

	DIN EN 55016-1-4 (VDE 0876-16-1-4)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE
ICS 33.100.01	Ersatz für DIN EN 55016-1-4 (VDE 0876-16-1-4):2008-09 Siehe jedoch Beginn der Gültigkeit Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 1-4: Geräte und Einrichtungen zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Zusatz-/Hilfseinrichtungen – Gestrahlte Störaussendung (IEC/CISPR 16-1-4:2007 + A1:2007 + A2:2008); Deutsche Fassung EN 55016-1-4:2007 + A1:2008 + A2:2009 Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Ancillary equipment – Radiated disturbances (IEC/CISPR 16-1-4:2007 + A1:2007 + A2:2008); German version EN 55016-1-4:2007 + A1:2008 + A2:2009 Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-4: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Matériels auxiliaires – Perturbations rayonnées (CEI/CISPR 16-1-4:2007 + A1:2007 + A2:2008); Version allemande EN 55016-1-4:2007 + A1:2008 + A2:2009 Gesamtumfang 109 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE	

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2007-06-01 angenommene EN 55016-1-4 gilt zusammen mit der am 2008-02-01 angenommenen Änderung A1 und der am 2009-07-01 angenommenen Änderung A2 als DIN-Norm ab 2010-04-01.

Daneben darf **DIN EN 55016-1-4 (VDE 0876-16-1-4):2008-09** noch bis 2012-07-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 55016-16-1-4/A2 (VDE 0876-16-1-4/A2):2008-07.

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium UK 767.4 „Geräte und Verfahren zum Messen von elektromagnetischen Aussendungen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom SC A „Radio interference measurements and statistical methods“ des Internationalen Sonderausschusses für Funkstörungen (CISPR) der Internationalen Elektrotechnischen Kommission erarbeitet.

Die Änderungen gegenüber der Internationalen Norm IEC/CISPR 16-1-4:2007 und ihrer Änderung 1:2007-10 sind in dieser Norm mit einem senkrechten Randstrich gekennzeichnet.

ANMERKUNG Die konsolidierte Fassung aus der IEC/CISPR 16-1-4:2007-02 und ihrer Änderung 1:2007-10 wurde als IEC/CISPR 16-1-4 Ed. 2.1 (2008-01) veröffentlicht.

Hinweis der Geschäftsstelle zu notwendigen Korrekturen im Originaltext der Änderung 1:2007-10 zur IEC/CISPR 16-1-4:2007-02:

Im Rahmen der Abstimmung über den Schluss-Entwurf der Änderung 1 zur IEC/CISPR 16-1-4:2007 waren vom deutschen Komitee nachfolgende redaktionelle Kommentare eingebracht worden, die jedoch in der Schlussfassung der Änderung 1 zur IEC/CISPR 16-1-4:2007 nicht berücksichtigt wurden.

4.4.2 Eigenschaften der Antenne

Der erste Satz unter 4.4.2 c) des englischen Originaltextes ist durch folgenden Text zu ersetzen:

„For sites with less than 10 m separation, typically 3 m, the total vertical beamwidth 2ϕ of the towards earth tilted measurement antenna, within which the antenna gain is within 1 dB of its maximum, shall be such that:“

9.3 Eigenschaften der Antenne

Im vierten Absatz, erste Zeile, des englischen Originaltextes ist „internal“ vor „diameter“ zu löschen.

Diese Korrektur wurde in der vorliegenden deutschen Ausgabe der Norm bereits durchgeführt.

Seitens des für die IEC/CISPR 16-1-4 international zuständigen IEC/CISPR/SC A ist vorgesehen, die beiden vorstehenden Korrekturen in eine zukünftige Ausgabe der IEC/CISPR 16-1-4 zu übernehmen.

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.

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 55016-1-4 (VDE 0876-16-1-4):2008-09** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Ergänzung von 9.5;
- b) Änderung der Nummer des bisherigen 9.5 in 9.6.

Frühere Ausgaben

DIN 57876-1 (VDE 0876-1): 1978-09

DIN 57876-1a (VDE 0876-1a): 1980-06

DIN EN 55016-1-4 (VDE 0876-16-1-4): 2005-09, 2006-09, 2008-03, 2008-09

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(161):1990 + A1:1997 + A2:1998	¹⁾	–
–	IEC 60169-8:1978	–	–
EN 55016-1-1:2007 + A1:2007 + A1:2008	IEC/CISPR 16-1-1:2006 + A1:2006 + A2:2007	DIN EN 55016-1-1 (VDE 0876-16-1-1):2008-10	VDE 0876-16-1-1
EN 55016-1-5:2004	IEC/CISPR 16-1-5:2003	DIN EN 55016-1-5 (VDE 0876-16-1-5):2005-09	VDE 0876-16-1-5
EN 55016-2-3:2006	IEC/CISPR 16-2-3:2006	DIN EN 55016-2-3 (VDE 0877-16-2-3):2007-08	VDE 0877-16-2-3
–	IEC/CISPR/TR 16-3:2003 + A1:2005 + A2:2006	–	–
–	IEC/CISPR/TR 16-4-1:2009	–	–
EN 55016-4-2:2004	IEC/CISPR 16-4-2:2003	DIN EN 55016-4-2 (VDE 0876-16-4-2):2005-09	VDE 0876-16-4-2
–	IEC/CISPR/TR 16-4-3:2004 + A1:2006	–	–
–	IEC/CISPR/TR 16-4-4:2007	–	–
–	IEC/CISPR/TR 16-4-5:2006	–	–

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

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

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

DIN EN 55016-1-5 (VDE 0876-16-1-5), Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 1-5: Geräte und Einrichtungen zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Messplätze für die Antennenkalibrierung von 30 MHz bis 1 000 MHz

DIN EN 55016-2-3 (VDE 0877-16-2-3), Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 2-3: Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Messung der gestrahlten Störaussendung

DIN EN 55016-4-2 (VDE 0876-16-4-2):2005-09, Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 4-2: Unsicherheiten, Statistik und Modelle zur Ableitung von Grenzwerten (Störmodelle) – Unsicherheit bei EMV-Messungen (IEC/CISPR 16-4-2:2003); Deutsche Fassung EN 55016-4-2:2004

Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur
Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit –
Teil 1-4: Geräte und Einrichtungen zur Messung der hochfrequenten Störaussendung
(Funkstörungen) und Störfestigkeit –
Zusatz-/Hilfseinrichtungen – Gestrahlte Störaussendung
(IEC/CISPR 16-1-4:2007 + A1:2007 + A2:2008)

Specification for radio disturbance and immunity
measuring apparatus and methods –
Part 1-4: Radio disturbance and immunity
measuring apparatus –
Ancillary equipment – Radiated disturbances
(IEC/CISPR 16-1-4:2007 + A1:2007 + A2:2008)

Spécifications des méthodes et des appareils
de mesure des perturbations radioélectriques et
de l'immunité aux perturbations
radioélectriques –
Partie 1-4: Appareils de mesure des
perturbations radioélectriques et de l'immunité
aux perturbations radioélectriques –
Matériels auxiliaires – Perturbations rayonnées
(CEI/CISPR 16-1-4:2007 + A1:2007 + A2:2008)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2007-06-01, die A1 am 2008-02-01 und die A2 am 2009-07-01 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, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

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

Zentralsekretariat: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

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

Ref. Nr. EN 55016-1-4:2007 + A1:2008 + A2:2009 D

Vorwort

Der Text des Schriftstücks IEC/CISPR/A/710/FDIS, zukünftige 2. Ausgabe von IEC/CISPR 16-1-4, ausgearbeitet von dem IEC/CISPR SC A „Radio interference measurements and statistical methods“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2007-06-01 als EN 55016-1-4 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 55016-1-4:2004 + A1:2005 + A2:2005.

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): 2008-03-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2010-06-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC/CISPR 16-1-4:2007 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Vorwort zu A1

Der Text des Schriftstücks IEC/CISPR/A/750/FDIS, zukünftige Änderung 1 zu IEC/CISPR 16-1-4:2007, ausgearbeitet von dem IEC/CISPR SC A „Radio interference measurements and statistical methods“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2008-02-01 als Änderung A1 zu EN 55016-1-4:2007 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die Änderung auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2008-11-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der Änderung entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2011-02-01

Anerkennungsnotiz zu A1

Der Text der Änderung 1:2007 zur Internationalen Norm IEC/CISPR 16-1-4:2007 wurde von CENELEC als Änderung zur Europäischen Norm ohne irgendeine Abänderung angenommen.

Vorwort zu A2

Der Text des Schriftstücks IEC/CISPR/A/786/FDIS, zukünftige Änderung 2 zu IEC/CISPR 16-1-4:2007, ausgearbeitet von dem IEC/CISPR SC A „Radio interference measurements and statistical methods“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2009-07-01 als Änderung A2 zu EN 55016-1-4:2007 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die Änderung auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2010-04-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der Änderung entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2012-07-01

Anerkennungsnotiz zu A2

Der Text der Änderung 2:2008 zur Internationalen Norm IEC/CISPR 16-1-4:2007 wurde von CENELEC als Änderung zur Europäischen Norm ohne irgendeine Abänderung angenommen.

Inhalt

Seite

Vorwort	2
Vorwort zu A1	2
Vorwort zu A2	3
Einleitung	9
1 Anwendungsbereich	10
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe	10
4 Antennen zur Messung von gestrahlten Störaussendungen (Funkstörfeldstärken)	13
4.1 Physikalischer Kennwert für die Messung abgestrahlter Aussendungen	14
4.2 Frequenzbereich 9 kHz bis 150 kHz	14
4.3 Frequenzbereich 150 kHz bis 30 MHz	15
4.4 Frequenzbereich 30 MHz bis 1 000 MHz	15
4.5 Frequenzbereich 1 GHz bis 18 GHz	20
4.6 Besondere Antennenanordnungen	21
5 Messplätze zur Messung von Funkstörfeldstärken im Frequenzbereich 30 MHz bis 1 000 MHz	21
5.1 Freifeldmessplatz	21
5.2 Wetterschutz	21
5.3 Hindernisfreier Bereich	22
5.4 Auf dem Messplatz vorhandene hochfrequente Umgebungsstörrößen	22
5.5 Bodenfläche	23
5.6 Nachweisverfahren für die Eignung des Freifeldmessplatzes	24
5.7 Eignung von alternativen Messplätzen mit leitfähiger Bodenfläche	28
5.8 Eignung von Messplätzen ohne leitfähige Bodenfläche	33
5.9 Ermittlung der Einflüsse des Tisches für den Prüfaufbau und des Antennenmastes	42
6 Modenverwirbelungskammer zur Messung der Gesamtstrahlungsleistung	44
6.1 Kammer	44
7 TEM-Wellenleiter zur Messung der Einstrahlungsfestigkeit	46
8 Messplätze zur Messung von Funkstörfeldstärken im Frequenzbereich 1 GHz bis 18 GHz	46
8.1 Referenz-Messplatz	47
8.2 Nachweisverfahren für die Eignung des Messplatzes	47
8.3 Alternativer Messplatz	60
9 Vorrichtungen zur Absorption von Gleichtaktgrößen	61
9.1 Allgemeines	61
9.2 Messung der S-Parameter von Vorrichtungen zur Absorption von Gleichtaktgrößen (CMAD)	61
9.3 Prüfhalterung für Vorrichtungen zur Absorption von Gleichtaktgrößen (CMAD)	61
9.4 Messverfahren unter Verwendung der TRL-Kalibrierung	62
9.5 Spezifikation von Vorrichtungen zur Absorption von Gleichtaktgrößen des Ferritzangentyps	63

