

	DIN EN 62109-2 (VDE 0126-14-2)	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; 29.200

Einsprüche bis 2010-03-31

Entwurf

Sicherheit von Leistungsumrichtern zur Anwendung in photovoltaischen Energiesystemen –

Teil 2: Besondere Anforderungen an Wechselrichter (IEC 82/579/CDV:2009); Deutsche Fassung FprEN 62109-2:2009

Safety of power converters for use in photovoltaic power systems –
Part 2: Particular requirements for inverters
(IEC 82/579/CDV:2009);
German version FprEN 62109-2:2009

Sécurité des convertisseurs de puissance utilisés dans les réseaux d'énergie photovoltaïque –
Partie 2: Exigences particulières pour les onduleurs
(CEI 82/579/CDV:2009);
Version allemande FprEN 62109-2:2009

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2010-01-25 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 49 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments FprEN 62109-2:2009 „Sicherheit von Leistungsumrichtern zur Anwendung in photovoltaischen Energiesystemen – Teil 2: Besondere Anforderungen an Wechselrichter“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (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. Dem entsprechend ist das internationale Dokument IEC 82/579/CDV:2009 „Safety of power converters for use in photovoltaic power systems – Part 2: Particular requirements for inverters“ unverändert in den Entwurf FprEN 62109-2:2009 übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung des IEC-CDV entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. 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.

Bei der Abstimmung zu dem Europäischen Schluss-Entwurf bei CENELEC und dem Internationalen Schluss-Entwurf bei IEC [Final Draft International Standard (FDIS)] sind jeweils nur „JA/NEIN“-Entscheidungen möglich, wobei „NEIN“-Entscheidungen fundiert begründet werden müssen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

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
HD 60364-7-712	IEC 60364-7-712	DIN VDE 0100-712 (VDE 0100-712)	VDE 0100-712
EN 60990	IEC 60990	DIN EN 60990 (VDE 0106-102)	VDE 0106-102
EN 61008-1	IEC 61008-1	DIN EN 61008-1 (VDE 0664-10)	VDE 0664-10
EN 61727	IEC 61727	DIN EN 61727	–
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
EN 61730-1	IEC 61730-1	DIN EN 61730-1 (VDE 0126-30-1)	VDE 0126-30-1
–	IEC 62116	–	–
–	–	DIN V VDE V 0126-1-1 (VDE V 0126-1-1)	VDE V 0126-1-1

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60990 (VDE 0106-102), *Verfahren zur Messung von Berührungsstrom und Schutzleiterstrom*

DIN EN 61008-1 (VDE 0664-10), *Fehlerstrom-/Differenzstrom-Schutzschalter ohne eingebauten Überstromschutz (RCCBs) für Hausinstallationen und für ähnliche Anwendungen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

DIN EN 61727, *Photovoltaische (PV) Systeme; Eigenschaften der Netz-Schnittstelle*

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

DIN V VDE V 0126-1-1 (VDE V 0126-1-1), *Selbsttätige Schaltstelle zwischen einer netzparallelen Eigen-erzeugungsanlage und dem öffentlichen Niederspannungsnetz*

— **Entwurf** —

E DIN EN 62109-2 (VDE 0126-14-2):2010-01

– Leerseite –

**Sicherheit von Leistungsumrichtern zur Anwendung in photovoltaischen Energiesystemen –
Teil 2: Besondere Anforderungen an Wechselrichter**

Inhalt

	Seite
Einleitung	2
1 Anwendungsbereich und Zweck	3
1.201 Anwendungsbereich	3
2 Normative Verweisungen	3
3 Begriffe	4
4 Allgemeine Prüfanforderungen	5
4.4 Prüfung unter Einzelfehlerbedingungen	5
4.7 Prüfungen der elektrischen Bemessungsdaten	7
4.201 Zusätzliche Prüfungen für netzinteraktive Wechselrichter	9
5 Aufschriften und Dokumentation	15
5.1 Aufschriften	15
5.3 Dokumentation	16
6 Umweltaforderungen und –bedingungen	19
7 Schutz gegen elektrischen Schlag und Gefahren durch elektrische Energie	19
7.3 Schutz gegen elektrischen Schlag	19
8 Schutz gegen mechanische Gefahren	20
9 Schutz gegen Brandgefahren	20
9.201 Anforderungen an einen Gleichspannungsoffset für den Wechselspannungsausgang von eigenständigen Wechselrichtern	20
9.202 Rückspeisestrom des Wechselrichters in die Anlage	20
10 Schutz gegen Gefahren durch Schalldruck	20
11 Schutz gegen Gefahren durch Flüssigkeiten	21
12 Schutz gegen chemische Gefahren	21
13 Physikalische Anforderungen	21
14 Bauteile	21
 Tabelle 4-201 – Anforderungen auf der Basis von Wechselrichtertrennung und Anlagenerdung	 9
Tabelle 4-202 – Mindestwert des Isolationswiderstandes für ungeerdete Anlagen	11
Tabelle 4-203 – Grenzwerte der Antwortzeit für plötzliche Änderungen des Fehlerstromes	14
Tabelle 5-201 – Bemessungsdaten des Wechselrichters – Anforderungen an Aufschriften	16
Tabelle 5-202 – Bemessungsdaten des Wechselrichters – Anforderungen an die Dokumentation	17

Einleitung

Der vorliegende Teil 2 von IEC 62109 enthält Anforderungen an netzinteraktive und eigenständige Wechselrichter. Diese Betriebsmittel besitzen möglicherweise gefährliche Eingangsquellen und Ausgangsstromkreise, interne Komponenten sowie Merkmale und Funktionen, die andere Anforderungen an die Sicherheit stellen als die in Teil 1 (IEC 62109-1) angegebenen Betriebsmittel.

