

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                     |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|               | <b>DIN EN 61000-4-6</b><br><b>(VDE 0847-4-6)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
|               | Diese Norm ist zugleich eine <b>VDE-Bestimmung</b> 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.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |
| ICS 33.100.20 | <div data-bbox="1085 508 1409 539" data-label="Text">Einsprüche bis 2008-12-31</div> <div data-bbox="1085 553 1399 642" data-label="Text">         Vorgesehen als Ersatz für<br/>         DIN EN 61000-4-6<br/>         (VDE 0847-4-6):2008-04       </div> <div data-bbox="759 633 927 676" data-label="Text" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <b>Entwurf</b> </div> <div data-bbox="236 779 1316 929" data-label="Section-Header"> <p><b>Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) –</b><br/> <b>Teil 4-6: Prüf- und Messverfahren –</b><br/> <b>Störfestigkeit gegen leitungsgeführte Störgrößen, induziert durch hochfrequente Felder</b><br/> <b>(IEC 77B/571/FDIS:2008);</b><br/> <b>Deutsche Fassung FprEN 61000-4-6:2008</b></p> </div> <div data-bbox="236 954 967 1090" data-label="Text"> <p>Electromagnetic compatibility (EMC) –<br/>         Part 4-6: Testing and measurement techniques –<br/>         Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields<br/>         (IEC 77B/571/FDIS:2008);<br/>         German version FprEN 61000-4-6:2008</p> </div> <div data-bbox="236 1120 1056 1252" data-label="Text"> <p>Compatibilité électromagnétique (CEM) –<br/>         Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure –<br/>         Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques<br/>         (CEI 77B/571/FDIS:2008);<br/>         Version allemande FprEN 61000-4-6:2008</p> </div> <div data-bbox="236 1292 633 1330" data-label="Section-Header"> <p><b>Anwendungswarnvermerk</b></p> </div> <div data-bbox="236 1355 1457 1420" data-label="Text"> <p>Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2008-09-29 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.</p> </div> <div data-bbox="236 1444 1457 1507" data-label="Text"> <p>Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.</p> </div> <div data-bbox="236 1536 617 1568" data-label="Text"> <p>Stellungnahmen werden erbeten</p> </div> <div data-bbox="236 1579 1441 1711" data-label="List-Group"> <ul style="list-style-type: none"> <li>– vorzugsweise als Datei per E-Mail an <b>dke@vde.com</b> in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter <b>www.dke.de/stellungnahme</b> abgerufen werden</li> <li>– oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.</li> </ul> </div> <div data-bbox="236 1736 1457 1798" data-label="Text"> <p>Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.</p> </div> <div data-bbox="1139 1836 1457 1872" data-label="Text"> <p>Gesamtumfang 65 Seiten</p> </div> <div data-bbox="317 1908 1366 1944" data-label="Text"> <p>DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE</p> </div> |                                                                                     |

## Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

## Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments FprEN 61000-4-6:2008 „Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-6: Prüf- und Messverfahren – Störfestigkeit gegen leitungsgeführte Störgrößen, induziert durch hochfrequente Felder“, (Schluss-Entwurf) 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 bei IEC erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur 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 77B/571/FDIS:2008 „Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields“ unverändert in den Schluss-Entwurf FprEN 61000-4-6:2008 übernommen worden.

Das internationale Dokument wurde vom SC 77B „High frequency phenomena“ der IEC erarbeitet.

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 UK 767.3 „Hochfrequente Störgrößen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE ([www.dke.de](http://www.dke.de)) zuständig.

## Änderungen

Gegenüber DIN EN 61000-4-6 (VDE 0847-4-6):2008-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Ergänzung eines neuen Anhangs G mit Informationen zur Messunsicherheit der Prüfeinrichtung.

## 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 60050-131:1978                | <sup>1)</sup>                                                                                                                                                                                                | —                                                     |
| —                              | IEC 60050-161:1990                | <sup>1</sup>                                                                                                                                                                                                 | —                                                     |
| EN 55020:2007                  | IEC/CISPR 20:2006                 | DIN EN 55020<br>(VDE 0872-20):2007-09                                                                                                                                                                        | VDE 0872-20                                           |
| EN 61000-4-3:2006<br>+ A1:2008 | IEC 61000-4-3:2006<br>+ A1:2007   | DIN EN 61000-4-3<br>(VDE 0847-4-3):2008-06                                                                                                                                                                   | VDE 0847-4-3                                          |
| —                              | IEC/CISPR 16-1:1999 <sup>3)</sup> | E DIN VDE 0876-16-1<br>(VDE 0876-16-1):1998-05 <sup>3)</sup><br>+ E DIN VDE 0876-16-1/A1<br>(VDE 0876-16-1/A1):1999-04 <sup>3)</sup><br>+ E DIN VDE 0876-16-1/A2<br>(VDE 0876-16-1/A2):2002-08 <sup>3)</sup> | VDE 0876-16-1<br>VDE 0876-16-1/A1<br>VDE 0876-16-1/A2 |

<sup>1)</sup> Als Bezugsquelle dient: Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Deutsche Ausgabe, im Rahmen der Datenbankanwendung DIN-TERM über den Beuth Verlag, Berlin, zu beziehen.

<sup>3)</sup> Diese Dokumente sind zurückgezogen. Vor der Veröffentlichung dieser Norm war die Internationale Norm IEC/CISPR 16-1 umstrukturiert und in fünf Teile zerlegt worden. Diese wurden als Internationale Normen IEC/CISPR 16-1-1 bis IEC/CISPR 16-1-5 veröffentlicht und als EN 55016-1-1 bis EN 55016-1-5 in das europäische Normenwerk übernommen. Deren Deutsche Fassungen wurden als DIN EN 55016-1 (VDE 0876-16-1) (Reihe) veröffentlicht.

## Nationaler Anhang NB (informativ)

### Literaturhinweise

DIN EN 55020 (VDE 0872-20):2003-02, *Ton- und Fernseh-Rundfunkempfänger und verwandte Geräte der Unterhaltungselektronik – Störfestigkeitseigenschaften – Grenzwerte und Messverfahren*

DIN EN 61000-4-3 (VDE 0847-4-3), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-3: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen hochfrequente elektromagnetische Felder*

E DIN VDE 0876-16-1 (VDE 0876 Teil 16-1):1998-05, *Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 1: Geräte und Einrichtungen zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit (IEC-CISPR 16-1:1993)* E DIN VDE 0876-16-1/A1 (VDE 0876 Teil 16-1/A1):1999-04, *Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 1: Geräte und Einrichtungen zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Änderung 1 (IEC/CISPR 16-1:1993/A1:1997)* E DIN VDE 0876-16-1/A2 (VDE 0876 Teil 16-1/A2):2002-08, *Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 1: Geräte und Einrichtungen zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit (IEC/CISPR 16-1:1999, modifiziert)*

**Deutsche Fassung**

**Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) –  
Teil 4-6: Prüf- und Messverfahren –  
Störfestigkeit gegen leitungsgeführte Störgrößen, induziert durch hochfrequente Felder**

**Inhalt**

|                                                                                                                                                | Seite |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Einleitung .....                                                                                                                               | 5     |
| 1 Anwendungsbereich .....                                                                                                                      | 6     |
| 2 Normative Verweisungen .....                                                                                                                 | 6     |
| 3 Begriffe .....                                                                                                                               | 7     |
| 4 Allgemeines .....                                                                                                                            | 8     |
| 5 Prüfschärfegrade (Prüfpegel) .....                                                                                                           | 9     |
| 6 Prüfeinrichtung .....                                                                                                                        | 9     |
| 6.1 Prüfgenerator .....                                                                                                                        | 9     |
| 6.2 Koppel-/Entkoppeleinrichtungen .....                                                                                                       | 10    |
| 6.3 Nachweis der asymmetrischen Impedanz am Prüflingsanschluss von<br>Koppel-/Entkoppeleinrichtungen .....                                     | 13    |
| 6.4 Einstellung des Prüfgenerators .....                                                                                                       | 14    |
| 7 Prüfaufbau für Tisch- und Standgeräte .....                                                                                                  | 15    |
| 7.1 Regeln für die Auswahl des Einkopplungsverfahrens und der Prüfpunkte .....                                                                 | 16    |
| 7.2 Verfahren für die Einspeisung mit dem Koppel-/Entkoppelnetzwerk .....                                                                      | 17    |
| 7.3 Verfahren für die Einspeisung mit der Koppelzange, wenn die Anforderungen zur<br>asymmetrischen Impedanz erfüllt werden können .....       | 18    |
| 7.4 Verfahren für die Einspeisung mit der Koppelzange, wenn die Anforderungen zur<br>asymmetrischen Impedanz nicht erfüllt werden können ..... | 18    |
| 7.5 Verfahren für die direkte Einspeisung .....                                                                                                | 19    |
| 7.6 Prüflinge, die aus einer einzigen Einheit bestehen .....                                                                                   | 19    |
| 7.7 Prüflinge, die aus mehreren Einheiten bestehen .....                                                                                       | 20    |
| 8 Prüfverfahren .....                                                                                                                          | 20    |
| 9 Bewertung der Prüfergebnisse .....                                                                                                           | 21    |
| 10 Prüfbericht .....                                                                                                                           | 21    |
| Anhang A (normativ) Zusätzliche Informationen zur Einspeisung mit der Koppelzange .....                                                        | 33    |
| A.1 Stromzange .....                                                                                                                           | 33    |
| A.2 EM-Koppelstrecke .....                                                                                                                     | 33    |
| A.3 Prüfaufbau .....                                                                                                                           | 33    |
| Anhang B (informativ) Auswahlkriterien für den anzuwendenden Frequenzbereich .....                                                             | 38    |
| Anhang C (informativ) Anleitung für die Auswahl der Prüfschärfegrade .....                                                                     | 40    |