9.6	Überprüfung des Betriebsverhaltens der Vorrichtung zur Absorption von Gleichtaktgrößen (und dessen Minderung) unter Verwendung eines Spektrumanalysators und eines Mitlaufgenerators	64
	Anhang A (normativ) Kennwerte von Antennen	68
A.1	Einleitung	68
A.2	Bevorzugte Antennen	68
A.3	Einfache Dipolantennen	70
A.4	Kennwerte von Breitbandantennen	72
A.4.1	Antennenart	72
A.4.2	Festlegung der Antenne	73
A.4.3	Antennenkalibrierung	74
A.4.4	Information für den Benutzer der Antenne	74
	Anhang B (normativ) Gleichungen zur Funktionalität von Monopolen (1-m-Stabantennen) und Charakterisierung des zugehörigen Antennen-Anpassungsnetzwerks	76
B.1	Beschreibung	76
B.1.1	Einführung des Monopol-(1-m-Stab-)Antennensystems	76
B.1.2	Gleichungen zur Funktionalität von Monopolen (Stabantennen)	76
B.2	Verfahren zur Charakterisierung des Anpassungsnetzwerks	77
B.2.1	Netzwerkanalysator-Verfahren	77
B.2.2	Verfahren mit Signalgenerator und Geräuschspannungs-Messgerät	77
B.3	Betrachtungen zur künstlichen Antenne	79
B.4	Anwendung des Monopols (der Stabantenne)	79
B.5	Bezugsschriftstücke	79
	Anhang C (informativ) Rahmenantennensystem zur Messung des vom Magnetfeld in der Antenne induzierten Stroms im Frequenzbereich von 9 kHz bis 30 MHz	81
C.1	Einführung	81
C.2	Konstruktion des Rahmenantennensystems	81
C.3	Aufbau einer großen Rahmenantenne	81
C.4	Eignungsprüfung einer großen Rahmenantenne	85
C.5	Aufbau des Kalibrier-Dipols (Balun-Dipols)	86
C.6	Umwandlungsfaktoren	87
C.7	Bezugsschriftstück	89
	Anhang D (normativ) Konstruktionseinzelheiten eines Freifeldmessplatzes für den Frequenzbereich von 30 MHz bis 1 000 MHz (Abschnitt 5)	90
D.1	Allgemeines	90
D.2	Aufbau der reflektierenden Grundfläche	90
D.2.1	Material	90
D.2.2	Rauheit	90
D.3	Versorgungsanschlüsse für den Prüfling	90
D.4	Aufbau des Wetterschutzes	91
D.4.1	Material und Befestigung	91

	Seite
D.4.2 Innere Anordnung	91
D.4.3 Größe	92
D.4.4 Unabhängigkeit von Zeit und Wetter	92
D.5 Drehtisch (Drehscheibe) und Tisch für den Prüfaufbau	92
D.6 Empfangsantennenmast	92
Anhang E (normativ) Verfahren zum Eignungsnachweis des Freifeldmessplatzes für den Frequenzbereich von 30 MHz bis 1 000 MHz (Abschnitt 5)	94
E.1 Allgemeines	94
E.2 Verfahren mit Einzelfrequenzen	94
E.2.1 Messaufbau	94
E.2.2 Messverfahren	94
E.3 Verfahren mit Frequenzsuchlauf	95
E.3.1 Messaufbau	95
E.3.2 Messverfahren	95
E.4 Mögliche Ursachen für das Überschreiten der Grenzen für die Eignung des Messplatzes	96
E.5 Antennenkalibrierung	96
Anhang F (informativ) Grundlage des 4-dB-Eignungskriteriums für Messplätze (Abschnitt 5)	102
F.1 Allgemeines	102
F.2 Fehleranalyse	102
Literaturhinweise	104
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	105

Bilder

Bild 20 – Darstellung der Abstrahlung eines Prüflings auf einem 3-m-Messplatz, die die LPDA-Antenne auf direktem Wege und über die Bodenreflexion erreicht, die für den reflektierten Strahl die halbe Hauptstrahlbreite φ zeigt	16
Bild 2 – Hindernisfreier Bereich eines Messplatzes mit Drehtisch	23
Bild 3 – Hindernisfreier Bereich mit stationärem Prüfling	23
Bild 4 – Anordnung der Geräte zur Messung der Messplatzdämpfung bei horizontaler Polarisierung	25
Bild 5 – Anordnung der Geräte zur Messung der Messplatzdämpfung bei vertikaler Polarisierung unter Verwendung von abgestimmten Dipolen	25
Bild 6a – Typische Antennenpositionen für alternative Messplätze – Messung der normierten Messplatzdämpfung bei vertikaler Polarisierung	30
Bild 6b – Typische Antennenpositionen für alternative Messplätze – Messung der normierten Messplatzdämpfung bei horizontaler Polarisierung	30
Bild 6c – Typische Antennenpositionen zur Messung der normierten Messplatzdämpfung von alternativen Messplätzen bei vertikaler Polarisierung für einen Prüfling, der ein Volumen von 1 m Tiefe $\times$ 1,5 m Breite $\times$ 1,5 m Höhe nicht überschreitet und dessen Umkreis mehr als 1 m vom dielektrischen Material, das unerwünschte Reflexionen verursachen kann, entfernt ist	31

