

	DIN EN 61000-4-6 (VDE 0847-4-6)	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
<p>ICS 33.100.20</p> <p>Ersatz für DIN EN 61000-4-6 (VDE 0847-4-6):2008-04 Siehe jedoch Beginn der Gültigkeit</p> <p>Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-6: Prüf- und Messverfahren – Störfestigkeit gegen leitungsgeführte Störgrößen, induziert durch hochfrequente Felder (IEC 61000-4-6:2008); Deutsche Fassung EN 61000-4-6:2009</p> <p>Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields (IEC 61000-4-6:2008); German version EN 61000-4-6:2009</p> <p>Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure – Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques (CEI 61000-4-6:2008); Version allemande EN 61000-4-6:2009</p> <p>Gesamtumfang 67 Seiten</p> <p>DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE</p>		

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2009-03-01 angenommene EN 61000-4-6 gilt als DIN-Norm ab 2009-12-01.

Daneben darf **DIN EN 61000-4-6 (VDE 0847-4-6):2008-04** noch bis 2012-03-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 61000-4-6 (VDE 0847-4-6):2008-10.

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium UK 767.3 „Hochfrequente Störgrößen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom SC 77B „High frequency phenomena“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem Datum (maintenance result date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu dieser Publikation angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Zur Information von Anwendern der vorhergehenden Ausgabe dieser Norm erfolgt nachfolgend der Abdruck des zur EN 61000-4-6:2007 herausgegebenen Interpretationsblatts 1:2009-02, das vom TC 210 „Electromagnetic compatibility“ des Europäischen Komitees für Elektrotechnische Normung (CENELEC) erarbeitet wurde. Zweck dieser Interpretation ist die Klarstellung des Verständnisses der Anwendung der in der Tabelle 1 angegebenen Prüfpegel der EN 61000-4-6:2007. Die Deutsche Fassung der EN 61000-4-6:2007 wurde als **DIN EN 61000-4-6 (VDE 0847-4-6):2008-04** veröffentlicht. Das Interpretationsblatt 1:2009 zur EN 61000-4-6:2007 wurde durch die im Rahmen dieser Norm veröffentlichte Neuauflage der EN 61000-4-6 (Ausgabe 2009-03) bereits wieder ersetzt.

Interpretationsblatt 1 zu**EN 61000-4-6:2007**

Deutsche Fassung

Vorwort

Dieses Interpretationsblatt zur Europäischen Norm EN 61000-4-6:2007 wurde vom Interpretationspanel des Technischen Komitees TC 210 „Electromagnetic compatibility (EMC)“ ausgearbeitet. Der Text des Entwurfes wurde dem Einstufigen Annahmeverfahren (UAP) unterworfen und von CENELEC am 2008-11-04 angenommen.

5 Prüfschärfegrade (Prüfpegel)**Tabelle 1** – Prüfschärfegrade (Prüfpegel)**Frage:**

Wie sind die Prüfpegel anzuwenden?

Interpretation:

Die Prüfpegel sind wie in der **Tabelle 1** angegeben oder in der Produktnorm festgelegt anzuwenden, ohne sie zu erhöhen, um Unsicherheiten bei der Einstellung des Ausgangspegels am Prüflingsanschluss des Koppelgeräts zu berücksichtigen. Der Prüfgenerator muss so eingestellt werden, dass der Nennwert von U_{mr} erzeugt wird, wie in **6.4.1** der EN 61000-4-6:2007 festgelegt.

Gültigkeit

Diese Interpretation behält so lange Gültigkeit, bis eine geänderte oder aktualisierte Norm, in welcher dieser Sachverhalt behandelt wird, von CENELEC herausgegeben wird.

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.

Frühere Ausgaben

DIN EN 61000-4-6 (VDE 0847-4-6): 1997-04, 2001-12, 2008-04

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 60050-131:2002	¹⁾	–
–	IEC 60050-161:1990	¹⁾	–
EN 55016-1-2:2004 + A1:2005 + A2:2006	IEC/CISPR 16-1-2:2003 + A1:2004 + A2:2006	DIN EN 55016-1-2 (VDE 0876-16-1-2):2007-08	VDE 0876-16-1-2
EN 55020:2007	IEC/CISPR 20:2006	DIN EN 55020 (VDE 0872-20):2007-09	VDE 0872-20
EN 61000-4-3:2006 + A1:2008	IEC 61000-4-3:2006 + A1:2007	DIN EN 61000-4-3 (VDE 0847-4-3):2008-06	VDE 0847-4-3

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 55016-1-2 (VDE 0876-16-1-2), Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 1-2: Geräte und Einrichtungen zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Zusatz-/Hilfseinrichtungen – Leitungsgeführte Störaussendung

