss eine erfolgreiche Prüfung nach der manuellen Einleitung angezeigt werden.

Ein AFD oder eine AFPE darf mit einem Mittel zur Fernaktivierung der Prüfung ausgestattet sein. Wenn ein solches Merkmal vorhanden ist, muss eine visuelle Fernanzeige des Prüfergebnisses eingeschlossen sein und ebenso ein Mittel für das manuelle Fernrücksetzen zur Verfügung gestellt werden.

Die automatische Prüffunktion muss vor dem Beginn des Betriebs und wenigstens einmal in einem Zeitraum von 24 Stunden ausgeführt werden.

Während der automatischen Prüfung muss die AFPE durch die Ausführung der Prüfung nicht unterbrechen.

Im Falle einer manuellen Prüfung muss die AFPE unterbrechen.

Wird während der Prüfung eine Fehlfunktion festgestellt, muss der AFD das Ergebnis anzeigen und die AFPE muss unterbrechen und das Ergebnis anzeigen.

8.2 Eigenständige AFD und AFPE

IEC 60947-1, 7.1 gilt mit den in IEC 60947-3 beschriebenen Ergänzungen.

Zusätzlich gelten folgende Anforderungen.

8.2.1 Anforderungen an die Konstruktion

Es gilt IEC 60947-3, 7.1 mit folgenden Ergänzungen.

8.2.1.1 Signalgeber für Fehlerlichtbogenereignisse

AFD und AFPE müssen mit einem Signalgeber (vor Ort oder entfernt) ausgestattet sein, der eine visuelle Anzeige bietet, dass das Gerät bei der Erfassung eines Fehlerlichtbogens gearbeitet hat. Diese Anzeige darf nicht automatisch zurückgesetzt werden.

8.2.1.2 Bauteile für programmierbare Schaltungen

Jede Schaltung, in der ein Bauteil für programmierbare Schaltungen zum Einsatz kommt, muss entweder IEC 61508 oder IEC 62109-1, Anhang B entsprechen.

8.2.2 Betrieb im Fall eines seriellen Fehlerlichtbogenereignisses

Der AFD muss den Lichtbogen innerhalb von 2,5 s oder unterhalb der Lichtbogenenergie von 750 Joule erfassen, je nachdem, was niedriger ist.

ANMERKUNG Ein mit einer externen Unterbrechung ausgestatteter AFD wird nicht als AFPE nach dieser Norm angesehen.

Die AFPE muss den Lichtbogen innerhalb von 2,5 s oder unterhalb der Lichtbogenenergie von 750 Joule, je nachdem, was niedriger ist, erfassen und unterbrechen oder die Unterbrechung auslösen.

Wenn die AFPE-Einrichtung den Lichtbogen vor dem Überschreiten von 200 Joule löschen kann, ist keine Signalisierung einer Lichtbogenerfassung erforderlich.

8.2.3 Wiedereinschaltfähigkeit

8.2.3.1 Manuelle Wiedereinschaltung

Um die AFPE neuzustarten und Stromkreise zu schließen, ist ein manuelles Verfahren erforderlich (Knopf oder externes Signal, das durch manuelle Bedienung vor Ort ausgelöst wird). Dies muss ebenfalls nach einem Ausfall der Stromversorgung der AFPE aufrechterhalten werden.

ANMERKUNG Die Verwendung ist vorgesehen, wenn entweder der manuelle Neustart durch die Installationsnorm vorgesehen ist oder der Betreiber in jedem Fall eine Untersuchung des Systems vor der Wiedereinschaltung bevorzugt.

8.2.3.2 Manuelle Fernwiedereinschaltung

Um den AFD neuzustarten und Stromkreise zu schließen, ist ein manuelles Verfahren erforderlich (Knopf oder externes Signal, das durch manuelle Bedienung vor Ort oder durch entfernte Aktivierung ausgelöst wird). Dies muss ebenfalls nach einem Ausfall der Stromversorgung des AFD aufrechterhalten werden.

