

	DIN EN 61000-4-6 (VDE 0847-4-6)	
	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.	
<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 style="text-align: right;">Gesamtumfang 67 Seiten</p> <p style="text-align: center;">DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE</p>		

DIN EN 61000-4-6 (VDE 0847-4-6):2009-12

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.

Deutsche Fassung

**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

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 Entkoppelrichtungen 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 150Ω zur Bezugsmassefläche haben. Soweit möglich wird der Prüfling geprüft, indem er zwischen zwei Anschlüssen mit einer asymmetrischen Impedanz von 150Ω 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-/Entkoppelinrichtung, 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(μ V)	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 Koppelinrichtung 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} $	$150 \Omega \pm 20 \Omega$	$150 \Omega \begin{matrix} + 60 \\ - 45 \end{matrix} \Omega$
<p>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 Grenzabweichung von Z_{ce} sowohl bei offenem als auch gegen Masse kurzgeschlossenem Zusatz-/Hilfs-einrichtungs-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-/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.</p>		

6.2.1 Koppel-/Entkoppelnetzwerke

Diese Netzwerke fassen die Koppel- und Entkoppelschaltungen 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 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 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 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 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 μ 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-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 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 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-/Entkoppelnetzwerks 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.

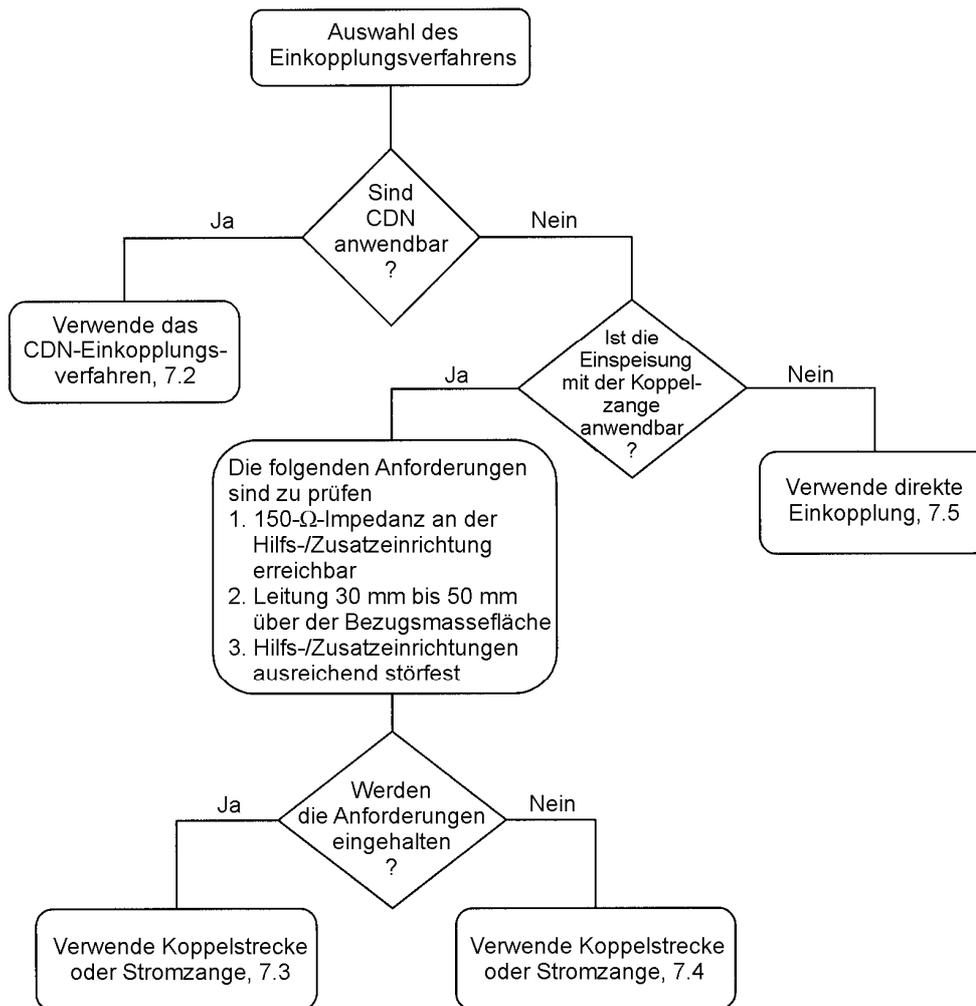


Bild 1 – Regeln für die Auswahl des Einkopplungsverfahrens

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.

Wenn mehrere vom Prüfling kommende Leitungen in enger Nachbarschaft über eine Länge von mehr als 10 m verlaufen oder vom Prüfling zu einem anderen Gerät (einer anderen Einrichtung) in einem Kabelschacht oder in einem Rohr verlaufen, sollten sie als eine Leitung behandelt werden.

Wenn ein Produktkomitee entscheidet, dass eine bestimmte Art von Koppel-/Entkoppelinrichtung besser geeignet ist für Leitungen, die mit einer bestimmten Produktfamilie, für die das Produktkomitee verantwortlich ist, verbunden sind, dann hat diese (auf einer technischen Grundlage begründete) Wahl Vorrang. Diese Koppel-/Entkoppelinrichtungen müssen in der Produktnorm beschrieben sein. Beispiele von Koppel-/Entkoppelnetzwerken sind im [Anhang D](#) beschrieben.

7.1.2 Zu prüfende Anschlüsse

Für jede Prüfung werden nur zwei 150-Ω-Netzwerke benötigt. Das Netzwerk, das zur Einkopplung des Prüfsignals verwendet wird, kann nacheinander mit den entsprechenden zu prüfenden Anschlüssen verbunden werden. Wenn ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk von einem Anschluss entfernt wird, kann es durch ein Entkoppelnetzwerk ersetzt werden.

Wenn der Prüfling mehrere gleichwertige Anschlüsse (gleiche elektronische Eingangs- und Ausgangsschaltungen, gleiche Lasten, gleiche angeschlossene Geräte bzw. Einrichtungen usw.) hat, muss wenigstens einer dieser Anschlüsse für die Prüfung ausgewählt werden, um sicherzustellen, dass alle verschiedenen Arten von Anschlüssen erfasst werden.

7.2 Verfahren für die Einspeisung mit dem Koppel-/Entkoppelnetzwerk

Wenn das Verfahren der Einspeisung mit dem Koppel-/Entkoppelnetzwerk verwendet wird, müssen die nachfolgenden Maßnahmen durchgeführt werden:

- Wenn die Zusatz-/Hilfseinrichtung über der Bezugsmasseplatte angeordnet ist, dann muss sie 0,1 m über der Bezugsmasseplatte platziert werden.
- Ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk muss mit dem Anschluss, der zur Prüfung vorgesehen ist, verbunden werden, und ein anderes, mit $50\ \Omega$ abgeschlossenes Koppel-/Entkoppelnetzwerk muss mit einem anderen Anschluss verbunden werden. An alle weiteren Anschlüsse, an die Leitungen angeschlossen sind, müssen Entkoppelnetzwerke angeschlossen werden. Auf diese Weise existiert nur eine Schleife, die an jedem Ende mit $150\ \Omega$ abgeschlossen ist.
- Das abzuschließende Koppel-/Entkoppelnetzwerk muss entsprechend der nachfolgenden Priorität ausgewählt werden:
 - 1) CDN-M1 zur Verbindung mit dem Erdanschluss;
 - 2) $CDN-S_n$ ($n = 1, 2, 3, \dots$), die am nächsten zum Einkopplungspunkt ist (kürzeste geometrische Entfernung zum geprüften Anschluss);
 - 3) CDN-M2, CDN-M3, CDN-M4 oder CDN-M5 zur Verbindung mit dem Netzanschluss (Stromversorgungsanschluss);
 - 4) andere CDN, die am nächsten zum Einkopplungspunkt ist (kürzeste geometrische Entfernung zum geprüften Anschluss).
- Wenn der Prüfling nur einen Anschluss besitzt, muss dieser Anschluss mit dem für die Einkopplung verwendeten Koppel-/Entkoppelnetzwerk verbunden werden.
- Wenn mindestens eine Zusatz-/Hilfseinrichtung mit dem Prüfling verbunden ist und nur ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk mit dem Prüfling verbunden werden kann, muss ein Anschluss der Zusatz-/Hilfseinrichtung mit einem entsprechend der vorstehenden Reihenfolge ausgewählten Koppel-/Entkoppelnetzwerk, das mit $50\ \Omega$ abgeschlossen ist, verbunden werden, und die anderen Verbindungen der Zusatz-/Hilfseinrichtungen müssen entkoppelt werden.

7.3 Verfahren für die Einspeisung mit der Koppelzange, wenn die Anforderungen zur asymmetrischen Impedanz erfüllt werden können

Wenn das Verfahren der Einspeisung mit der Koppelzange verwendet wird, müssen der Aufbau der Zusatz-/Hilfseinrichtungen die nach 6.2 erforderliche asymmetrische Impedanz so gut wie möglich realisieren. Jede Zusatz-/Hilfseinrichtung, die beim Verfahren der Einspeisung mit der Koppelzange verwendet wird, muss die funktionalen Installationsbedingungen so gut wie möglich nachbilden. Um die geforderte asymmetrische Impedanz möglichst zu erreichen, müssen die nachfolgenden Maßnahmen durchgeführt werden:

- Jede Zusatz-/Hilfseinrichtung, die beim Verfahren der Einspeisung mit der Koppelzange verwendet wird, muss auf einer isolierenden Unterlage in 0,1 m Höhe über der Bezugsmassefläche angeordnet werden.
- Mit Ausnahme der geprüften Leitung müssen Entkoppelnetzwerke in alle Leitungen zwischen dem Prüfling und der Zusatz-/Hilfseinrichtung eingefügt werden.
- Alle mit jeder Zusatz-/Hilfseinrichtung verbundenen Leitungen, außer denen, die mit dem Prüfling verbunden sind, müssen an Entkoppelnetzwerke angeschlossen werden, siehe 6.2.4 und Bild 6.
- Die mit jeder Zusatz-/Hilfseinrichtung verbundenen Entkoppelnetzwerke (mit Ausnahme derjenigen, die mit Leitungen zwischen dem Prüfling und der Zusatz-/Hilfseinrichtung verbunden sind) dürfen nicht weiter als 0,3 m von der Zusatz-/Hilfseinrichtung entfernt sein. Die Leitung(en) zwischen der Zusatz-/Hilfseinrichtung und dem (den) Entkoppelnetzwerk(en) sowie diejenigen zwischen der Zusatz-/Hilfseinrichtung und der Koppelzange dürfen weder gebündelt noch verdreht werden und müssen 30 mm bis 50 mm über der Bezugsmassefläche geführt werden (siehe Bild 6).

- Auf einer Seite der zu prüfenden Leitung befindet sich der Prüfling und auf der anderen Seite befindet sich die Zusatz-/Hilfseinrichtung. Es können Mehrfach-Koppel-/Entkoppelnetzwerke mit dem Prüfling und der Zusatz-/Hilfseinrichtung verbunden werden, jedoch darf nur ein mit dem Prüfling und ein mit der Zusatz-/Hilfseinrichtung verbundenes Koppel-/Entkoppelnetzwerk mit 50 Ω abgeschlossen werden. Der Abschluss des Koppel-/Entkoppelnetzwerks muss entsprechend der Priorität nach 7.2 ausgewählt werden.
- Wenn mehrere Koppelzangen verwendet werden, erfolgt die Einspeisung nacheinander auf jeder der für die Prüfung ausgewählten Leitungen. Die für die Prüfung mit der Koppelzange ausgewählten Leitungen, die jedoch zum gegenwärtigen Zeitpunkt der Prüfung nicht betrieben werden, müssen in Übereinstimmung mit 6.2.4 entkoppelt werden.

In allen anderen Fällen sollte dem Verfahren nach 7.4 gefolgt werden.

7.4 Verfahren für die Einspeisung mit der Koppelzange, wenn die Anforderungen zur asymmetrischen Impedanz nicht erfüllt werden können

Wenn das Verfahren der Einspeisung mit der Koppelzange verwendet wird, aber die Anforderungen zur asymmetrischen Impedanz auf der Seite des Zusatz-/Hilfseinrichtungs-Anschlusses nicht erfüllt werden können, ist es notwendig, dass die asymmetrische Impedanz der Zusatz-/Hilfseinrichtung kleiner oder gleich der asymmetrischen Impedanz des zu prüfenden Prüflingsanschlusses ist. Falls dies nicht der Fall ist, müssen am Zusatz-/Hilfseinrichtungs-Anschluss Maßnahmen (wie z. B. die Verwendung eines CDN-M1 oder eines 150-Ω-Widerstands zwischen der Zusatz-/Hilfseinrichtung und Masse) durchgeführt werden, um diese Bedingung zu erfüllen und Resonanzen zu verhindern. Für dieses Verfahren werden nachfolgend nur die relevanten Unterschiede zu den in 7.3 beschriebenen Maßnahmen aufgeführt:

- Jede Zusatz-/Hilfseinrichtung und der Prüfling, die beim Verfahren der Einspeisung mit der Koppelzange verwendet werden, müssen die funktionalen Installationsbedingungen so gut wie möglich erfüllen, z. B. muss der Prüfling entweder mit der Bezugsmassefläche verbunden oder auf einer isolierenden Unterlage aufgestellt werden (siehe Bilder A.6 und A.7).
- Mittels einer zusätzlichen Stromsonde (mit niedriger Einfügungsdämpfung), die zwischen der Koppelzange und dem Prüfling eingefügt wird, muss der aus der induzierten Spannung (eingestellt nach 6.4.1) resultierende Strom überwacht werden. Wenn der Strom den Nennstrom I_{\max} des Schaltkreises, definiert durch

$$I_{\max} = U_0 / 150 \Omega$$

überschreitet, muss der Ausgangspegel des Generators so weit verringert werden, bis der gemessene Strom den Wert I_{\max} erreicht.

Die geänderte Prüfspannung muss im Prüfbericht festgehalten werden.

Um die Wiederholbarkeit sicherzustellen, muss der Prüfaufbau im Prüfbericht vollständig beschrieben werden.

7.5 Verfahren für die direkte Einspeisung

Wenn das Verfahren der direkten Einspeisung auf geschirmte Leitungen verwendet wird, müssen die nachfolgenden Maßnahmen durchgeführt werden:

- Der Prüfling muss auf einer isolierenden Unterlage in 0,1 m Höhe über der Bezugsmassefläche angeordnet werden.
- In die zu prüfende Leitung muss ein Entkoppelnetzwerk zwischen dem Einspeisungspunkt und der Zusatz-/Hilfseinrichtung so nahe wie möglich zum Einspeisepunkt eingefügt werden. Ein zweiter Anschluss muss mit 150 Ω (Koppel-/Entkoppelnetzwerk mit 50 Ω Abschluss) abgeschlossen werden. Dieser Anschluss muss entsprechend der Reihenfolge der Vorrangigkeit nach 7.2 ausgewählt werden. In alle anderen Leitungen, die an den Prüfling angeschlossen sind, müssen Entkoppelnetzwerke eingefügt werden (wenn es offen gelassen (nicht abgeschlossen) wird, kann ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk als Entkoppelnetzwerk betrachtet werden).

- Der Einspeisungspunkt muss in einem Abstand von 0,1 m bis 0,3 m zur geometrischen Projektion des Prüflings auf die Bezugsmassefläche angeordnet sein.
- Das Prüfsignal muss direkt auf den Schirm der Leitung über einen 100-Ω-Widerstand eingespeist werden (siehe 6.2.3).

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

7.6 Prüflinge, die aus einer einzigen Einheit bestehen

Der Prüfling muss auf einer isolierenden Unterlage in 0,1 m Höhe über der Bezugsmassefläche aufgestellt werden. Bei Tischgeräten darf die Bezugsmassefläche auf einem Tisch angeordnet werden (siehe Bild 9).

In alle zu prüfenden Leitungen müssen Koppel-/Entkoppeleinrichtungen eingefügt werden (siehe 7.1.2). Die Koppel-/Entkoppeleinrichtungen müssen in einem Abstand von 0,1 m bis 0,3 m zum Prüfling auf der Bezugsmassefläche angeordnet sein und direkten Kontakt mit ihr haben. Die Leitungen zwischen den Koppel- und Entkoppeleinrichtungen und dem Prüfling müssen so kurz wie möglich sein und dürfen keinesfalls gebündelt oder verdrillt werden. Ihre Höhe über der Bezugsmassefläche muss zwischen 30 mm und 50 mm liegen.

Falls der Prüfling weitere Erdanschlüsse hat, müssen diese – falls das zulässig ist – mit der Bezugsmassefläche über das Koppel-/Entkoppelnetzwerk CDN-M1 verbunden werden, siehe 6.2.1.1 (z. B. ist der Zusatz-/Hilfseinrichtungs-Anschluss des CDN-M1 dann mit der Bezugsmassefläche verbunden).

Falls zum Prüfling eine Tastatur oder ein handgeführtes Zubehörteil gehört, muss die Handnachbildung auf die Tastatur gelegt oder um das handgeführte Zubehörteil gelegt und mit der Bezugsmassefläche verbunden werden.

Alle Zusatz-/Hilfseinrichtungen, die nach den Festlegungen des Produktkomitees für den bestimmungsgemäßen Betrieb des Prüflings erforderlich sind – wie z. B. Kommunikationsgeräte, Modems, Drucker, Messwertaufnehmer usw. –, als auch Zusatz-/Hilfseinrichtungen, die zur Datenübertragung und zur Bewertung der Funktionen notwendig sind, müssen mit dem Prüfling über Koppel- und/oder Entkoppelnetzwerke verbunden werden. Jedoch darf die Anzahl der zu prüfenden Leitungen so weit wie möglich begrenzt werden, allerdings sollte auf alle Arten von physikalischen Anschlüssen eingespeist werden.

7.7 Prüflinge, die aus mehreren Einheiten bestehen

Bei Prüflingen, die aus mehreren miteinander verbundenen Einheiten bestehen, muss nach einem der nachfolgenden Verfahren geprüft werden:

- **Bevorzugtes Verfahren:** Jede Einheit muss getrennt als ein Prüfling behandelt und geprüft werden (siehe 7.6), während alle anderen Einheiten als Zusatz-/Hilfseinrichtungen betrachtet werden. Die Koppel-/Entkoppeleinrichtungen (oder -netzwerke) müssen (nach 7.1) an die Leitungen derjenigen Einheit angeschlossen werden, die gerade als Prüfling betrachtet wird. Alle Einheiten müssen nacheinander geprüft werden.
- **Alternatives Verfahren:** Einheiten, die immer mit kurzen, z. B. höchstens 1 m langen, Leitungen verbunden und Teile der zu prüfenden Einrichtung sind, werden als ein einheitlicher Prüfling betrachtet. Auf ihren Verbindungsleitungen ist jedoch keine Prüfung der Störfestigkeit gegen leitungsgeführte Störgrößen durchzuführen, da sie als interne Leitungen des Systems betrachtet werden. Siehe Bild 10.

Alle Einheiten, die Bestandteil eines solchen Prüflings sind, müssen so nahe beieinander wie möglich, aber ohne gegenseitige Berührung, auf der isolierenden Unterlage 0,1 m über der Bezugsmassefläche angeordnet werden. Die Verbindungsleitungen zwischen diesen Einheiten müssen ebenfalls auf der isolierenden Unterlage angeordnet werden. Nicht abgeschlossene Koppel-/Entkoppelnetzwerke oder Entkoppeleinrichtungen müssen an alle anderen Leitungen des Prüflings angeschlossen werden, z. B. an Stromversorgungs- und an Verbindungsleitungen zu den Zusatz-/Hilfseinrichtungen (siehe 7.1).

8 Prüfverfahren

Der Prüfling muss innerhalb der für ihn festgelegten Betriebs- und klimatischen Bedingungen betrieben werden. Die Temperatur und die relative Luftfeuchte sollten im Prüfbericht festgehalten werden.

Die Abstrahlung durch den Prüfaufbau muss örtliche Funkentstörbestimmungen beachten. Falls die abgestrahlte Energie den zulässigen Pegel überschreitet, muss ein geschirmter Raum verwendet werden.

ANMERKUNG 1 Im Allgemeinen kann diese Prüfung ohne die Verwendung eines gut geschirmten Raumes durchgeführt werden, da durch die verwendeten Störpegel und durch die Geometrie des Prüfaufbaus keine Abstrahlungen hoher Energie zu erwarten sind. Das gilt insbesondere für niedrigere Frequenzen.

Zur Prüfung muss der Prüfgenerator nacheinander mit den Koppelinrichtungen (Koppel-/Entkoppelnetzwerk, EM-Koppelstrecke, Stromzange) verbunden werden. Alle anderen nicht geprüften Leitungen müssen entweder entfernt (wenn dies aus funktionalen Gesichtspunkten zulässig ist) oder nur mit Entkoppelnetzwerken oder nicht abgeschlossenen Koppel-/Entkoppelnetzwerken verbunden werden.