Die Anforderungen in diesem Teil 2 sind zusammen mit den Anforderungen in Teil 1 anzuwenden und ergänzen oder ändern die Anforderungen in den Abschnitten von Teil 1. Wenn ein bestimmter Abschnitt von Teil 1 in diesem Teil 2 nicht genannt ist, gilt der Abschnitt in Teil 1. Wenn dieser Teil 2 Abschnitte enthält, die die Abschnitte in Teil 1 ergänzen, ändern oder ersetzen, gilt der zutreffende Text von Teil 1 mit den geforderten Änderungen.

Ergänzte Abschnitte, Tabellen und Bilder sind beginnend mit 201 nummeriert.

In IEC 62109 werden folgende Schreibweisen benutzt:

- geltende Anforderungen: Antiqua-Schrift;
- *Prüfspezifikationen: kursive Schrift;*
- Anmerkungen: kleine Antiqua-Schrift.

1 Anwendungsbereich und Zweck

Dieser Abschnitt von Teil 1 gilt mit der folgenden Ergänzung.

1.201 Anwendungsbereich

Der vorliegende Teil 2 vom IEC 62109 behandelt besondere Sicherheitsanforderungen für Gleichstrom-Wechselstrom-Umrichter (Wechselrichter) sowie Produkte, die zusätzlich zu anderen Funktionen Wechselrichterfunktionen besitzen oder ausführen, wobei die Wechselrichter zur Anwendung in photovoltaischen Energiesystemen vorgesehen sind.

Wechselrichter nach der vorliegenden Norm können netzinteraktive Wechselrichter, eigenständige Wechselrichter oder Wechselrichter mit mehreren Betriebsarten sein, die von einem einzigen Photovoltaikmodul oder von mehreren Photovoltaikmodulen in verschiedenen Anlagenanordnungen versorgt werden können und für den Einsatz in Verbindung mit Batterien oder anderen Formen von Energiespeichern vorgesehen sind.

Die Erfüllung der entsprechenden Anforderungen muss bei Wechselrichtern mit mehreren Funktionen oder Betriebsarten für jede dieser Funktionen oder Betriebsarten beurteilt werden.

ANMERKUNG 1 Wenn in dieser Norm der Begriff „netzinteraktiver Wechselrichter“ benutzt wird, wird damit entweder ein netzinteraktiver Wechselrichter oder der netzinteraktive Betrieb eines Wechselrichters mit mehreren Betriebsarten bezeichnet.

Die vorliegende Norm behandelt keine Anforderungen an die Netzkopplung von netzinteraktiven Wechselrichtern.

ANMERKUNG 2 Die Verfasser von IEC 62109-2 sind aus folgenden Gründen nicht der Meinung, dass die Aufnahme von Anforderungen an die Netzkopplung in diese Norm angebracht oder sinnvoll wäre:

- 1) Normen für die Netzkopplung enthalten gewöhnlich sowohl Schutzanforderungen als auch Anforderungen an die Netzversorgungsqualität, behandeln Aspekte wie die Abschaltung bei außergewöhnlichen Spannungs- oder Frequenzbedingungen im Netz, den Schutz gegen Inselbildung, die Begrenzung von Oberschwingungsströmen und Gleichstromeinspeisung, den Leistungsfaktor usw. Viele dieser Aspekte gehören nicht zum Anwendungsbereich einer Produktsicherheitsnorm wie der vorliegenden Norm.
- 2) Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung bestand eine unzureichende Übereinstimmung zwischen den Regulierungsbehörden von netzgebundenen Wechselrichtern, um eine Annahme von harmonisierten Kopplungsanforderungen zu erzielen. IEC 61727 enthält beispielsweise Anforderungen an die Netzkopplung, besitzt aber keine wesentliche Akzeptanz, und EN 50438 fordert die Aufnahme von länderspezifischen Abweichungen für eine große Anzahl von Ländern.
- 3) Das kürzlich veröffentlichte Dokument IEC 62116 enthält Prüfverfahren für den Schutz gegen Inselbildung.

Die vorliegende Norm enthält speziell für netzgebundene Wechselrichter geltende Sicherheitsanforderungen, die den Sicherheitsaspekten einiger vorhandener nationaler Normen für die Netzkopplung gleichen.

Anwender von IEC 62109-2 sollten sich bewusst sein, dass bei der Rechtsprechung, die die Netzkopplung von Wechselrichtern erlaubt, nationale oder lokale Anforderungen erfüllt werden müssen. Beispiele dafür sind EN 50438, IEEE 1547, DIN VDE 0126-1-1 und AS4777.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 61008-1, *Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCB's)*

3 Begriffe

Die folgenden Begriffe gelten zusätzlich zu den Begriffen in Teil 1.