ANMERKUNG Die Verwendung ist vorgesehen, wenn ein PV-System durch eine Fernsteuerung überwacht wird und der Betreiber eine Fernüberprüfung des Systems vor der Wiedereinschaltung bevorzugt.

8.2.3.3 Automatische Wiedereinschaltung

Um strengere Anforderungen, die örtlichen Installationsvorschriften folgen, oder strengere Einstellungen durch den Errichter oder Betreiber zu erlauben, ist es zulässig, konfigurierbare Wartezeiten für die Wiedereinschaltung zu verwenden, vorausgesetzt, dass konfigurierbare Mindestwartezeiten sichergestellt sind. Die konfigurierbaren Zeiteinstellungen können entweder durch Parametereinstellungen oder durch Handschalter (z. B. Drehschalter) verändert werden.

ANMERKUNG Die Verwendung ist vorgesehen, um empfindlichere Fehlerlichtbogenerfassung zu ermöglichen, die die Unterbrechung im Falle von Zweifeln erlaubt. Außerdem ist es möglich, Systemüberprüfungen durchzuführen, um zwischen Fehlansprechen und echten Lichtbögen zu unterscheiden.

Für den Neustart des AFD ist kein manuelles Verfahren erforderlich:

- Nach einer Unterbrechung von mindestens 3 min darf die AFPE den Betrieb der Anlage fortsetzen.
- Im Fall eines erneuten Ansprechens der AFPE darf die Zeit für die Wiedereinschaltung nicht kleiner als 10 min sein.
- Beim fünften Ansprechen am Tag muss die AFPE in die Betriebsart für manuelle Wiedereinschaltung zurückfallen, bis die Betriebsart für automatische Wiedereinschaltung von Hand erneut eingestellt wird.

8.2.3.4 Prüffunktion

AFD und AFPE müssen mit einer manuell oder automatisch eingeleiteten Prüffunktion oder mit beiden ausgestattet sein, die regelmäßige Überprüfungen der Lichtbogenerfassungsschaltung erlauben.

Die Prüfschaltung muss einen Lichtbogen so nachbilden, dass die Lichtbogenerfassungsschaltung oder -software veranlasst wird, den simulierten Lichtbogen zu erfassen.

Die manuelle Prüffunktion muss periodische manuelle Prüfungen des Geräts gestatten, ohne dass die Verwendung eines Werkzeugs oder Schlüssels erforderlich ist. Bei einem AFD muss eine erfolgreiche Prüfung nach der manuellen Einleitung angezeigt werden.

Ein AFD oder eine AFPE darf mit einem Mittel zur Fernaktivierung der Prüfung ausgestattet sein. Wenn ein solches Merkmal vorhanden ist, muss eine visuelle Fernanzeige des Prüfergebnisses eingeschlossen sein und ebenso ein Mittel für das manuelle Fernrücksetzen zur Verfügung gestellt werden.

Die automatische Prüffunktion muss vor dem Beginn des Betriebs und wenigstens einmal in einem Zeitraum von 24 Stunden ausgeführt werden.

Während der automatischen Prüfung muss die AFPE durch das Ausführen der Prüfung nicht unterbrechen.

Im Falle einer manuellen Prüfung muss die AFPE unterbrechen.

Wird während der Prüfung eine Fehlfunktion festgestellt, muss der AFD das Ergebnis anzeigen und die AFPE muss unterbrechen und das Ergebnis anzeigen.

8.2.4 Störfestigkeit

AFD und AFPE müssen mit den angeschlossenen Kommunikationsgeräten des PCE und der Stromleitungen kompatibel sein. Ihre Funktionalität darf weder durch die Kommunikation des PCE noch durch die der Stromleitung gestört werden.