Bild 6d – Typische Antennenpositionen zur Messung der normierten Messplatzdämpfung von alternativen Messplätzen bei horizontaler Polarisierung für einen Prüfling, der ein Volumen von 1 m Tiefe × 1,5 m Breite × 1,5 m Höhe nicht überschreitet und dessen Umkreis mehr als 1 m vom dielektrischen Material, das unerwünschte Reflexionen verursachen kann, entfernt ist	31
Bild 6 – Typische Antennenpositionen für alternative Messplätze	31
Bild 7 – Darstellung der theoretischen Freiraum-NSA für verschiedene Messentfernungen als Funktion der Frequenz	34
Bild 8 – Messpositionen für die Eignungsprüfung des Messplatzes	37
Bild 9 – Beispiel für eine Messposition und Antennenneigung für die Eignungsprüfung des Messplatzes	38
Bild 10 – Typischer Aufbau zur Messung der Bezugs-Messplatzdämpfung von Quasi-Freiraum-Messplätzen	41
Bild 11 – Position der Antenne relativ zur Kante oberhalb eines rechteckigen Tisches für den Prüfaufbau (Draufsicht)	43
Bild 12 – Antennenposition oberhalb des Tisches für den Prüfaufbau (Seitensicht)	43
Bild 13 – Beispiel eines typischen Schaufelrad-„Tuners“/Rührers	45
Bild 14 – Beispiel der Kopplungsdämpfung in Abhängigkeit von der Frequenz für eine Kammer mit dem in Bild 13 gezeigten Schaufelrad-„Tuner“/Rührer	46
Bild 15 – Beispiel für das Strahlungsdiagramm der Ebene des <i>E</i> -Felds für eine Sendeantenne (nur zur Information)	50
Bild 16a – 1 GHz bis 6 GHz	51
Bild 16b – 6 GHz bis 18 GHz	51
Bild 16 – Beispiel für das Strahlungsdiagramm der Ebene des <i>H</i> -Felds für eine Sendeantenne (nur zur Information)	51
Bild 17 – Messpositionen in einer horizontalen Ebene zur Messung des Stehwellenverhältnisses – zur Beschreibung siehe 8.2.2.2.1	52
Bild 18 – S_{VSWR} -Messpositionen (Höhenanforderungen)	54
Bild 19 – Anforderung an bedingt erforderliche Prüfpositionen	59
Bild 26 – Grenzwerte für die Höhe von S_{11} , gemessen entsprechend 9.1 bis 9.3	64
Bild 21 – Definition der Bezugsebenen innerhalb der Prüfhaltung	65
Bild 22 – Beispiel für den Aufbau eines 50-Ω-Adapters in der vertikalen Arretierung der Prüfhaltung	65
Bild 23 – Beispiel für einen Anpassadapter mit Symmetrierübertrager (Balun) oder Übertrager	66
Bild 24 – Beispiel für einen Anpassadapter mit ohmschem Anpassungsnetzwerk	66
Bild 25 – Die vier Anordnungen für die TRL-Kalibrierung	67
Bild A.1 – Antennenfaktoren des verkürzten Dipols für $R_L = 50 \Omega$ (Bezugnahme auf die Anmerkung in A.3.2 d))	71
Bild B.1 – Verfahren unter Verwendung des Netzwerkanalysators	78
Bild B.2 – Verfahren unter Verwendung von Geräuschspannungs-Messgerät und Signalgenerator	78
Bild B.3 – Beispiel für den Einbau der Kapazität in eine künstliche Antenne	79
Bild C.1 – Rahmenantennensystem, bestehend aus drei großen Rahmenantennen, die gegenseitig aufeinander senkrecht stehen	82

Bild C.2 – Große Rahmenantenne, die zwei gegenüberliegende Schlitze enthält, die symmetrisch im Hinblick auf den Stromwandler C angeordnet sind.....	83
Bild C.3 – Ausführung des Antennenschlitzes	83
Bild C.4 – Beispiel einer Antennenschlitzkonstruktion unter Verwendung eines Kupferbands aus Leiterplattenmaterial mit zwei rechteckigen Kupferbelägen, um eine steife Schlitzausführung zu erhalten	84
Bild C.5 – Ausführung des Metallkastens, der den Stromwandler enthält.....	84
Bild C.6 – Beispiel, das die Verlegung von mehreren Kabeln eines Prüflings zeigt, um sicherzustellen, dass sich keine kapazitive Einkopplung von den Leitungen auf den Rahmen ergibt	85
Bild C.7 – Die acht Positionen des Kalibrier-Dipols (Balun-Dipols) während der Eignungsprüfung der großen Rahmenantenne	86
Bild C.8 – Eignungsfaktor für eine große Rahmenantenne mit 2 m Durchmesser.....	86
Bild C.9 – Ausführung des Kalibrier-Dipols (Balun-Dipols).....	87
Bild C.10 – Umwandlungsfaktoren C_{dA} (dB/m) (für die Umwandlung in dB(μA/m)) und C_{dV} (dB(Ω/m)) (für die Umwandlung in dB(μV/m)) für zwei genormte Messentfernungen d	88
Bild C.11 – Empfindlichkeit S_D einer großen Rahmenantenne mit Durchmesser D relativ zu einer großen Rahmenantenne mit Durchmesser von 2 m.....	88
Bild D.1 – Rayleigh-Kriterium für die Rauheit der reflektierenden Grundfläche	91

Tabellen

Tabelle 1 – Normierte Messplatzdämpfung (<i>NSA</i>) (empfohlene geometrische Abmessungen für abgestimmte Halbwellendipole bei horizontaler Polarisierung)	32
Tabelle 2 – Normierte Messplatzdämpfung (<i>NSA</i>) (empfohlene geometrische Abmessungen für Breitbandantennen)	33
Tabelle 3 – Maximale Abmessungen des Prüfvolumens in Abhängigkeit vom Messabstand.....	36
Tabelle 4 – Frequenzbereiche und Schrittweiten.....	38
Tabelle 5 – Messpositionen für die Messung des Stehwellenverhältnisses S_{VSWR}	55
Tabelle 6 – Anforderungen zum S_{VSWR} -Prüfbericht	60
Tabelle E.1 – Normierte Messplatzdämpfung (<i>NSA</i>) (empfohlene geometrische Abmessungen für Breitbandantennen)	98
Tabelle E.2 – Normierte Messplatzdämpfung (<i>NSA</i>) (empfohlene geometrische Abmessungen für abgestimmte Halbwellendipole bei horizontaler Polarisierung)	99
Tabelle E.3 – Normierte Messplatzdämpfung (<i>NSA</i>) (empfohlene geometrische Abmessungen für abgestimmte Halbwellendipole bei vertikaler Polarisierung)	100
Tabelle E.4 – Korrekturfaktor für die gegenseitige Verkopplung für Geometrien unter Verwendung von resonanten abstimmbaren Dipolen mit einem Abstand von 3 m zueinander	101
Tabelle F.1 – Fehlerbilanz.....	102

Einleitung

Mit dieser Änderung wird die Forderung nach Nutzung der symmetrischen Dipolantenne (d. h. des abgestimmten CISPR-Dipols) als physikalische Referenz für Messungen der gestrahlten Störaussendung im Frequenzbereich von 30 MHz bis 300 MHz aufgehoben. An deren Stelle tritt in diesem Frequenzbereich die Forderung, als Messgröße die elektrische Feldstärke zu verwenden, die mit verschiedenen Arten von Antennen bestimmt werden kann, sofern der Antennenfaktor und die mit ihm verbundene Unsicherheit bekannt sind.