DIN EN 55020 (VDE 0872-20), 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

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

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) –
Teil 4-6: Prüf- und Messverfahren –
Störfestigkeit gegen leitungsgeführte Störgrößen, induziert durch
hochfrequente Felder
(IEC 61000-4-6:2008)

Electromagnetic compatibility (EMC) –
Part 4-6: Testing and measurement techniques –
Immunity to conducted disturbances, induced by
radio-frequency fields
(IEC 61000-4-6:2008)

Compatibilité électromagnétique (CEM) –
Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure –
Immunité aux perturbations conduites, induites
par les champs radioélectriques
(CEI 61000-4-6:2008)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2009-03-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2009 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 61000-4-6:2009 D

Vorwort

Der Text des Schriftstücks IEC/SC/77B/571/FDIS, zukünftige 3. Ausgabe von IEC 61000-4-6, ausgearbeitet von dem SC 77B „High frequency phenomena“ des IEC/TC 77 „Electromagnetic compatibility“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2009-03-01 als EN 61000-4-6 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 61000-4-6:2007 + Corrigendum August 2007 + IS1:2009.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2009-12-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2012-03-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61000-4-6:2008 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

IEC 61000-4-3	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61000-4-3:2006 (nicht modifiziert).
IEC/CISPR 16-1-2	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 55016-1-2:2004 (nicht modifiziert).
IEC/CISPR 20	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 55020:2007 (nicht modifiziert).

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
Einleitung.....	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen.....	8
3 Begriffe.....	8
4 Allgemeines.....	10
5 Prüfschärfegrade (Prüfpegel).....	10
6 Prüfeinrichtung	11
6.1 Prüfgenerator	11
6.2 Koppel-/Entkoppeleinrichtungen	12
6.3 Nachweis der asymmetrischen Impedanz am Prüflingsanschluss von Koppel-/Entkoppeleinrichtungen	15
6.4 Einstellung des Prüfgenerators.....	15
7 Prüfaufbau für Tisch- und Standgeräte.....	17
7.1 Regeln für die Auswahl des Einkopplungsverfahrens und der Prüfpunkte	17
7.2 Verfahren für die Einspeisung mit dem Koppel-/Entkoppelnetzwerk.....	19
7.3 Verfahren für die Einspeisung mit der Koppelzange, wenn die Anforderungen zur asymmetrischen Impedanz erfüllt werden können	19
7.4 Verfahren für die Einspeisung mit der Koppelzange, wenn die Anforderungen zur asymmetrischen Impedanz nicht erfüllt werden können.....	20
7.5 Verfahren für die direkte Einspeisung.....	20
7.6 Prüflinge, die aus einer einzigen Einheit bestehen.....	21
7.7 Prüflinge, die aus mehreren Einheiten bestehen.....	21
8 Prüfverfahren	22
9 Bewertung der Prüfergebnisse	22
10 Prüfbericht.....	23
Anhang A (normativ) Zusätzliche Informationen zur Einspeisung mit der Koppelzange.....	34
A.1 Stromzange.....	34
A.2 EM-Koppelstrecke.....	34
A.3 Prüfaufbau.....	34
Anhang B (informativ) Auswahlkriterien für den anzuwendenden Frequenzbereich	39
Anhang C (informativ) Anleitung für die Auswahl der Prüfschärfegrade	41
Anhang D (informativ) Informationen über Koppel-/Entkoppelnetzwerke	42
D.1 Grundeigenschaften der Koppel-/Entkoppelnetzwerke	42
D.2 Beispiele von Koppel-/Entkoppelnetzwerken.....	42
Anhang E (informativ) Informationen zu den Anforderungen an den Prüfgenerator	46
Anhang F (informativ) Prüfaufbau für große Prüflinge	47
F.0 Einleitung	47
F.1 Prüfaufbau für große Prüflinge.....	47