3.201

Anlage mit Funktionserdung

photovoltaische Anlage, bei der ein Leiter aus anderen Gründen als der Sicherheit gewollt mit Erde verbunden ist, und zwar mit Mitteln, die nicht die Anforderungen an eine Schutzverbindung erfüllen

ANMERKUNG 1 Ein solches System wird nicht als geerdete Anlage angesehen – siehe 3.203.

ANMERKUNG 2 Beispiele für die Funktionserdung einer Anlage sind die Erdung eines Leiters über eine Impedanz oder eine nur zeitweilige Erdung der Anlage aus Funktions- oder Leistungsgründen.

ANMERKUNG 3 In einem Wechselrichter, der für eine nicht geerdete Anlage vorgesehen ist, in dem ein ohmsches Messnetzwerk zur Messung der Anlagenimpedanz gegen Erde benutzt wird, wird dieses Messnetzwerk nicht als eine Form der Funktionserdung angesehen.

3.202

netzintaktiver Wechselrichter

Wechselrichter oder Wechselrichterfunktion, der bzw. die zur Versorgung gemeinsamer Lasten parallel zum Stromversorgungsnetz geschaltet wird

3.203

geerdete Anlage

PV-Anlage, bei der ein Leiter gewollt mit Erde verbunden ist, und zwar mit Mitteln, die die Anforderungen an eine Schutzverbindung erfüllen

ANMERKUNG 1 Die Erdverbindung des Stromversorgungskreises in einem Wechselrichter ohne Potentialtrennung mit einer ansonsten ungeerdeten Anlage stellt keine geerdete Anlage dar. In der vorliegenden Norm gilt ein solches System als ungeerdete Anlage, weil sich die Elektronik des Wechselrichters im Fehlerstrompfad zwischen Anlage und Erdungspunkt des Stromversorgungsnetzes befindet und nicht als Bereitstellung einer zuverlässigen Erdung der Anlage angesehen wird.

ANMERKUNG 2 Dieser Begriff ist nicht mit der Schutzterdung (Betriebsmittelerdung) des Anlagenrahmens zu verwechseln.

ANMERKUNG 3 Nach einigen lokalen Installationsvorschriften ist es zulässig oder wird gefordert, dass die Anlagenverbindung zur Erde bei einem Erdschluss an der Anlage geöffnet wird, um den Fehlerstrom zu unterbrechen, was dazu führt, dass die Anlage unter Fehlerbedingungen vorübergehend ungeerdet ist. Diese Anordnung wird in der vorliegenden Norm noch als geerdete Anlage betrachtet.

3.204

Rückspeisestrom des Wechselrichters

höchster Strom, der in eine PV-Anlage und deren Leitungen vom Wechselrichter unter bestimmungsgemäßen Bedingungen oder unter Einzelfehlerbedingungen eingepreßt werden kann

3.205

Wechselrichter mit Potentialtrennung

Wechselrichter mit Basisisolierung, verstärkter Isolierung oder doppelter Isolierung zwischen dem Wechselstrom- und dem Gleichstromkreis

3.206

Wechselrichter mit mehreren Betriebsarten

Wechselrichter, der in mehreren Betriebsarten betrieben wird, beispielsweise mit einer netzinteraktiven Funktionalität, wenn Netzspannung anliegt, und einer eigenständigen Funktionalität, wenn die Netzspannung abgeschaltet oder abgetrennt ist

3.207

Wechselrichter ohne Potentialtrennung

Wechselrichter ohne mindestens Basisisolierung, verstärkte Isolierung oder doppelte Isolierung zwischen dem Wechselstrom- und dem Gleichstromkreis

3.208

eigenständiger Wechselrichter

Wechselrichter oder Wechselrichterfunktion, der bzw. die zur Versorgung einer Last mit Wechselspannung vorgesehen ist, die nicht mit dem Stromversorgungsnetz verbunden ist

ANMERKUNG Eigenständige Wechselrichter können für eine Parallelschaltung mit anderen vom Stromversorgungsnetz unabhängigen Quellen (andere Wechselrichter, drehende Generatoren usw.) ausgelegt sein. Ein solches System stellt kein netzinteraktives System dar.

4 Allgemeine Prüfanforderungen

4.4 Prüfung unter Einzelfehlerbedingungen

4.4.4 Anzuwendende Einzelfehlerbedingungen

Die folgenden Anforderungen sind zu ergänzen.

4.4.4.201 Fehlzustandstoleranz für den Schutz von netzinteraktiven Wechselrichtern

4.4.4.201.1 Fehlzustandstoleranz der Fehlerstromüberwachung

Wenn ein Schutz gegen gefährliche Fehlerströme nach 4.201.3.1.4 gefordert wird, muss das Fehlerstrom-Überwachungssystem in der Lage sein, bei einem Einzelfehler ordnungsgemäß anzusprechen, oder es muss den Fehler oder den Verlust der Funktionsfähigkeit feststellen und den Wechselrichter veranlassen, einen Fehler anzuzeigen und bis spätestens zum nächsten Wiederanlaufversuch die Trennung vom Stromversorgungsnetz herbeizuführen oder eine Verbindung mit dem Stromversorgungsnetz zu verhindern.