Diese fundamentale Änderung der Messgröße im Frequenzbereich von 30 MHz bis 300 MHz war Gegenstand umfangreicher Untersuchungen und Beratungen in IEC/CISPR/SC A und gleicht diese an die Messgröße an, die im verbleibenden Frequenzbereich von 9 kHz bis 30 MHz und auch im Frequenzbereich oberhalb 1 GHz bereits angewendet wird. Die Entscheidung zur Durchführung dieser Änderung wird durch die vorliegenden Antworten auf einen diesbezüglichen Fragebogen unterstützt. Mehr Details zu den Gründen für die Entscheidung zur Einführung der Messgröße „elektrisches Feld“ anstelle der CISPR-Referenzdipole sind im IEC/CISPR-Bericht über den Pflegezyklus (der IEC/CISPR 16-1-4), Dokument IEC/CISPR/A/541/MCR, zu finden.

In IEC/CISPR/A/541/MCR wird erklärt, dass es wegen Verbesserungen bei der Kalibrierung von Antennen für EMV-Konformitätsprüfungen und der vermehrten Implementierung von Qualitätssicherungssystemen in den Prüf- und Kalibrierlaboratorien in Einklang mit ISO 17025 für einen CISPR-Referenzdipol keinen Bedarf mehr gibt. Außerdem umfasst Abschnitt 4 der IEC/CISPR 16-1-4 den Frequenzbereich von 9 kHz bis 1 GHz, währenddessen eine Referenzantenne nur für den Bereich von 30 MHz bis 300 MHz spezifiziert ist, was gerade diesen Frequenzbereich zu einer Ausnahme von der sonst geltenden allgemeinen Regel zu machen scheint.

Anders ausgedrückt: Die meisten Messungen physikalischer Größen werden mit einem Instrument durchgeführt, das sich auf nationale Normale zurückführen lässt. Für die Messung der elektrischen Feldstärke im Frequenzbereich von 30 MHz bis 300 MHz ist es nicht nötig, von diesem Prinzip der Rückführbarkeit abzuweichen, insbesondere dann nicht, wenn sich aus der Anwendung solch einer physikalischen Referenzantenne eine höhere Unsicherheit in Bezug auf die vorgesehene Messgröße ergeben könnte als bei einer regulär kalibrierten Breitbandantenne. Darüber hinaus wird der CISPR-Referenzdipol gegenwärtig in der Praxis kaum verwendet, weil er aus Sicht der Durchführung der Prüfungen eher unpraktisch ist (Zeitaufwand). Die neue Messgröße ist die durch den Grenzwert in dB(μ V/m) definierte und vom Messverfahren geforderte Feldstärke. Wenn verschiedene Prüfpersonen dasselbe, kalibrierte Antennen nutzende Messverfahren verwenden, ist ein hohes Maß an Reproduzierbarkeit sichergestellt.

Eine Folge der Nutzung abgestimmter Dipole als Referenzantenne ist, dass die Antennenunsicherheit nach **IEC/CISPR 16-4-2** erfordert, dass die mit einer Breitbandantenne gemessene Feldstärke auf die Feldstärke zurückgeführt werden muss, die mit einem abgestimmten Dipol gemessen worden wäre. Die dabei auftretenden Unwägbarkeiten sind von den Unterschieden in den Strahlungscharakteristiken und den Wechselwirkungen eines Dipols im Vergleich zu einer Breitbandantenne (einschließlich der Höhenabhängigkeit des Antennenfaktors) abhängig. Eine derartige Praxis kann im Vergleich zur direkten Ermittlung der Feldstärke mittels rückführbar kalibrierter Breitbandantennen in der Tat höhere EMV-Messunsicherheiten ergeben. Das Verständnis der Zuordnung des Verhaltens der gemeinhin verwendeten Breitbandantennen zu den äußerst selten verwendeten abgestimmten Dipolen in den Anmerkungen zur Unsicherheitsbilanz nach **IEC/CISPR 16-4-2** erfordert Spezialistenwissen.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC/CISPR 16 ist eine Grundnorm, die die Eigenschaften und Leistungsmerkmale von Geräten und Einrichtungen zur Messung von gestrahlten Störaussendungen (Funkstörfeldstärken) im Frequenzbereich 9 kHz bis 18 GHz festlegt.

Festlegungen für Zusatz-/Hilfseinrichtungen schließen ein: Antennen und Messplätze, TEM-Wellenleiter und Modenverwirbelungskammern.

Die Anforderungen dieser Norm müssen bei allen Frequenzen und allen Pegeln der gestrahlten Störaussendungen (Funkstörfeldstärken) innerhalb des CISPR-Anzeigebereichs der Messgeräte erfüllt werden.

Messverfahren sind im **Teil 2-3** festgelegt und weitere Informationen zu Funkstörungen sind im Teil 3 der IEC/CISPR 16 gegeben. Festlegungen zu Unsicherheiten, statistischen Betrachtungen und zur Ableitung von Grenzwerten sind im Teil 4 der IEC/CISPR 16 gegeben.

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/CISPR 16-1-1, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Measuring apparatus*

IEC/CISPR 16-2-3, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-3: Methods of measurement of disturbances and immunity – Radiated disturbance measurements*

IEC/CISPR/TR 16-3, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 3: CISPR technical reports*

IEC/CISPR/TR 16-4 (alle Teile), *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Uncertainties, statistics and limit modelling*

IEC/CISPR 16-4-2:2003, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-2: Uncertainties, statistics and limit modelling – Uncertainty in EMC measurements*

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Definitionen. Siehe auch IEC 60050(161).