|                                                                                                                                                               | Seite |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Anhang D (informativ) Informationen über Koppel-/Entkoppelnetzwerke.....                                                                                      | 41    |
| D.1 Grundeigenschaften der Koppel-/Entkoppelnetzwerke .....                                                                                                   | 41    |
| D.2 Beispiele von Koppel-/Entkoppelnetzwerken .....                                                                                                           | 42    |
| Anhang E (informativ) Informationen zu den Anforderungen an den Prüfgenerator .....                                                                           | 45    |
| Anhang F (informativ) Prüfaufbau für große Prüflinge.....                                                                                                     | 46    |
| F.0 Einleitung .....                                                                                                                                          | 46    |
| F.1 Prüfaufbau für große Prüflinge .....                                                                                                                      | 46    |
| Anhang G (informativ) Messunsicherheit der Prüfeinrichtung .....                                                                                              | 49    |
| G1 Allgemeines .....                                                                                                                                          | 49    |
| G.2 Unsicherheitsbilanzen für die Prüfverfahren.....                                                                                                          | 49    |
| G.2.1 Definition der Messgröße.....                                                                                                                           | 49    |
| G.2.2 Messunsicherheitsbeiträge der Messgröße.....                                                                                                            | 49    |
| G.2.3 Berechnungsbeispiele für die erweiterte Messunsicherheit .....                                                                                          | 51    |
| G.3 Anwendung.....                                                                                                                                            | 60    |
| G.4 Literaturhinweis.....                                                                                                                                     | 60    |
| Literaturhinweise .....                                                                                                                                       | 61    |
| <b>Bilder</b>                                                                                                                                                 |       |
| Bild 1 – Regeln für die Auswahl des Einkopplungsverfahrens .....                                                                                              | 16    |
| Bild 2a – Darstellung der elektromagnetischen Felder in der Nähe des Prüflings, die durch<br>asymmetrische Ströme auf seinen Leitungen verursacht werden..... | 23    |
| Bild 2b – Prinzipschaltbild für Prüfungen der Störfestigkeit gegen leitungsgeführte HF-Störgrößen .....                                                       | 24    |
| Bild 2 – Prüfung der Störfestigkeit gegen leitungsgeführte HF-Störgrößen .....                                                                                | 24    |
| Bild 3 – Aufbau des Prüfgenerators .....                                                                                                                      | 25    |
| Bild 4a – Unmoduliertes HF-Signal $U_{pp} = 2,82 \text{ V}$ , $U_{rms} = 1,00 \text{ V}$ .....                                                                | 25    |
| Bild 4b – Moduliertes HF-Signal 80 % AM $U_{pp} = 5,09 \text{ V}$ , $U_{rms} = 1,12 \text{ V}$ .....                                                          | 25    |
| Bild 4 – Definition der Wellenform am Ausgang des Prüflingsanschlusses einer Koppeleinrichtung<br>(EMK für Prüfschärfegrad 1) .....                           | 25    |
| Bild 5a – Liste der in den nachfolgenden Aufbauten verwendeten Symbole .....                                                                                  | 26    |
| Bild 5b – Prinzip der direkten Einkopplung auf geschirmte Leitungen.....                                                                                      | 26    |
| Bild 5c – Prinzip der Einkopplung auf ungeschirmte Leitungen.....                                                                                             | 27    |
| Bild 5d – Prinzip der Entkopplung .....                                                                                                                       | 27    |
| Bild 5 – Prinzipien der Kopplung und Entkopplung.....                                                                                                         | 27    |
| Bild 6 – Prinzip der Kopplung und Entkopplung mit dem Koppelzangenverfahren .....                                                                             | 28    |
| Bild 7a – Beispiel für die geometrischen Einzelheiten des Aufbaus zur Überprüfung der<br>Impedanzeigenschaften der Koppel-/Entkoppelnetzwerke .....           | 28    |
| Bild 7b – Prinzip des Aufbaus zur Überprüfung von $Z_{ce}$ der Koppel-/Entkoppelnetzwerke .....                                                               | 29    |
| Bild 7c – Prinzip des Aufbaus zur Überprüfung der Einfügungsdämpfung von zwei 150- $\Omega$ -zu-50- $\Omega$ -<br>Übergängen .....                            | 29    |
| Bild 7d – Schaltkreis des 150- $\Omega$ -zu-50- $\Omega$ -Übergangs.....                                                                                      | 29    |
| Bild 7e – Konstruktionsbild des 150- $\Omega$ -zu-50- $\Omega$ -Übergangs.....                                                                                | 29    |

|                                                                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Bild 7 – Einzelheiten der Aufbauten und Komponenten zur Überprüfung der wichtigsten Eigenschaften der Koppel-/Entkoppelnetzwerke und der 150-Ω-zu-50-Ω-Übergänge..... | 29 |
| Bild 8a – Festlegung des asymmetrischen Anschlusspunktes bei ungeschirmten Leitungen .....                                                                            | 30 |
| Bild 8b – Festlegung des asymmetrischen Anschlusspunktes bei geschirmten Leitungen .....                                                                              | 30 |
| Bild 8c – Aufbau zur Einstellung des Prüfpegels am Prüflingsanschluss von Koppel-/Entkoppeleinrichtungen.....                                                         | 30 |
| Bild 8 – Aufbau zur Einstellung des Prüfpegels (siehe 6.4.1).....                                                                                                     | 30 |
| Bild 9 – Beispiel für den Prüfaufbau eines aus einer einzelnen Einheit bestehenden Prüflings .....                                                                    | 31 |
| Bild 10 – Beispiel für den Prüfaufbau eines aus mehreren Einheiten bestehenden Gerätes .....                                                                          | 32 |
| Bild A.1 – Schaltung für die Pegeleinstellung in einer 50-Ω-Haltevorrichtung .....                                                                                    | 34 |
| Bild A.2 – Konstruktion der 50-Ω-Haltevorrichtung.....                                                                                                                | 34 |
| Bild A.3 – Einzelheiten der Konstruktion der EM-Koppelstrecke.....                                                                                                    | 35 |
| Bild A.4 – Konzept der EM-Koppelstrecke (elektromagnetischen Koppelstrecke).....                                                                                      | 36 |
| Bild A.5 – Koppelfaktor der EM-Koppelstrecke .....                                                                                                                    | 36 |
| Bild A.6 – Allgemeines Prinzip eines Prüfaufbaus mit Koppelzangen.....                                                                                                | 37 |
| Bild A.7 – Beispiel für die Anordnung des Prüflings auf der Massefläche bei Verwendung von Koppelzangen (Draufsicht) .....                                            | 37 |
| Bild B.1 – Startfrequenz als Funktion von Leitungslänge und Größe des Gerätes (der Einrichtung) .....                                                                 | 39 |
| Bild D.1 – Beispiel eines vereinfachten Schaltbildes für ein CDN-S1 für geschirmte Leitungen (siehe 6.2.1).....                                                       | 42 |
| Bild D.2 – Beispiel eines vereinfachten Schaltbildes für ein CDN-M1/-M2/-M3 für ungeschirmte Stromversorgungsleitungen (siehe 6.2.1.1) .....                          | 42 |
| Bild D.3 – Beispiel eines vereinfachten Schaltbildes für ein CDN-AF2 für ungeschirmte, unsymmetrisch betriebene Leitungen (siehe 6.2.1.3) .....                       | 43 |
| Bild D.4 – Beispiel eines vereinfachten Schaltbildes für ein CDN-T2 für ungeschirmte, symmetrisch betriebene Leitungen (siehe 6.2.1.2).....                           | 43 |
| Bild D.5 – Beispiel eines vereinfachten Schaltbildes für ein CDN-T4 für ungeschirmte, symmetrisch betriebene Leitungen (siehe 6.2.1.2).....                           | 44 |
| Bild D.6 – Beispiel eines vereinfachten Schaltbildes für ein CDN-T8 für ungeschirmte, symmetrisch betriebene Leitungen (siehe 6.2.1.2).....                           | 44 |
| Bild F.1 – Beispiel für den Prüfaufbau mit angehobener horizontaler Bezugsmassefläche zur Prüfung von großen Prüflingen.....                                          | 47 |
| Bild F.2 – Beispiel für den Prüfaufbau mit vertikaler Bezugsmassefläche zur Prüfung von großen Prüflingen.....                                                        | 48 |
| Bild G.1 – Beispiel für Einflüsse auf das Messverfahren bei Verwendung von Koppel-/Entkoppelnetzwerken .....                                                          | 50 |
| Bild G.2 – Beispiel für Einflüsse auf das Messverfahren bei Verwendung von EM-Koppelstrecken .....                                                                    | 50 |
| Bild G.3 – Beispiel für Einflüsse auf das Messverfahren bei Verwendung von Stromzangen .....                                                                          | 50 |
| Bild G.4 – Beispiel für Einflüsse auf das Messverfahren bei Verwendung der direkten Einspeisung.....                                                                  | 51 |
| <b>Tabellen</b>                                                                                                                                                       |    |
| Tabelle 1 – Prüfschärfegrade (Prüfpegel).....                                                                                                                         | 9  |
| Tabelle 2 – Eigenschaften des Prüfgenerators .....                                                                                                                    | 10 |