Um zu verhindern, dass Oberschwingungen (höherer Ordnung oder subharmonische Schwingungen) den Prüfling beeinflussen, kann ein Tiefpassfilter und/oder ein Hochpassfilter (z. B. mit Grenzfrequenz 100 kHz) am Ausgang des Generators erforderlich sein. Die Sperreigenschaften des Tiefpassfilters müssen ausreichend sein, um die Oberschwingungen so weit zu unterdrücken, dass sie die Prüfergebnisse nicht beeinflussen. Diese Filter müssen nach dem Generator eingefügt werden, bevor der Prüfpegel eingestellt wird (siehe 6.1 und 6.4.1).

Der Frequenzbereich wird von 150 kHz bis 80 MHz durchlaufen, wobei die während des Verfahrens der Prüfpegelstellung ermittelten Signalpegel verwendet und das Prüfstörsignal mit einem Sinus von 1 kHz und einer Tiefe von 80 % amplitudenmoduliert wird; der Durchlauf ist nur zu unterbrechen, um den HF-Signalpegel einzustellen oder Koppelinrichtungen nach Bedarf umzuschalten. Wenn der Frequenzbereich mit Frequenzschritten durchlaufen wird, darf die Schrittweite 1 % der vorhergehenden Frequenz (zu Beginn der Prüfung: 1 % der Ausgangsfrequenz) nicht überschreiten. Die Verweilzeit des amplitudenmodulierten Trägers bei jeder Frequenz darf nicht kleiner als die Zeit sein, die der Prüfling benötigt, um seine Betriebsfunktionen durchzuführen und entsprechend zu reagieren; sie darf aber nicht kleiner als 0,5 s sein. Kritische (empfindliche) Frequenzen (z. B. Taktfrequenzen) müssen getrennt analysiert werden.

ANMERKUNG 2 Da der Prüfling durch Transiente, die während der Frequenzschritte auftreten können, gestört werden kann, sollten Vorkehrungen getroffen werden, um solche Störungen zu vermeiden. Z. B. kann die Signalstärke vor der Frequenzänderung auf einen Wert, der einige wenige dB unter dem Prüfstörpegel liegt, verringert werden.

Es sollte versucht werden, während der Prüfung den Prüfling in allen seinen Funktionen zu betreiben und alle für die Prüfung ausgewählten Funktionen hinsichtlich ihrer Störfestigkeit zu untersuchen.

Die Verwendung von besonderen Betriebsprogrammen wird empfohlen.

Die Prüfung muss nach einem Prüfplan durchgeführt werden.

Es kann erforderlich sein, Vorversuche durchzuführen, um einige Aspekte des Prüfplanes zu ermitteln.

9 Bewertung der Prüfergebnisse

Die Prüfergebnisse müssen in Begriffen der Minderung oder des Ausfalls der Funktion oder des bestimmungsgemäßen Betriebsverhaltens des Prüflings in Bezug auf eine Betriebsqualität, die vom Hersteller oder dem Auftraggeber der Prüfung festgelegt oder zwischen dem Hersteller und dem Käufer des Produktes vereinbart wird, klassifiziert werden. Die nachfolgende Klassifizierung wird empfohlen:

- a) bestimmungsgemäßes Betriebsverhalten innerhalb der vom Hersteller, Auftraggeber oder Käufer festgelegten Grenzen;
- b) zeitlich begrenzter Ausfall oder zeitlich begrenzte Minderung der Funktion oder des bestimmungsgemäßen Betriebsverhaltens, der (die) nach dem Abklingen der Störgröße wieder abklingt; ab diesem

Zeitpunkt hat das Gerät (die Einrichtung) sein (ihr) bestimmungsgemäßes Betriebsverhalten von selbst, ohne Eingriff der Bedienperson, wiedererlangt;

- c) zeitlich begrenzter Ausfall oder zeitlich begrenzte Minderung der Funktion oder des bestimmungsgemäßen Betriebsverhaltens, für dessen (deren) Behebung ein Eingriff der Bedienperson erforderlich ist;
- d) Ausfall oder Minderung der Funktion oder des bestimmungsgemäßen Betriebsverhaltens, die (das) nicht mehr wiederhergestellt werden kann, da das Gerät (Bauteil) oder das Betriebsprogramm (Software) zerstört wurde oder Daten verloren gingen.

Die Herstellerspezifikation kann Auswirkungen auf die Funktion des Prüflings definieren, die als vernachlässigbar und deshalb als akzeptabel angesehen werden können.

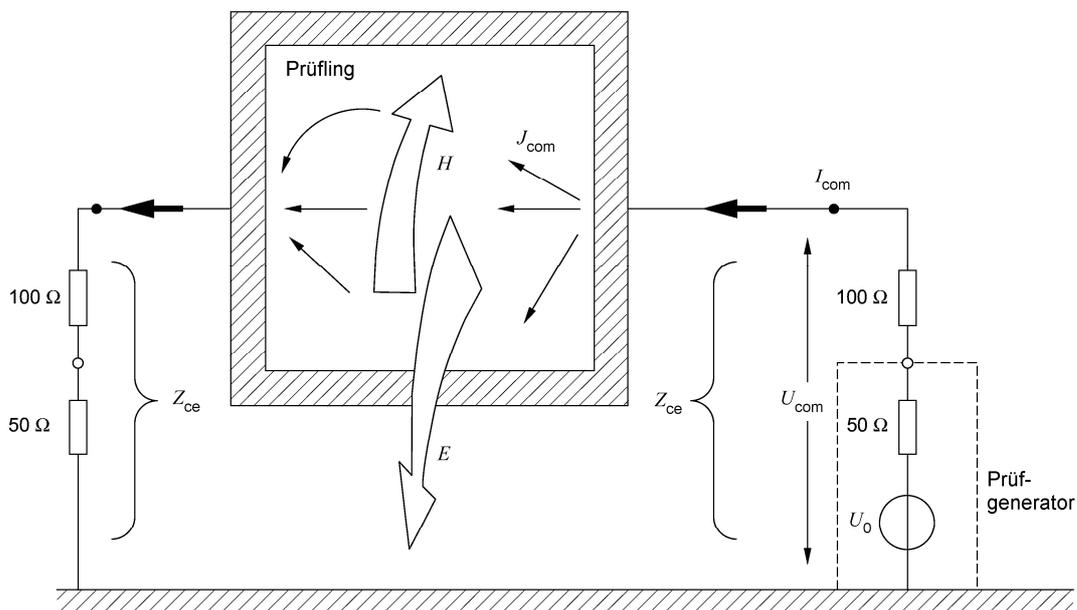
Diese Klassifikation kann als eine Anleitung für die Festlegung der Bewertungskriterien für das Betriebsverhalten durch (Technische) Komitees, die für Fachgrund-, Produkt- und/oder Produktfamiliennormen zuständig sind, oder als Rahmen für die Vereinbarung von Bewertungskriterien für das Betriebsverhalten zwischen dem Hersteller und dem Käufer verwendet werden, z. B. wenn keine geeigneten Fachgrund-, Produkt- oder Produktfamiliennormen vorhanden sind.

10 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss alle für die Wiederholbarkeit der Prüfung notwendigen Informationen enthalten. Insbesondere muss Folgendes festgehalten werden:

- Identifizierung des Prüflings und jeglicher zugehöriger Zusatz-/Hilfseinrichtungen, z. B. Markenname, Produkttyp, Seriennummer;
- die Größe (Maße) des Prüflings;
- repräsentative Betriebsbedingungen des Prüflings;
- ob der Prüfling als einzelne oder als mehrfache Einheit zu prüfen ist;
- die Arten der Verbindungsleitungen einschließlich ihrer Länge und der Anschluss des Prüflings, an den sie angeschlossen werden;
- jegliche besonderen Gebrauchsbedingungen, z. B. hinsichtlich der Kabellänge und des Kabeltyps, der Schirmung oder Erdung oder der Betriebsbedingungen des Prüflings, die zum Erreichen der Übereinstimmung mit den Anforderungen erforderlich sind;
- die Erholungszeit des Prüflings, falls erforderlich;
- die Art der verwendeten Prüfeinrichtung und die Position des Prüflings, der Zusatz-/Hilfseinrichtung(en) und der Koppel- und Entkoppeleinrichtungen;
- die Identifizierung der Prüfeinrichtung, z. B. Markenname, Produkttyp, Seriennummer;
- die für jede Leitung verwendeten Koppel- und Entkoppeleinrichtungen und ihre internen Leitungslängen;
- für jeden Anschluss, in den eingespeist wird, eine Angabe, welche Entkoppeleinrichtungen mit 50 Ω abgeschlossen wurden;
- eine Beschreibung des Verfahrens zum Betreiben des Prüflings;
- jegliche besonderen Bedingungen, die notwendig sind, um die Durchführung der Prüfung zu ermöglichen;
- der für die Prüfung angewendete Frequenzbereich;
- die Frequenzdurchlaufgeschwindigkeit, die Verweilzeit und die Frequenzschritte;
- der angewendete Prüfschärfegrad (Prüfpegel);
- die vom Hersteller, Auftraggeber oder Käufer festgelegte Betriebsqualität;
- die angewendeten Bewertungskriterien für das Betriebsverhalten;
- jegliche Auswirkungen auf den Prüfling, die während oder nach der Anwendung der Prüfstörgröße beobachtet wurden, und die Zeitdauer, für die diese Auswirkungen auftraten;

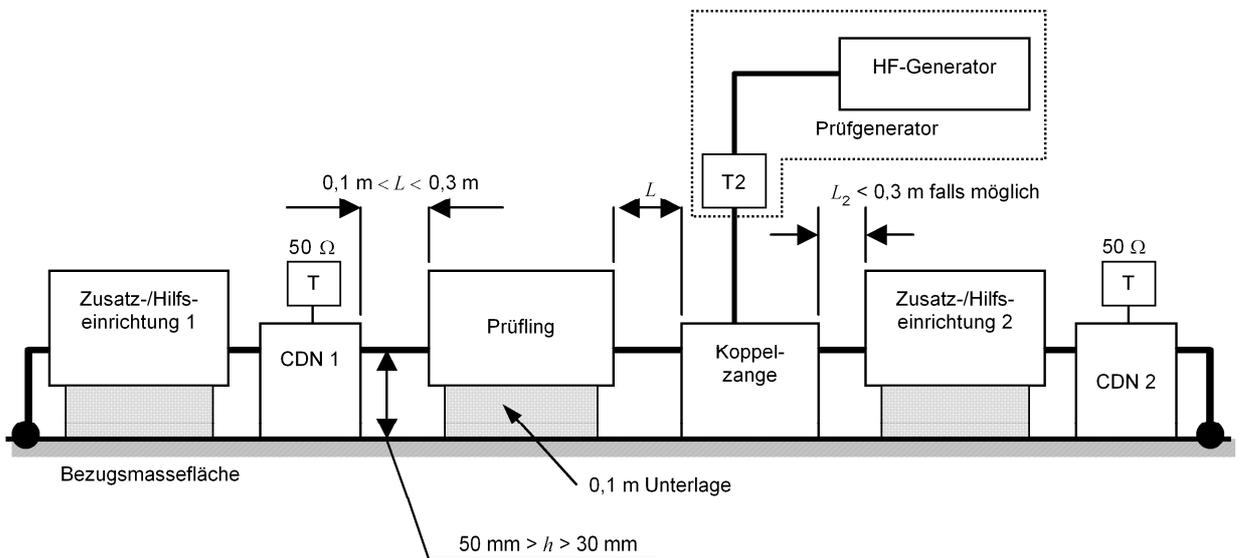
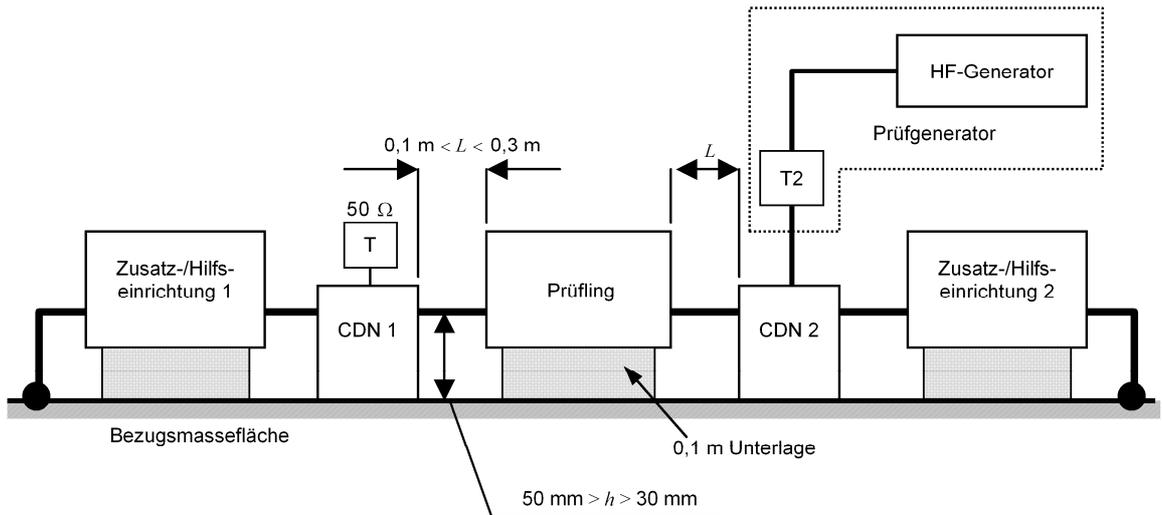
- die Begründung für die Entscheidung, dass die Prüfung bestanden/nicht bestanden wurde (auf der Grundlage der in der Fachgrund-, Produkt- oder Produktfamiliennorm festgelegten oder zwischen dem Hersteller und dem Käufer vereinbarten Bewertungskriterien für das Betriebsverhalten).



- Z_{ce} asymmetrischer Prüflingsanschlusspunkt des Koppel-/Entkoppelnetzwerkes, $Z_{ce} = 150 \Omega$
- U_0 Ausgangsspannung des Prüfgenerators (EMK)
- U_{com} asymmetrische Spannung zwischen Prüfling und Bezugs(masse)fläche
- I_{com} asymmetrischer Strom durch den Prüfling
- J_{com} Stromdichte auf leitender Oberfläche oder Ströme auf anderen Leitern im Prüfling
- E, H elektrische und magnetische Felder

ANMERKUNG Die 100-Ω-Widerstände werden durch die Koppel-/Entkoppelnetzwerke dargestellt. Der linke Eingang wird durch einen (passiven) 50-Ω-Lastwiderstand abgeschlossen, während der rechte Eingang durch die Quellimpedanz des Prüfgenerators belastet wird.

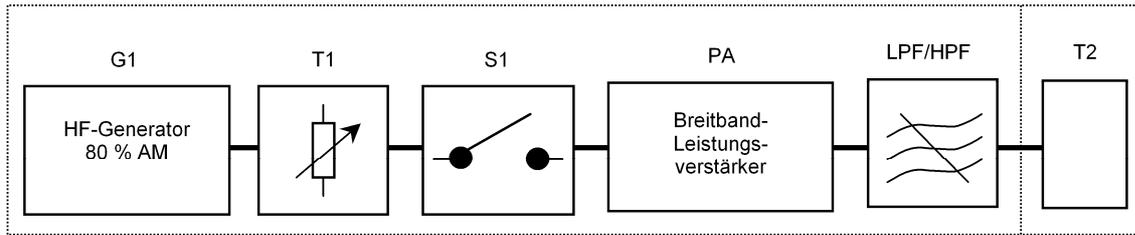
Bild 2a – Darstellung der elektromagnetischen Felder in der Nähe des Prüflings, die durch asymmetrische Ströme auf seinen Leitungen verursacht werden



- T 50-Ω-Abschluss
- T2 Leistungs-Dämpfungsglied (6 dB)
- CDN Koppel-/Entkoppelnetzwerk
- Einspeisezange: Stromzange oder EM-Koppelstrecke

Bild 2b – Prinzipschaltbild für Prüfungen der Störfestigkeit gegen leitungsgeführte HF-Störgrößen

Bild 2 – Prüfung der Störfestigkeit gegen leitungsgeführte HF-Störgrößen



- | | | | |
|---------|--|----|------------------------------|
| G1 | HF-Generator | T1 | variables Dämpfungsglied |
| PA | Breitband-Leistungsverstärker | T2 | festes Dämpfungsglied (6 dB) |
| LPF/HPF | Tiefpassfilter und/oder Hochpassfilter | S1 | HF-Schalter |

Bild 3 – Aufbau des Prüfgenerators

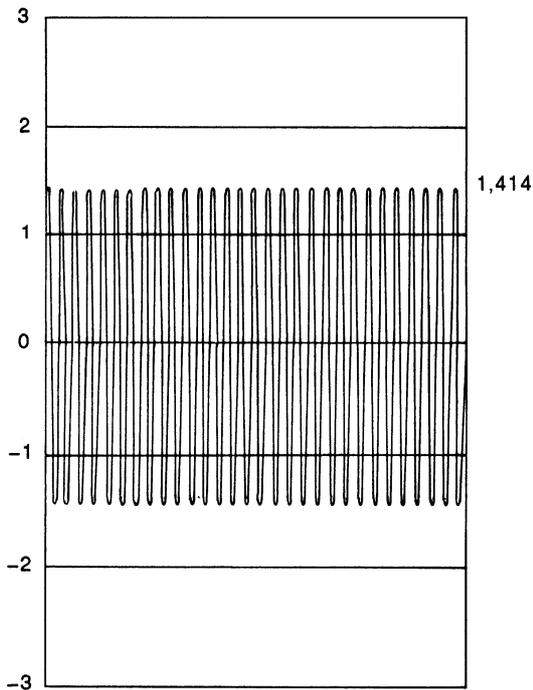


Bild 4a – Unmoduliertes HF-Signal
 $U_{pp} = 2,82 \text{ V}$, $U_{rms} = 1,00 \text{ V}$

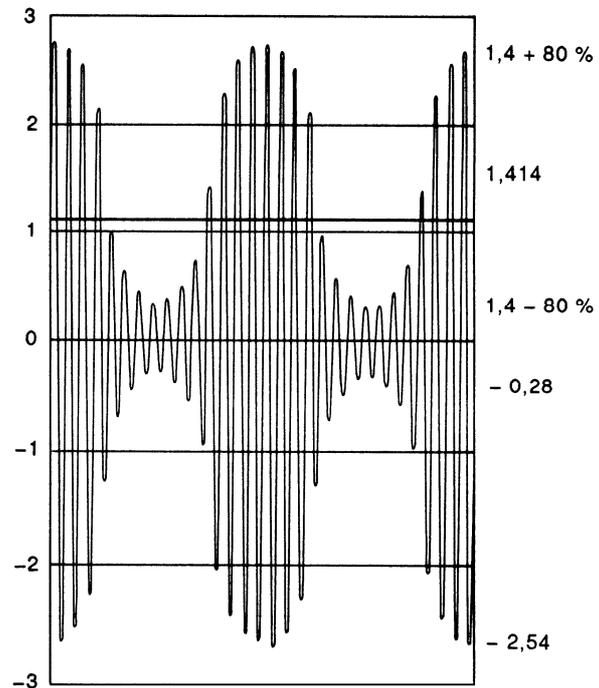


Bild 4b – Moduliertes HF-Signal 80 % AM
 $U_{pp} = 5,09 \text{ V}$, $U_{rms} = 1,12 \text{ V}$

Bild 4 – Definition der Wellenform am Ausgang des Prüflingsanschlusses einer Koppereinrichtung (EMK für Prüfschärfegrad 1)