3.1

Bandbreite

B_n

Breite der Gesamt-Selektionskurve des Empfängers zwischen zwei Punkten mit einer auf die Anzeige in der Bandmitte bezogenen Dämpfung

ANMERKUNG Die Bandbreite wird durch das Symbol B_n dargestellt, wobei n die angegebene Dämpfung in Dezibel ist.

3.2

CISPR-Anzeigebereich

vom Hersteller angegebener Bereich zwischen minimaler und maximaler Anzeige, in dem der Empfänger den Anforderungen dieses Teils der IEC/CISPR 16 entspricht

3.3

Kalibriermessplatz (en: CALTS)

Freifeldmessplatz mit metallischer Bodenfläche und eng spezifiziertem Messplatzdämpfungsverhalten für horizontale und vertikale Polarisierung des elektrischen Feldes

ANMERKUNG 1 Ein (Antennen-)Kalibriermessplatz (en: CALTS) wird zur Bestimmung des Freiraum-Antennenfaktors einer Antenne verwendet.

ANMERKUNG 2 Messungen der Messplatzdämpfung eines (Antennen-)Kalibriermessplatzes (en: CALTS) werden zum Vergleich mit Messungen der Messplatzdämpfung eines Messplatzes für Konformitätsmessungen (en: COMTS) durchgeführt, um die Güte eines Messplatzes für Konformitätsmessungen zu bestimmen.

3.4

Messplatz für Konformitätsmessungen (en: COMTS)

Messumgebung, die gültige, reproduzierbare Messergebnisse der Störfeldstärke eines Prüflings zum Zweck des Vergleichs mit Konformitätsgrenzwerten sicherstellt

3.5

Antenne

Teil eines Sende- oder Empfangssystems, das dazu entwickelt wurde, elektromagnetische Wellen auf eine bestimmte Art abzustrahlen oder zu empfangen

ANMERKUNG 1 Für die Anwendung in dieser Norm bildet der Symmetrierübertrager (Balun) einen Teil der Antenne.

ANMERKUNG 2 Dieser Begriff bezeichnet die verschiedensten Ausführungsformen, wie z. B. die Drahtantenne, den im Freiraum resonanten Dipol und die Hybridantenne.

3.6

Symmetrierübertrager (Balun)

passives elektrisches Netzwerk zur Anpassung einer symmetrischen auf eine unsymmetrische Übertragungsleitung oder Gerät oder umgekehrt

3.7

im Freiraum resonanter Dipol

Drahtantenne, die aus zwei geraden, in einer Linie angeordneten, aneinander gereihten Leitern gleicher Länge besteht. Die beiden Leiter sind durch einen Spalt voneinander getrennt und haben jeweils eine Länge von etwa $1/4$ der Wellenlänge, so dass bei der festgelegten Frequenz die über den Spalt gemessene Eingangsimpedanz im freien Raum rein reell wird.

ANMERKUNG 1 Für die Anwendung in dieser Norm wird diese Drahtantenne mit dem damit verbundenen Symmetrierübertrager (Balun) auch als „Messantenne“ bezeichnet.

ANMERKUNG 2 Diese Drahtantenne wird auch als „abgestimmter Dipol“ bezeichnet.

3.8

Messplatzdämpfung

Minimalwert der Einfügungsdämpfung des Messplatzes, der zwischen zwei auf einem Messplatz aufgestellten Antennen mit gleicher, aufeinander abgestimmter Polarisierung gemessen wird, wenn eine Antenne über den festgelegten Höhenbereich vertikal bewegt wird und die andere in einer festen Höhe verbleibt

3.9

Einfügungsdämpfung

Dämpfung zwischen zwei an festgelegten Positionen auf einem Messplatz aufgestellten Antennen, die sich ergibt, wenn die direkte elektrische Verbindung zwischen dem Ausgang des Generators (d. h. des Messsenders) und dem Eingang des Messempfängers durch die an den festgelegten Positionen aufgestellte Sende- und die Empfangsantenne ersetzt wird

3.10

Drahtantenne

eine festgelegte Struktur, die aus einem oder mehreren metallischen Drahtelementen oder Stäben besteht und zur Abstrahlung oder zum Empfang von elektromagnetischen Wellen dient

ANMERKUNG Eine Drahtantenne enthält keinen Symmetrierübertrager (Balun).

3.11

Vollabsorberkammer voll reflexionsfreier Raum FAR

geschirmter Raum, dessen innere Oberflächen mit einem Hochfrequenzen (Funkfrequenzen) absorbierenden Material (d. h. HF-Absorbern) ausgekleidet ist, das die elektromagnetische Energie im interessierenden Frequenzbereich absorbiert

3.12

Quasi-Freiraum-Messplatz

zur Durchführung von Messungen gestrahlter Störaussendungen oder zur Kalibrierung von Antennen geeigneter Messplatz, auf dem Freiraum-Ausbreitungsbedingungen erzielt werden sollen. Zur Erfüllung des für die Messung gestrahlter Störaussendungen oder des für das hier betrachtete Verfahren zur Antennenkalibrierung geltenden Eignungskriteriums für Messplätze sind unerwünschte Reflexionen aus der Umgebung möglichst klein zu halten.

3.13

Prüfvolumen

Volumen im FAR, innerhalb dessen der Prüfling aufgebaut ist

ANMERKUNG Innerhalb dieses Volumens wird die Quasi-Freiraum-Bedingung eingehalten, und dieses Volumen ist typischerweise in einem Abstand von 0,5 m oder mehr vom Absorbermaterial des FAR vorhanden.