|                                                                                                                                                                                | Seite |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Tabelle 3 – Hauptparameter der Kombination aus Koppel- und Entkoppeleinrichtung.....                                                                                           | 11    |
| Tabelle B.1 – Hauptparameter der Kombination aus Koppel- und Entkoppeleinrichtung, wenn der<br>Frequenzbereich der Prüfung auf Frequenzen oberhalb 80 MHz erweitert wird ..... | 38    |
| Tabelle E.1 – Erforderliche Ausgangsleistung des Leistungsverstärkers für ein Prüfsignal von 10 V .....                                                                        | 45    |
| Tabelle G.1a – (Unsicherheitsbilanz des )Kalibrierungsvorgangs des Koppel-/Entkoppelnetzwerks .....                                                                            | 51    |
| Tabelle G.1b – (Unsicherheitsbilanz des )Prüfverfahrens mit Koppel-/Entkoppelnetzwerk .....                                                                                    | 52    |
| Tabelle G.2a – (Unsicherheitsbilanz des )Kalibrierungsvorgangs der EM-Koppelstrecke .....                                                                                      | 54    |
| Tabelle G.2b – (Unsicherheitsbilanz des )Prüfverfahrens mit EM-Koppelstrecke.....                                                                                              | 55    |
| Tabelle G.3a – (Unsicherheitsbilanz des )Kalibrierungsvorgangs der Stromzange .....                                                                                            | 56    |
| Tabelle G.3b – (Unsicherheitsbilanz des )Prüfverfahrens mit Stromzange.....                                                                                                    | 57    |
| Tabelle G.4a – (Unsicherheitsbilanz des )Kalibrierungsvorgangs mit direkter Einkopplung .....                                                                                  | 58    |
| Tabelle G.4b – (Unsicherheitsbilanz des )Prüfverfahrens mit direkter Einkopplung .....                                                                                         | 59    |

## Einleitung

IEC 61000 wird in mehreren Teilen entsprechend der folgenden Struktur veröffentlicht:

### Teil 1: Allgemeines

Allgemeine Betrachtungen (Einleitung, Grundprinzipien)  
Definitionen, Begriffe

### Teil 2: Umgebung

Umgebungsbeschreibung  
Einteilung der Umgebung in Klassen  
Verträglichkeitspegel

### Teil 3: Grenzwerte

Grenzwerte der Störaussendung  
Grenzwerte der Störfestigkeit (soweit sie nicht in den Zuständigkeitsbereich der Produktkomitees fallen)

### Teil 4: Prüf- und Messverfahren

Messverfahren  
Prüfverfahren

### Teil 5: Installationsrichtlinien und Abhilfemaßnahmen

Installationsrichtlinien  
Abhilfemaßnahmen und Geräte

### Teil 6: Fachgrundnormen

### Teil 9: Verschiedenes

Jeder Teil ist darüber hinaus in mehrere Teile unterteilt, die entweder als Internationale Normen oder als Technische Spezifikationen oder als Technische Berichte veröffentlicht werden; einige von ihnen wurden bereits als Hauptabschnitte veröffentlicht. Andere werden veröffentlicht, wobei der Teilnummer ein Bindestrich folgt und eine zweite Nummer die Unterteilung kennzeichnet (z. B. IEC 61000-6-1).

Dieser Teil ist eine Internationale Norm, die Störfestigkeitsanforderungen und -prüfverfahren gegen leitungsgeführte Störgrößen, die durch hochfrequente Felder induziert werden, bereitstellt.

## 1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 61000-4 legt Anforderungen zur Störfestigkeit von elektrischen und elektronischen Geräten (Einrichtungen) gegen leitungsgeführte elektromagnetische Störgrößen fest, die von Hochfrequenz-(HF-) Sendefunkanlagen im Frequenzbereich 9 kHz bis 80 MHz herrühren. Geräte (Einrichtungen), die nicht mindestens eine Leitung (z. B. Stromversorgungsleitungen, Signalleitungen oder Erdverbindungen) besitzen, über die die HF-Störfelder eingekoppelt werden können, sind von der Prüfung ausgenommen.

ANMERKUNG 1 Die in diesem Teil festgelegten Prüfverfahren dienen der Ermittlung der Auswirkungen, die leitungsgeführte, durch elektromagnetische Strahlung induzierte Signale auf das betreffende Gerät (die betreffende Einrichtung) haben. Die Nachbildung und Messung dieser leitungsgeführten Störgrößen sind nicht ausreichend genau für die quantitative Beurteilung dieser Auswirkungen. Die festgelegten Prüfverfahren haben in erster Linie zum Ziel, für eine qualitative Bewertung der Auswirkungen Prüfergebnisse in verschiedenen Prüflaboratorien zu ermöglichen, die eine angemessene Wiederholpräzision besitzen.

Zweck dieser Grundnorm ist die Festlegung einer gemeinsamen Grundlage für die Ermittlung der Störfestigkeit der Funktion von elektrischen und elektronischen Geräten (Einrichtungen), wenn diese leitungsgeführten elektromagnetische Störgrößen, die von hochfrequenten Feldern induziert werden, ausgesetzt sind. Das in diesen Teil der IEC 61000-4 aufgenommene Prüfverfahren beschreibt ein konsistentes Verfahren zur Beurteilung der Störfestigkeit eines Gerätes oder Systems gegenüber einem festgelegten Phänomen.

ANMERKUNG 2 Entsprechend der Beschreibung im IEC-Leitfaden 107 stellt diese Norm eine EMV-Grundnorm zur Anwendung durch Produktgremien der IEC dar. Wie ferner im IEC-Leitfaden 107 ausgeführt wird, sind die Produktgremien der IEC für die Festlegung verantwortlich, ob diese Störfestigkeits-Prüfnorm angewendet oder nicht angewendet werden sollte, und falls sie angewendet wird, sind sie für die Auswahl der geeigneten Prüfpegel (Prüfschärfegrade) und Bewertungskriterien verantwortlich. Das Technische Komitee IEC/TC 77 und seine Unterkomitees stehen den Produktgremien für die Ermittlung der Parameter für spezielle Störfestigkeitsprüfungen für die durch die Produktgremien betreuten Produkte zur Verfügung.

## 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 60050(161):1990, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 161: Electromagnetic compatibility*

### 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in IEC 60050(161) enthaltenen Begriffe zusammen mit den nachfolgenden Begriffen.