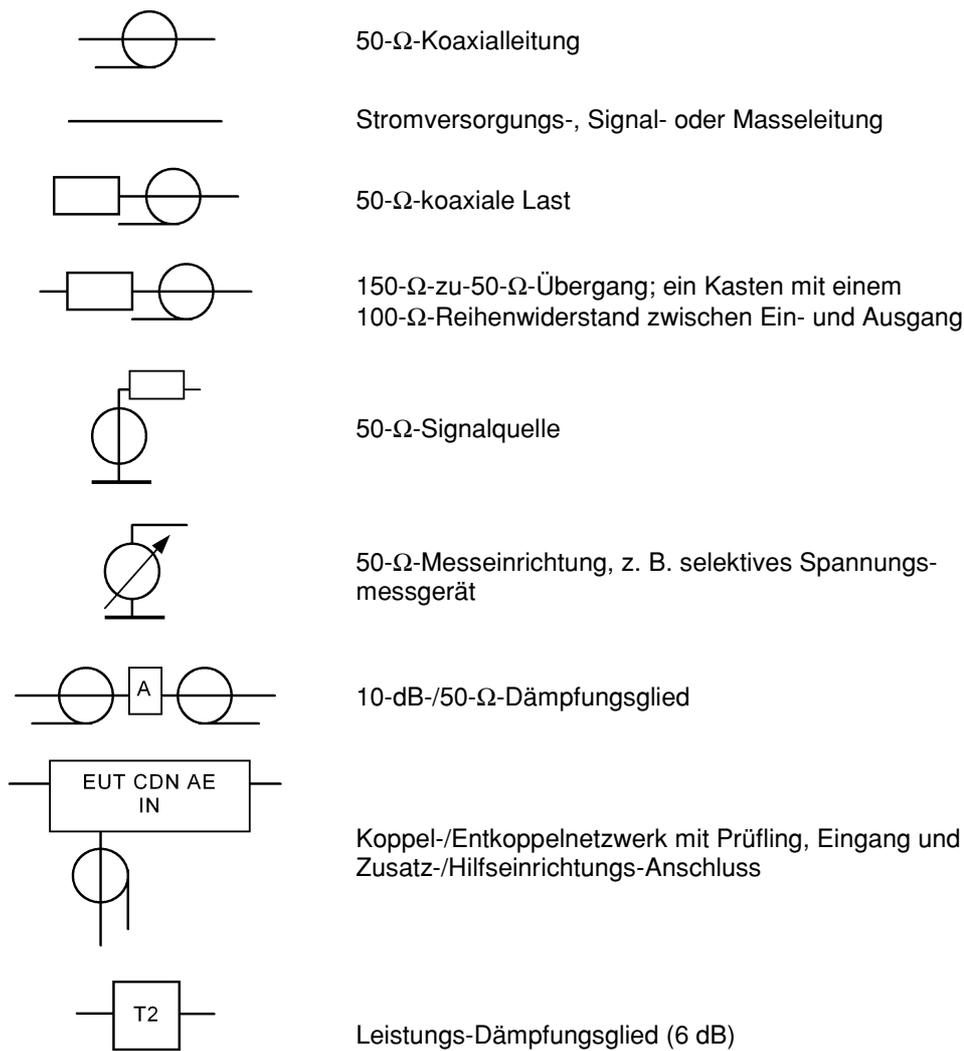


Bild 5a – Liste der in den nachfolgenden Aufbauten verwendeten Symbole

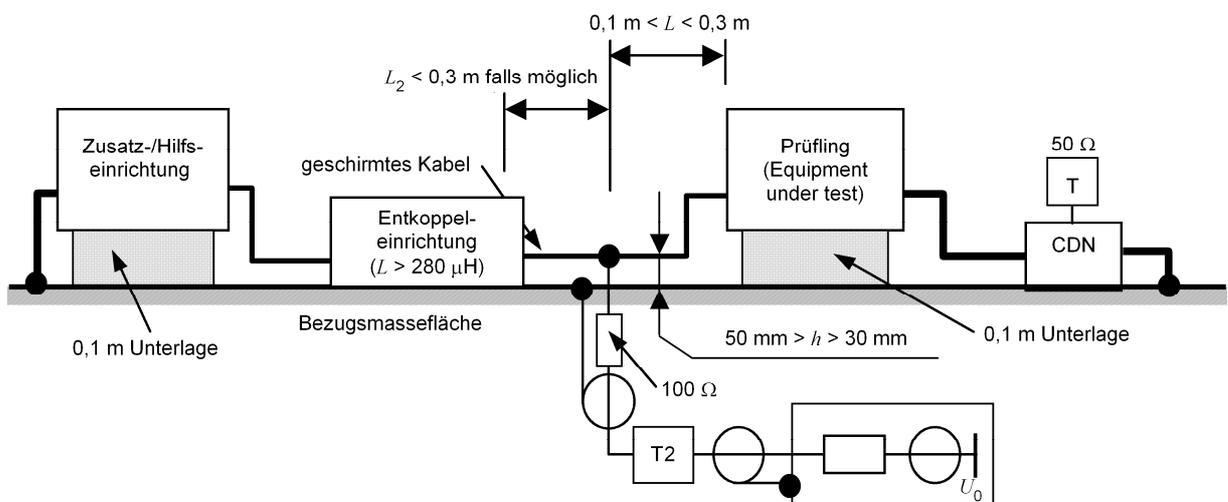


Bild 5b – Prinzip der direkten Einkopplung auf geschirmte Leitungen

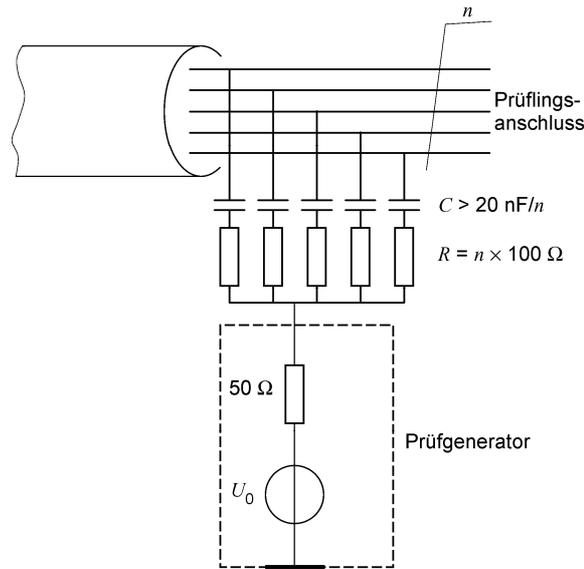
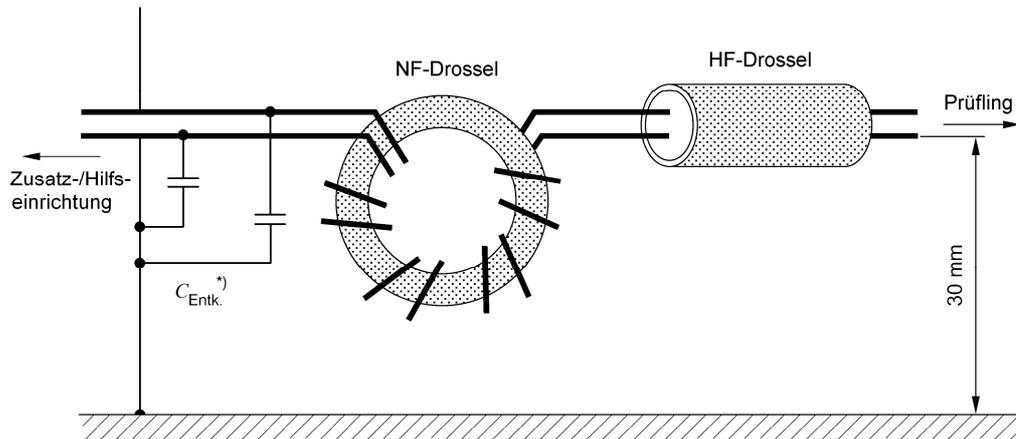


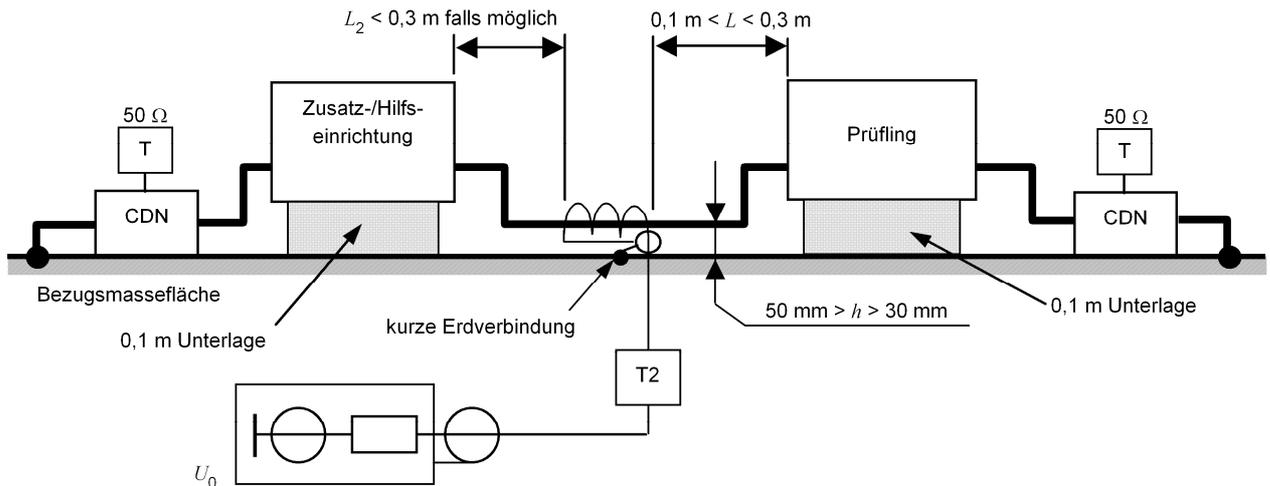
Bild 5c – Prinzip der Einkopplung auf ungeschirmte Leitungen



Beispiel: Typische Werte Entkoppelkapazität $C_{\text{Entk.}} = 47 \text{ nF}$ (nur bei ungeschirmten Leitungen), $L_{(150 \text{ kHz})} \geq 280 \text{ } \mu\text{H}$.
 NF-Drossel: 17 Windungen auf einem Ferrit-Ringkern, Material: NiZn, $\mu_r = 1\ 200$;
 HF-Drossel: 2 bis 4 Ferrit-Ringkerne (die ein Rohr bilden), Material: NiZn, $\mu_r = 700$.

Bild 5d – Prinzip der Entkopplung

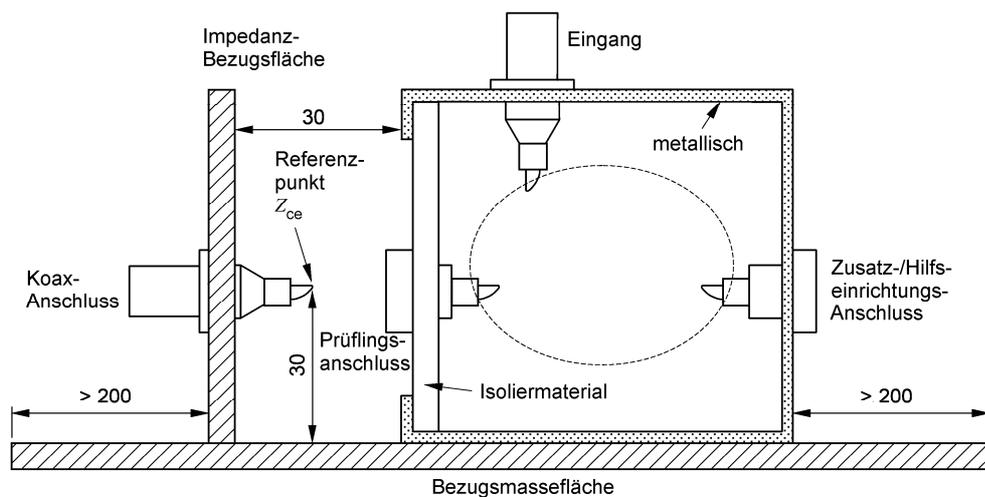
Bild 5 – Prinzip der Kopplung und Entkopplung



Das Koppel-/Entkoppelnetzwerk, das an die Zusatz-/Hilfs-einrichtung angeschlossen ist, z. B. CDN-M1, das an den entsprechenden Erdanschluss (Masseanschluss) angeschlossen ist, oder CDN-M3 muss am Eingang mit 50Ω abgeschlossen werden (siehe 7.4).

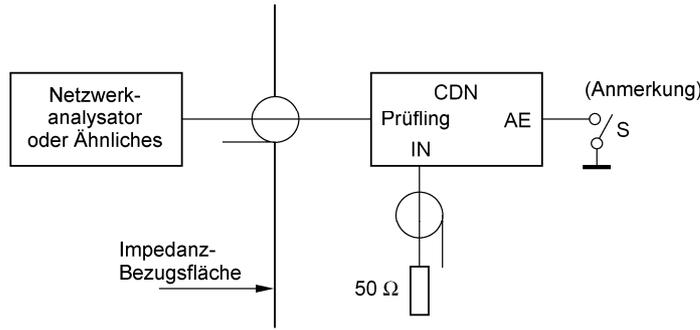
Bild 6 – Prinzip der Kopplung und Entkopplung mit dem Koppelzangenverfahren

Maße in Millimeter



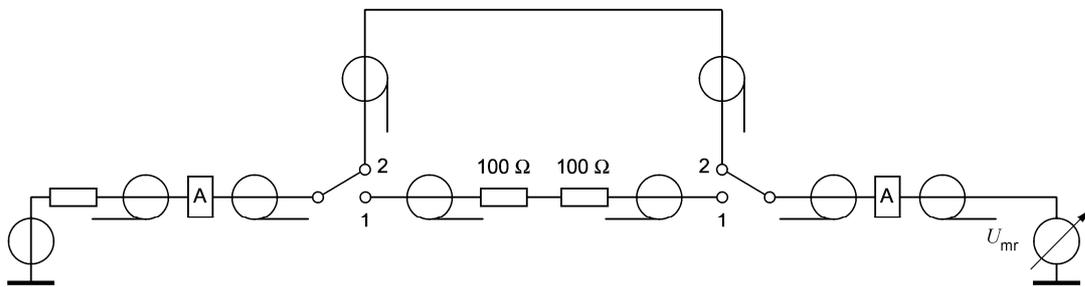
- Die Bezugsmassefläche muss die Koppel-/Entkoppelnetzwerke und andere Komponenten an allen Seiten um mindestens 0,2 m überragen.
- Der Prüflingsanschluss befindet sich 30 mm über der Bezugsmassefläche.
- Impedanz-Bezugsfläche (mit BNC-Stecker): $0,1 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$.
- Beide Flächen müssen aus Kupfer, Messing oder Aluminium sein und müssen guten HF-Kontakt haben.

Bild 7a – Beispiel für die geometrischen Einzelheiten des Aufbaus zur Überprüfung der Impedanzeigenschaften der Koppel-/Entkoppelnetzwerke



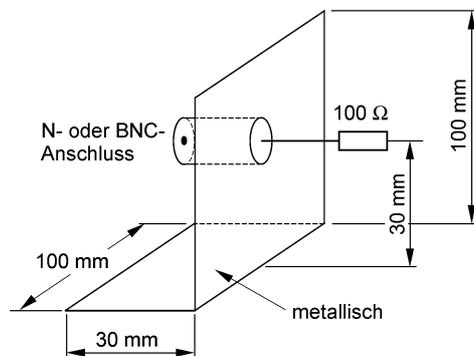
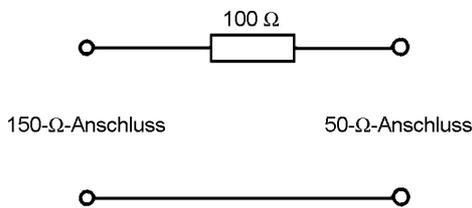
ANMERKUNG Die Anforderungen zur Impedanz müssen sowohl bei offenem als auch bei geschlossenem Schalter S erfüllt werden (siehe 6.3).

Bild 7b – Prinzip des Aufbaus zur Überprüfung von Z_{ce} der Koppel-/Entkoppelnetzwerke



$$\text{Einfügungsdämpfung [dB]} = U_{mr} (\text{Schalterstellung 2}) [\text{dB}(\mu\text{V})] - U_{mr} (\text{Schalterstellung 1}) [\text{dB}(\mu\text{V})]$$

Bild 7c – Prinzip des Aufbaus zur Überprüfung der Einfügungsdämpfung von zwei 150-Ω-zu-50-Ω-Übergängen



ANMERKUNG Induktivitätsarmer Widerstand:
 $P \geq 2,5 \text{ W}$

ANMERKUNG Identisch mit Bild 7a (Impedanz-Bezugsfläche), jedoch mit zusätzlichem, induktivitätsarmem 100-Ω-Widerstand

Bild 7d – Schaltkreis des 150-Ω-zu-50-Ω-Übergangs

Bild 7e – Konstruktionsbild des 150-Ω-zu-50-Ω-Übergangs

Bild 7 – Einzelheiten der Aufbauten und Komponenten zur Überprüfung der wichtigsten Eigenschaften der Koppel-/Entkoppelnetzwerke und der 150-Ω-zu-50-Ω-Übergänge

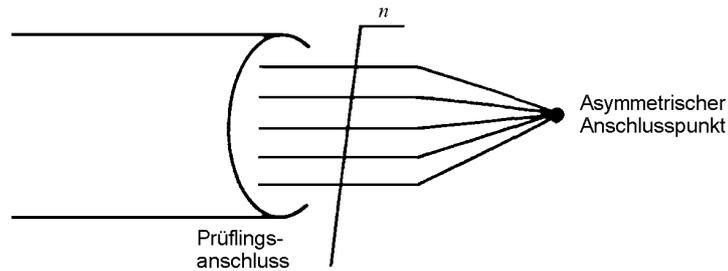


Bild 8a – Festlegung des asymmetrischen Anschlusspunktes bei ungeschirmten Leitungen

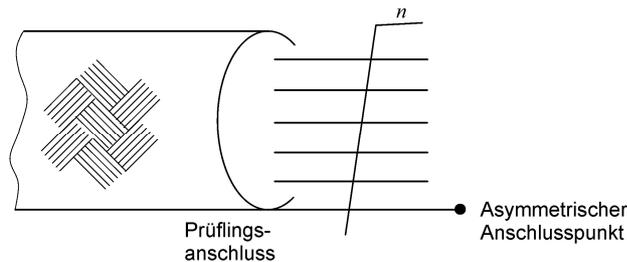
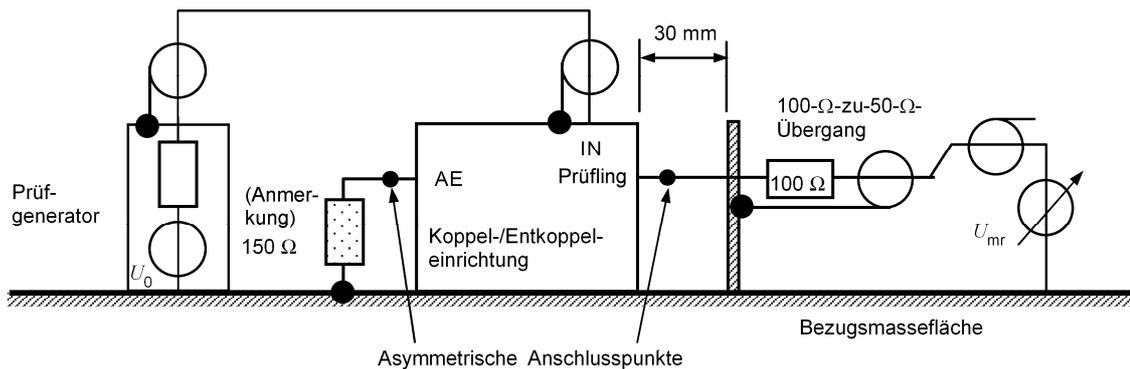


Bild 8b – Festlegung des asymmetrischen Anschlusspunktes bei geschirmten Leitungen



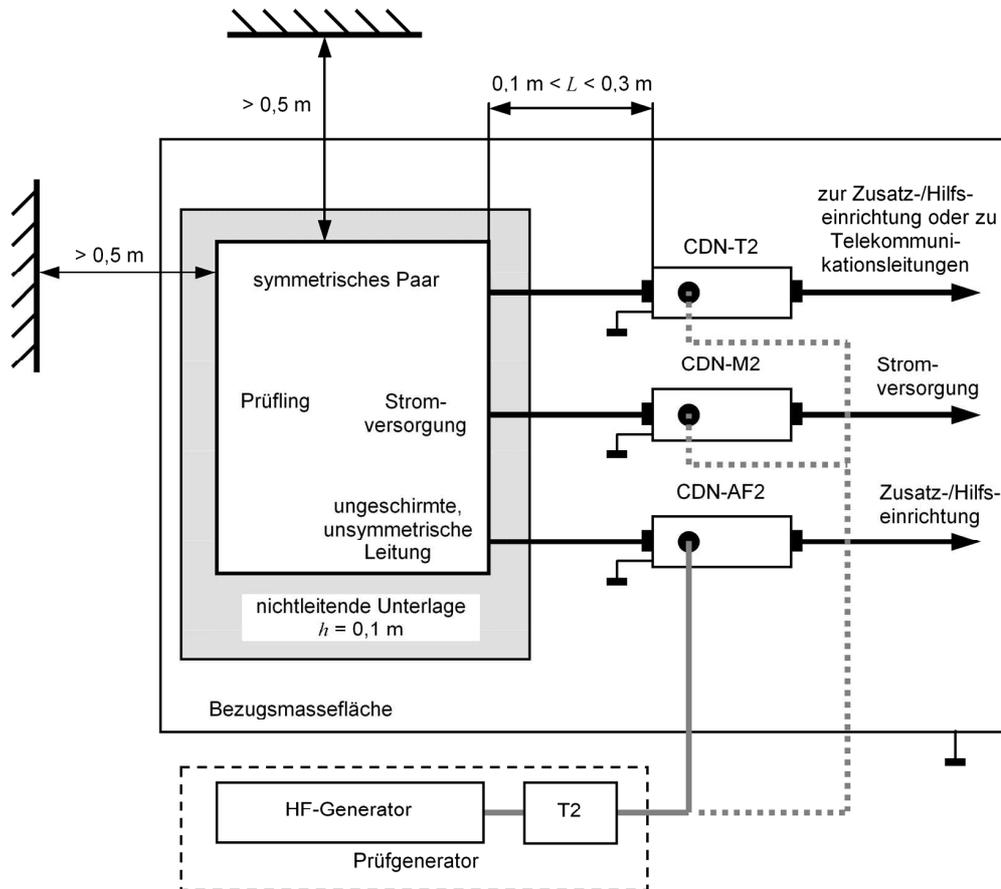
Beispiele für Koppel-/Entkoppeleinrichtungen:

- Koppel-/Entkoppelnetzwerke;
- Netzwerke zur direkten Einkopplung (mit Entkopplung);
- Koppelzange (Stromzange oder EM-Koppelstrecke).