3.14

Kreuzpolarisations-Verhalten

Unterdrückungsmaß der Antenne bei Kreuzpolarisation zwischen Antenne und Feld bei axialer Drehung der Antenne in einem gleichförmigen (d. h. linear polarisierten) elektromagnetischen Feld

3.15

Hybridantenne

konventionelle, am hochohmigen Ende zum Anschluss eines (z. B. bikonischen oder Schleifen-)Breitbanddipols mit einer Umwegleitung so verlängerte Draht-Element-LPDA (LPDA = logarithmisch periodische Dipolantenne), dass die Umwegleitung (d. h. der „verteilte“ Symmetrierübertrager oder Balun) der LPDA als (niederohmige) Spannungsquelle für den Breitbanddipol dient. Üblicherweise wird am hochohmigen Ende der Umwegleitung eine Drossel für asymmetrische Ströme eingesetzt, um parasitäre (unbeabsichtigte), auf dem Außenmantel des Koaxialkabels zum Empfänger fließende (unerwünschte) HF-Ströme zu minimieren.

3.16

Antenne mit geringer Unsicherheit

für die Messung der Feldstärke der elektrischen Feldkomponente in einem definierten Raumpunkt geeignete robuste bikonische Antenne oder LPDA guter Qualität, deren Antennenfaktor eine bessere Wiederholpräzision als $\pm 0,5$ dB aufweist.

ANMERKUNG Weitere Beschreibungen sind in [A.2.2](#) zu finden.

3.17

Halbabsorberkammer SAC

geschirmter Raum, in dem fünf der sechs inneren Oberflächen (Innenwände, Decke) mit HF-Energie absorbierendem Material (wie z. B. HF-Absorbern) ausgekleidet sind, das die elektromagnetische Energie im interessierenden Frequenzbereich absorbiert, wobei die horizontale Bodenfläche eine leitfähige Massefläche zur Nutzung mit Freifeld-Messanordnungen ist

3.18

Vorrichtung zur Absorption von Gleichtakt-Störgrößen

CMAD

Vorrichtung, die auf den Kabeln, die aus dem Prüfvolumen herausführen, angebracht werden kann, um die Konformitätsunsicherheit bei Messungen gestrahlter Störaussendungen zu verringern

3.19

Einfügungsdämpfung

die mit dem Einfügen einer Vorrichtung in eine Übertragungsleitung einhergehende Dämpfung, ausgedrückt als Verhältnis der Eingangsspannung zur Ausgangsspannung unmittelbar vor bzw. nach der Einfügungsstelle einer zu prüfenden Vorrichtung, vor und nach der Einfügung der Vorrichtung. Sie ist identisch mit dem Betrag des inversen S -Übertragungsparameters $|1/S_{21}|$.

3.20

Reflexionskoeffizient

Verhältnis der Werte einer für die hinlaufende und rücklaufende (reflektierte) Welle gemeinsamen Größe. Der Reflexionskoeffizient für die Spannung wird daher definiert als das Verhältnis der komplexen Spannung der rücklaufenden Welle zur komplexen Spannung der hinlaufenden Welle. Der Reflexionskoeffizient für die Spannung ist identisch mit dem Streukennwert S_{11} .

3.21

SOLT-(en: short-open-load-through) oder TOSM-(en: through-open-short-match)Kalibrierverfahren

Kalibrierverfahren für Vektor-Netzwerkanalysatoren unter Verwendung von drei bekannten Impedanznormalen – Kurzschluss, Leerlauf und Anpassung bei Abschluss mit entsprechender Last – und eines bekannten Übertragungsnormals – Durchgang. Das SOLT-Verfahren wird häufig benutzt und die notwendigen Kalibrieradapter mit 50- Ω -Impedanzcharakteristik sind allgemein erhältlich. Ein vollständiges Zweiter-Fehlermodell umfasst sechs Fehlerterme für jede Vorwärts- und Rückwärtsrichtung und somit in Summe zwölf separate Fehlerterme, so dass zur Kalibrierung insgesamt zwölf Referenzmessungen durchzuführen sind.

3.22

Streuparameter

S -Parameter

ein Satz von vier Kennwerten zur Beschreibung der Eigenschaften eines in eine Übertragungsleitung eingefügten Zweitor-Netzwerks

3.23

TRL-(en: through-reflection-line)Kalibrierung

Kalibrierverfahren für Vektor-Netzwerkanalysatoren unter Verwendung dreier bekannter Impedanznormale – „Durchgang“, „Reflexion“ und „Strecke“ – zur internen und externen Kalibrierung des Vektor-Netzwerkanalysators (VNA). Für diese Kalibrierung sind vier Referenzmessungen notwendig.

3.24

Vektor-Netzwerkanalysator

VNA

zur Messung der komplexen Werte der vier S -Parameter S_{11} , S_{12} , S_{21} und S_{22} geeigneter Netzwerkanalysator

4 Antennen zur Messung von gestrahlten Störaussendungen (Funkstörfeldstärken)

Zur Messung der Feldstärke sind Antennen eines solchen Typs zu verwenden, wie sie, entsprechend kalibriert, für die Messung abgestrahlter Aussendungen zum Einsatz kommen, wobei ihre Richtdiagramme und ihre Wechselwirkung mit der Umgebung zu berücksichtigen sind. Die Antenne und die zwischen ihr und dem Messempfänger eingefügten Übertragungsglieder dürfen die Gesamteigenschaften des Messempfängers nicht merklich beeinflussen. Wenn die Antenne mit dem Messempfänger verbunden ist, muss das Messsystem den Anforderungen zur Bandbreite nach IEC/CISPR 16-1-1 im betroffenen Frequenzband entsprechen.

Die Antenne muss linear polarisiert sein. Sie muss so ausrichtbar sein, dass alle Polarisationsrichtungen der einfallenden Strahlung gemessen werden können. Die Höhe des Antennenmittelpunktes über der Boden-

fläche oder in einem FAR über den Absorbern muss unter Umständen entsprechend den jeweiligen Anforderungen eines Prüfverfahrens einstellbar sein.

Für zusätzliche Informationen über die Kennwerte von Breitbandantennen siehe [Anhang A](#).