	Seite
Anhang G (informativ) Messunsicherheit der Prüfeinrichtung.....	50
G.1 Allgemeines.....	50
G.2 Unsicherheitsbilanzen für die Prüfverfahren.....	50
G.2.1 Definition der Messgröße.....	50
G.2.2 Messunsicherheitsbeiträge der Messgröße.....	50
G.2.3 Berechnungsbeispiele für die erweiterte Messunsicherheit.....	52
G.3 Anwendung.....	61
G.4 Literaturhinweis.....	61
Literaturhinweise.....	62
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen.....	63
Bilder	
Bild 1 – Regeln für die Auswahl des Einkopplungsverfahrens.....	18
Bild 2a – Darstellung der elektromagnetischen Felder in der Nähe des Prüflings, die durch asymmetrische Ströme auf seinen Leitungen verursacht werden.....	24
Bild 2b – Prinzipschaltbild für Prüfungen der Störfestigkeit gegen leitungsgeführte HF-Störgrößen.....	25
Bild 2 – Prüfung der Störfestigkeit gegen leitungsgeführte HF-Störgrößen.....	25
Bild 3 – Aufbau des Prüfgenerators.....	26
Bild 4a – Unmoduliertes HF-Signal $U_{pp} = 2,82 \text{ V}$, $U_{rms} = 1,00 \text{ V}$	26
Bild 4b – Moduliertes HF-Signal 80 % AM $U_{pp} = 5,09 \text{ V}$, $U_{rms} = 1,12 \text{ V}$	26
Bild 4 – Definition der Wellenform am Ausgang des Prüflingsanschlusses einer Koppereinrichtung (EMK für Prüfschärfegrad 1).....	26
Bild 5a – Liste der in den nachfolgenden Aufbauten verwendeten Symbole.....	27
Bild 5b – Prinzip der direkten Einkopplung auf geschirmte Leitungen.....	27
Bild 5c – Prinzip der Einkopplung auf ungeschirmte Leitungen.....	28
Bild 5d – Prinzip der Entkopplung.....	28
Bild 5 – Prinzip der Kopplung und Entkopplung.....	28
Bild 6 – Prinzip der Kopplung und Entkopplung mit dem Koppelzangenverfahren.....	29
Bild 7a – Beispiel für die geometrischen Einzelheiten des Aufbaus zur Überprüfung der Impedanzeigenschaften der Koppel-/Entkoppelnetzwerke.....	29
Bild 7b – Prinzip des Aufbaus zur Überprüfung von Z_{ce} der Koppel-/Entkoppelnetzwerke.....	30
Bild 7c – Prinzip des Aufbaus zur Überprüfung der Einfügungsdämpfung von zwei 150-Ω-zu-50-Ω- Übergängen.....	30
Bild 7d – Schaltkreis des 150-Ω-zu-50-Ω-Übergangs.....	30
Bild 7e – Konstruktionsbild des 150-Ω-zu-50-Ω-Übergangs.....	30
Bild 7 – Einzelheiten der Aufbauten und Komponenten zur Überprüfung der wichtigsten Eigenschaften der Koppel-/Entkoppelnetzwerke und der 150-Ω-zu-50-Ω-Übergänge.....	30
Bild 8a – Festlegung des asymmetrischen Anschlusspunktes bei ungeschirmten Leitungen.....	31
Bild 8b – Festlegung des asymmetrischen Anschlusspunktes bei geschirmten Leitungen.....	31
Bild 8c – Aufbau zur Einstellung des Prüfpegels am Prüflingsanschluss von Koppel-/Entkoppereinrichtungen.....	31
Bild 8 – Aufbau zur Einstellung des Prüfpegels (siehe 6.4.1).....	31