ANMERKUNG Bei einem PV-Wechselrichter erfolgt der „nächste Wiederanlaufversuch“ spätestens am Morgen nach dem Auftreten des Fehlers. Der Betrieb während dieser Dauer von weniger als einem Tag ist zulässig, weil es als höchst unwahrscheinlich angesehen wird, dass ein Fehler im Überwachungssystem am selben Tag auftritt, an dem eine Person normalerweise eingekapselte gefährlich aktive Teile des PV-Systems berührt, oder am selben Tag, an dem ein Erdschluss mit Brandgefahr auftritt.

Die Prüfung erfolgt mit einem netzinteraktiven Wechselrichter, der wie unter den Referenzprüfbedingungen in Teil 1 angeschlossen ist. Nacheinander sind Einzelfehler im Wechselrichter anzuwenden, z. B. im Fehlerstrom-Überwachungskreis, in anderen Steuerkreisen oder in der Stromversorgung dieser Stromkreise.

Für jede Fehlerbedingung genügt der Wechselrichter den Anforderungen, wenn eine der folgenden Bedingungen eintritt:

- a) *der Wechselrichter stellt den Betrieb ein, zeigt einen Fehler an, wird vom Stromversorgungsnetz getrennt und nach einer Folge von Abschaltungen und Wiedereinschaltungen der PV-Energie, der Wechselstromenergie oder von beiden nicht wieder verbunden;*
oder

- b) *der Wechselrichter ist weiter in Betrieb, besteht die Prüfung nach 4.201.3.1.4 und weist damit nach, dass das Fehlerstrom-Überwachungssystem unter der Einzelfehlerbedingung ordnungsgemäß funktioniert, und zeigt einen Fehler an;*
oder
c) *der Wechselrichter ist unabhängig vom Verlust der Fehlerstrom-Überwachungsfunktion weiter in Betrieb, wird aber nach einer Folge von Abschaltungen und Wiedereinschaltungen der PV-Energie, der Wechselstromenergie oder von beiden nicht wieder verbunden und zeigt einen Fehler an.*

4.4.4.201.2 Fehlzustandstoleranz von selbsttätigen Trenneinrichtungen

Es müssen folgende Mittel für die selbsttätige Trennung eines Wechselrichters vom Stromversorgungsnetz vorgesehen werden:

- Trennung aller geerdeten und ungeerdeten stromführenden Leiter vom Stromversorgungsnetz; und
- die Trennung muss so erfolgen, dass bei einem an der Trenneinrichtung oder an einer anderen Stelle im Wechselrichter angewendeten Einzelfehler zwischen PV-Anlage und Stromversorgung mindestens Basisisolierung oder einfache Trennung aufrechterhalten bleibt, wenn die Trenneinrichtung geöffnet ist; die Auslegung der Basisisolierung oder der einfachen Trennung muss auf den Anforderungen für den Netzstromkreis beruhen.

Bei einem Wechselrichter ohne Potentialtrennung muss die von der selbsttätigen Trenneinrichtung bereitgestellte Potentialtrennung selbsttätig geprüft werden, bevor der Wechselrichter in Betrieb geht. Falls die Prüfung der Potentialtrennung fehlschlägt, darf der Wechselrichter keine noch funktionsfähige Trenneinrichtung schließen, nicht in Betrieb gehen und er muss einen Fehler anzeigen.

Die Prüfung erfolgt durch Sichtprüfung des Leistungsumrichters und der Schaltpläne, durch die Bewertung der durch Bauteile bereitgestellten Isolierung oder Potentialtrennung und für Wechselrichter ohne Potentialtrennung durch folgende Prüfung:

An den wie unter den Referenzprüfbedingungen in Teil 1 angeschlossen und betriebenen netzinteraktiven Wechselrichter ohne Potentialtrennung sind nacheinander Einzelfehler an der selbsttätigen Trenneinrichtung anzuwenden. Die Fehler müssen so gewählt werden, dass die gesamte Trenneinrichtung oder ein Teil davon außer Betrieb gesetzt wird, z. B. durch Entriegeln von Betätigungselementen oder durch Kurzschließen jeweils eines Schaltpols. Wenn der Wechselrichter in Betrieb ist, wird der Fehler angewendet und dann die PV-Eingangsspannung abgeschaltet oder unter den für den Wechselrichterbetrieb erforderlichen Mindestwert gesenkt, um eine Trennung vom Stromversorgungsnetz auszulösen. Die PV-Eingangsspannung wird dann wieder auf den Betriebsbereich erhöht. Der Wechselrichter darf keine noch funktionsfähige Trenneinrichtung schließen, nicht in Betrieb gehen und er muss einen Fehler anzeigen.

In jedem Fall muss der Wechselrichter ohne Potentialtrennung nach der Anwendung des Fehlers die Anforderungen an Basisisolierung oder einfache Trennung zwischen Wechselstromausgang und PV-Eingang erfüllen.

4.4.4.202 Eigenständige Wechselrichter – Lastumschaltprüfung

Ein eigenständiger Wechselrichter mit einem Umschalter zur Umschaltung von Wechselstromlasten von der Netzstromversorgung oder einer anderen Wechselstromumgehungsquelle auf den Wechselrichterausgang muss bestimmungsgemäß weiterarbeiten und darf infolge einer phasenverschobenen Umschaltung keine Brandgefahr oder die Gefahr eines elektrischen Schlages darstellen.