#### 3.1

##### **Handnachbildung**

elektrisches Netzwerk, das die Impedanz des menschlichen Körpers unter durchschnittlichen Betriebsbedingungen zwischen einem in der Hand gehaltenen elektrischen Betriebsmittel und Bezugserde nachbildet

[IEV 161-04-27]<sup>N1)</sup>

ANMERKUNG Der Aufbau sollte mit IEC/CISPR 16-1 übereinstimmen.

#### 3.2

##### **Zusatz-/Hilfseinrichtungen**

(en: „auxiliary equipment“, AE)

Einrichtungen, die notwendig sind, um die für den üblichen Betrieb des Prüflings erforderlichen Signale zu liefern, und Einrichtungen, die notwendig sind, um das Betriebsverhalten des Prüflings nachzuweisen

#### 3.3

##### **Einspeisung über Koppelzange**

die Einspeisung in die Leitung erfolgt durch Anlegen einer anklemmbaren Stromeinspeisungseinrichtung

- **Stromzange:** Übertrager, bei dem die Sekundärwindung aus dem Kabel besteht, in das die Störgröße eingespeist wird
- **elektromagnetische (EM-)Koppelstrecke:** Koppelstrecke mit kapazitiver und induktiver Kopplung

#### 3.4

##### **asymmetrische Impedanz**

Quotient aus asymmetrischer Spannung und asymmetrischem Strom an einer bestimmten Schnittstelle

ANMERKUNG Diese asymmetrische Impedanz kann bestimmt werden durch Anlegen einer asymmetrischen Einheitsspannung zwischen der (den) Klemme(n) oder dem Schirm dieser Schnittstelle und einer Bezugsfläche (einem Bezugspunkt). Der daraus resultierende asymmetrische Strom ist dann als die Vektorsumme aller Ströme zu messen, die durch diese Klemme(n) oder den Schirm fließen (siehe auch die Bilder 8a und 8b).

#### 3.5

##### **Koppelfaktor**

Quotient aus der Leerlaufspannung (EMK) am Prüflingsausgang der Koppel- (und Entkoppel-)Einrichtung und der Leerlaufspannung am Ausgang des Generators

#### 3.6

##### **Koppelnetzwerk**

elektrische Schaltung mit dem Zweck der Energieübertragung von einem Kreis in einen anderen mit festgelegter Impedanz

ANMERKUNG Die Koppel- und Entkoppeleinrichtungen können in einem gemeinsamen Gehäuse untergebracht (Koppel-/Entkoppelnetzwerke) oder getrennt aufgebaut sein.

#### 3.7

##### **Koppel-/Entkoppelnetzwerk**

(en: CDN)

elektrische Schaltung, die die Funktionen sowohl des Koppel- als auch des Entkoppelnetzwerks enthält

---

<sup>N1)</sup> Nationale Fußnote: Inzwischen wurde diese Definition in IEC 61000-4-6:2008-10 geändert.

### 3.8

#### Entkoppelnetzwerk

elektrische Schaltung mit dem Zweck zu verhindern, dass Prüfsignale, mit denen der Prüfling beaufschlagt wird, andere Geräte, Einrichtungen und Systeme, die nicht geprüft werden, beeinflussen

### 3.9

#### Prüfgenerator

Generator (bestehend aus Hochfrequenzgenerator, Modulationsquelle, Dämpfungsgliedern, Breitband-Leistungsverstärker und Filtern), der in der Lage ist, das geforderte Prüfsignal zu erzeugen (siehe Bild 3)

### 3.10

#### Elektromotorische Kraft (EMK)

Spannung an den Polen der idealen Spannungsquelle in der Ersatzschaltung eines aktiven Elements

[IEV 131-01-38:1978]

### 3.11

#### Messergebnis

$U_{mr}$

am Spannungsmessgerät abgelesene Größen – Spannungswert

### 3.12

#### Stehwellenverhältnis

(en: „voltage standing wave ratio“, VSWR)

Quotient aus Maximalwert und Minimalwert der Amplitude (der jeweiligen Feldkomponente) entlang der Leitung

## 4 Allgemeines

Die Quellen der in diesem Teil der IEC 61000-4 erfassten Störgrößen sind ursprünglich elektromagnetische Felder, die von HF-Sendefunkanlagen erzeugt werden und die auf der vollen Länge der Leitungen, die an installierte Geräte (die Einrichtungen) angeschlossen sind, einwirken können. Es wird angenommen, dass die Abmessungen der beeinflussten Geräte (Einrichtungen), die meist Teil eines größeren Systems (einer größeren Anlage) sind, klein sind bezogen auf die Wellenlänge. Die ankommenden und abgehenden Leitungen (z. B. Stromversorgungs-, Kommunikations-, Schnittstellenleitungen) verhalten sich deshalb wie ein passives Netzwerk von Empfangsantennen, da ihre Ausdehnung mehrere Wellenlängen lang sein kann.

Zwischen solchen Netzwerken angeschlossen, ist das empfindliche Gerät (die empfindliche Einrichtung) Strömen ausgesetzt, die „durch“ das Gerät (die Einrichtung) fließen. Für Kabelsysteme, die mit einem Gerät (einer Einrichtung) verbunden sind, wird angenommen, dass sie in Resonanz geraten ( $\lambda/4$ ,  $\lambda/2$  nicht abgeschlossene oder gefaltete Dipole) und durch Koppel-/Entkoppelnetzwerke nachgebildet werden, die eine asymmetrische Impedanz von  $150\ \Omega$  zur Bezugsmassefläche haben. Soweit möglich wird der Prüfling geprüft, indem er zwischen zwei Anschlüssen mit einer asymmetrischen Impedanz von  $150\ \Omega$  geschaltet wird, von denen einer eine HF-Quelle und der andere einen Rückkehrpfad für den Strom bereitstellt.

Die beschriebenen Prüfverfahren setzen den Prüfling einer Störquelle aus, die elektrische und magnetische Felder umfasst, wie sie von Sendefunkanlagen ausgehen. Diese Störfelder ( $E$  und  $H$ ) werden durch die elektrischen und magnetischen Nahfelder annähernd nachgebildet, die aus den Spannungen und Ströme resultieren, die durch den Prüfaufbau nach Bild 2a entstehen.

Die Verwendung eines Koppel-/Entkoppelnetzwerks, um eine Leitung nach der anderen mit der Störgröße zu beaufschlagen, während alle anderen Leitungen nicht angeregt werden – siehe Bild 2b –, kann reale Situationen (Installationen) nur annähernd nachbilden, in denen die Störgrößen auf alle Leitungen gleichzeitig mit einem Bereich unterschiedlicher Amplituden und unterschiedlicher Phasenlagen wirken.

Koppel-/Entkoppelnetzwerke werden durch ihre in 6.2 beschriebenen Eigenschaften definiert. Jede Koppel-/Entkoppeleinrichtung, die diese Eigenschaften besitzt, kann verwendet werden. Die im Anhang D aufgeführten Koppel-/Entkoppelnetzwerke stellen nur Beispiele von allgemein erhältlichen Koppel-/Entkoppelnetzwerken dar.

## 5 Prüfschärfegrade (Prüfpegel)

Im Frequenzbereich 9 kHz bis 150 kHz sind keine Prüfungen mit induzierten Störgrößen, die durch von Sendefunkanlagen absichtlich erzeugte elektromagnetische Felder verursacht werden, erforderlich.

**Tabelle 1 – Prüfschärfegrade (Prüfpegel)**

| Frequenzbereich 150 kHz bis 80 MHz |                      |            |
|------------------------------------|----------------------|------------|
| Prüfschärfegrad                    | Spannung (EMK)       |            |
|                                    | $U_0$<br>dB(μV)      | $U_0$<br>V |
| 1                                  | 120                  | 1          |
| 2                                  | 130                  | 3          |
| 3                                  | 140                  | 10         |
| X <sup>a)</sup>                    | besondere Festlegung |            |

a) „X“ ist ein offener Prüfschärfegrad.

Tabelle 1 enthält die Prüfpegel als Effektivwerte der Leerlaufspannung (EMK) des unmodulierten Störsignals. Die Prüfschärfegrade (Prüfpegel) gelten für den Prüflingsanschluss des Koppelnetzwerkes, siehe 6.4.1. Für die Prüfung von Geräten (Einrichtungen) wird dieses Signal mit einer 1-kHz-Sinuswelle und einer Tiefe von 80 % amplitudenmoduliert, um reale Bedrohungen nachzubilden. Die Amplitudenmodulation ist in Bild 4 gezeigt. Eine Anleitung zur Auswahl der Prüfschärfegrade ist im Anhang C gegeben.