	Seite
Bild 9 – Beispiel für den Prüfaufbau eines aus einer einzelnen Einheit bestehenden Prüflings.....	32
Bild 10 – Beispiel für den Prüfaufbau eines aus mehreren Einheiten bestehenden Gerätes.....	33
Bild A.1 – Schaltung für die Pegeleinstellung in einer 50-Ω-Haltevorrichtung.....	35
Bild A.2 – Konstruktion der 50-Ω-Haltevorrichtung	35
Bild A.3 – Einzelheiten der Konstruktion der EM-Koppelstrecke	36
Bild A.4 – Konzept der EM-Koppelstrecke (elektromagnetischen Koppelstrecke)	37
Bild A.5 – Koppelfaktor der EM-Koppelstrecke.....	37
Bild A.6 – Allgemeines Prinzip eines Prüfaufbaus mit Koppelzangen	38
Bild A.7 – Beispiel für die Anordnung des Prüflings auf der Massefläche bei Verwendung von Koppelzangen (Draufsicht)	38
Bild B.1 – Startfrequenz als Funktion von Leitungslänge und Größe des Gerätes (der Einrichtung)	40
Bild D.1 – Beispiel eines vereinfachten Schaltbildes für ein CDN-S1 für geschirmte Leitungen (siehe 6.2.1)	43
Bild D.2 – Beispiel eines vereinfachten Schaltbildes für ein CDN-M1/-M2/-M3 für ungeschirmte Stromversorgungsleitungen (siehe 6.2.1.1).....	43
Bild D.3 – Beispiel eines vereinfachten Schaltbildes für ein CDN-AF2 für ungeschirmte, unsymmetrisch betriebene Leitungen (siehe 6.2.1.3).....	44
Bild D.4 – Beispiel eines vereinfachten Schaltbildes für ein CDN-T2 für ungeschirmte, symmetrisch betriebene Leitungen (siehe 6.2.1.2)	44
Bild D.5 – Beispiel eines vereinfachten Schaltbildes für ein CDN-T4 für ungeschirmte, symmetrisch betriebene Leitungen (siehe 6.2.1.2)	45
Bild D.6 – Beispiel eines vereinfachten Schaltbildes für ein CDN-T8 für ungeschirmte, symmetrisch betriebene Leitungen (siehe 6.2.1.2)	45
Bild F.1 – Beispiel für den Prüfaufbau mit angehobener horizontaler Bezugsmassefläche zur Prüfung von großen Prüflingen	48
Bild F.2 – Beispiel für den Prüfaufbau mit vertikaler Bezugsmassefläche zur Prüfung von großen Prüflingen	49
Bild G.1 – Beispiel für Einflüsse auf das Messverfahren bei Verwendung von Koppel- /Entkoppelnetzwerken.....	51
Bild G.2 – Beispiel für Einflüsse auf das Messverfahren bei Verwendung von EM-Koppelstrecken	51
Bild G.3 – Beispiel für Einflüsse auf das Messverfahren bei Verwendung von Stromzangen.....	51
Bild G.4 – Beispiel für Einflüsse auf das Messverfahren bei Verwendung der direkten Einspeisung	52
Tabellen	
Tabelle 1 – Prüfschärfegrade (Prüfpegel)	10
Tabelle 2 – Eigenschaften des Prüfgenerators	11
Tabelle 3 – Hauptparameter der Kombination aus Koppel- und Entkoppeleinrichtung.....	12
Tabelle B.1 – Hauptparameter der Kombination aus Koppel- und Entkoppeleinrichtung, wenn der Frequenzbereich der Prüfung auf Frequenzen oberhalb 80 MHz erweitert wird.....	39
Tabelle E.1 – Erforderliche Ausgangsleistung des Leistungsverstärkers für ein Prüfsignal von 10 V	46
Tabelle G.1a – (Unsicherheitsbilanz des) Kalibrierungsvorgang(s) des Koppel-/Entkoppelnetzwerks	52
Tabelle G.1b – (Unsicherheitsbilanz des) Prüfverfahren(s) mit Koppel-/Entkoppelnetzwerk	53
Tabelle G.2a – (Unsicherheitsbilanz des) Kalibrierungsvorgang(s) der EM-Koppelstrecke.....	55
Tabelle G.2b – (Unsicherheitsbilanz des) Prüfverfahrens mit EM-Koppelstrecke	56

	Seite
Tabelle G.3a – (Unsicherheitsbilanz des) Kalibrierungsvorgangs der Stromzange.....	57
Tabelle G.3b – (Unsicherheitsbilanz des) Prüfverfahrens mit Stromzange	58
Tabelle G.4a – (Unsicherheitsbilanz des) Kalibrierungsvorgangs mit direkter Einkopplung	59
Tabelle G.4b – (Unsicherheitsbilanz des) Prüfverfahrens mit direkter Einkopplung.....	60

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 eine adäquate Wiederholpräzision zum Ziel, um eine quantitative Bewertung in verschiedenen Prüflaboratorien zu ermöglichen.

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 Begriffe nach IEC 60050(161) und die folgenden Begriffe.

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]

ANMERKUNG Der Aufbau sollte mit IEC/CISPR 16-1-2 übereinstimmen.

3.2

Zusatz-/Hilfseinrichtungen

AE

(en: auxiliary equipment)

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

3.3

Einspeisung über Koppelzange

die Einspeisung in die Leitung erfolgt durch Anlegen einer zangenartigen 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 durch Anlegen einer asymmetrischen Einheitsspannung zwischen der (den) Klemme(n) oder dem Schirm dieser Schnittstelle und einer Bezugsfläche (einem Bezugspunkt) bestimmt werden. 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 Prüflingsanschluss 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

3.8

Entkoppelnetzwerk

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

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 Messgerät abgelesener Wert der Spannung

3.12

Stehwellenverhältnis

VSWR

(en: voltage standing wave ratio)

Quotient aus Maximalwert und Minimalwert der Spannungsamplitude 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 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 Ω zur Bezugsmassefläche haben. Soweit möglich wird der Prüfling geprüft, indem er zwischen zwei Anschlüssen mit einer asymmetrischen Impedanz von 150 Ω 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 Strömen 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 erforderlich, die durch von Sendefunkanlagen absichtlich erzeugte elektromagnetische Felder verursacht werden.