Es wird folgende Prüfung durchgeführt. Der Phasenwinkel der Wechselstromumgehungsquelle ist um 180° gegenüber dem Wechselstromausgang eines einphasigen Wechselrichters und um 120° für eine dreiphasige Versorgung zu verschieben. Der Umschalter wird einmal zum Umschalten der Last vom Wechselstromausgang des Wechselrichters zur Wechselstromumgehungsquelle betätigt. Die Last wird so eingestellt, dass sie den höchsten Bemessungswert der Wechselstromleistung entnimmt.

Für einen Wechselrichter mit einem Umgehungsschalter mit einer Steuereinrichtung, die ein nicht synchronisiertes Umschalten zwischen zwei Wechselstromquellen verhindert, muss die Prüfung mit einer

Fehlfunktion eines Bauteils durchgeführt werden, wenn diese Bedingung zu einer phasenverschobenen Umschaltung zwischen den beiden Wechselstromquellen führt.

4.7 Prüfungen der elektrischen Bemessungsdaten

Die folgenden Anforderungen sind zu ergänzen.

4.7.101 Ausgangswchselspannung und -frequenz eines eigenständigen Wechselrichters

Die Ausgangswchselspannung und -frequenz eines eigenständigen Wechselrichters oder eines Wechselrichters mit mehreren Betriebsarten, der im eigenständigen Betrieb arbeitet, muss folgenden Anforderungen genügen.

4.7.101.1 Stationäre Ausgangsspannung beim Nennwert der Eingangsgleichspannung

Die stationäre Ausgangswchselspannung muss mindestens 90 % oder darf höchstens 110 % der Bemessungsspannung betragen, wenn der Wechselrichter mit seinem Nennwert der Eingangsgleichspannung versorgt wird.

Die Prüfung erfolgt durch Messung der Ausgangswchselspannung, wenn der Wechselrichter keine Last versorgt, und durch eine weitere Messung, wenn der Wechselrichter eine Widerstandslast mit dem Bemessungswert der höchsten Dauerausgangsleistung im eigenständigen Betrieb des Wechselrichters versorgt. Die Ausgangswchselspannung wird nach dem Abklingen von transienten Effekten durch das Anschließen oder Abtrennen der Last gemessen.

4.7.101.2 Stationäre Ausgangsspannung innerhalb des Bereiches der Eingangsgleichspannung

Die stationäre Ausgangswchselspannung muss mindestens 80 % oder darf höchstens 110 % der Bemessungsspannung betragen, wenn der Wechselrichter mit einem beliebigen Wert innerhalb des Bemessungsbereiches der Eingangsgleichspannung versorgt wird.

Die Prüfung erfolgt durch Messung der Ausgangswchselspannung bei vier Einstellbedingungen: wenn der Wechselrichter keine Last versorgt und wenn er eine Widerstandslast mit dem Bemessungswert der höchsten Dauerausgangsleistung im eigenständigen Betrieb des Wechselrichters versorgt, beim Bemessungswert der kleinsten Eingangsgleichspannung sowie beim Bemessungswert der größten Eingangsgleichspannung. Die Ausgangswchselspannung wird nach dem Abklingen von transienten Effekten durch das Anschließen oder Abtrennen der Last gemessen.

4.7.101.3 Lastsprungantwort der Ausgangsspannung beim Nennwert der Eingangsgleichspannung

Die Ausgangswchselspannung muss für mehr als 1,5 s nach dem Anschließen oder Abtrennen einer Widerstandslast mit dem Bemessungswert der höchsten Dauerausgangsleistung im eigenständigen Betrieb des Wechselrichters mindestens 80 % oder darf höchstens 110 % der Bemessungsspannung betragen, wenn der Wechselrichter mit seinem Nennwert der Eingangsgleichspannung versorgt wird.

Die Prüfung erfolgt durch Messung der Ausgangswchselspannung nach einem Widerstandslastsprung vom Leerlauf zum vollen Bemessungswert der höchsten Dauerausgangsleistung und von der vollen Leistung zum Leerlauf. Es ist die effektive Ausgangsspannung der ersten vollständigen Periode nach $t = 1,5$ s zu messen, wobei die Messung der Zeit t beim Anlegen des Lastsprunges beginnt.

4.7.101.4 Stationäre Ausgangsfrequenz

Die Frequenz der stationären Ausgangswchselspannung muss mindestens 98 % oder darf höchstens 102 % der Bemessungsfrequenz betragen.

Die Prüfung erfolgt durch Messung der Frequenz der Ausgangswchselspannung bei vier Einstellbedingungen: wenn der Wechselrichter keine Last versorgt und wenn er eine Widerstandslast mit dem Be-

messungswert der höchsten Dauerausgangsleistung im eigenständigen Betrieb des Wechselrichters versorgt, beim Bemessungswert der kleinsten Eingangsgleichspannung sowie beim Bemessungswert der größten Eingangsgleichspannung. Die Frequenz der Ausgangswechselspannung wird nach dem Abklingen von transienten Effekten durch das Anschließen oder Abtrennen der Last gemessen.