ANMERKUNG Die 150-Ω-Last, z. B. ein mit 50 Ω abgeschlossener 150-Ω-zu-50-Ω-Übergang, am Zusatz-/Hilfs-einrichtungs-Anschluss darf nur bei ungeschirmten Leitungen angewendet werden (bei geschirmten Leitungen ist der Schirm an diesem Anschluss mit der Bezugsmassefläche verbunden).

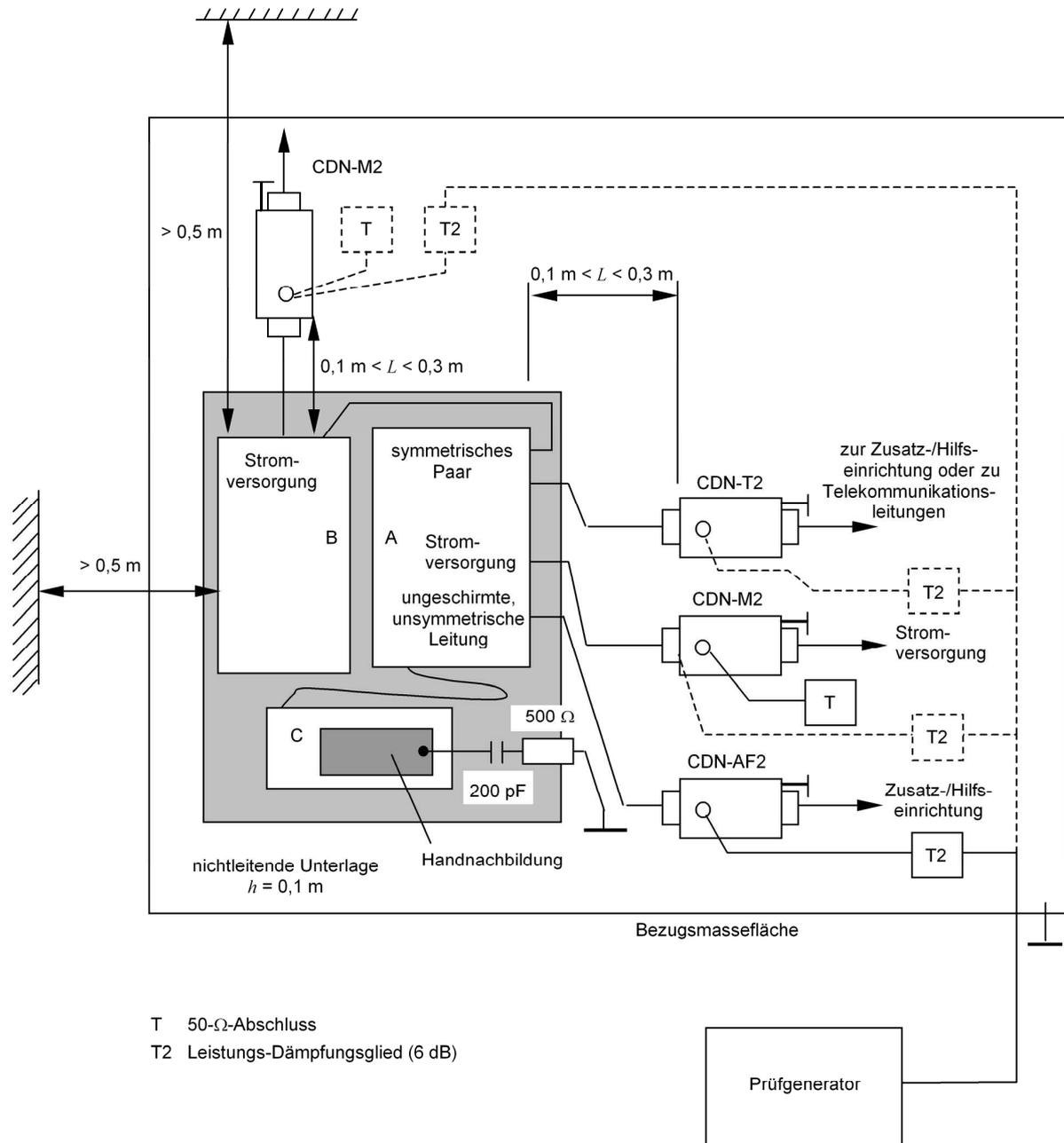
Bild 8c – Aufbau zur Einstellung des Prüfpegels am Prüflingsanschluss von Koppel-/Entkoppeleinrichtungen

Bild 8 – Aufbau zur Einstellung des Prüfpegels (siehe 6.4.1)



Der Abstand vom Prüfling zu jeglichen metallischen Gegenständen muss mindestens 0,5 m betragen.

Bild 9 – Beispiel für den Prüfaufbau eines aus einer einzelnen Einheit bestehenden Prüflings



Der Abstand vom Prüfling zu jeglichen metallischen Gegenständen muss mindestens 0,5 m betragen.

Nur eines der für die Einspeisung nicht benutzten Koppel-/Entkoppelnetzwerke muss mit 50 Ω abgeschlossen werden, womit nur ein Rückstrompfad zur Verfügung gestellt wird. Alle anderen Koppel-/Entkoppelnetzwerke müssen als Entkoppelnetzwerke gekoppelt werden.

Zum Prüfling gehörende Verbindungsleitungen (≤ 1 m) müssen auf der isolierenden Unterlage angeordnet werden.

Bild 10 – Beispiel für den Prüfaufbau eines aus mehreren Einheiten bestehenden Gerätes

Anhang A (normativ)

Zusätzliche Informationen zur Einspeisung mit der Koppelzange

A.1 Stromzange

Das erforderliche Merkmal für eine Stromzange ist, dass der Übertragungsverlust der Haltevorrichtung 1 dB nicht überschreitet, wenn die Prüfung in einem 50- Ω -System mit installierter und an ihrem Eingang mit 50 Ω abgeschlossener Stromzange erfolgt. Eine Schaltung für die PegelEinstellung ist in [Bild A.1](#) gezeigt und eine Zeichnung der Haltevorrichtung ist in [Bild A.2](#) gegeben.

Der Prüfpegel, mit dem die Stromzange betrieben wird, wird vor der Prüfung eingestellt. Das Verfahren der PrüfpegelEinstellung ist in [6.4.1](#) und [Bild 8](#) angegeben. Falls die Einstellung des Prüfpegels nicht in einem 150- Ω -System erfolgt, sondern in einer 50- Ω -Haltevorrichtung, muss nach dem folgenden Verfahren vorgegangen werden:

- Der Schirm der Leitung, der am Eingang der Koppelzange angeschlossen wird, muss auch mit der Bezugs(masse)fläche der Haltevorrichtung niederohmig verbunden werden.
- Die Haltevorrichtung muss an einem Ende mit einer koaxialen Last von 50 Ω und am anderen Ende mit einem Leistungs-Dämpfungsglied mit einem Stehwellenverhältnis, das kleiner als 1,2 über dem interessierenden Frequenzbereich ist, abgeschlossen werden. Das Leistungs-Dämpfungsglied muss mit dem 50- Ω -Eingang des HF-Spannungsmessgerätes oder HF-Spektrumanalysators verbunden werden.
- Der Ausgangspegel des Prüfgenerators muss so weit erhöht werden, bis der auf den Ausgangs-Steckverbinder der Haltevorrichtung bezogene HF-Spannungspegel den geforderten Prüfpegel $U_0 - 6$ dB erreicht, siehe [6.4.1](#). Der Ausgangspegel des Prüfgenerators muss für jeden Frequenzschritt festgehalten werden.

A.2 EM-Koppelstrecke

Aufbau und Blockschaltbild der EM-Koppelstrecke sind in den [Bildern A.3, A.4](#) und [A.5](#) gezeigt.

Die EM-Koppelstrecke hat (im Gegensatz zu gewöhnlichen Koppelzangen für die Stromeinspeisung) eine Richtwirkung von ≥ 10 dB oberhalb 10 MHz, so dass eine definierte Impedanz zwischen dem asymmetrischen Anschlusspunkt der Hilfs-/Zusatzeinrichtung und der Bezugsmassefläche nicht länger erforderlich ist. Oberhalb 10 MHz ist das Verhalten der EM-Koppelstrecke deshalb ähnlich zu dem von Koppel-/Entkoppelnetzwerken.

Das Verfahren für die PegelEinstellung bei einer EM-Koppelstrecke muss nach [6.4.1](#) in einem 150- Ω -System durchgeführt werden, wie in [Bild 8](#) gezeigt ist.

A.3 Prüfaufbau

Zur Durchführung der Prüfung muss die Stromzange bzw. Koppelstrecke auf der zu prüfenden Leitung angebracht werden. Die Stromzange bzw. Koppelstrecke muss hierbei mit dem Prüfgeneratorpegel betrieben werden, der vorher während des Verfahrens der PrüfpegelEinstellung ermittelt wurde.

Während der Prüfung muss eine Masseverbindung vom Schirmanschluss der Eingangsseite der Stromzange bzw. von der Masseschiene der EM-Koppelstrecke zur Bezugsmassefläche hergestellt werden (siehe [Bilder A.6](#) und [A.7](#)).

Falls während der Prüfung mit der Stromzange bzw. Koppelstrecke der gemessene Strom den Nennstrom überschreitet (siehe [7.4](#)), muss der Ausgangspegel des Generators verringert werden, bis der gemessene Strom gleich dem Nennstrom ist. Der verringerte Ausgangspegel des Prüfgenerators muss im Prüfbericht festgehalten werden.

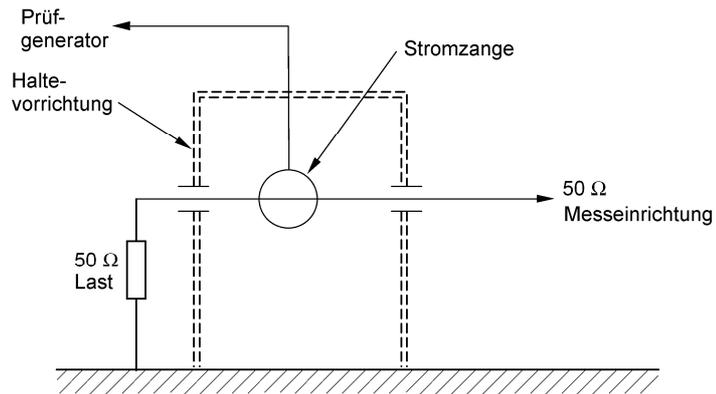
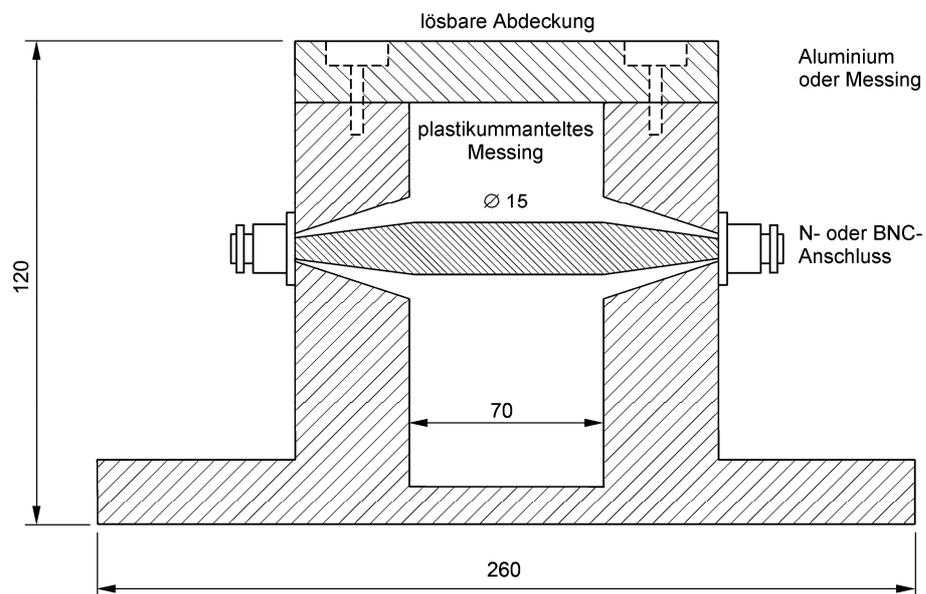


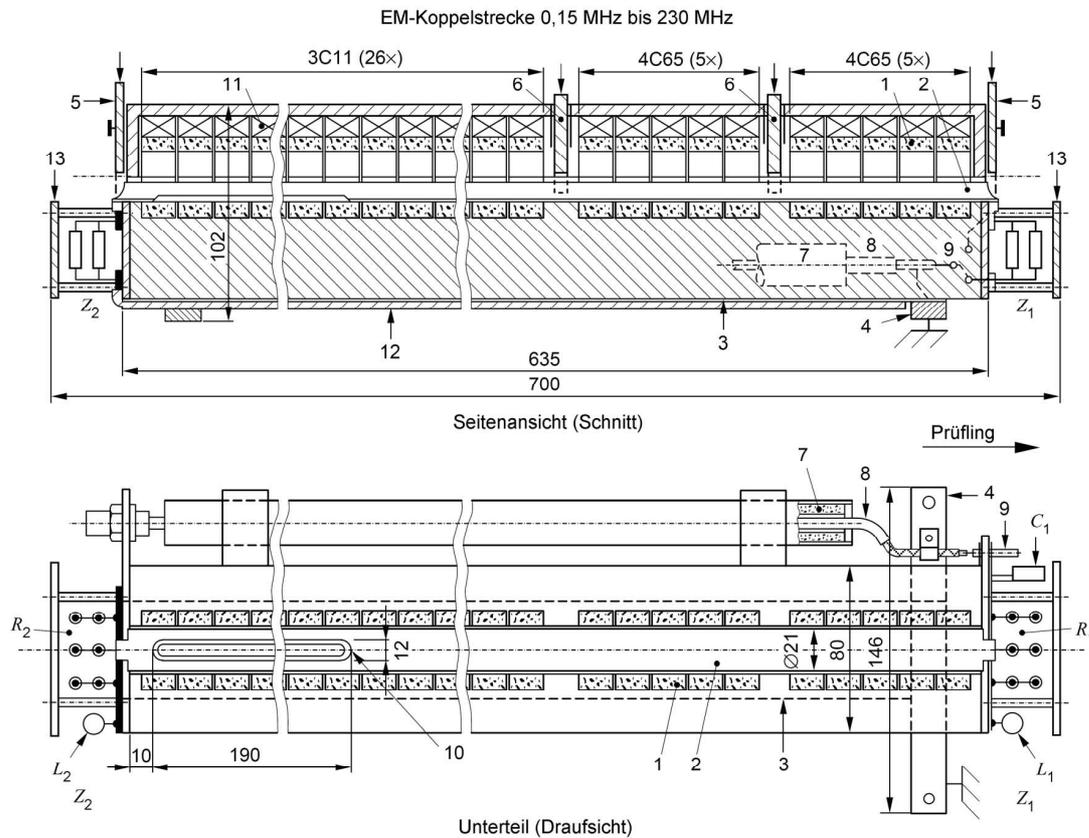
Bild A.1 – Schaltung für die PegelEinstellung in einer 50- Ω -Haltevorrichtung

Maße in Millimeter



Breite der Halterung = 120

Bild A.2 – Konstruktion der 50- Ω -Haltevorrichtung

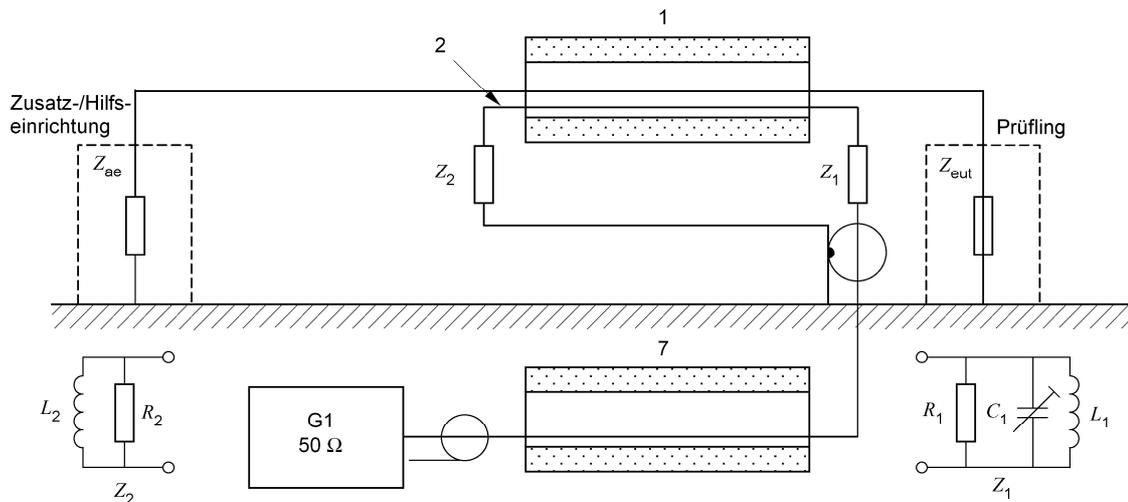


Liste der Teile

- 1 Ferrit-Ringe $\varnothing 36 \text{ mm} \times \varnothing 23 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$
 10 Ringe, Typ 4C65, NiZn, $\mu \approx 100$
 26 Ringe, Typ 3C11, MnZn, $\mu \approx 4\ 300$
- 2 Halbzylinder aus Kupferfolie in die Rinne eingeklebt
- 3 untere leitfähige Platte (Metallplatte)
- 4 Erdungsschiene
- 5/6 Teile, die die zu prüfende Leitung in die Rinne drücken
 Teile des isolierenden Materials mit Druckfedern (nicht dargestellt)
- 7 Ferritrohr, 4C65
- 8 Koaxialkabel, $50 \ \Omega$, mit BNC-Stecker
- 9 Schalter für die Unterbrechung von Z_1
- 10 Schlitz für Teil 2
- 11 elastische Befestigung des Ferrits (oberer Halbring)
- 12 untere Isolierplatte
- 13 Schutzabdeckung für Z_1, Z_2
- Z_1 Reihenimpedanz: C_1 : 20 pF bis 100 pF, L_1 : 0,15 μH , R_1 : 50 Ω /12 W
- Z_2 Reihenimpedanz: L_2 : 0,8 μH , R_2 : 50 Ω /12 W

Bild A.3 – Einzelheiten der Konstruktion der EM-Koppelstrecke

Maße in Millimeter



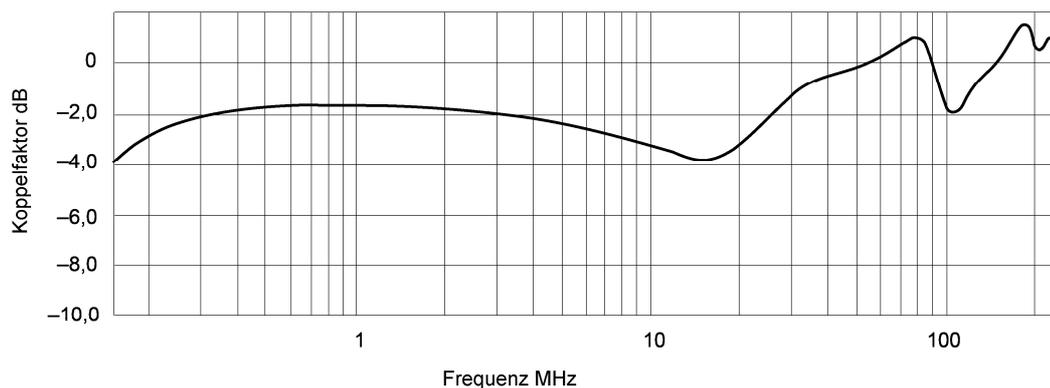
Liste der Teile

- 1 Ferritrohr (Koppelstrecke), Länge 0,6 m, \varnothing 20 mm, bestehend aus 10 Ringen 4C65 ($\mu \approx 100$) auf der Seite des Prüflings und 26 Ringen 3C11 ($\mu \approx 4\ 300$) auf der Seite der Zusatz-/Hilfseinrichtungen
- 2 Halbzylinder aus Kupferfolie
- 7 Ferritrohr ($\mu = 100$), in der EM-Koppelstrecke integriert
- Z_1, Z_2 eingebaut, um das Frequenzverhalten und die Richtwirkung zu optimieren
- G1 Prüfgenerator

Prinzip der EM-Koppelstrecke:

- magnetische Kopplung durch das Ferritrohr (Position 1)
- elektrische Kopplung durch die Nähe zwischen Prüflingsleitung und Kupferfolie (Position 2)

Bild A.4 – Konzept der EM-Koppelstrecke (elektromagnetischen Koppelstrecke)



Typische Eigenschaften einer auf dem Markt erhältlichen Konstruktion der EM-Koppelstrecke:

- Betriebsfrequenzbereich: 0,15 MHz bis 230 MHz
- Frequenzgang des Koppelfaktors der EM-Koppelstrecke
- direkte Einkopplung und Entkopplung Prüfling/Zusatz/Hilfseinrichtung ≥ 10 dB oberhalb 10 MHz

Bild A.5 – Koppelfaktor der EM-Koppelstrecke

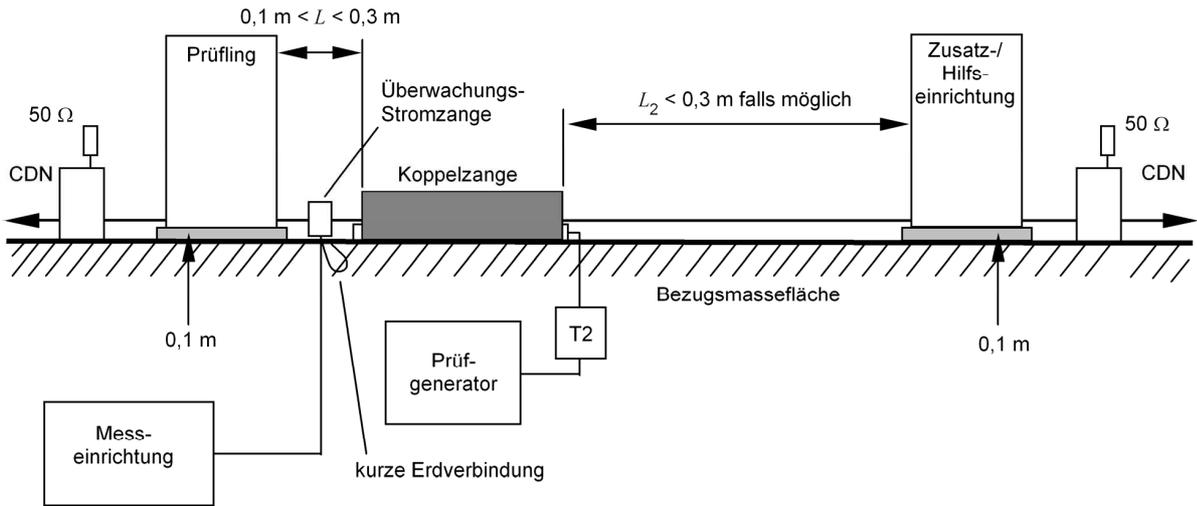
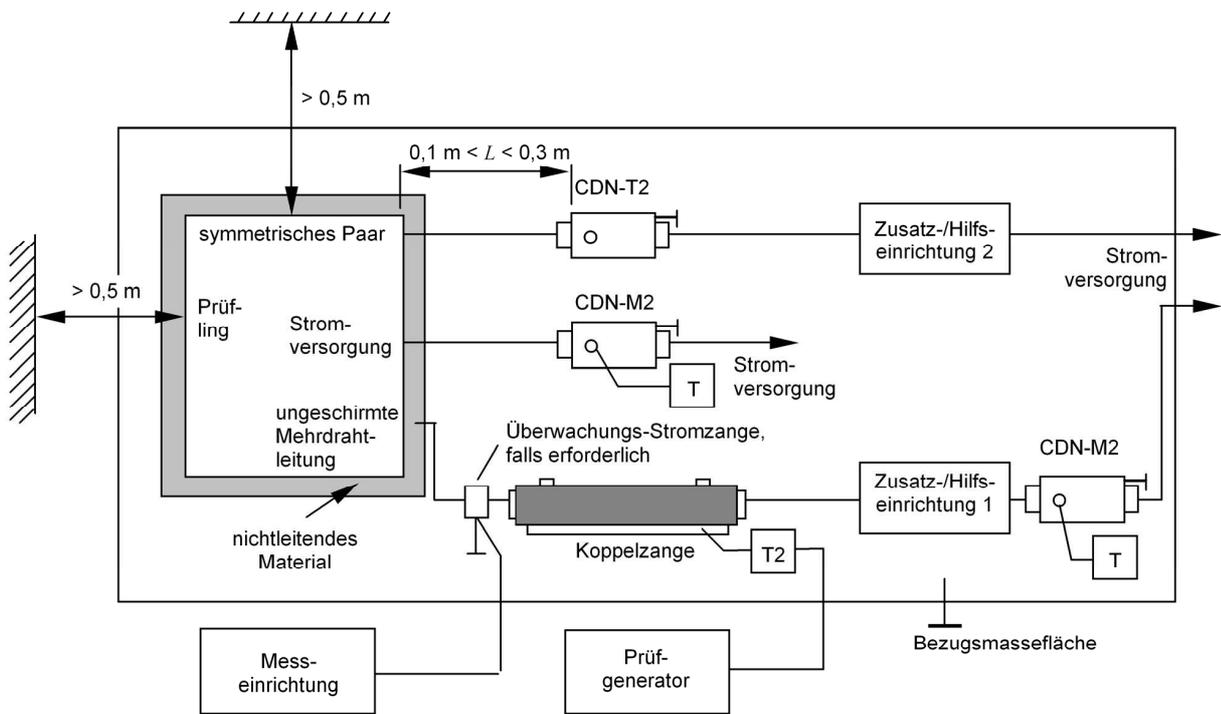


Bild A.6 – Allgemeines Prinzip eines Prüfaufbaus mit Koppelzangen



T 50-Ω-Abschluss
 T2 Leistungs-Dämpfungsglied (6 dB)

Der Abstand vom Prüfling zu jeglichen metallischen Gegenständen muss mindestens 0,5 m betragen.

Für die Prüfbedingung von Koppel-/Entkoppelnetzwerken wird auf die [Bilder 2, 9 und 10](#) verwiesen.

Bild A.7 – Beispiel für die Anordnung des Prüflings auf der Massefläche bei Verwendung von Koppelzangen (Draufsicht)

Anhang B (informativ)

Auswahlkriterien für den anzuwendenden Frequenzbereich

Obwohl die Anforderungen dieser Norm für den Frequenzbereich von 150 kHz bis 80 MHz festgelegt sind, hängt der anwendbare Frequenzbereich von den üblichen Installations- und Betriebsbedingungen des zu prüfenden Gerätes (der zu prüfenden Einrichtung) ab. Zum Beispiel: Ein kleines batteriebetriebenes Gerät mit kleineren Abmessungen als 0,4 m, an das keine metallische(n) Leitung(en) angeschlossen ist (sind), braucht unterhalb 80 MHz nicht geprüft zu werden, da es nämlich unwahrscheinlich ist, dass die von einem störenden elektromagnetischen Feld induzierte HF-Energie das Gerät stören wird.

Im Allgemeinen liegt die obere Frequenzgrenze bei 80 MHz. In einigen Fällen, besonders bei Geräten (Einrichtungen) mit kleinen Abmessungen (Abmessungen $< \lambda/4$), können zutreffende Produktnormen die obere Frequenzgrenze bis zu einer Höchsthäufigkeit von 230 MHz heraufsetzen. In diesem Fall müssen die Koppel-/Entkoppeleinrichtungen die in nachfolgender Tabelle B.1 angegebenen Werte der asymmetrischen Impedanz, wie sie vom Prüflingsanschluss aus gesehen wird, erfüllen. Wenn dieses Prüfverfahren bis herauf zu höheren Frequenzen angewendet wird, dann werden die Ergebnisse durch die Abmessungen des Gerätes (der Einrichtung), die Art(en) der verwendeten Verbindungsleitungen, die Verfügbarkeit spezieller Koppel-/Entkoppelnetzwerke usw. beeinflusst. Weitere Hinweise für die richtige Anwendung sollten dann in den zutreffenden Produktnormen angegeben sein.

Tabelle B.1 – Hauptparameter der Kombination aus Koppel- und Entkoppeleinrichtung, wenn der Frequenzbereich der Prüfung auf Frequenzen oberhalb 80 MHz erweitert wird

Parameter	Frequenzbereich		
	0,15 MHz bis 26 MHz	26 MHz bis 80 MHz	80 MHz bis 230 MHz
$ Z_{ce} $	$150 \Omega \pm 20 \Omega$	$150 \Omega \begin{matrix} + 60 \Omega \\ - 45 \Omega \end{matrix}$	$150 \Omega \begin{matrix} + 60 \Omega \\ - 60 \Omega \end{matrix}$
<p>ANMERKUNG 1 Weder das Argument von Z_{ce} 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 Z_{ce} 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 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.</p>			

Die Startfrequenz hängt davon ab, ab welcher Frequenz das Gerät (die Einrichtung) einschließlich seiner (ihrer) angeschlossenen Leitungen in der Lage ist, in größerem Umfang HF-Energie aus dem störenden elektromagnetischen Feld aufzunehmen.

Drei verschiedene Fälle sind zu berücksichtigen:

- a) Batteriebetriebene Geräte (Abmessungen $< \lambda/4$), die keine Verbindung(en) zur Erde (Masse) oder zu irgendeinem anderen Gerät haben und die während der Aufladung der Batterie nicht betrieben werden, brauchen nicht nach dieser Norm geprüft zu werden. Falls das Gerät während des Ladevorgangs betrieben wird, gilt Fall b) oder c).

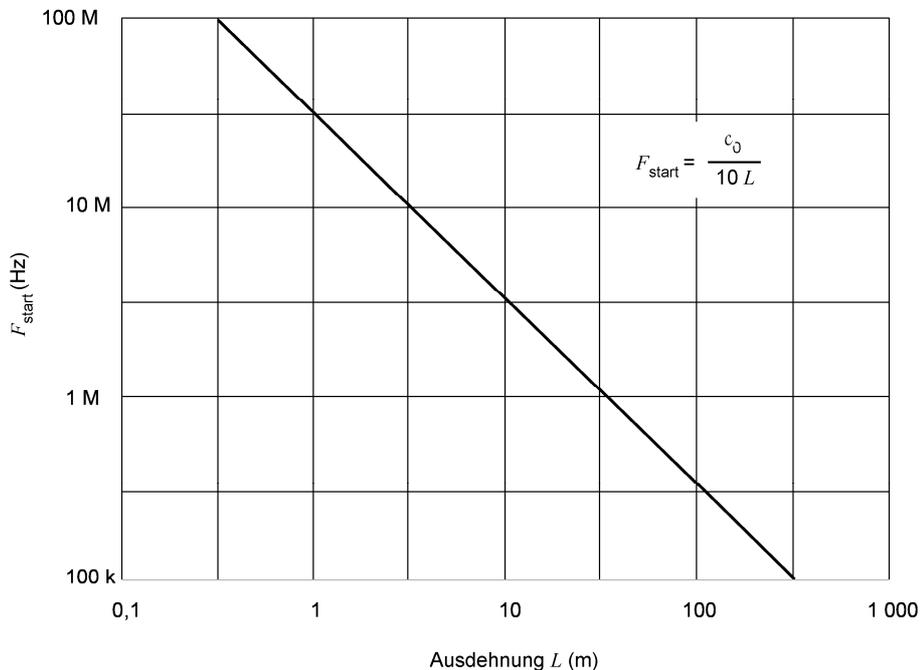
Bei einem batteriebetriebenen Gerät (Abmessungen $\geq \lambda/4$) bestimmt seine Abmessung einschließlich der maximalen Länge der angeschlossenen Leitungen die Startfrequenz, siehe Bild B.1.

- b) Geräte (Einrichtungen), die an ein (Strom-)Versorgungsnetz angeschlossen sind, aber keine Verbindung zu anderen Geräten (Einrichtungen) oder Leitungen haben.

Die Stromversorgung erfolgt über eine Koppel-/Entkoppeleinrichtung, und das Gerät (die Einrichtung) wird mit einer Handnachbildung belastet. Die Startfrequenz beträgt 150 kHz.

- c) Geräte (Einrichtungen), die an ein (Strom-)Versorgungsnetz angeschlossen sind und die über Steuer-, E/A- oder Telekommunikationsleitungen mit anderen isolierten oder nicht isolierten Geräten (Einrichtungen) verbunden sind.

Die Startfrequenz beträgt 150 kHz.



$$c_0 = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

L = Leitungslänge + Größe des Gerätes (der Einrichtung)

Beispiele:

- Für eine Spiralleitung mit einer (gestreckten) Länge von 4 m, die zu einer Tastatur führt (Abmessungen $\geq \lambda/4$), die ihre Betriebsspannung von einem batteriebetriebenen Personal Computer erhält, sollte die Startfrequenz 6,67 MHz betragen. Die Tastatur sollte mit einer künstlichen Hand abgedeckt werden. Bei einer Maus mit nur 2 m Leitungslänge würde die Startfrequenz bei 15 MHz liegen usw.
- Ein Taschenrechner mit einem optionalen Netzteil sollte auf der Primärseite des Netzteils ab 150 kHz aufwärts geprüft werden. Der Taschenrechner sollte hierbei mit einer Handnachbildung abgedeckt werden.
- Ein batteriebetriebenes Vielfachmessgerät, das in der Hand gehalten wird und Verbindung zur Erde (Masse) haben kann, sollte auf seinen Leitungen ab 150 kHz aufwärts geprüft werden. Das Vielfachmessgerät sollte mit einer Handnachbildung abgedeckt werden.
- Ein doppelt isolierter CD-Spieler der Schutzklasse II, der an einen Ton-Rundfunkempfänger angeschlossen werden kann, der mit nicht geerdeten Lautsprecherboxen verbunden ist, aber auch eine Antennen-Eingangsbuchse besitzt, die mit Erde (Masse) verbunden sein kann, sollte sowohl auf der Stromversorgungsleitung als auch auf der (den) Audio-Leitung(en) ab 150 kHz aufwärts geprüft werden.
- Eine Diebstahlsalarmanlage mit verschiedenen, über das Gebäude verteilten, isolierten Sensoren, wobei die maximale Leitungslänge (nach Herstellerangaben) 200 m überschreiten darf, sollte auf diesen Leitungen ab 150 kHz aufwärts geprüft werden.

Bild B.1 – Startfrequenz als Funktion von Leitungslänge und Größe des Gerätes (der Einrichtung)

Anhang C (informativ)

Anleitung für die Auswahl der Prüfschärfegrade

Die Prüfschärfegrade sollten in Übereinstimmung mit den Umgebungsbedingungen hinsichtlich der elektromagnetischen Felder, denen der Prüfling und die Leitungen später in ihrer endgültigen Installation ausgesetzt werden können, ausgewählt werden. Bei der Auswahl des anzuwendenden Prüfschärfegrades sollten die Folgen eines Fehlerzustandes in Betracht gezogen werden. Ein höherer Prüfschärfegrad sollte in Erwägung gezogen werden, wenn die Auswirkungen eines Fehlers beträchtlich sind.

Wenn vorgesehen ist, den Prüfling nur an wenigen Orten zu installieren, kann durch eine Begutachtung der örtlichen Hochfrequenzquellen eine Berechnung der Felder vorgenommen werden, denen der Prüfling wahrscheinlich ausgesetzt sein wird. Wenn die Leistungen der Quellen nicht bekannt sind, können die tatsächlichen Feldstärken möglicherweise an Ort und Stelle gemessen werden.

Für Einrichtungen (Geräte), die zum Einsatz an unterschiedlichen Orten vorgesehen sind, kann die folgende Anleitung für die Auswahl der anzuwendenden Prüfschärfegrade verwendet werden.

Die folgenden Klassen beziehen sich auf die Prüfschärfegrade im [Abschnitt 5](#); sie können als allgemeine Richtlinien für die Auswahl entsprechender Prüfschärfegrade angesehen werden:

Klasse 1: Umgebung mit niedrigen elektromagnetischen Feldern. Feldstärken, die typisch sind für örtliche Ton-/Fernseh-Rundfunksender, die in einer Entfernung von mehr als 1 km lokalisiert sind, und Feldstärken, die für Funksende-/Empfangseinrichtungen mit geringer Leistung typisch sind.

Klasse 2: Umgebung mit mittleren elektromagnetischen Feldern. Tragbare Sende-/Empfangsfunkgeräte mit geringer Leistung (Nennleistung üblicherweise kleiner als 1 W) werden verwendet, aber mit Einschränkungen für ihre Anwendung in der Nähe von Geräten (Einrichtungen). Eine übliche Umgebung für Geschäfts- und Gewerbebereiche.

Klasse 3: Umgebung mit starken elektromagnetischen Feldern. Tragbare Sende-/Empfangsfunkgeräte (Nennleistungen von 2 W und mehr) werden relativ nahe zu Einrichtungen betrieben, jedoch nicht näher als in 1 m Abstand. Starke Rundfunksender befinden sich in der Nachbarschaft des Gerätes (der Einrichtung) und ISM-Geräte können in der Nähe installiert sein. Eine übliche industrielle Umgebung.

Klasse X: X ist ein offener Prüfschärfegrad, der vereinbart und in der jeweiligen Produktnorm oder Gerätespezifikation festgelegt werden kann.

Die beschriebenen Prüfpegel stellen typische Werte dar, die an den beschriebenen Orten nur selten überschritten werden. An manchen Orten, z. B. in der Nachbarschaft starker Sender oder bei in demselben Gebäude installierten ISM-Geräten, können diese Werte überschritten werden. In solchen Fällen kann es besser sein, den Raum oder das Gebäude abzuschirmen und Filter in die Signal- und Versorgungsleitungen zu dem Gerät (der Einrichtung) einzubauen, anstatt für alle Einrichtungen (Geräte) festzulegen, gegen solche Pegel störfest zu sein.

Anhang D (informativ)

Informationen über Koppel-/Entkoppelnetzwerke

D.1 Grundeigenschaften der Koppel-/Entkoppelnetzwerke

Koppel-/Entkoppelnetzwerke sollten folgende Funktionen zur Verfügung stellen:

- Einkopplung des Störsignals zum Prüfling;
- Sicherstellung einer festen Impedanz vom Prüfling aus gesehen, unabhängig von der asymmetrischen Impedanz der Zusatz-/Hilfseinrichtungen;
- Entkopplung der Zusatz-/Hilfseinrichtungen vom Prüfsignal, um eine Beeinflussung der Zusatz-/Hilfseinrichtungen zu verhindern;
- keine Beeinflussung der zu übertragenden Nutzsignale.

Die für Koppel-/Entkoppelnetzwerke im Frequenzbereich 150 kHz bis 80 MHz erforderlichen Parameter sind in 6.2 angegeben und Beispiele sind in D.2 gegeben.

In den Bildern D.1 bis D.6 wird die asymmetrische Impedanz Z_{ce} durch die Summe aus dem Innenwiderstand des Prüfgenerators (50Ω) und der Parallelschaltung der n Widerstände in den zu prüfenden Leitungen (100Ω) gebildet. Siehe Bild 5c. Mit der Verwendung einer geeigneten Spule L ($|\omega L| \gg 150 \Omega$) sollte der Entkopplungs-Kondensator C_2 die Impedanz Z_{ce} nicht beeinflussen.

Die Mitte des Prüflingsanschlusses des Koppel-/Entkoppelnetzwerkes sollte 30 mm über der Bezugsmassefläche angeordnet sein. Die Leitung zwischen dem Koppel-/Entkoppelnetzwerk und dem Prüfling kann dann eine Übertragungsleitung mit einem Wellenwiderstand von etwa 150Ω darstellen, wenn sie 30 mm über der Bezugsmassefläche verlegt wird.

Die Impedanz des Kondensators C_1 , der eine gleichstrom- und niederfrequenzmäßige Trennung des Prüfgenerators von den einzelnen Leitern des Koppel-/Entkoppelnetzwerkes herstellt, sollte viel kleiner als 150Ω im interessierenden Frequenzbereich sein.

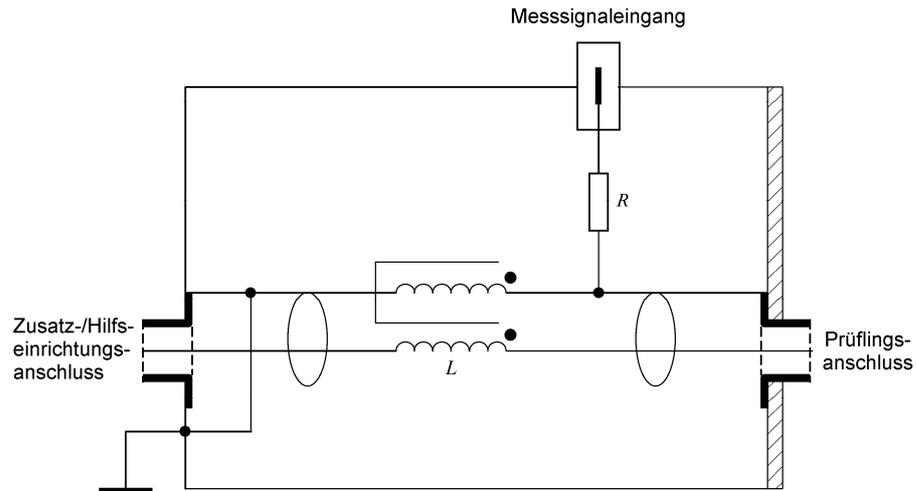
Bei ungeschirmten Leitungen werden die Zusatz-/Hilfseinrichtungen durch eine asymmetrische Spule L und die Kondensatoren C_2 oder nur durch die asymmetrische Spule L entkoppelt. Bei geschirmten Leitungen ist der Kondensator C_2 wegen der Verbindung des Schirmes mit der Bezugsmassefläche auf der Zusatz-/Hilfseinrichtungs-Seite nicht nötig.