ANMERKUNG 1 IEC 61000-4-3 legt ebenfalls Prüfverfahren zur Bestimmung der Störfestigkeit von elektrischen und elektronischen Geräten (Einrichtungen) gegen gestrahlte elektromagnetische Energie fest. Sie deckt Frequenzen oberhalb 80 MHz ab. Produktkomitees können über die Wahl einer niedrigeren oder höheren Übergangsfrequenz als 80 MHz (zwischen den Normen IEC 61000-4-3 und 61000-4-6) entscheiden (siehe Anhang B).

ANMERKUNG 2 Produktkomitees können alternative Modulationsarten auswählen.

## 6 Prüfeinrichtung

### 6.1 Prüfgenerator

Der Prüfgenerator umfasst alle Geräte und Bauteile, um am Eingangsanschluss jedes Koppelnetzwerkes die erforderliche Prüfstörgröße mit dem geforderten Signalpegel am Prüflingsanschluss (geforderten Punkt) zu erzeugen. Eine typische Anordnung umfasst die nachfolgenden Teile, die getrennt oder in eine oder mehrere Prüfeinrichtungen eingebaut sein können (siehe 3.9 und Bild 3):

- *HF-Signalgenerator(en) G1*, der (die) in der Lage ist (sind), in dem interessierenden Frequenzband eine mit einer 1-kHz-Sinuswelle mit 80 % Tiefe amplitudenmodulierte Prüfstörgröße zu erzeugen. Er muss (Sie müssen) manuell gesteuert werden können (z. B. in Bezug auf die Frequenz, Amplitude, Modulationsindex) oder im Fall von HF-Synthesizern mit frequenzabhängigen Schrittweiten und Verweilzeiten programmierbar sein;
- *Dämpfungsglied T1* (typischerweise 0 dB bis 40 dB) mit einem ausreichenden Frequenzbereich zur Einstellung der Ausgangsspannung der Prüfsignalquelle. T1 kann in den Hochfrequenzgenerator integriert sein und ist optional;
- *Hochfrequenzschalter S1*, mit dem die Prüfstörgröße während der Ermittlung der Störfestigkeit ein- und ausgeschaltet werden kann. S1 kann in den Hochfrequenzgenerator integriert sein und ist optional;
- *Breitband-Leistungsverstärker PA*, der (die) notwendig sein kann (können), um das Signal zu verstärken, wenn die Ausgangsleistung des Hochfrequenzgenerators nicht ausreicht;

- Tiefpassfilter (LPF) und/oder Hochpassfilter (HPF), die notwendig sein können, um Beeinflussungsprobleme zu vermeiden, die durch (höhere oder Sub-)Harmonische bei einigen Arten von Prüflingen, z. B. HF-Empfängern, verursacht werden können. Wenn sie erforderlich sind, müssen sie zwischen dem Breitband-Leistungsverstärker PA und dem Dämpfungsglied T2 eingefügt werden;
- Dämpfungsglied T2 ( $\geq 6$  dB,  $Z_0 = 50 \Omega$ ) mit ausreichenden Bemessungsdaten. T2 ist dafür vorgesehen, die Fehlanpassung zwischen dem Breitband-Leistungsverstärker und der Koppereinrichtung zu verringern.

ANMERKUNG T2 kann in einem Koppel-/Entkoppelnetzwerk integriert sein. T2 kann entfallen, wenn die Ausgangsimpedanz des Breitband-Leistungsverstärkers bei allen Belastungen innerhalb der festgelegten Werte bleibt. Die Eigenschaften des Prüfgenerators mit und ohne Modulation sind in Tabelle 2 angegeben.

**Tabelle 2 – Eigenschaften des Prüfgenerators**

|                              |                                                                                        |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Ausgangsimpedanz             | 50 $\Omega$                                                                            |
| Harmonische und Verzerrungen | Jede Nebenaussendungs-Spektrallinie muss mindestens 15 dB unter dem Trägerpegel liegen |
| Amplitudenmodulation         | Intern oder extern<br>80 % $\pm$ 5 % Tiefe<br>1 kHz $\pm$ 10 % Sinuswelle              |
| Ausgangspegel                | ausreichend hoch, um den Prüfpegel abzudecken (siehe auch Anhang E)                    |

## 6.2 Koppel-/Entkoppereinrichtungen

Koppel-/Entkoppereinrichtungen müssen verwendet werden, um eine geeignete Einkopplung der Prüfstörgröße (über den gesamten Frequenzbereich und mit einer definierten asymmetrischen Impedanz am Prüflingsanschluss) auf die verschiedenen Leitungen, die an den Prüfling angeschlossen sind, zu ermöglichen und um die angewendeten Prüfsignale davon abzuhalten, andere Geräte, Einrichtungen und Systeme, die nicht geprüft werden, zu beeinflussen.

Die Koppel- und Entkoppereinrichtungen können in einem gemeinsamen Gehäuse untergebracht sein (Koppel-/Entkoppelnetzwerke) oder aus mehreren Teilen bestehen. Der Hauptparameter der Koppel- und Entkoppereinrichtung, die am Prüflingsanschluss gesehene asymmetrische Impedanz, ist in Tabelle 3 angegeben.

Koppel- und Entkoppelnetzwerke sind die bevorzugten Koppel- und Entkoppereinrichtungen aufgrund der durch sie erreichten Wiederholpräzision der Prüfung und dem durch sie erreichten Schutz von Zusatz-/Hilfseinrichtungen. Wenn sie jedoch nicht geeignet oder verfügbar sind, können andere Einkoppelverfahren benutzt werden. Regeln für die Auswahl des geeigneten Einkoppelverfahrens sind nachfolgend und in 7.1 gegeben.

**Tabelle 3 – Hauptparameter der Kombination aus Koppel- und Entkoppeleinrichtung**

| Parameter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Frequenzband                     |                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0,15 MHz bis 26 MHz              | 26 MHz bis 80 MHz                                                            |
| $ Z_{ce} $                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | $150 \, \Omega \pm 20 \, \Omega$ | $150 \, \Omega \begin{smallmatrix} + 60 \\ - 45 \end{smallmatrix} \, \Omega$ |
| <p>ANMERKUNG 1 Weder das Argument von <math>Z_{ce}</math> noch der Entkopplungsfaktor zwischen dem Anschluss zum Prüfling und dem Anschluss zu den Zusatz-/Hilfseinrichtungen sind separat festgelegt. Diese Faktoren sind bei der Anforderung berücksichtigt, dass die Grenzabweichung von <math> Z_{ce} </math> sowohl bei offenem als auch gegen Masse kurzgeschlossenem Zusatz-/Hilfseinrichtungs-Anschluss eingehalten werden muss.</p> <p>ANMERKUNG 2 Wenn die Verfahren der Einspeisung mit der Koppelzange verwendet werden, ohne dass die Anforderungen zur asymmetrischen Impedanz für die Zusatz-/Hilfseinrichtungen erfüllt werden, kann es sein, dass die Anforderungen an <math>Z_{ce}</math> nicht erfüllt werden. Die Verfahren der Einspeisung mit der Koppelzange können jedoch akzeptable Prüfergebnisse liefern, wenn der Anleitung nach 7.4 gefolgt wird.</p> |                                  |                                                                              |

### 6.2.1 Koppel-/Entkoppelnetzwerke

Diese Netzwerke fassen die Koppel- und Entkopplerschaltungen in einem Gehäuse zusammen und können für bestimmte ungeschirmte Leitungen verwendet werden, z. B. CDN-M1, CDN-M2, CDN-M3, CDN-T2, CDN-T4, CDN-AF-2, siehe Anhang D. Typische Anordnungen von Koppel-/Entkoppelnetzwerken sind in den Bildern 5c und 5d gezeigt. Diese Netzwerke dürfen die Nutzsignale nicht unabsichtlich beeinflussen. Einschränkungen können in den Produktnormen festgelegt werden.

#### 6.2.1.1 Koppel-/Entkoppelnetzwerke für Stromversorgungsleitungen

Für alle Stromversorgungsleitungen sollten Koppel-/Entkoppelnetzwerke verwendet werden. Bei Versorgungssystemen mit hoher Stromaufnahme ( $I \geq 16 \, \text{A}$ ) und/oder komplexen Stromversorgungssystemen (mehrphasiges Netz oder gleichzeitig vorhandene verschiedene Netzspannungen) dürfen jedoch andere Einkopplungsverfahren gewählt werden.