4.7.102 Kurvenform der Ausgangsspannung eines eigenständigen Wechselrichters

Die Kurvenform der Ausgangsspannung eines eigenständigen Wechselrichters oder eines Wechselrichters mit mehreren Betriebsarten, der im eigenständigen Betrieb arbeitet, muss bei sinusförmigen Ausgangsspannungen den Anforderungen in 4.7.102.1 oder bei gewollt nicht sinusförmigen Ausgangsspannungen den Anforderungen in 4.7.102.2 genügen.

4.7.102.1 Anforderungen an eine sinusförmige Ausgangsspannung

Die Kurvenform der Ausgangswechselspannung eines eigenständigen Wechselrichters mit sinusförmiger Ausgangsspannung darf eine Gesamt-Oberschwingungsverzerrung (total harmonic distortion, THD) von höchstens 10 % aufweisen und keine einzelne Oberschwingung darf einen Pegel von 6 % überschreiten.

Die Prüfung erfolgt durch Messung der THD und der einzelnen Oberschwingungsspannungen bei einer Leistungsabgabe des Wechselrichters von 5 % oder bei Abgabe der kleinsten verfügbaren Dauerausgangsleistung über 5 % und bei Abgabe von 50 % und 100 % des Bemessungswertes der Dauerausgangsleistung an eine Widerstandslast, wenn der Wechselrichter mit dem Nennwert der Eingangsgleichspannung versorgt wird. Die angegebenen Grenzwerte beziehen sich auf die Größe der Grundschiwingung bei jedem angegebenen Lastpegel.

4.7.102.2 Anforderungen an eine nicht sinusförmige Ausgangsspannung

Die Kurvenform der Ausgangswechselspannung eines eigenständigen Wechselrichters mit nicht sinusförmiger Ausgangsspannung muss folgende Anforderungen erfüllen.

4.7.102.2.1 Gesamt-Oberschwingungsverzerrung

Die Gesamt-Oberschwingungsverzerrung darf 40 % nicht überschreiten.

4.7.102.2.2 Anstieg der Kurve

Der Anstieg der ansteigenden und der abfallenden Flanke der positiven und der negativen Halbwelle der Spannungskurve darf 10 V/μs nicht überschreiten, wobei die Messung zwischen den Punkten erfolgt, an denen die Kurve eine Spannung von 10 % und von 90 % der Scheitelspannung in dieser Halbwelle durchläuft.

4.7.102.2.3 Scheitelspannung

Der Absolutwert der Scheitelspannung der positiven und der negativen Halbwelle der Kurvenform darf einen Wert von $1,414 \times 110$ % des Effektivwertes der Bemessungsausgangswechselspannung nicht überschreiten.

Die Prüfung der Anforderungen von 4.7.102.2.1 bis 4.7.102.2.3 erfolgt durch Messung der THD, der Anstiege und der Scheitelspannungen der Ausgangsspannungskurve bei einer Leistungsabgabe des Wechselrichters von 5 % oder bei Abgabe der kleinsten verfügbaren Dauerausgangsleistung über 5 % und bei Abgabe von 50 % und 100 % des Bemessungswertes der Dauerausgangsleistung an eine Widerstandslast, wenn der Wechselrichter mit dem Nennwert der Eingangsgleichspannung versorgt wird.

4.7.102.3 Anforderungen an Informationen für nicht sinusförmige Kurvenformen

Die Anweisungen, die mit einem eigenständigen Wechselrichter geliefert werden, der nicht 4.7.102.1 genügt, müssen die in 5.3.2.205 angegebenen Informationen enthalten.

4.201 Zusätzliche Prüfungen für netzinteraktive Wechselrichter

4.201.1 Allgemeine Anforderungen für die Potentialtrennung von Wechselrichtern und die Anlagenerdung

Wechselrichter können eine galvanische Trennung zwischen Stromversorgungsnetz und PV-Anlage bieten oder nicht und eine Seite des Stromkreises der Anlage darf geerdet werden oder nicht. Wechselrichter müssen hinsichtlich der zutreffenden Kombination von Wechselrichtertrennung und Anlagenerdung den Anforderungen in Tabelle 4-201 genügen.

Tabelle 4-201 – Anforderungen auf der Basis von Wechselrichtertrennung und Anlagenerdung

Anlagenerdung:	Ungeerdet ¹⁾ oder Funktionserdung	Ungeerdet oder Funktions- erdung	Geerdet
Wechselrichtertrennung:	Ohne Potentialtrennung	Mit Potentialtrennung	Mit Potentialtrennung
Mindestanforderungen an die Wechselrichtertrennung	Nicht anwendbar	Basisisolierung oder verstärkte ²⁾ Isolierung und Ableitstrom-Typprüfung nach 4.201.3.1.1 (Gefahr eines elektrischen Schlages) und 4.201.3.1.2 (Brandgefahr) zur nachfolgenden Bestimmung der Anforderungen an den Isolationswiderstand der Anlagenerdung und die nachfolgende Ermittlung des Fehlerstromes der Anlage	
Messung des Isolationswiderstandes der Anlagenerdung	Vor der Inbetriebnahme nach 4.201.2.1 für ungeerdete Anlagen oder nach 4.201.2.2 für Anlagen mit Funktionserdung Vorgehensweise bei einem Fehler: Meldung des Fehlers und keine Verbindung mit dem Stromversorgungsnetz	Vor der Inbetriebnahme nach 4.201.2.1 für ungeerdete Anlagen oder nach 4.201.2.2 für Anlagen mit Funktionserdung Vorgehensweise bei einem Fehler: Bei Wechselrichtern mit Potentialtrennung in Übereinstimmung mit den Ableitstromgrenzen für die Gefahr eines elektrischen Schlages und die Brandgefahr unter „Mindestanforderungen an die Wechselrichtertrennung“ Meldung des Fehlers Bei Wechselrichtern mit Potentialtrennung, die nicht den angegebenen Mindestwerten des Ableitstromes entspricht, Meldung des Fehlers und keine Verbindung mit dem Stromversorgungsnetz	Nicht anwendbar