Es ist wesentlich, dass für ungeschirmte Leitungen der Wert für C_2 so gewählt wird, dass das Nutzsignal nicht unzulässig beeinflusst wird. Es ist unzulässig, dass die Eigenschaften des Koppel-/Entkoppelnetzwerkes durch das Nutzsignal beeinflusst werden, z. B. bei CDN-M1 durch Sättigung des Ferritmaterials.

Warnhinweis: Da C_1 und C_2 stromführende Teile der Koppel-/Entkoppelnetzwerke für Stromversorgungsleitungen überbrücken können, müssen geeignete Y-Kondensatoren verwendet werden. Wegen der hohen Ableitströme müssen Koppel-/Entkoppelnetzwerke für die Stromversorgung einen Erdanschluss haben, der unter allen Prüfbedingungen mit der Bezugsmassefläche verbunden bleiben muss, und die Bezugsmassefläche muss in geeigneter Weise mit der Schutzterde verbunden werden.

D.2 Beispiele von Koppel-/Entkoppelnetzwerken

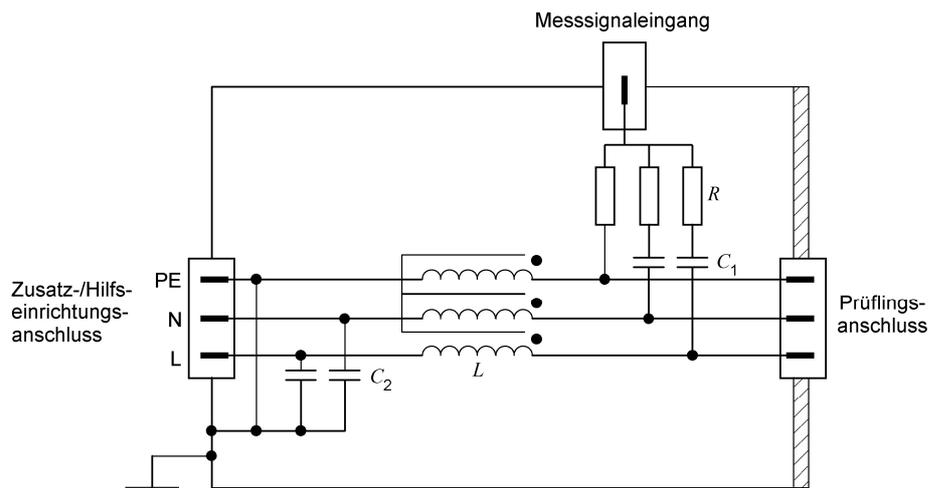
In den Bildern D.1 bis D.6 wird eine Anzahl von Möglichkeiten gezeigt, da es nicht möglich ist, mit einem Koppel-/Entkoppelnetzwerk alle funktionalen Anforderungen abzudecken.



$R = 100 \Omega$

$L \geq 280 \mu\text{H}$ bei 150 kHz

Bild D.1 – Beispiel eines vereinfachten Schaltbildes für ein CDN-S1 für geschirmte Leitungen
(siehe 6.2.1)

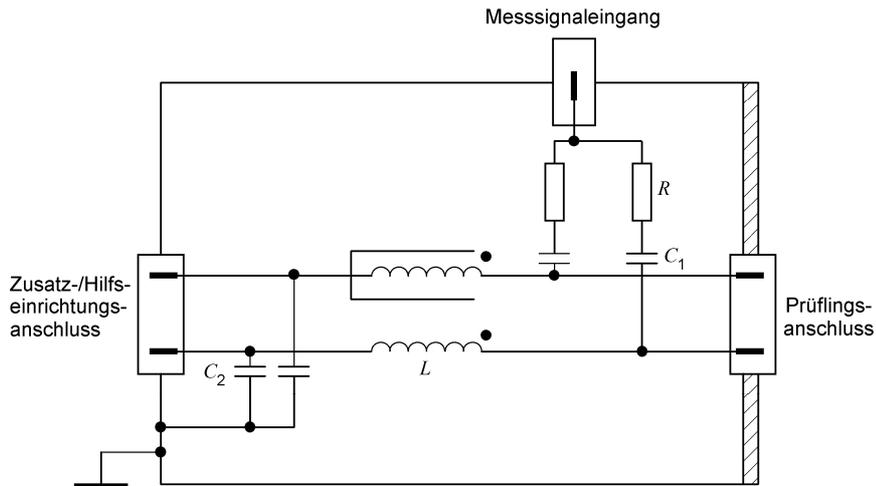


CDN-M3: C_1 (Typ) = 10 nF; C_2 (Typ) = 47 nF; $R = 300 \Omega$; $L \geq 280 \mu\text{H}$ bei 150 kHz

CDN-M2: C_1 (Typ) = 10 nF; C_2 (Typ) = 47 nF; $R = 200 \Omega$; $L \geq 280 \mu\text{H}$ bei 150 kHz

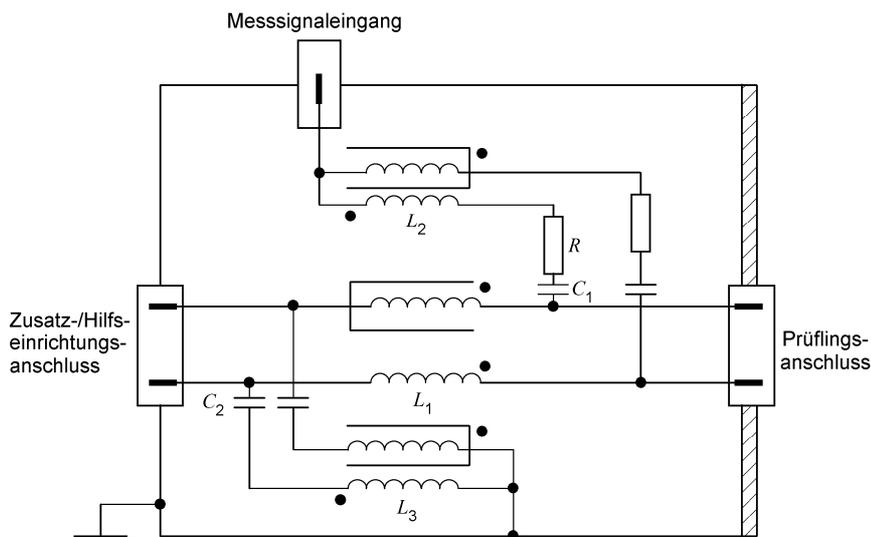
CDN-M1: C_1 (Typ) = 22 nF; C_2 (Typ) = 47 nF; $R = 100 \Omega$; $L \geq 280 \mu\text{H}$ bei 150 kHz

Bild D.2 – Beispiel eines vereinfachten Schaltbildes für ein CDN-M1/-M2/-M3 für ungeschirmte Stromversorgungsleitungen (siehe 6.2.1.1)



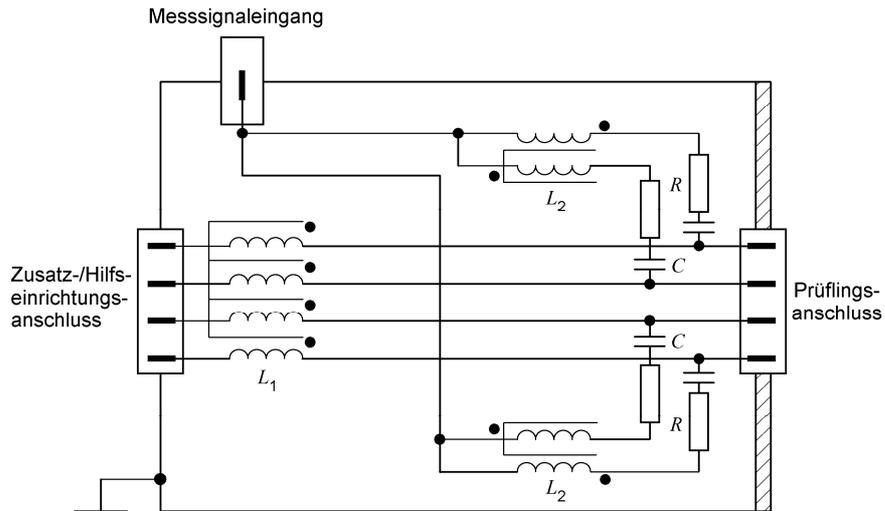
C_1 (Typ) = 10 nF
 C_2 (Typ) = 47 nF
 R = 200 Ω
 $L \geq 280 \mu\text{H}$ bei 150 kHz

Bild D.3 – Beispiel eines vereinfachten Schaltbildes für ein CDN-AF2 für ungeschirmte, unsymmetrisch betriebene Leitungen (siehe 6.2.1.3)



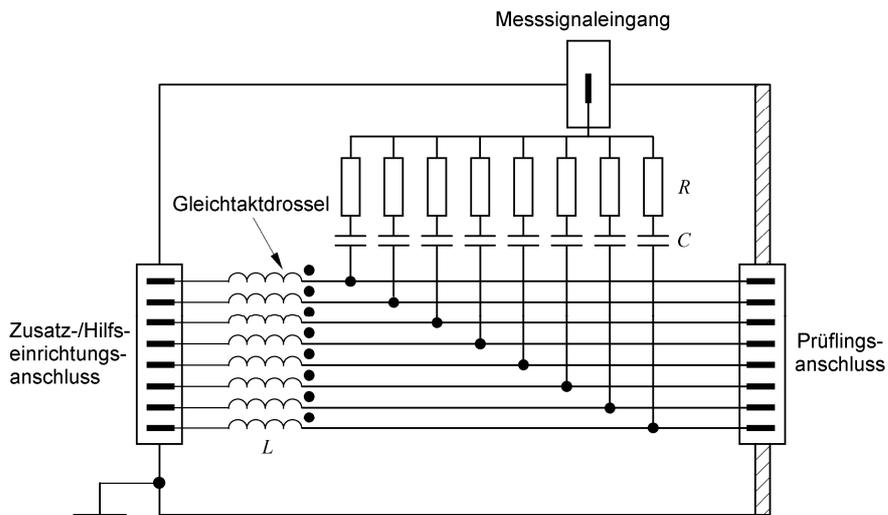
C_1 (Typ) = 10 nF
 C_2 (Typ) = 47 nF, R = 200 Ω
 $L_1 \geq 280 \mu\text{H}$ bei 150 kHz
 $L_2 = L_3 = 6 \text{ mH}$ (wenn C_2 und L_3 nicht verwendet werden, ist $L_1 \geq 30 \text{ mH}$)

Bild D.4 – Beispiel eines vereinfachten Schaltbildes für ein CDN-T2 für ungeschirmte, symmetrisch betriebene Leitungen (siehe 6.2.1.2)



C (Typ) = 5,6 nF
 R = 400 Ω
 $L_1 \gg 280 \mu\text{H}$ bei 150 kHz
 L_2 = 6 mH

Bild D.5 – Beispiel eines vereinfachten Schaltbildes für ein CDN-T4 für ungeschirmte, symmetrisch betriebene Leitungen (siehe 6.2.1.2)



C (Typ) = 2,2 nF
 R = 800 Ω
 $L \gg 280 \mu\text{H}$ bei 150 kHz

Bild D.6 – Beispiel eines vereinfachten Schaltbildes für ein CDN-T8 für ungeschirmte, symmetrisch betriebene Leitungen (siehe 6.2.1.2)

Anhang E (informativ)

Informationen zu den Anforderungen an den Prüfgenerator

Die verfügbare Ausgangsleistung des Leistungsverstärkers PA (Bild 3) ergibt sich unter Berücksichtigung des Dämpfungsgliedes T_2 (6 dB), der Amplitudenmodulationstiefe (80 %) (siehe Bild 4) und des kleinsten Koppel-faktors der verwendeten Koppel-/Entkoppelnetzwerke oder Stromzange.

Tabelle E.1 – Erforderliche Ausgangsleistung des Leistungsverstärkers für ein Prüfsignal von 10 V

Koppeleinrichtung	Minimaler Koppelfaktor $\pm 1,5$ dB	Erforderliche Leistung am Ausgang des Leistungsverstärkers PA
	dB	W
Koppel-/Entkoppelnetzwerk	0	7
Stromzange mit Windungsverhältnis 5 : 1	– 14	176
EM-Koppelstrecke	– 6	28

ANMERKUNG Der Koppelfaktor ist in 3.5 definiert. Er kann mit Hilfe des Aufbaus zur Einstellung des Ausgangspegels nachgemessen werden, siehe Bild 8c. Der Koppelfaktor ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen der Ausgangsspannung U_{mr} , die sich ergibt, wenn eine Koppel-/Entkoppeleinrichtung in Reihe mit einem 150- Ω -zu-50- Ω -Übergang betrieben wird, und der Ausgangsspannung U_m , die sich ergibt, wenn zwei 150- Ω -zu-50- Ω -Übergänge in Reihe geschaltet sind.

Anhang F (informativ)

Prüfaufbau für große Prüflinge

F.0 Einleitung

Der Prüfaufbau, wie er im Hauptteil der Norm beschrieben wird (siehe [Abschnitt 7](#)), reicht nicht vollkommen aus, um die Bedürfnisse mancher großen Prüflinge abzudecken, bei denen Leitungen in den Prüfling in größeren Höhen als 1 m eintreten oder den Prüfling in größeren Höhen als 1 m verlassen. Da die obere Frequenz des Prüfsignals 80 MHz beträgt, können die Maße des Prüflings im Vergleich zur Wellenlänge ins Gewicht fallen und Resonanzeffekte können auf Leitungen auftreten, die mit solchen Prüflingen verbunden sind.

Für solche Fälle stellt dieser Anhang ein für große Prüflinge anwendbares alternatives Prüfverfahren zur Verfügung, bei dem die Koppereinrichtung nahe dem Leitungseingang angeordnet wird, woraus eine kleine Schleifenfläche mit verminderten Resonanzeffekten resultiert.

Beispiele für große Prüflinge, für die dieser Anhang gelten könnte, schließen die nachfolgenden ein, sind aber nicht auf diese beschränkt:

- in Gestellen montierte Telekommunikations-Schaltanlagen;
- elektrische Maschinen;
- in Gestellen montierte Schalt- und Steuergeräte.

F.1 Prüfaufbau für große Prüflinge

Beispiele für den Prüfaufbau für große Prüflinge sind in den [Bildern F.1](#) und [F.2](#) gegeben.

Die im [Bild F.1](#) gezeigte angehobene Massefläche stellt für diesen Prüfaufbau die Bezugsmassefläche dar. Zweck der angehobenen Massefläche ist die Verringerung der Leitungslänge zwischen dem Prüfling und dem Koppel-/Entkoppelnetzwerk, um dadurch die Effekte von Resonanzen in den Leitungen zu steuern oder zu verringern.

Die Maße der angehobenen Massefläche müssen ausreichend groß sein, damit sie über alle bei der Prüfung verwendeten Koppel-/Entkoppelnetzwerke um mindestens 0,2 m hinausragt. Die Länge der zu prüfenden Leitung zwischen dem Prüfling und dem Koppel-/Entkoppelnetzwerk darf höchstens 0,3 m betragen.

Die angehobene Massefläche muss in einer solchen Höhe über der Hauptmassefläche angeordnet sein, die eine horizontale Leitungsführung zwischen Prüfling und den Koppel-/Entkoppelnetzwerken ermöglicht.

Aus Sicherheitsgründen muss die angehobene Massefläche mit Masse elektrisch verbunden sein. Aus HF-Sicht besitzt diese Verbindung keine Bedeutung.

ANMERKUNG 1 Bei der Konstruktion der angehobenen Massefläche und der sie unterstützenden Strukturen sollte darauf geachtet werden, dass eine mechanisch sichere Bedingung sichergestellt ist.

Der Prüfling sollte auf einer isolierenden Unterlage von 0,1 m Höhe über der Bezugsmassefläche aufgestellt werden. Einrichtungen, die auf Transportpaletten geliefert werden und die aufgrund ihres überhöhten Gewichts oder ihrer übergroßen Maße nicht auf sichere Weise von der Transportpalette entfernt werden können, dürfen für die Prüfung auf der Transportpalette belassen werden, auch wenn ihre Höhe 0,1 m überschreitet. Bei Einrichtungen, die aufgrund ihres Gewichts oder ihrer Maße nicht um 0,1 m angehoben werden können, darf eine niedrigere Höhe (über der Massefläche) verwendet werden, vorausgesetzt, der Prüfling ist von der Massefläche elektrisch isoliert. Jede Abweichung vom genormten Prüfverfahren muss im Prüfbericht festgehalten werden.

Die Zusatz-/Hilfseinrichtung kann auf der angehobenen Massefläche angeordnet sein, jedoch besteht hierfür keine Notwendigkeit, wenn sie mit dem Prüfling über ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk verbunden ist. Im Falle der direkten Einspeisung braucht die Zusatz-/Hilfseinrichtung nicht auf der angehobenen Massefläche angeordnet zu sein, wenn eine ordnungsgemäße Entkopplung verwendet wird. Erfolgt eine Einspeisung mit Hilfe einer Koppelzange anstelle der Einspeisung über ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk muss die Zusatz-/Hilfseinrichtung auf der angehobenen Massefläche angeordnet sein.

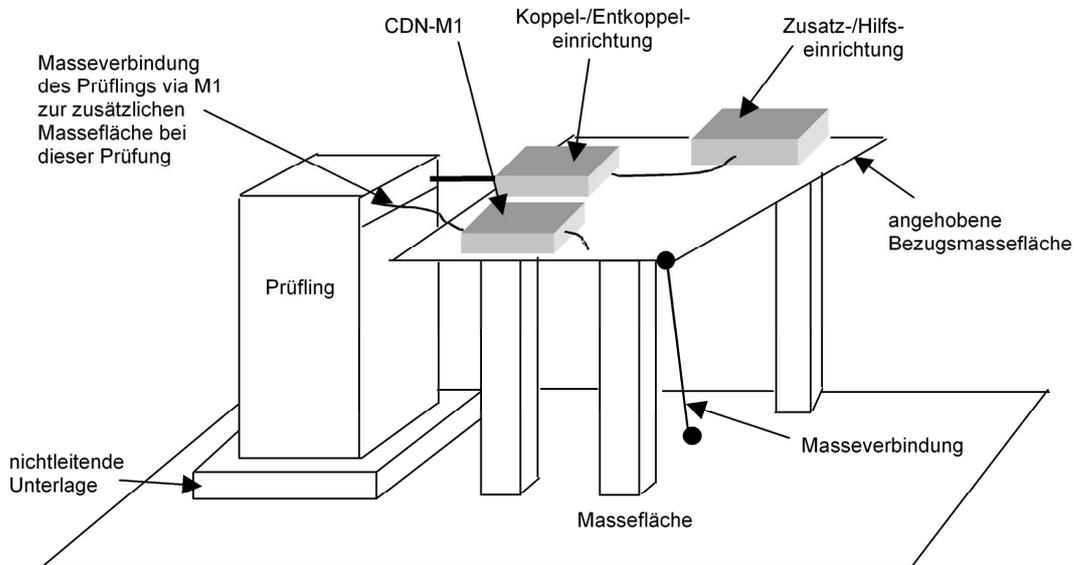


Bild F.1 – Beispiel für den Prüfaufbau mit angehobener horizontaler Bezugsmassefläche zur Prüfung von großen Prüflingen

Die im Bild F.2 gezeigte vertikale Massefläche stellt bei dem in Bild F.2 gezeigten Prüfaufbau die Bezugsmassefläche dar. Zweck der vertikalen Bezugsmassefläche ist die Verringerung der Leitungslänge zwischen dem Prüfling und dem Koppel-/Entkoppelnetzwerk, um dadurch die Effekte von Resonanzen in den Leitungen zu steuern oder zu verringern.

ANMERKUNG 2 Die vertikale Massefläche kann im Vergleich zur angehobenen Massefläche besser anwendbar sein, wenn Leitungen in verschiedenen Höhen in den Prüfling eintreten oder den Prüfling verlassen.

Aus Sicherheitsgründen muss die vertikale Bezugsmassefläche mit Masse elektrisch verbunden sein. Aus HF-Sicht besitzt diese Verbindung keine Bedeutung.

Die Maße der vertikalen Bezugsmassefläche müssen ausreichend groß sein, damit sie über alle bei der Prüfung verwendeten Koppel-/Entkoppelnetzwerke um mindestens 0,2 m hinausragt. Die Länge der zu prüfenden Leitung zwischen dem Prüfling und dem Koppel-/Entkoppelnetzwerk darf höchstens 0,3 m betragen. Der Abstand zwischen dem Prüfling und der vertikalen Bezugsmassefläche muss so sein, dass die 0,3-m-Anforderung an die Leitungslänge erfüllt werden kann. Eine Wand eines geschirmten Raums kann als vertikale Bezugsmassefläche verwendet werden.