9 Prüfungen

9.1 Im PCE eingebaute AFD und AFPE

9.2 Eigenständige AFD und AFPE

Es gelten **IEC 60947-1, Abschnitt 8**, einschließlich der in **IEC 60947-3** beschriebenen Ergänzungen, sowie die folgenden Ergänzungen.

9.2.1 Prüfung serieller Fehlerlichtbögen

9.2.1.1 Allgemeines

Der allgemeine Prüfaufbau besteht aus sechs Hauptelementen:

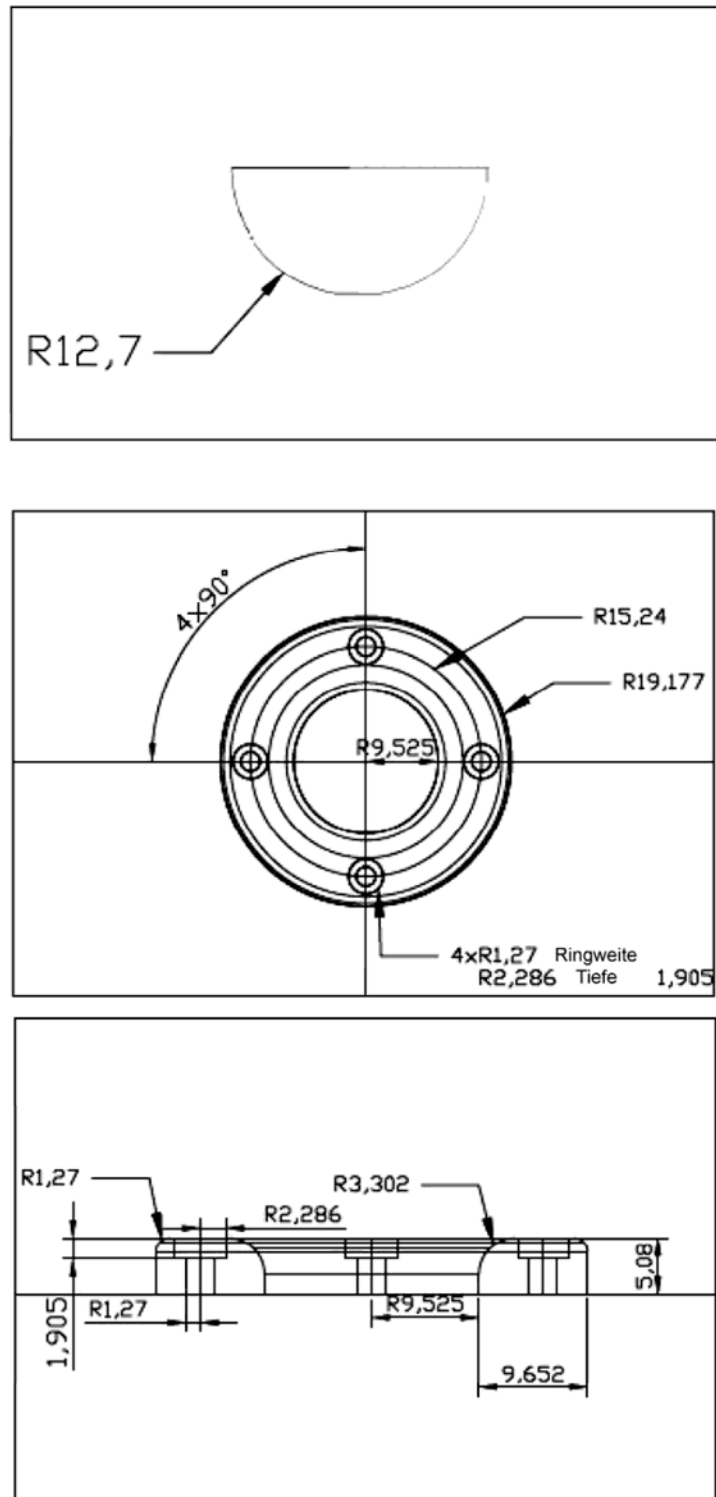
- der Gleichstromquelle
- einem Entkoppelnetzwerk
- einem Impedanznetzwerk
- dem Lichtbogengenerator
- dem zu prüfenden Gerät
- einer Last (falls DUT nicht im PCE eingebaut)