Tabelle 4-201 (fortgesetzt)

Anlagenerdung:	Ungeerdet ¹⁾ oder Funktionserdung	Ungeerdet oder Funktions- erdung	Geerdet
Wechselrichtertrennung:	Ohne Potentialtrennung	Mit Potentialtrennung	Mit Potentialtrennung
Ermittlung des Fehlerstromes der Anlage	Entweder a) 30-mA-Fehlerstrom-Schutzeinrichtung ⁴⁾ zwischen Wechselrichter und Stromversorgungsnetz nach 4.201.3.1.3 oder b) Überwachung sowohl des überhöhten Dauerfehlerstromes nach 4.201.3.1.4a) als auch von überhöhten plötzlichen Änderungen nach 4.201.3.1.4b) Vorgehensweise bei einem Fehler: Abschalten des Wechselrichters, Abtrennung vom Stromversorgungsnetz, Meldung des Fehlers	Nicht anwendbar bei Wechselrichtern in Übereinstimmung mit den Ableitstromgrenzen für die Gefahr eines elektrischen Schlages und die Brandgefahr unter „Mindestanforderungen an die Wechselrichtertrennung“ Bei Wechselrichtern, die die Ableitstromgrenzen für die Gefahr eines elektrischen Schlages nach 4.201.3.1.1 nicht einhalten, ist eine Überwachung auf plötzliche Änderungen des Fehlerstromes nach 4.201.3.1.4b) oder die Verwendung einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung nach 4.201.3.1.3 erforderlich Bei Wechselrichtern, die die Ableitstromgrenzen für die Brandgefahr nach 4.201.3.1.2 nicht einhalten, ist eine Überwachung auf einen überhöhten Dauerfehlerstrom nach 4.201.3.1.4a) oder die Verwendung einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung nach 4.201.3.1.3 erforderlich	

¹⁾ Eine ungeerdete Anlage, die mit einem Wechselrichter ohne Potentialtrennung benutzt wird, ist über die Erdverbindung des Stromversorgungsnetzes indirekt mit Erde verbunden (bei Verwendung an einem geerdeten Stromversorgungsnetz), für die Anwendung der vorliegenden Norm wird diese Anordnung aber immer noch als eine ungeerdete Anlage betrachtet.

²⁾ Bei einem Wechselrichter für eine Verwendung mit einer Anlage mit einer Klassifizierung der maßgeblichen Spannung von DVC A muss zwischen der Anlage und DVC-B- und DVC-C-Stromkreisen wie z. B. dem Stromversorgungsnetz mindestens verstärkte Isolierung (Schutztrennung) verwendet werden.

ANMERKUNG Bestimmte Wechselrichtertopologien ohne Potentialtrennung mit einer Funktionserdung der Anlage sind technisch möglich, IEC 60364-7-712 fordert aber einfache Trennung zwischen dem Stromversorgungsnetz und der PV-Anlage, wenn die Anlage geerdet ist (im Gegensatz zur Funktionserdung). Außerdem muss sichergestellt werden, dass die Systemauslegung unter bestimmungsgemäßen Bedingungen keinen Stromfluss in Erdungsleitern zulässt (mit Ausnahme des erwarteten Ableitstromes) und dass die Funktion der Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen im System nicht beeinträchtigt wird.

⁴⁾ Bei einigen Wechselrichtertypen ist eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung Typ B erforderlich. Siehe 4.201.3.1.3.

4.201.2 Ermittlung des Isolationswiderstandes der Anlage bei Wechselrichtern für ungeerdete Anlagen und Anlagen mit Funktionserdung

4.201.2.1 Ermittlung des Isolationswiderstandes der Anlage bei Wechselrichtern für ungeerdete Anlagen

Wechselrichter für einen Einsatz in ungeerdeten Anlagen müssen Mittel zur Messung des Gleichstrom-Isolationswiderstandes zwischen PV-Eingang (Anlage) und Erde vor der Inbetriebnahme besitzen. Wenn der Isolationswiderstand die Grenzen in Tabelle 4-202 nicht einhält, müssen:

- Wechselrichter mit Potentialtrennung einen Fehler anzeigen (Betrieb ist zulässig);
- Wechselrichter ohne Potentialtrennung oder Wechselrichter mit Potentialtrennung, die die Ableitstromgrenzen unter „Mindestanforderungen an die Wechselrichtertrennung“ in Tabelle 4-201 nicht einhalten, einen Fehler anzeigen und dürfen nicht mit dem Stromversorgungsnetz verbunden werden.

Mit der Messschaltung muss unter bestimmungsgemäßen Bedingungen und bei einem Erdschluss in der PV-Anlage ein Isolationswiderstand unterhalb der in der Tabelle angegebenen Grenzwerte festgestellt werden können.