Das Prüfstörsignal muss in die Stromversorgungsleitungen über das Koppel-/Entkoppelnetzwerk CDN-M1 (ein Leiter), CDN-M2 (zwei Leiter) oder CDN-M3 (drei Leiter) oder gleichwertige Netzwerke eingespeist werden (siehe Anhang D). Ähnliche Netzwerke können für ein Drei-Phasen-Versorgungssystem definiert werden. Die Koppelschaltung ist in Bild 5c gezeigt.

Das Leistungsverhalten des Koppel-/Entkoppelnetzwerks darf aufgrund von Sättigung des magnetischen Materials infolge der Stromaufnahme des Prüflings nicht unabsichtlich beeinflusst werden. Soweit dies möglich ist, sollte die Konstruktion des Netzwerks sicherstellen, dass der magnetisierende Effekt des Vorwärtsstroms durch den magnetisierenden Effekt des Rückkehrstroms ausgelöscht wird.

Wenn in realen Anlagen (Installationen) die Stromversorgungsleitungen getrennt verlegt werden, müssen getrennte Koppel-/Entkoppelnetzwerke CDN-M1 verwendet werden und alle Eingangsanschlüsse müssen getrennt behandelt werden.

Wenn der Prüfling (z. B. aus Hochfrequenzgründen oder wegen hoher Ableitströme) mit weiteren Erdanschlüssen ausgestattet ist, müssen sie mit der Bezugsmassefläche verbunden werden:

- Über ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk CDN-M1, wenn die Eigenschaften oder Spezifikation des Prüflings dieses zulassen. In diesem Fall muss die Stromversorgung über ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk CDN-M3 angeschlossen werden.
- Wenn die Eigenschaften oder Spezifikation des Prüflings aus HF- oder anderen Gründen das Vorhandensein eines in Reihe mit dem Erdanschluss geschalteten Koppel-/Entkoppelnetzwerks CDN-M1 nicht zulassen, muss dieser Erdanschluss direkt mit der Bezugsmassefläche verbunden werden. In diesem Fall muss das Koppel-/Entkoppelnetzwerk CDN-M3 durch ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk

CDN-M2 ersetzt werden, um einen HF-Kurzschluss in der Einrichtung durch den Schutzleiter im Koppelnetzwerk zu vermeiden. Wenn das Gerät (die Einrichtung) bereits über Koppel-/Entkoppelnetzwerke CDN-M1 oder CDN-M2 versorgt wird, müssen diese weiterhin verwendet werden.

**Warnhinweis:** Die in den Koppel-/Entkoppelnetzwerken verwendeten Kondensatoren überbrücken spannungsführende Teile. Dies hat zur Folge, dass hohe Ableitströme auftreten können und die Schutzerdung der Koppel-/Entkoppelnetzwerke zur Bezugsmassefläche zwingend erforderlich ist (in einigen Fällen können diese Verbindungen durch die Konstruktion der Koppel-/Entkoppelnetzwerke sichergestellt werden).

#### 6.2.1.2 Koppel-/Entkoppelnetzwerke für ungeschirmte, symmetrisch betriebene Leitungen

Für die Einkopplung bzw. Entkopplung des Prüfstörsignals in ungeschirmte Leitungen mit symmetrisch betriebenen Leitern muss ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk CDN-T2, CDN-T4 oder CDN-T8 verwendet werden. Diese drei Möglichkeiten sind in den Bildern D.4, D.5 und D.6 des Anhangs D gezeigt.

- CDN-T2 für ein Kabel mit einem symmetrischen Leiterpaar (zwei Leiter);
- CDN-T4 für ein Kabel mit zwei symmetrischen Leiterpaaren (vier Leiter);
- CDN-T8 für ein Kabel mit vier symmetrischen Leiterpaaren (acht Leiter).

**ANMERKUNG** Andere CDN-Tx-Netzwerke können verwendet werden, sofern sie für den vorgesehenen Frequenzbereich geeignet sind und die Anforderungen nach 6.2 erfüllen. Zum Beispiel sollte die Unsymmetriedämpfung (en: LCL) der Koppel-/Entkoppelnetzwerke höher sein als die festgelegte Unsymmetriedämpfung der verwendeten Leitungen bzw. der an diese Leitungen angeschlossenen Geräte (Einrichtungen). Falls für die Leitung und das Gerät (die Einrichtung) unterschiedliche Unsymmetriedämpfungen festgelegt sind, gilt der niedrigere Wert. Bei Leitungen mit mehreren symmetrisch betriebenen Leiterpaaren muss häufig die Einspeisung mit der Koppelzange angewendet werden, weil geeignete Koppel-/Entkoppelnetzwerke nicht verfügbar sind.

#### 6.2.1.3 Koppel-/Entkoppelnetzwerke für ungeschirmte, unsymmetrisch betriebene Leitungen

Für die Einkopplung bzw. Entkopplung von störenden Signalen (Prüfstörsignalen) in eine ungeschirmte Leitung mit unsymmetrisch betriebenen Leitern kann ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk, wie es in Bild D.3 gezeigt ist, für ein einzelnes Leiterpaar verwendet werden.

**ANMERKUNG** Wenn kein geeignetes Koppel-/Entkoppelnetzwerk verfügbar ist, sollte die Einspeisung mit der Koppelzange verwendet werden.

### 6.2.2 Einspeisung mit der Koppelzange

Bei der Verwendung einer Koppelzange sind die Kopplungs- und Entkopplungsfunktionen getrennt. Die Einkopplung erfolgt durch die anklemmbare Zange, während die asymmetrische Impedanz und die Entkopplungsfunktion bei der Zusatz-/Hilfseinrichtung realisiert werden. Die Zusatz-/Hilfseinrichtungen werden dadurch Teil des Koppel-/Entkoppelnetzwerkes (siehe Bild 6). 7.3 enthält Anweisungen für die richtige Anwendung.

Wird eine EM-Koppelstrecke oder eine Stromzange verwendet, ohne dass die Einschränkungen nach 7.3 beachtet werden, so muss dem in 7.4 festgelegten Verfahren gefolgt werden. Hierbei muss die induzierte Spannung wie in 6.4.1 beschrieben eingestellt werden. Zusätzlich wird der resultierende Strom beobachtet und, falls erforderlich, nachgeregelt. Bei diesem Verfahren kann eine niedrigere asymmetrische Impedanz verwendet werden, jedoch wird der asymmetrische Strom auf den Wert begrenzt, der bei einer 150-Ω-Quelle fließen würde.

#### 6.2.2.1 Stromzange

Mittels dieses Gerätes wird eine induktive Einkopplung in die an den Prüfling angeschlossene Leitung erreicht. Für ein Windungsverhältnis von z. B. 5 : 1 kann die transformierte asymmetrische Reihenimpedanz im Verhältnis zu den 150 Ω, die durch die Zusatz-/Hilfseinrichtung realisiert werden, vernachlässigt werden. In diesem Fall wird die Ausgangsimpedanz des Generators (50 Ω) auf 2 Ω transformiert. Andere Windungsverhältnisse können verwendet werden, siehe Anhang A.

ANMERKUNG 1 Bei Verwendung einer Stromzange sollte sorgfältig darauf geachtet werden, dass die vom Leistungsverstärker (PA) erzeugten Oberschwingungen höherer Ordnung nicht mit höheren Werten am Prüflingsanschluss der Kopplungseinrichtung anstehen als das eigentliche Prüfsignal.

ANMERKUNG 2 Im Allgemeinen ist es notwendig, die Leitungen durch den Mittelpunkt der Zange zu führen, um die kapazitive Kopplung möglichst klein zu halten.

#### 6.2.2.2 EM-Koppelstrecke

Mittels der elektromagnetischen (EM-)Koppelstrecke wird sowohl eine kapazitive als auch induktive Einkopplung in die an den Prüfling angeschlossene Leitung erreicht. Der Aufbau und die Leistungsmerkmale der EM-Koppelstrecke sind im Anhang A beschrieben.

#### 6.2.3 Einrichtung für die direkte Kopplung

Das vom Prüfgenerator kommende Störsignal wird in geschirmte und koaxiale Leitungen über einen 100- $\Omega$ -Widerstand eingespeist (auch wenn der Schirm ungeerdet oder nur an einem Ende geerdet ist). Zwischen den Zusatz-/Hilfseinrichtungen und dem Einspeisungspunkt muss eine Entkoppeleinrichtung (siehe 6.2.4) so nahe wie möglich zum Einspeisungspunkt eingefügt werden (siehe Bild 5b). Zur Erhöhung der Entkopplung und zur Stabilisierung des Stromkreises muss eine Masseverbindung vom Schirm des Eingangs der für die direkte Kopplung verwendeten Einrichtung zur Bezugsmassefläche hergestellt werden. Diese Verbindung wird auf der Seite des Einspeisegerätes, auf der die Zusatz-/Hilfseinrichtung angeschlossen wird, hergestellt.