Die angehobene Massefläche muss in einer solchen Höhe auf der vertikalen Bezugsmassefläche angeordnet sein, die eine horizontale Leitungsführung zwischen Prüfling und den Koppel-/Entkoppelnetzwerken ermöglicht.

Die für den Prüfaufbau unter Verwendung einer horizontalen Bezugsmassefläche getroffenen Aussagen (z. B. hinsichtlich der isolierenden Unterlage und der Anordnung der Zusatz-/Hilfseinrichtung) gelten für den Prüfaufbau unter Verwendung einer vertikalen Bezugsmassefläche entsprechend.

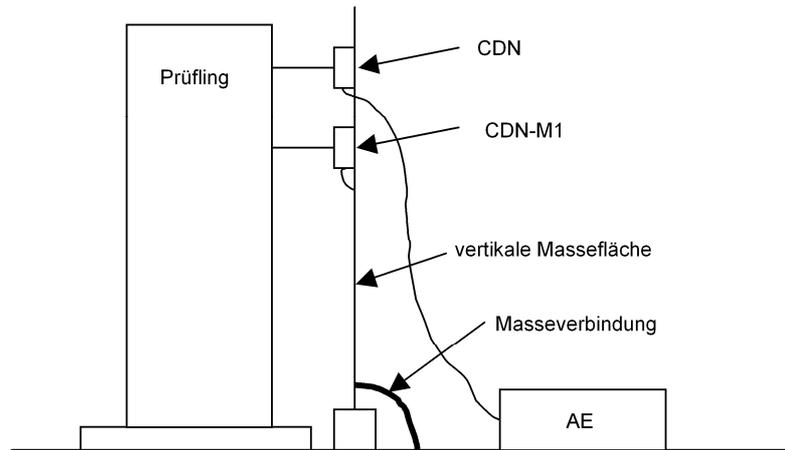


Bild F.2 – Beispiel für den Prüfaufbau mit vertikaler Bezugsmassefläche zur Prüfung von großen Prüflingen

Anhang G (informativ)

Messunsicherheit der Prüfeinrichtung

G.1 Allgemeines

Dieser Anhang enthält Informationen zur Messunsicherheit (MU) der Prüfeinrichtung unter Berücksichtigung der besonderen Erfordernisse des im Hauptteil dieser Norm enthaltenen Prüfverfahrens. Weitere Informationen sind in [1], [2]¹⁾ zu finden.

Dieser Anhang konzentriert sich auf die Unsicherheiten, die beispielhaft mit der Einstellung des Prüfpegels einhergehen. Andere Kennwerte der Störgröße können von gleicher Bedeutung sein und sollten daher vom Prüflaboratorium nach Bedarf ebenfalls in Betracht gezogen werden. Es wird davon ausgegangen, dass die in diesem Anhang dargestellten Verfahren für alle Kennwerte der Störgröße anwendbar sind.

G.2 Unsicherheitsbilanzen für die Prüfverfahren

G.2.1 Definition der Messgröße

Die Messgröße ist die Spannung, mit der ein hypothetischer Prüfling mit einer Impedanz von 150 Ω während der Prüfung beaufschlagt würde, wenn der Pegel entsprechend 6.4.1 eingestellt würde (Beachte, dass 150 Ω die typische, bei EMV-Beurteilungen und -Prüfungen verwendete, mittlere asymmetrische Impedanz in diesem Frequenzbereich ist).

G.2.2 Messunsicherheitsbeiträge der Messgröße

Die nachstehenden Einflussdiagramme (Bilder G.1 bis G.4) zeigen **Beispiele** von Einflüssen auf das Prüfverfahren. Es ist klar, dass die Darstellungen nicht umfassend sind. Für die in den Tabellen G.1, G.2, G.3 und G.4 dargestellten Unsicherheitsbilanzen wurden die wichtigsten Beiträge aus den Darstellungen ausgewählt. Für die Berechnung der Unsicherheitsbilanzen müssen mindestens die Beiträge, die in den Tabellen G.1 bis G.4 aufgeführt sind, verwendet werden, um vergleichbare Unsicherheitsbilanzen für verschiedene Prüfplätze oder Laboratorien zu bekommen. Beachte, dass ein Laboratorium auf der Grundlage der besonderen Umstände zusätzliche Beiträge (z. B. Typ A) in die Berechnung der Messunsicherheit einbeziehen kann.

¹⁾ Ziffern in eckigen Klammern verweisen auf die Literaturhinweise am Ende dieses Anhangs.

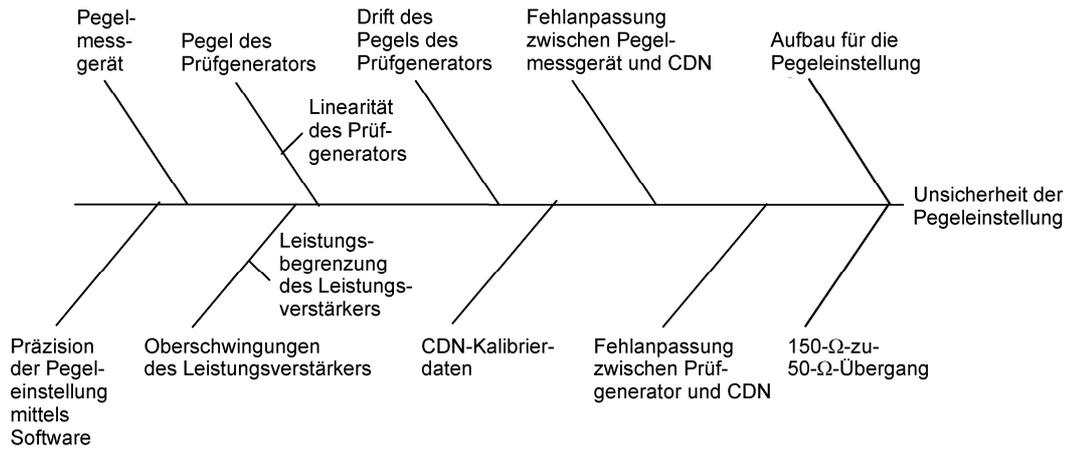


Bild G.1 – Beispiel für Einflüsse auf das Messverfahren bei Verwendung von Koppel-/Entkoppelnetzwerken

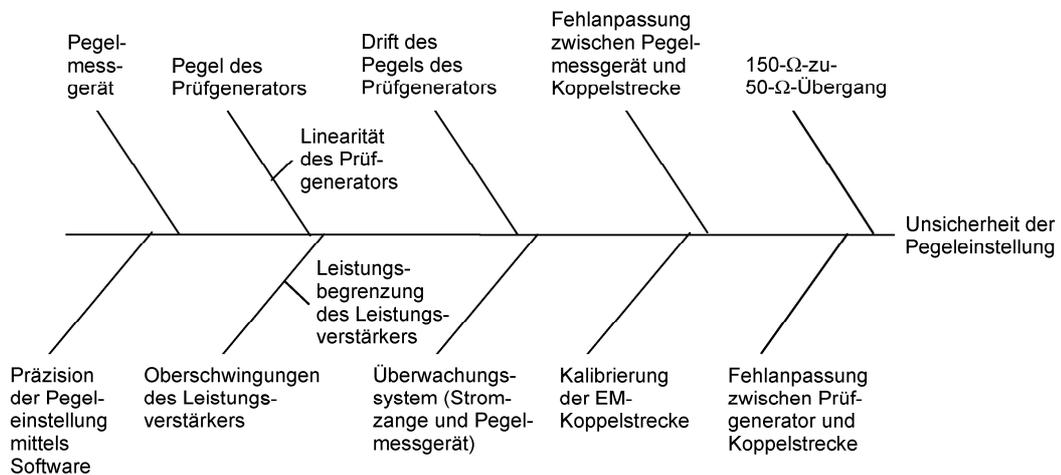


Bild G.2 – Beispiel für Einflüsse auf das Messverfahren bei Verwendung von EM-Koppelstrecken

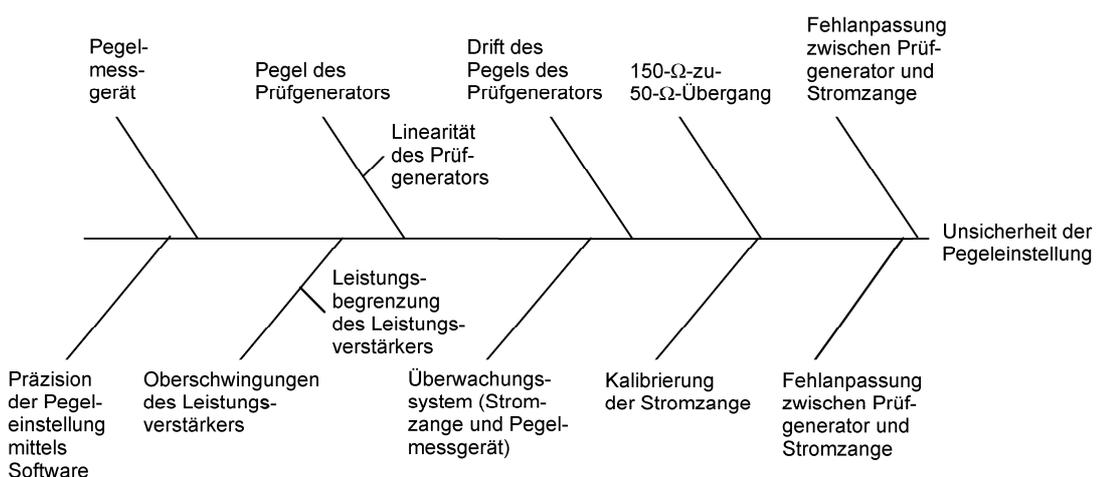


Bild G.3 – Beispiel für Einflüsse auf das Messverfahren bei Verwendung von Stromzangen

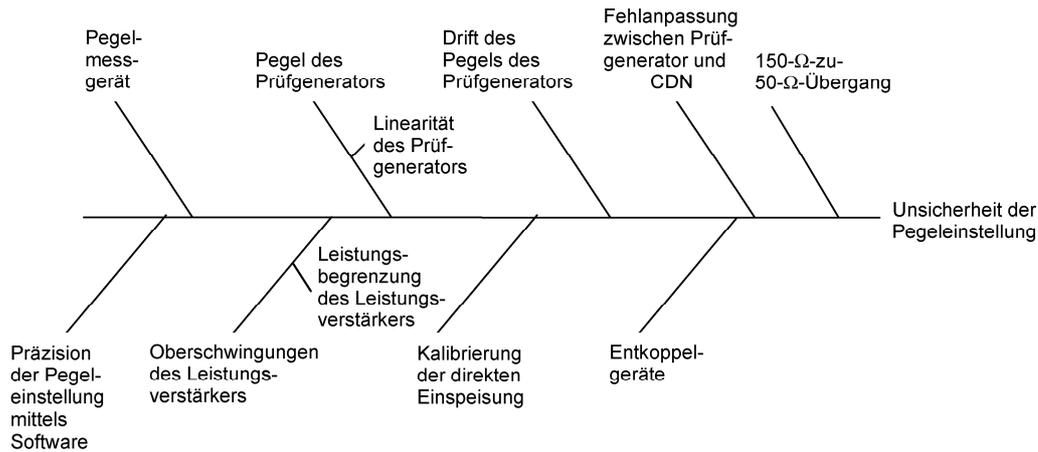


Bild G.4 – Beispiel für Einflüsse auf das Messverfahren bei Verwendung der direkten Einspeisung

G.2.3 Berechnungsbeispiele für die erweiterte Messunsicherheit

Es muss beachtet werden, dass die für die Kalibrierung und die für die Prüfung zutreffenden Unsicherheitsbeiträge nicht gleich sein müssen. Dies führt für jeden dieser Vorgänge zu (leicht) unterschiedlichen Unsicherheitsbilanzen.

Die Tabellen G.1 bis G.4 enthalten Beispiele für eine Unsicherheitsbilanz für die Einstellung des Prüfpegels. Jede Unsicherheitsbilanz setzt sich aus zwei Teilen zusammen: die Unsicherheit der Kalibrierung und die Unsicherheit der Prüfung.

Tabelle G.1a – (Unsicherheitsbilanz des) Kalibrierungsvorgang(s) des Koppel-/Entkoppelnetzwerks

Symbol	Quelle der Unsicherheit X_i	$U(x_i)$	Einheit	Verteilung	Teiler	$u(x_i)$	Einheit	c_i	$u_i(y)$	Einheit	$u_i(y)^2$
RCAL	150-Ω-zu-50-Ω-Übergang, Impedanzabweichung	0,3	dB	Rechteck	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
	150-Ω-zu-50-Ω-Übergang, Kalibrierung	0,2	dB	Normal, $k = 2$	2	0,10	dB	1	0,10	dB	0,01
SETUP	Aufbau für die Pegel-einstellung	0,35	dB	Normal, $k = 1$	1	0,35	dB	1	0,35	dB	0,12
LM_c	Pegelmessgerät	0,5	dB	Rechteck	1,73	0,29	dB	1	0,29	dB	0,08
SW_c	Präzision der Pegel-einstellung mittels Software	0,3	dB	Rechteck	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
$LM_{c(1,2)}$	Pegelmessgerät in der Regelungsschleife	0	dB	Rechteck	1,73	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
$TG_{c(1,2)}$	Prüf-generator	0	dB	Rechteck	1,73	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
$MT_{c(3)}$	Fehlanpassung zwischen Prüf-generator und CDN	0	dB	U-förmig	1,41	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
ML	Fehlanpassung zwischen Pegelmessgerät und CDN	-0,5	dB	U-förmig	1,41	-0,35	dB	1	-0,35	dB	0,13
$\sum u_i(y)^2$											0,40
Kombinierte Unsicherheit $u(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$											0,63
Erweiterte Unsicherheit (CAL) $U = u(y) \times k, k = 2$											1,27 dB

**Tabelle G.1b – (Unsicherheitsbilanz des) Prüfverfahren(s)
mit Koppel-/Entkoppelnetzwerk**

Symbol	Quelle der Unsicherheit X_i	$U(x_i)$	Einheit	Verteilung	Teiler	$u(x_i)$	Einheit	c_i	$u_i(y)$	Einheit	$u_i(y)^2$
CAL	Kalibrierung	1,27	dB	Normal, $k = 2$	2	0,63	dB	1	0,63	dB	0,40
LMC _{t(1,2)}	Pegelmessgerät in der Regelungsschleife	0,3	dB	Rechteck	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
TG _{t(1,2)}	Prüfgenerator	0	dB	Rechteck	1,73	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
MT _{t(3)}	Fehlanpassung zwischen Prüfgenerator und CDN	0	dB	U-förmig	1,41	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
SW _t	Präzision der Pegelein- stellung mittels Software	0,3	dB	Rechteck	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
$\sum u_i(y)^2$											0,46
Kombinierte Unsicherheit $u(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$											0,68
Erweiterte Unsicherheit $U = u(y) \times k, k = 2$											1,36 dB

ANMERKUNG 1 In Abhängigkeit davon, ob eine Regelungsschleife für den Ausgangspegel des Signalgenerators und den Ausgangspegel des Verstärkers verwendet wird oder nicht verwendet wird, gehen entweder die Beiträge des Pegelmessgeräts in der Regelungsschleife (LMC) oder die Beiträge des Prüfgenerators (TG) in die Tabelle für die Kalibrierung und/oder Prüfung ein. Im vorstehenden Beispiel liefert der Prüfgenerator keinen Beitrag zur Unsicherheitsbilanz, weil er ein Teil der Regelungsschleife bildet. Der Beitrag der Regelungsschleife wird durch das Pegelmessgerät gebildet (siehe auch Anmerkung 2). Der Prüfgenerator wird dennoch in den Beispieltabellen berücksichtigt, um die Prüflaboratorien daran zu erinnern, dass sie in Abhängigkeit vom besonderen Prüfaufbau in dem Labor gezwungen sein können, dessen Beitrag in Erwägung zu ziehen. In diesem Fall kann es sein, dass eine detailliertere Untersuchung des Beitrags des Prüfgenerators erforderlich ist. Siehe Begriffserläuterungen.

ANMERKUNG 2 Wenn für die Kalibrierung und die Prüfung ein und dieselbe Prüfeinrichtung verwendet wird, gehen in die Tabelle für den Prüfvorgang nur die Beiträge der Wiederholbarkeit und der Linearität ein. Die Beiträge aus der Kalibrierung können vernachlässigt werden.

ANMERKUNG 3 Wenn für die Kalibrierung und die Prüfung ein und derselbe Stromkreis verwendet wird, gehen diese Beiträge nicht in die Tabelle ein.

Begriffserläuterungen:

RCAL die Unsicherheit des 150-Ω-zu-50-Ω-Übergangs (Adapters). Dieser Beitrag kann gewöhnlich dem Kalibrierschein entnommen werden. Alternativ kann die Einfügungsdämpfung mit Hilfe eines Netzwerkanalysators gemessen werden (siehe Bild 7c). Die maximale Abweichung von der festgelegten Dämpfung (9,5 dB) und die Kalibrierunsicherheit sollten in die Tabelle aufgenommen werden. Wenn der Kalibrierschein lediglich die Übereinstimmung mit der Grenzabweichung bestätigt, sollte ein Beitrag von 0,5 dB verwendet werden.

ANMERKUNG 4 Abweichungen können mittels der Software korrigiert werden. In diesem Fall kann die maximale Abweichung auf die Kombination aus der Interpolations- und der Kalibrierunsicherheit reduziert werden.

ANMERKUNG 5 Die Impedanz des 150-Ω-zu-50-Ω-Übergangs (Adapters) kann auch direkt, z. B. mit Hilfe eines Netzwerkanalysators, gemessen oder dem Kalibrierschein entnommen werden. In diesem Fall sollten die Abweichung von 100 Ω (in dB) und die Kalibrierunsicherheit in die Tabelle eingetragen werden. Der Empfindlichkeitskoeffizient c_i für diesen Beitrag muss entsprechend geändert werden.

SETUP eine Kombination von Unsicherheitsbeiträgen, die durch den Aufbau für die Einstellung des Prüfpegels verursacht werden, d. h. durch die Kalibrierhalterung, die Verbindung zwischen dem CDN und dem

CDN-Adapter und die Einflüsse der Bezugsmasseplatte, wie z. B. den Kontakt zur Masseplatte. Dieser Beitrag kann aus Wiederholbarkeitsprüfungen mit wechselnden Bedingungen abgeleitet oder auf der Grundlage der Erfahrung abgeschätzt werden, wie in dem Beispiel gezeigt wird.

LM_c die Unsicherheit des Pegelmessgeräts, d. h. des Spannungs- oder Leistungsmessgeräts, das für die Messung des Pegels am Ausgang des Koppel-/Entkoppelnetzwerks (en: CDN) verwendet wird. Im vorstehenden Beispiel wurde dieser Beitrag den Angaben des Herstellers entnommen, aber er kann auch aus anderen verfügbaren Quellen bestimmt werden.

SW_c die Unsicherheit, die aus der diskreten Pegelschrittweite des Prüfgenerators und den Softwarefenstern zur Pegeleinstellung während des Kalibriervorgangs abgeleitet wurde. Das Softwarefenster kann gewöhnlich vom Prüflaboratorium eingestellt werden.

LMC_c die Unsicherheit des Pegelmessgeräts, d. h. des Spannungs- oder Leistungsmessgeräts, das für die Regelungsschleife für den Ausgangspegel des Signalgenerators und des Verstärkers verwendet wird. Dieser Beitrag kann den Angaben des Herstellers entnommen oder aus anderen verfügbaren Quellen bestimmt werden.

TG_c die Unsicherheit des Prüfgenerators einschließlich des Frequenzgenerators, des Leistungsverstärkers und des Dämpfungsglieds. Dieser Beitrag kann den Angaben des Herstellers des Messgeräts entnommen oder aus anderen verfügbaren Quellen bestimmt werden.

ANMERKUNG 6 Es kann erforderlich sein, dass die Unsicherheitsbeiträge der einzelnen Komponenten des Prüfgenerators (z. B. des Signalgenerators, der Stabilität und von kurzzeitigen Schwankungen der Verstärkung des Leistungsverstärkers, des Dämpfungsglieds usw.) einzeln beurteilt werden müssen, insbesondere, wenn keine Regelungsschleife im Prüfaufbau verwendet wird.

MT_c eine Kombination der Beiträge der Fehlanpassungen zwischen Leistungsverstärker, Dämpfungsglied und dem Koppel-/Entkoppelnetzwerk (en: CDN).

ML der Beitrag der Fehlanpassung zwischen dem Koppel-/Entkoppelnetzwerk (en: CDN) und dem Pegelmessgerät.

CAL die erweiterte Messunsicherheit des Pegels der Prüfspannung beim Kalibriervorgang.

LMC_t die Unsicherheit des Pegelmessgeräts, z. B. des am Ausgang des Leistungsverstärkers verwendeten Spannungsmessgeräts. Sie ist den Angaben des Herstellers zu entnehmen. Alternativ kann auch ein Leistungsmessgerät verwendet werden, um eine geringere Unsicherheit zu erhalten.