Tabelle 4-202 – Mindestwert des Isolationswiderstandes für ungeerdete Anlagen

Höchste Leistungsbemessung des Wechselrichters	Mindestwert des Isolationswiderstandes vor der Verbindung mit dem Stromversorgungsnetz
$\leq 30 \text{ kVA}$	500 k Ω oder $1 \text{ k}\Omega/\text{V} \times V_{\text{MAX PV}}$ (k Ω), je nachdem, welcher Wert größer ist
$> 30 \text{ kVA}$	$(5\,000 \times V_{\text{MAX PV}})/S_{\text{MAX}}$ (k Ω), dabei entspricht $V_{\text{MAX PV}}$ der Definition in Teil 1 und S_{MAX} ist die höchste Scheinleistungsbemessung des Wechselrichters in VA

ANMERKUNG Die angegebenen Verfahren und Werte erschienen das erste Mal mit dem Ansatz in VDE 0126-1-1, wo 1 k Ω je Volt (Leerlaufspannung der Anlage) bei mindestens 500 k Ω gefordert wird. Dieser VDE-Ansatz ist für die kleinen Wechselrichter geeignet, für die VDE 0126-1-1 verfasst wurde, er ist aber für sehr große Anlagen nicht sinnvoll, bei denen der Isolationswiderstand aller Paneele parallelgeschaltet ist, wodurch der Grenzwert von 500 k Ω nur schwer einzuhalten ist. Der angegebene Ansatz für Wechselrichter $> 30 \text{ kVA}$ bietet eine Senkung des Grenzwertes des Isolationswiderstandes bei einer wachsenden Systemgröße. Nach IEC 61730 ausgelegte Module müssen (nach der thermischen Vorbehandlung/Feuchtevorbehandlung) einen Isolationswiderstand von 40 M Ω je Quadratmeter besitzen. Bei Anlagen mit 1 000 V_{oc} unter der Annahme einer Paneelgröße von 125 W/m² sind die in Tabelle 4-202 angegebenen Anforderungen den Anforderungen in IEC 61730 gleichwertig. Für Anlagen mit einer geringeren Spannungsbemessung sind die in Tabelle 4-202 angegebenen Anforderungen weniger bindend als die Anforderungen in IEC 61730.

Die Prüfung erfolgt durch Auswertung der Auslegung und folgende Prüfung:

Mit dem nach den Festlegungen in den Referenzprüfbedingungen in Teil 1 mit der PV-Quelle und der Wechselstromquelle verbundenen Wechselrichter wird an jeden PV-Eingangsanschluss des Wechselrichters der Reihe nach ein Widerstand mit einem kleineren Wert als in Tabelle 4-202 gefordert angeschlossen. Der Wechselrichter muss in jedem Fall folgendes Verhalten zeigen:

- Wechselrichter mit Potentialtrennung müssen einen Fehler anzeigen;
- Wechselrichter ohne Potentialtrennung oder Wechselrichter mit Potentialtrennung, die die Ableitstromgrenzen unter „Mindestanforderungen an die Wechselrichtertrennung“ in Tabelle 4-201 nicht einhalten, müssen einen Fehler anzeigen und dürfen nicht mit dem Stromversorgungsnetz verbunden werden.

Wenn die Auswertung der Auslegung zeigt, dass bei einem oder mehreren Anschlüssen das gleiche Ergebnis erwartet werden kann, wie z. B. wenn mehrere Eingänge von PV-Strängen parallelgeschaltet sind, müssen nicht alle PV-Eingangsanschlüsse geprüft werden.

ANMERKUNG Der Prüf Widerstand wird mit dem vorher vorhandenen Isolationswiderstand der simulierten Anlage parallelgeschaltet, so dass der Widerstandswert Tabelle 4-202 nicht direkt entnommen werden kann, sondern berechnet oder durch Messungen des Isolationswiderstandes nach dem Anwenden des Widerstandes ermittelt werden muss. Möglicherweise muss die simulierte Anlagenschaltung modifiziert werden, um den vorher vorhandenen Isolationswiderstand auf einen Wert zu erhöhen, der für die Durchführung dieser Prüfung ausreichend ist.

4.201.2.2 Ermittlung des Isolationswiderstandes der Anlage bei Wechselrichtern für Anlagen mit Funktionserdung

Wechselrichter mit einer Funktionserdung der Anlage über einen dafür vorgesehenen Widerstand innerhalb des Wechselrichters müssen die Anforderungen in a) und c) oder b) und c) erfüllen.

ANMERKUNG Systementwickler, die einen Widerstand zwischen Anlage und Erde benutzen, der kein Bestandteil des Wechselrichters ist, müssen anhand der Auslegung der Anlage, des Widerstandswertes, des Berührungsschutzes der Anlage usw. ermitteln, ob durch das Hinzufügen des Widerstandes die Gefahr eines elektrischen Schlages an der Anlage entsteht oder vergrößert wird. Anforderungen für diese Betrachtungen sind hier nicht angegeben, weil bei einem Wechselrichter ohne diesen Widerstand weder ein Grund für den Schutz gegen diese Gefahr besteht noch die Fähigkeit dazu vorhanden ist.