ANMERKUNG Wenn direkte Verbindungen zu Folienschirmen hergestellt werden, muss Vorsicht walten, dass eine gute Verbindung sichergestellt ist, um vertrauenswürdige Prüfergebnisse zu erhalten.

Für bestimmte einfache Anordnungen von geschirmten Leitungen darf das Entkoppelnetzwerk zusammen mit dem 100- $\Omega$ -Widerstand in einem Gehäuse untergebracht sein, wodurch ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk erzeugt wird.

#### 6.2.4 Entkoppelnetzwerk

Das Entkoppelnetzwerk enthält üblicherweise mehrere Induktivitäten, um über den gesamten Frequenzbereich eine hohe asymmetrische Impedanz zu erzeugen. Diese (Impedanz) ist durch die verwendeten Ferritmaterialien bestimmt. Die Induktivität muss bei 150 kHz mindestens 280  $\mu$ H betragen. Die Reaktanz muss dabei groß bleiben:  $\geq 260 \Omega$  bis 26 MHz und  $\geq 150 \Omega$  oberhalb 26 MHz. Die Induktivität kann entweder durch eine Spule mit mehreren Windungen auf einem Ferrit-Ringkern (siehe Bild 5d) oder durch eine Anzahl von Ferritringen auf einer Leitung (üblicherweise als Klemmröhre) erreicht werden.

Sofern in dieser Norm nichts anderes festgelegt ist, können die in Anhang D festgelegten Koppel-/Entkoppelnetzwerke als Entkoppelnetzwerke verwendet werden, wobei der HF-Eingang unbelastet bleibt. Wenn Koppel-/Entkoppelnetzwerke in dieser Weise verwendet werden, müssen sie die Anforderungen dieses Abschnitts erfüllen.

Die Entkoppelnetzwerke müssen bei allen Leitungen verwendet werden, die nicht geprüft werden, aber an den Prüfling und/oder die Zusatz-/Hilfseinrichtungen angeschlossen sind. Für Ausnahmen siehe 7.7.

### 6.3 Nachweis der asymmetrischen Impedanz am Prüflingsanschluss von Koppel-/Entkoppeleinrichtungen

Koppel-/Entkoppelnetzwerke werden durch die asymmetrische Impedanz  $|Z_{ce}|$  am Prüflingsanschluss charakterisiert. Ihr korrekter Wert ist Voraussetzung für die Wiederholbarkeit der Prüfergebnisse. Die asymmetrische Impedanz von Koppel-/Entkoppeleinrichtungen wird unter Verwendung des in Bild 7 gezeigten Prüfaufbaus nachgewiesen.

Das Koppel-/Entkoppeleinrichtung und die Impedanz-Bezugsplatte (siehe Bild 7a) müssen auf einer Bezugsmassefläche aufgebaut werden. Die Abmessungen der Bezugsmassefläche müssen die projizierte Geometrie des gesamten Prüfaufbaus um mindestens 0,2 m auf allen Seiten überragen.

Die Impedanz-Bezugsplatte muss an den Prüflingsanschluss des Koppel-/Entkoppelnetzwerks mit Hilfe einer Verbindung, die kürzer oder gleich 30 mm ist, angeschlossen werden, wie in Bild 7a gezeigt ist. Die Höhe der asymmetrischen Impedanz, wie sie vom Verbindungselement an der Impedanz-Bezugsplatte gesehen wird, muss gemessen werden.

Koppel-/Entkoppelnetzwerke müssen die Impedanzanforderungen nach Tabelle 3 erfüllen, während der Eingang mit einer 50-Ω-Last abgeschlossen ist und der Ausgang zu den Zusatz-/Hilfseinrichtungen nacheinander asymmetrisch mit einem Kurzschluss und im Leerlauf betrieben wird, wie in Bild 7b gezeigt. Diese Anforderung stellt eine ausreichende Dämpfung sicher und macht den Aufbau der Zusatz-/Hilfseinrichtungen, z. B. im Leerlauf oder kurzgeschlossen, unwesentlich.

Wenn die Einspeisung mit der Koppelzange oder die direkte Einspeisung verwendet wird, ist es unrealistisch, die asymmetrische Impedanz für jede Anordnung der mit dem Prüfling verbundenen Zusatz-/Hilfseinrichtungen nachzuweisen. Üblicherweise ist es ausreichend, dem in 7.3 festgelegten Verfahren zu folgen. In allen anderen Fällen muss das in 7.4 festgelegte Verfahren angewendet werden.

### 6.3.1 Einfügungsdämpfung des 150-Ω-zu-50-Ω-Übergangs

Nachdem der Prüfsignalgenerator vor Beginn der Prüfung aufgebaut worden ist, muss der Prüfpegel in einer Umgebung mit der asymmetrischen Impedanz 150 Ω nachgewiesen werden. Hierzu wird der geeignete Punkt, an dem diese asymmetrische Impedanz vorhanden ist, mit einem 50-Ω-Messgerät über einen 150-Ω-zu-50-Ω-Übergang (Adapter) verbunden, wie in Bild 7c gezeigt ist. Die Konstruktion des Übergangs (Adapters) ist in den Bildern 7c und 7d gezeigt.

Die Übergänge (Adapter) müssen auf einer Bezugsmassefläche angeordnet werden, die die projizierte Geometrie des gesamten Aufbaus um mindestens 0,2 m auf allen Seiten überragt. Die Einfügungsdämpfung wird entsprechend der Prinzipschaltung nach Bild 7c gemessen. Ihr Wert muss im Bereich  $(9,5 \pm 0,5)$  dB liegen (der theoretische Wert beträgt 9,5 dB entsprechend den zusätzlichen Reihenwiderständen, wenn in einem 50-Ω-System gemessen wird). Falls notwendig, muss die durch die Leitungen des Prüfaufbaus verursachte Dämpfung kompensiert werden. An den Ein- und Ausgängen der Empfänger und Generatoren sollten Dämpfungsglieder mit geeignetem Stehwellenverhältnis (en: VSWR) ( $\leq 1,2$ ) verwendet werden.

## 6.4 Einstellung des Prüfgenerators

Zur richtigen Einstellung des unmodulierten Prüfsignals muss das Verfahren nach 6.4.1 angewendet werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass der Prüfgenerator, die Koppel-/Entkoppeleinrichtungen und der 150-Ω-zu-50-Ω-Übergang (Adapter) die Anforderungen nach 6.1, 6.2 und 6.3.1 erfüllen.

**Warnhinweis:** Während der Einstellung des Prüfgenerators müssen alle anderen Verbindungen zum Prüflings- und Zusatz-/Hilfseinrichtungs-Anschluss der Koppel-/Entkoppeleinrichtungen außer denen, die benötigt werden (nach Bild 8), aufgetrennt sein, um Kurzschlüsse oder die Zerstörung der Messeinrichtung zu vermeiden.

Am Ausgang des Prüfgenerators wird zunächst der unmodulierte Träger (nach 6.4.1) eingestellt. Nachdem die richtige Einstellung durchgeführt wurde, wird die Modulation eingeschaltet und (mit einem Oszilloskop) überwacht.

Der Ausgangspegel des Prüfgenerators kann entweder durch Messung der Ausgangsleistung des Verstärkers oder am Signalgeneratorausgang bestimmt werden, solange die Stabilität der Prüfeinrichtung sichergestellt werden kann.

Der richtige Ausgangspegel muss für alle Prüffrequenzen, bei denen der Prüfling geprüft wird, bestimmt werden.

#### 6.4.1 Einstellung der Ausgangsspannung am Prüflingsanschluss der Koppereinrichtung

Der Prüfgenerator muss an den HF-Eingang der Koppereinrichtung angeschlossen werden. Der Prüflingsanschluss der Koppereinrichtung muss asymmetrisch über einen 150-Ω-zu-50-Ω-Übergang (Adapter) an eine Messeinrichtung, die eine Eingangsimpedanz von 50 Ω besitzt, angeschlossen werden. Der Zusatz-/Hilfseinrichtungs-Anschluss des Koppel-/Entkoppelnetzwerks muss asymmetrisch über einen 150-Ω-zu-50-Ω-Übergang (Adapter) abgeschlossen werden. Der Aufbau ist in Bild 8 für alle Koppel-/Entkoppereinrichtungen gezeigt.