AFD und AFPE dürfen innerhalb verschiedener Anlagentopologien benutzt werden. Um sicherzustellen, dass die Erfassung in allen vom Hersteller festgelegten Anwendungsfällen sichergestellt werden kann, sind verschiedene Prüfscenarien anzuwenden. Die Hauptunterschiede zwischen diesen beziehen sich auf

- Einzelstrang-Fall
- Parallelstrang-Fall
- Einkanal-Fall
- Mehrkanal-Fall
- Einzelmodul-Fall

Im Ergebnis müssen AFD und AFPE für alle anwendbaren Szenarien nach dem im folgenden beschriebenen Verfahren geprüft werden. [Annex A](#) gibt weitere Informationen zum Aufbau der verschiedenen Prüffälle.

9.2.1.2 Lichtbogengenerator



9.2.1.3 Gleichstromquelle

Die für die Prüfungen erforderliche Quelle muss aus einer Gleichstromquelle bestehen, entweder

- einer Konstantspannungsquelle einschließlich eines zusätzlichen Widerstands, um die PV-spezifische I-U-Kennlinie bereitzustellen, oder

- einem PV-Simulator. Da eine simulierte PV-Gleichstromquelle unerwünschtes Ansprechen erzeugen oder das AFPE an der Erfassung der Lichtbogenbildung hindern kann, müssen nötigenfalls Schiedsprüfungen unter Verwendung einer geeigneten Anlage aus PV-Modulen durchgeführt werden.

9.2.1.3.1 Konstantspannungsquelle

Sind Prüfungen als bei höchster Leistung auszuführen festgelegt, muss die PV-Stromquelle wie folgt auf ihren Punkt größter Leistung (en: maximum power point, MPP) eingestellt werden:

- Die Konstantspannung der Stromversorgung muss V_{OC} entsprechen, wie in [Tabelle 3](#) definiert.
- Die Strombegrenzung der Stromquelle muss auf das 1,1-fache des in [Tabelle 3](#) angegebenen Wertes von I_{mpp} eingestellt werden.
- R_{tot} , angegeben in [Tabelle 3](#), muss zur Berechnung von R_1 und R_2 nach der Gleichung $R_1 = R_2 = R_{tot}/2k - R_3$ verwendet werden. Darin repräsentiert k die Anzahl der innerhalb eines Strangs verwendeten Entkoppel- oder PV-Netzwerke.

9.2.1.3.2 PV-Simulator

Wenn festgelegt ist, dass Prüfungen bei der größten Leistung durchzuführen sind, muss der PV-Simulator wie in [Tabelle 3](#) beschrieben auf seinen Punkt größter Leistung (MPP) eingestellt werden, wobei I_{SC} auf das 1,1-fache des Wertes von I_{mpp} eingestellt wird, der in [Tabelle 3](#) angegeben ist.

Für den Fall, dass ein PV-Simulator für die Prüfung verwendet wird, gilt $R_1 = R_2 = 0$.

9.2.1.4 Entkoppelnetzwerk

Das Entkoppelnetzwerk entkoppelt die Quelle vom zu prüfenden Gerät, um einen möglichen Einfluss auf die Prüfung zu vermeiden. Es muss nach der in Bild 1 dargestellten Topologie aufgebaut sein. Die Parameter für die jeweiligen Bauteile sind nach [Annex B](#) zu berechnen.