TG_t die Unsicherheit des Prüfgenerators einschließlich des Frequenzgenerators, des Leistungsverstärkers und des Dämpfungsglieds. Dieser Beitrag kann den Angaben des Herstellers entnommen oder aus anderen verfügbaren Quellen bestimmt werden.

ANMERKUNG 7 Es kann erforderlich sein, dass die Unsicherheitsbeiträge der einzelnen Komponenten des Prüfgenerators (z. B. des Signalgenerators, der Stabilität und von kurzzeitigen Schwankungen der Verstärkung des Leistungsverstärkers, des Dämpfungsglieds usw.) einzeln beurteilt werden müssen, insbesondere, wenn keine Regelungsschleife im Prüfaufbau verwendet wird.

MT_t eine Kombination der Beiträge der Fehlanpassungen zwischen Leistungsverstärker, Dämpfungsglied und dem Koppel-/Entkoppelnetzwerk (en: CDN). Dieser Beitrag kann vernachlässigt werden, wenn sowohl für die Kalibrierung als auch die Prüfung ein und derselbe Prüfaufbau, d. h. ein und dasselbe Dämpfungsglied und ein und dieselben Kabel, verwendet werden.

SW_t die Unsicherheit, die aus der diskreten Pegelschrittweite des Prüfgenerators und den Softwarefenstern zur Pegeleinstellung während des Prüfvorgangs abgeleitet wurde. Das Softwarefenster kann gewöhnlich vom Prüflaboratorium eingestellt werden.

**Tabelle G.2a – (Unsicherheitsbilanz des) Kalibrierungsvorgang(s)
der EM-Koppelstrecke**

Symbol	Quelle der Unsicherheit X_i	$U(x_i)$	Einheit	Verteilung	Teiler	$u(x_i)$	Einheit	c_i	$u_i(y)$	Einheit	$u_i(y)^2$
RCAL	150-Ω-zu-50-Ω-Übergang, Impedanzabweichung	0,3	dB	Rechteck	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
	150-Ω-zu-50-Ω-Übergang, Kalibrierung	0,2	dB	Normal, $k = 2$	2	0,10	dB	1	0,10	dB	0,01
SETUP	Aufbau für die Pegeleinstellung	0,35	dB	Normal, $k = 1$	1	0,35	dB	1	0,35	dB	0,12
LM _c	Pegelmessgerät	0,5	dB	Rechteck	1,73	0,29	dB	1	0,29	dB	0,08
SW _c	Präzision der Pegelein- stellung mittels Software	0,3	dB	Rechteck	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
LMC _{c (8,9)}	Pegelmessgerät in der Regelungsschleife	0	dB	Rechteck	1,73	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
TG _{c (8,9)}	Prüfgenerator	0	dB	Rechteck	1,73	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
MT _{c (10)}	Fehlanpassung zwischen Prüfgenerator und Koppelstrecke	0	dB	U-förmig	1,41	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
ML	Fehlanpassung zwischen Pegelmessgerät und Koppelstrecke	-0,5	dB	U-förmig	1,41	-0,35	dB	1	-0,35	dB	0,13
$\sum u_i (y)^2$											0,40
Kombinierte Unsicherheit $u(y) = \sqrt{\sum u_i (y)^2}$											0,63
Erweiterte Unsicherheit (CAL) $U = u(y) \times k, k = 2$											1,27 dB

Tabelle G.2b – (Unsicherheitsbilanz des) Prüfverfahrens mit EM-Koppelstrecke

Symbol	Quelle der Unsicherheit X_i	$U(x_i)$	Einheit	Verteilung	Teiler	$u(x_i)$	Einheit	c_i	$u_i(y)$	Einheit	$u_i(y)^2$
CAL	Kalibrierung	1,27	dB	Normal, $k = 2$	2	0,63	dB	1	0,63	dB	0,40
LMC _{t(8,9)}	Pegelmessgerät in der Regelungsschleife	0,3	dB	Rechteck	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
TG _{t(8,9)}	Prüfgenerator	0	dB	Rechteck	1,73	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
MT _{t(10)}	Fehlanpassung zwischen Prüfgenerator und Koppelstrecke	0	dB	U-förmig	1,41	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
SW _t	Präzision der Pegel-einstellung mittels Software	0,3	dB	Rechteck	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
AETERM	Abschluss der Zusatz-/Hilfseinrichtung	2,5	dB	Rechteck	1,73	1,45	dB	1	1,45	dB	2,09
$\sum u_i(y)^2$											2,55
Kombinierte Unsicherheit $u(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$											1,60
Erweiterte Unsicherheit $U = u(y) \times k, k = 2$											3,19 dB

ANMERKUNG 8 In Abhängigkeit davon, ob eine Regelungsschleife für den Ausgangspegel des Signalgenerators und den Ausgangspegel des Verstärkers verwendet wird oder nicht verwendet wird, gehen entweder die Beiträge des Pegelmessgeräts in der Regelungsschleife (LMC) oder die Beiträge des Prüfgenerators (TG) in die Tabelle für die Kalibrierung und/oder Prüfung ein. Im vorstehenden Beispiel liefert der Prüfgenerator keinen Beitrag zur Unsicherheitsbilanz, weil er einen Teil der Regelungsschleife bildet. Der Beitrag der Regelungsschleife wird durch das Pegelmessgerät gebildet (siehe auch Anmerkung 9). Der Prüfgenerator wird dennoch in den Beispieltabellen berücksichtigt, um die Prüflaboratorien daran zu erinnern, dass sie in Abhängigkeit vom besonderen Prüfaufbau in dem Labor gezwungen sein können, dessen Beitrag in Erwägung zu ziehen. In diesem Fall kann es sein, dass eine detailliertere Untersuchung des Beitrags des Prüfgenerators erforderlich ist. Siehe Begriffserläuterungen.

ANMERKUNG 9 Wenn für die Kalibrierung und die Prüfung ein und dieselbe Prüfeinrichtung verwendet wird, gehen in die Tabelle für den Prüfvorgang nur die Beiträge der Wiederholbarkeit und der Linearität ein. Die Beiträge aus der Kalibrierung können vernachlässigt werden.

ANMERKUNG 10 Wenn für die Kalibrierung und die Prüfung ein und derselbe Stromkreis verwendet wird, gehen diese Beiträge nicht in die Tabelle ein.

Begriffserläuterungen:

Einige der für das vorhergehende Beispiel (d. h. das CDN-Verfahren) bereits erläuterten Begriffe treffen im Prinzip auch für das Verfahren mit EM-Koppelstrecke zu. Diese Begriffe werden an dieser Stelle nicht erläutert, sondern es wird auf das vorhergehende Beispiel verwiesen.

ANMERKUNG 11 Die Unsicherheit, die sich ergibt, wenn nach 7.4 mit einer Überwachungssonde und mit einer Strombegrenzung gearbeitet wird, wird in diesem Anhang nicht betrachtet. In diesem Fall entspricht der Wert von U_0 nicht mehr dem Wert, der beim Einstellen des Prüfpegels bestimmt worden war, sondern ist auf einen unbekanntem Wert verringert. Deshalb kann U_0 in diesem Fall kein bestimmter Unsicherheitsbeitrag zugeordnet werden.

AETERM berücksichtigt den Einfluss der Impedanz der Hilfs-/Zusatzeinrichtung, die stets bei 150 Ω verbleiben sollte. Abweichungen von diesem Wert haben vor allem im niedrigeren Frequenzbereich (unterhalb von 10 MHz), in dem die EM-Koppelstrecke keine ausgeprägte Richtwirkung mehr zeigt, beträchtlichen Einfluss. In diesem Fall kann es sein, dass der Beitrag von AETERM zur Unsicherheitsbilanz größer ist als

der im vorstehenden Beispiel verwendete numerische Wert. Im Frequenzbereich oberhalb 10 MHz kann ein geringerer Wert verwendet werden.

Dieser Beitrag kann mittels eines Netzwerkanalysators experimentell untersucht werden. Der Koppelfaktor der EM-Koppelstrecke kann für eine Impedanz der Hilfs-/Zusatzeinrichtung (en: AE) von 150 Ω gemessen und mit davon abweichenden Impedanzen von Hilfs-/Zusatzeinrichtungen verglichen werden.

Tabelle G.3a – (Unsicherheitsbilanz des) Kalibrierungsvorgangs der Stromzange

Symbol	Quelle der Unsicherheit X_i	$U(x_i)$	Einheit	Verteilung	Teiler	$u(x_i)$	Einheit	c_i	$u_i(y)$	Einheit	$u_i(y)^2$
RCAL	150-Ω-zu-50-Ω-Übergang, Impedanzabweichung	0,3	dB	Rechteck	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
	150-Ω-zu-50-Ω-Übergang, Kalibrierung	0,2	dB	Normal, $k = 2$	2	0,10	dB	1	0,10	dB	0,01
JIG	Kalibrierhalterung	0,5	dB	Normal, $k = 1$	1	0,50	dB	1	0,50	dB	0,25
LM_c	Pegelmessgerät	0,5	dB	Rechteck	1,73	0,29	dB	1	0,29	dB	0,08
SW_c	Präzision der PegelEinstellung mittels Software	0,3	dB	Rechteck	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
LMC_c (12,13)	Pegelmessgerät in der Regelungsschleife	0	dB	Rechteck	1,73	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
TG_c (12,13)	Prüfgenerator	0	dB	Rechteck	1,73	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
MT_c (14)	Fehlanpassung zwischen Prüfgenerator und Stromzange	0	dB	U-förmig	1,41	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
ML	Fehlanpassung zwischen Pegelmessgerät und Stromzange	-0,5	dB	U-förmig	1,41	-0,35	dB	1	-0,35	dB	0,13
$\sum u_i (y)^2$											0,53
Kombinierte Unsicherheit $u(y) = \sqrt{\sum u_i (y)^2}$											0,73
Erweiterte Unsicherheit (CAL) $U = u(y) \times k, k = 2$											1,46 dB

Tabelle G.3b – (Unsicherheitsbilanz des) Prüfverfahrens mit Stromzange

Symbol	Quelle der Unsicherheit X_i	$U(x_i)$	Einheit	Verteilung	Teiler	$u(x_i)$	Einheit	c_i	$u_i(y)$	Einheit	$u_i(y)^2$
CAL	Kalibrierung	146	dB	Normal, $k = 2$	2	0,73	dB	1	0,73	dB	0,53
LMC_t (12,13)	Pegelmessgerät in der Regelungsschleife	0,3	dB	Rechteck	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
TG_t (12,13)	Prüfgenerator	0	dB	Rechteck	1,73	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
MT_t (14)	Fehlanpassung zwischen Prüfgenerator und Koppelstrecke	0	dB	U-förmig	1,41	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
SW_t	Präzision der PegelEinstellung mittels Software	0,3	dB	Rechteck	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
AETERM	Abschluss der Zusatz-/Hilfseinrichtung	2,5	dB	Rechteck	1,73	1,45	dB	1	1,45	dB	2,09
$\sum u_i(y)^2$											2,68
Kombinierte Unsicherheit $u(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$											1,64
Erweiterte Unsicherheit $U = u(y) \times k, k = 2$											3,27 dB

ANMERKUNG 12 In Abhängigkeit davon, ob eine Regelungsschleife für den Ausgangspegel des Signalgenerators und den Ausgangspegel des Verstärkers verwendet wird oder nicht verwendet wird, gehen entweder die Beiträge des Pegelmessgeräts in der Regelungsschleife (LMC) oder die Beiträge des Prüfgenerators (TG) in die Tabelle für die Kalibrierung und/oder Prüfung ein. Im vorstehenden Beispiel liefert der Prüfgenerator keinen Beitrag zur Unsicherheitsbilanz, weil er einen Teil der Regelungsschleife bildet. Der Beitrag der Regelungsschleife wird durch das Pegelmessgerät gebildet (siehe auch Anmerkung 13). Der Prüfgenerator wird dennoch in den Beispieltabellen berücksichtigt, um die Prüflaboratorien daran zu erinnern, dass sie in Abhängigkeit vom besonderen Prüfaufbau in dem Labor gezwungen sein können, dessen Beitrag in Erwägung zu ziehen. In diesem Fall kann es sein, dass eine detailliertere Untersuchung des Beitrags des Prüfgenerators erforderlich ist. Siehe Begriffserläuterungen.

ANMERKUNG 13 Wenn für die Kalibrierung und die Prüfung ein und dieselbe Prüfeinrichtung verwendet wird, gehen in die Tabelle für den Prüfvorgang nur die Beiträge der Wiederholbarkeit und der Linearität ein. Die Beiträge aus der Kalibrierung können vernachlässigt werden.

ANMERKUNG 14 Wenn für die Kalibrierung und die Prüfung ein und derselbe Stromkreis verwendet wird, gehen diese Beiträge nicht in die Tabelle ein.

Begriffserläuterungen:

Einige der für eines der vorhergehenden Beispiele (z. B. das CDN-Verfahren) bereits erläuterten Begriffe treffen im Prinzip auch für das Verfahren mit Stromzange zu. Diese Begriffe werden an dieser Stelle nicht erneut erläutert, sondern es wird auf die vorhergehenden Beispiele verwiesen.

ANMERKUNG 15 Die Unsicherheit, die sich ergibt, wenn nach 7.4 mit einer Überwachungssonde und mit einer Strombegrenzung gearbeitet wird, wird in diesem Anhang nicht betrachtet. In diesem Fall entspricht der Wert von U_0 nicht mehr dem Wert, der beim Einstellen des Prüfpegels bestimmt worden war, sondern ist auf einen unbekanntem Wert verringert. Deshalb kann U_0 in diesem Fall kein bestimmter Unsicherheitsbeitrag zugeordnet werden.

JIG eine Kombination von Unsicherheiten, die durch die Kalibrierhalterung verursacht werden. Dieser Beitrag kann aus Wiederholbarkeitsprüfungen mit wechselnden Bedingungen abgeleitet oder auf der Grundlage der Erfahrung abgeschätzt werden, wie in dem Beispiel gezeigt wird.

**Tabelle G.4a – (Unsicherheitsbilanz des) Kalibrierungsvorgangs
mit direkter Einkopplung**

Symbol	Quelle der Unsicherheit X_i	$U(x_i)$	Einheit	Verteilung	Teiler	$u(x_i)$	Einheit	c_i	$u_i(y)$	Einheit	$u_i(y)^2$
RCAL	150-Ω-zu-50-Ω-Übergang, Impedanzabweichung	0,3	dB	Rechteck	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
	150-Ω-zu-50-Ω-Übergang, Kalibrierung	0,2	dB	Normal, $k = 2$	2	0,10	dB	1	0,10	dB	0,01
SETUP	Aufbau für die PegelEinstellung	0,5	dB	Normal, $k = 1$	1	0,50	dB	1	0,50	dB	0,25
LM _c	Pegelmessgerät	0,5	dB	Rechteck	1,73	0,29	dB	1	0,29	dB	0,08
SW _c	Präzision der PegelEinstellung mittels Software	0,3	dB	Rechteck	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
LMC _{c(16,17)}	Pegelmessgerät in der Regelungsschleife	0	dB	Rechteck	1,73	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
TG _{c(16,17)}	Prüfgenerator	0	dB	Rechteck	1,73	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
MT _{c(18)}	Fehlanpassung zwischen Prüfgenerator und CDN	0	dB	U-förmig	1,41	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
ML	Fehlanpassung zwischen Pegelmessgerät und CDN	-0,5	dB	U-förmig	1,41	-0,35	dB	1	-0,35	dB	0,13
$\sum u_i (y)^2$											0,53
Kombinierte Unsicherheit $u(y) = \sqrt{\sum u_i (y)^2}$											0,73
Erweiterte Unsicherheit (CAL) $U = u(y) \times k, k = 2$											1,46 dB

Tabelle G.4b – (Unsicherheitsbilanz des) Prüfverfahrens mit direkter Einkopplung

Symbol	Quelle der Unsicherheit X_i	$U(x_i)$	Einheit	Verteilung	Teiler	$u(x_i)$	Einheit	c_i	$u_i(y)$	Einheit	$u_i(y)^2$
CAL	Kalibrierung	146	dB	Normal, $k = 2$	2	0,73	dB	1	0,73	dB	0,53
$LMC_t(16,17)$	Pegelmessgerät in der Regelungsschleife	0,3	dB	Rechteck	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
$TG_t(16,17)$	Prüfgenerator	0	dB	Rechteck	1,73	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
$MT_t(18)$	Fehlanpassung zwischen Prüfgenerator und Koppelstrecke	0	dB	U-förmig	1,41	0,00	dB	1	0,00	dB	0,00
SW_t	Präzision der PegelEinstellung mittels Software	0,3	dB	Rechteck	1,73	0,17	dB	1	0,17	dB	0,03
DD	Entkoppelgerät	2,3	dB	Rechteck	1,73	1,33	dB	1	1,33	dB	1,77
$\sum u_i(y)^2$											2,36
Kombinierte Unsicherheit $u(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$											1,54
Erweiterte Unsicherheit $U = u(y) \times k, k = 2$											3,07 dB

ANMERKUNG 16 In Abhängigkeit davon, ob eine Regelungsschleife für den Ausgangspegel des Signalgenerators und den Ausgangspegel des Verstärkers verwendet wird oder nicht verwendet wird, gehen entweder die Beiträge des Pegelmessgeräts in der Regelungsschleife (LMC) oder die Beiträge des Prüfgenerators (TG) in die Tabelle für die Kalibrierung und/oder Prüfung ein. Im vorstehenden Beispiel liefert der Prüfgenerator keinen Beitrag zur Unsicherheitsbilanz, weil er einen Teil der Regelungsschleife bildet. Der Beitrag der Regelungsschleife wird durch das Pegelmessgerät gebildet (siehe auch Anmerkung 17). Der Prüfgenerator wird dennoch in den Beispieltabellen berücksichtigt, um die Prüflaboratorien daran zu erinnern, dass sie in Abhängigkeit vom besonderen Prüfaufbau in dem Labor gezwungen sein können, dessen Beitrag in Erwägung zu ziehen. In diesem Fall kann es sein, dass eine detailliertere Untersuchung des Beitrags des Prüfgenerators erforderlich ist. Siehe Begriffserläuterungen.

ANMERKUNG 17 Wenn für die Kalibrierung und die Prüfung ein und dieselbe Prüfeinrichtung verwendet wird, gehen in die Tabelle für den Prüfvorgang nur die Beiträge der Wiederholbarkeit und der Linearität ein. Die Beiträge aus der Kalibrierung können vernachlässigt werden.

ANMERKUNG 18 Wenn für die Kalibrierung und die Prüfung ein und derselbe Stromkreis verwendet wird, gehen diese Beiträge nicht in die Tabelle ein.

Begriffserläuterungen:

Einige der für eines der vorhergehenden Beispiele (z. B. das CDN-Verfahren) bereits erläuterten Begriffe treffen im Prinzip auch für das Verfahren mit Stromzange zu. Diese Begriffe werden an dieser Stelle nicht erneut erläutert, sondern es wird auf die vorhergehenden Beispiele verwiesen.

DD eine Kombination von Unsicherheiten, die durch die Entkoppelgeräte und den Abschluss der Hilfs-/Zusatzeinrichtung verursacht werden. Eine gute Entkopplung schwächt den Einfluss des Abschlusses der Hilfs-/Zusatzeinrichtung ab, während eine schlechte Entkopplung diesen Einfluss verstärkt. Dieser Beitrag kann unter Verwendung der Impedanzen der Entkoppelelemente berechnet werden.

G.3 Anwendung

Der berechnete Wert der Messunsicherheit (MU) (erweiterte Messunsicherheit) kann für verschiedene Zwecke verwendet werden, z. B. wie in Produktnormen angegeben oder für die Akkreditierung von Prüflaboratorien. Es ist nicht vorgesehen, dass das Ergebnis dieser Berechnung zur Einstellung des Prüfpegels, mit dem der Prüfling während der Störfestigkeitsprüfung beaufschlagt wird, verwendet wird.

G.4 Literaturhinweis

[1] IEC 77/349/INF, *General information on measurement uncertainty of test instrumentation for conducted and radiated r. f. immunity tests*

[2] UKAS M3003, *Edition 2, 2007, The expression of Uncertainty and Confidence in Measurement, free download., www.ukas.com*

Literaturhinweise

IEC 60050(131):2002, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 131: Electric and magnetic terms*

IEC 6000-4-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test – Basic EMC Publication*

ANMERKUNG Harmonisiert als EN 61000-4-3:2006 (nicht modifiziert).

IEC/CISPR 16-1-2, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Ancillary equipment – Conducted disturbances*

ANMERKUNG Harmonisiert als EN 55016-1-2:2004 (nicht modifiziert).

IEC/CISPR 20, *Sound and television broadcast receivers and associated equipment – Immunity characteristics – Limits and methods of measurement*

ANMERKUNG Harmonisiert als EN 55020:2007 (nicht modifiziert).

Anhang ZA (normativ)

Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

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).

ANMERKUNG Wenn internationale Publikationen durch gemeinsame Abänderungen geändert wurden, durch (mod) angegeben, gelten die entsprechenden EN/HD.

<u>Publikation</u>	<u>Jahr</u>	<u>Titel</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Jahr</u>
IEC 60050	– ²⁾	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electromagnetic compatibility	–	–

²⁾ Undatierte Verweisung.