**ANMERKUNG** Bei direkter Einspeisung ist die 150-Ω-Last am Zusatz-/Hilfseinrichtungs-Anschluss nicht erforderlich, da der Schirm auf der Seite des Zusatz-/Hilfseinrichtungs-Anschlusses direkt mit der Bezugsmassefläche verbunden ist.

Bei Verwendung des vorstehend beschriebenen Aufbaus muss der Prüfgenerator so eingestellt werden, dass sich am Spannungsmessgerät folgende Anzeige ergibt:

$$U_{mr} = (U_0/6) \pm 25 \% \text{ bei linearer Skala oder}$$

$$U_{mr} = U_0 - 15,6 \text{ dB} \pm 2 \text{ dB bei logarithmischer Skala.}$$

Diese Einstellung muss für jede einzelne Koppel-/Entkoppereinrichtung durchgeführt werden. Die Einstellwerte für den Prüfgenerator (Software-Parameter, Einstellungen des Dämpfungsglieds usw.) müssen festgehalten und für die Prüfung verwendet werden.

**ANMERKUNG 1**  $U_0$  ist die Prüfspannung nach Tabelle 1 und  $U_{mr}$  die gemessene Spannung, wie in 3.11 und Bild 8 definiert. Um Messfehler möglichst klein zu halten, wird die Ausgangsspannung mit einer 150-Ω-Last und nicht anhand der Leerlaufspannung  $U_0$  eingestellt.

**ANMERKUNG 2** Der Faktor 6 (15,6 dB) ergibt sich aus den für das Prüfsignal festgelegten EMK-Werten. An der Last ergibt sich bei Anpassung der halbe EMK-Wert, und der weitere Spannungsteilerfaktor 3 : 1 ergibt sich dadurch, dass der 150-Ω- zu 50-Ω-Übergang durch die Messeinrichtung mit 50 Ω abgeschlossen ist.

Wenn die Einstellung für die Stromzange in einem 50-Ω-Prüfsystem durchgeführt wird (siehe A.1), muss die Spannung  $U_{mr}$ , die über der 50-Ω-Last erscheint, um 6 dB kleiner als der erforderliche Prüfspannungspegel sein. In diesem Fall ergeben sich die gemessenen Spannungen oder resultierenden Ströme in der 50-Ω-Prüfhalterung wie folgt:

$$U_{mr} = (U_0/2) \pm 25 \% \text{ bei linearer Skala oder}$$

$$U_{mr} = U_0 - 6 \text{ dB} \pm 2 \text{ dB bei logarithmischer Skala.}$$

## 7 Prüfaufbau für Tisch- und Standgeräte

Der Prüfling wird auf einer isolierenden Unterlage von 0,1 m Höhe über einer Bezugsmassefläche aufgestellt. Alle abgehenden Leitungen des Prüflings müssen in einer Höhe von mindestens 30 mm über der Bezugsmassefläche gehalten werden.

Wenn das Gerät zum Einbau in eine (Schalt-)Tafel, in ein Gestell oder in eine Kabine vorgesehen ist, muss es in dieser Anordnung geprüft werden. Wenn eine Unterlage zur Unterstützung des ausgewählten Prüflings erforderlich ist, muss diese Unterlage aus nicht-metallischem, nicht-leitendem Material hergestellt sein. Die Erdung (Masseverbindung) des Prüflings muss im Einklang mit den Installationsanweisungen des Herstellers sein.

Wenn Koppel- und/oder Entkoppereinrichtungen erforderlich sind, müssen sie in einem Abstand zwischen 0,1 m und 0,3 m zum Prüfling angeordnet sein. Dieser Abstand muss waagrecht zur Projektion des Prüflings auf der Bezugsmassefläche zu der Koppel- und/oder Entkoppereinrichtung gemessen werden. Siehe Bilder 6, 9 und 10. Weitergehende Informationen sind in 7.1 bis 7.7 enthalten.

## 7.1 Regeln für die Auswahl des Einkopplungsverfahrens und der Prüfpunkte

Bei der Auswahl der Art und der Anzahl der Leitungen, die über Koppel-/Entkoppeleinrichtungen angeschlossen werden, muss die physikalische Konfiguration von typischen Installationsbedingungen (des Gerätes bzw. der Einrichtung) berücksichtigt werden, z. B. die wahrscheinliche Länge der längsten Leitungen.

Bei allen Prüfungen darf die gesamte Leitungslänge zwischen dem Prüfling und den Zusatz-/Hilfseinrichtungen (einschließlich der inneren Verkabelung jeglicher verwendeter Koppel-/Entkoppelnetzwerke) die vom Hersteller des Prüflings angegebene maximale Länge nicht überschreiten.

### 7.1.1 Einkopplungsverfahren

Bild 1 enthält Regeln für die Auswahl des Einkopplungsverfahrens.

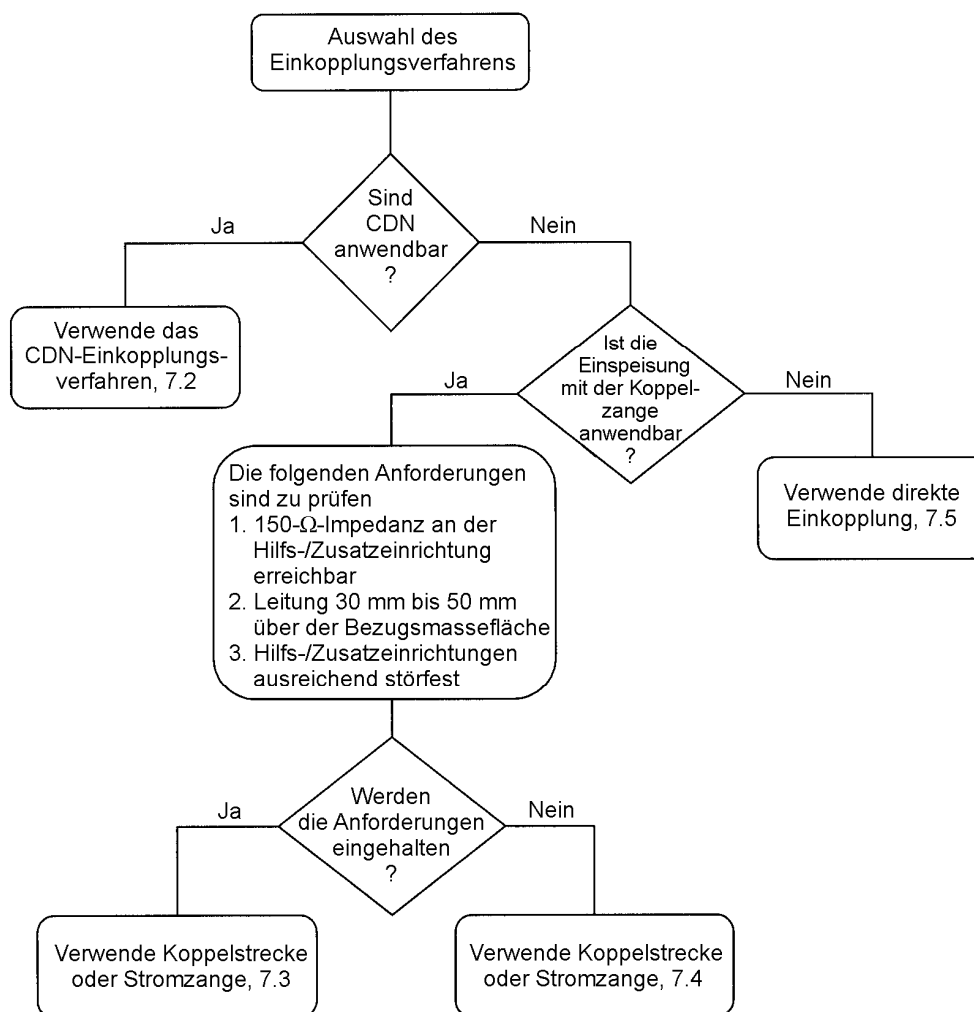


**Bild 1 – Regeln für die Auswahl des Einkopplungsverfahrens**

Sofern nichts anderes festgelegt ist, muss der Prüfling einschließlich der für die Prüfung ausgewählten Leitungen in einer Weise, die mit typischen Anwendungen im Einklang ist, konfiguriert, installiert, angeordnet und betrieben werden. Koppel-/Entkoppelnetzwerke, die in dieser Norm nicht aufgeführt sind, dürfen verwendet werden, sofern sie die Anforderungen dieser Norm erfüllen.