Tabelle 1 – Prüfschärfegrade (Prüfpegel)

Frequenzbereich 150 kHz bis 80 MHz		
Prüfschärfegrad	Spannung (EMK)	
	U_0 dB(μV)	U_0 V
1	120	1
2	130	3
3	140	10
X ¹⁾	besondere Festlegung	
¹⁾ „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 entsprechenden Prüflingsanschluss zu erzeugen. Eine typische Anordnung umfasst die nachfolgenden Komponenten, 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 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* (feste Dämpfung ≥ 6 dB, $Z_0 = 50 \Omega$) mit ausreichender Bemessungsleistung. 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 Ω
Harmonische und Verzerrungen	Jede Nebenaussendungs-Spektrallinie muss mindestens 15 dB unter dem Trägerpegel liegen.
Amplitudenmodulation	Intern oder extern 80 % $\pm$ 5 % Modulationsgrad 1 kHz $\pm$ 10 % Sinuswelle
Ausgangspegel	ausreichend hoch, um den Prüfpegel abzudecken (siehe auch Anhang E)

6.2 Koppel-/Entkoppelinrichtungen

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

Koppel- und Entkoppelnetzwerke sind die bevorzugten Koppel- und Entkoppelinrichtungen aufgrund der durch sie erreichten Wiederholpräzision der Prüfung und dem durch sie erreichten Schutz von Zusatz-/Hilfs-einrichtungen. 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 Entkoppelinrichtung

Parameter	Frequenzband	
	0,15 MHz bis 26 MHz	26 MHz bis 80 MHz
$ Z_{ce} $	$150 \, \Omega \pm 20 \, \Omega$	$150 \, \Omega \begin{smallmatrix} + 60 \\ - 45 \end{smallmatrix} \, \Omega$

ANMERKUNG 1 Weder das Argument von Z_{ce} noch der Entkopplungsfaktor zwischen dem Anschluss zum Prüfling und dem Anschluss zu den Zusatz-/Hilfs-einrichtungen sind separat festgelegt. Diese Faktoren sind bei der Anforderung berücksichtigt, dass die Grenabweichung von $|Z_{ce}|$ sowohl bei offenem als auch gegen Masse kurzgeschlossenem Zusatz-/Hilfs-einrichtungs-Anschluss eingehalten werden muss.

ANMERKUNG 2 Wenn die Verfahren der Einspeisung mit der Koppelzange verwendet werden, ohne dass die Anforderungen zur asymmetrischen Impedanz für die Zusatz-/Hilfs-einrichtungen erfüllt werden, kann es sein, dass die Anforderungen an Z_{ce} nicht erfüllt werden. Die Verfahren der Einspeisung mit der Koppelzange können jedoch akzeptable Prüfergebnisse liefern, wenn der Anleitung nach 7.4 gefolgt wird.

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 unzulässig 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 verschiedene parallele Versorgungsspannungen) dürfen jedoch andere Einkoppelverfahren 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 Verhalten 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 Schutz-erdung 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 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 Koppelzange, 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 gemessen 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. Aufbau und Kenngrößen der EM-Koppelstrecke sind im [Anhang A](#) beschrieben.

6.2.3 Einrichtung für die direkte Kopplung

In geschirmten und koaxialen Leitungen wird das vom Prüfgenerator kommende Störsignal über einen 100-Ω-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 der Koppeleinrichtung 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-Ω-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 µH 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-Bezugsfläche (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-Bezugsfläche 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-Bezugsfläche 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 Reihewiderständen, 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 überprüft.

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 Koppeleinrichtung

Der Prüfgenerator muss an den HF-Eingang der Koppeleinrichtung angeschlossen werden. Der Prüflingsanschluss der Koppeleinrichtung 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-/Entkoppeleinrichtungsnetzwerks muss asymmetrisch über einen 150-Ω-zu-50-Ω-Übergang (Adapter) abgeschlossen werden. Der Aufbau ist in Bild 8 für alle Koppel-/Entkoppeleinrichtungen gezeigt.

ANMERKUNG 1 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-/Entkoppeleinrichtung durchgeführt werden. Die Einstellwerte für den Prüfgenerator (Software-Parameter, Einstellungen des Dämpfungsglieds usw.) müssen festgehalten und für die Prüfung verwendet werden.

ANMERKUNG 2 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 3 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 durch den 150-Ω-zu-50-Ω-Übergang, der 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 Entkoppeleinrichtungen 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 Entkoppeleinrichtung 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-/Hilfs-einrichtungen (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.