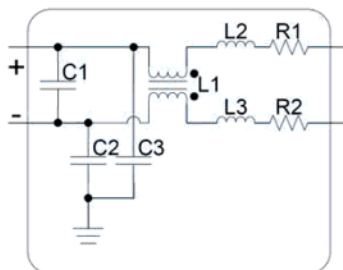


Bild 1 – Gleichstromquellen-Entkoppelnetzwerk

9.2.1.5 Leitungsimpedanznetzwerk der Anlage

Das zu prüfende Gerät muss mit der Gleichstromquelle und dem Lichtbogengenerator unter Verwendung eines Netzwerks verbunden sein, das die verschiedenen, bei unterschiedlichen Anlageneinstellungen auftretenden Leitungsimpedanzen berücksichtigt. Der allgemeine Aufbau eines solchen Netzwerks ist in dargestellt.

Die Maße der Bauteile des Leitungsimpedanznetzwerks für die spezifischen Anwendungsfälle werden in [Annex B](#) genauer festgelegt.

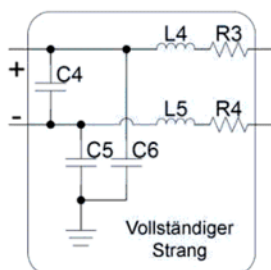


Bild 2 – Leitungsimpedanznetzwerk

ANMERKUNG: Das Leitungsimpedanznetzwerk ist so parametrisiert, dass es vielen PV-Installationen im Einsatz ähnelt. Dennoch hängen die Anlagenimpedanzen von zahlreichen Faktoren wie der Modultechnologie, der Länge und der Leitungsführung der Gleichstromverkabelung ab. Ein robuster AFD kann durch Fehlerlichtbogenprüfungen vor Ort in vielen verschiedenen PV-Installationen oder durch die Aufzeichnung von Gleichstrom- und Hochfrequenz-Rauschsignalen während dieser Prüfungen und deren spätere Wiedergabe an einem zu prüfenden Gerät erreicht werden.

9.2.1.6 Prüfverfahren

Tabelle 3 zeigt die Bedingungen für alle Prüfungen der Lichtbogenbildung. Abhängig von den Bemessungswerten des zu prüfenden Geräts und den Prüfaufbauten müssen geeignete Bedingungen für die Prüfungen der Lichtbogenbildung gewählt werden.

Tabelle 3 – Bedingungen für Prüfungen der Lichtbogenbildung

Prüfung Nr.	Kleinster I_{arc} (A)*	I_{mpp} (A)	Trennungsgeschwindigkeit (mm/s)	V_{mpp} (V)	V_{OC} (V)	R_{tot} (Ohm)	Strecke (mm)
1	2,5	3,0	2,5	312,0	480,0	56,0	0,8
2	7,0	8,0	5,0	318,0	490,0	21,0	0,8
3	14,0	16,0	5,0	318,0	490,0	11,0	1,1
4	7,0	8,5	5,0	607,0	810,0	24,0	2,5
5	0.9 $I_{Max,DUT}$	$I_{Max,DUT}$	5,0	318,0	490,0		2,5
* Angegebene Werte müssen Ströme darstellen, die wahrscheinlich auftreten. Der tatsächliche Wert hängt von mehreren Faktoren ab.							

Die Prüfungen 1 bis 5 sind wie folgt durchzuführen:

Prüfung 1: Diese Prüfung ist für alle zu prüfenden Geräte durchzuführen.

ANMERKUNG Diese Prüfung soll einen niedrigen Strom abdecken, bei dem Lichtbogenbildung gerade möglich wird.

Prüfung 2: Diese Prüfung ist durchzuführen, wenn der größte Eingangsstrom des zu prüfenden Geräts 8 A oder höher ist.

Prüfung 3: Diese Prüfung ist durchzuführen, wenn der größte Eingangsstrom des zu prüfenden Geräts 16 A oder höher ist.

Prüfung 4: Diese Prüfung ist durchzuführen, wenn die größte Eingangsspannung des zu prüfenden Geräts 810 V oder höher ist.

ANMERKUNG: Diese Prüfung wird als ausreichend für Geräte angesehen, die eine größte Systemspannung von bis zu 1 500 V aufweisen.