4.1 Physikalischer Kennwert für die Messung abgestrahlter Aussendungen

Der physikalische Kennwert (oder die Messgröße) bei Messungen abgestrahlter Aussendungen, die zum Vergleich mit einem in V/m angegebenen Aussendungsgrenzwert durchgeführt werden, ist die Feldstärke des elektrischen Felds, die in einem Raumpunkt, der in Bezug auf die Position des Prüflings festgelegt ist, gemessen wird. Detaillierter ausgedrückt: Die Messgröße bei Messungen auf Freifeldmessplätzen oder in Halbabsorberkammern im Frequenzbereich von 30 MHz bis 1 000 MHz ist die maximale Feldstärke als Funktion der horizontalen und vertikalen Polarisation und in Höhen von 1 m und 4 m und in einer horizontalen Entfernung von 10 m vom Prüfling, wobei der Prüfling in der Horizontalen über alle Winkel gedreht werden muss.

Die Messungenauigkeit bei der Feldstärkemessung des gleichförmigen Feldes eines unmodulierten Sinussignals muss kleiner als ± 3 dB sein, wenn eine Antenne, die den Anforderungen dieses Abschnittes entspricht, in Verbindung mit einem Messempfänger, der den Anforderungen der **IEC/CISPR 16-1-1** entspricht, benutzt wird.

ANMERKUNG Diese Anforderung schließt nicht die Einflüsse des Messplatzes ein.

4.2 Frequenzbereich 9 kHz bis 150 kHz

Die Erfahrung hat gezeigt, dass in diesem Frequenzbereich in erster Linie die magnetische Feldkomponente für die zu beobachtenden Störgrößen verantwortlich ist.

4.2.1 Antenne zur Messung der magnetischen Feldstärke

Für die Messung der magnetischen Komponente der Strahlung kann entweder eine elektrisch geschirmte Rahmenantenne, deren Fläche nicht größer als ein Quadrat mit der Seitenlänge 60 cm ist, oder eine geeignete Ferrit-Stabantenne benutzt werden.

Die Einheit der (gemessenen) magnetischen Feldstärke ist $\mu\text{A/m}$ oder in (daraus abgeleiteten) logarithmischen Einheiten $20 \log(\mu\text{A/m}) = \text{dB}(\mu\text{A/m})^{N1)}$. Der zugehörige Grenzwert der Störaussendung muss in den gleichen Einheiten angegeben werden.

ANMERKUNG Direkte Messungen der in $\text{dB}(\mu\text{A/m})$ oder $\mu\text{A/m}$ ausgedrückten Stärke der magnetischen Komponente eines gestrahlten Feldes können unter allen Bedingungen, d. h. sowohl unter Nah- als auch unter Fernfeldbedingungen, durchgeführt werden. Jedoch sind viele Feldstärke-Messempfänger in Form der äquivalenten elektrischen Feldstärke für eine ebene Welle in $\text{dB}(\mu\text{V/m})$ kalibriert, d. h., es wird angenommen, dass das Verhältnis der E - zur H -Feldkomponente durch den Feldwellenwiderstand $120 \pi \Omega$ oder 377Ω bestimmt ist.

Um den Ablesewert für H in $\mu\text{A/m}$ zu erhalten, wird der Ablesewert für E in $\mu\text{V/m}$ durch 377Ω dividiert:

$$H (\mu\text{A/m}) = E (\mu\text{V/m}) / 377 \Omega \quad (1)$$

Um den Ablesewert für H in $\text{dB}(\mu\text{A/m})$ zu erhalten, wird $51,5 \text{ dB}(\Omega)$ vom Ablesewert für E in $\text{dB}(\mu\text{V/m})$ subtrahiert:

$$H \text{ dB}(\mu\text{A/m}) = E \text{ dB}(\mu\text{V/m}) - 51,5 \text{ dB}(\Omega) \quad (2)$$

Die Impedanz $Z = 377 \Omega$, mit $20 \log Z = 51,5 \text{ dB}(\Omega)$, die in den vorstehenden Umrechnungen verwendet wird, ist eine Konstante, die von der Kalibrierung der Feldstärke-Messeinrichtung, die das magnetische Feld in $\mu\text{V/m}$ oder $\text{dB}(\mu\text{V/m})$ anzeigt, herrührt.

^{N1)} Nationale Fußnote: Siehe DIN 5493.

4.2.2 Schirmung der Rahmenantenne

Eine nicht zweckgerechte Schirmung einer Rahmenantenne kann zu Anzeigen führen, die auf das elektrische Feld zurückzuführen sind. Die Unterdrückung derartiger Effekte der Antenne muss mittels Drehung der Antenne in einem gleichförmigen Feld beurteilt werden, wobei die Stirnfläche der Rahmenantenne parallel zum *E*-Feld-Vektor ausgerichtet bleiben muss. Wenn nach der Drehung die Stirnfläche der Antenne senkrecht zum Magnetfluss ausgerichtet ist, und die Antenne dann so gedreht wird, dass ihre Stirnfläche parallel zur Richtung des Magnetflusses ausgerichtet ist, muss die Anzeige der Messgröße um mindestens 20 dB abnehmen.

4.3 Frequenzbereich 150 kHz bis 30 MHz

4.3.1 Antenne zur Messung der elektrischen Feldstärke

Für die Messung der elektrischen Komponente der Strahlung kann entweder eine symmetrische (Dipol) oder eine unsymmetrische (Monopol) Antenne benutzt werden. Wird eine unsymmetrische Antenne benutzt, bezieht sich die Messung nur auf die Wirkung des elektrischen Feldes auf eine senkrechte Stabantenne. Die benutzte Antennenart muss mit den Messergebnissen festgehalten werden.

Informationen zur Berechnung der Eigenschaften eines Monopols (Stabantenne) und zur Charakterisierung des Anpassungsnetzwerks sind im [Anhang B](#) gegeben. Im [Anhang B](#) wird ausgeführt, dass der mittels des äquivalenten Kapazitäts-Substitutionsverfahrens (ECSM) ermittelte Antennenfaktor für Monopole, deren Länge größer $1/8$ Wellenlänge ist, größere Unsicherheiten aufweist.

Die Einheit der (gemessenen) elektrischen Feldstärke ist $\mu\text{V/m}$ oder in (daraus abgeleiteten) logarithmischen Einheiten $20 \log(\mu\text{V/m}) = \text{dB}(\mu\text{V/m})$. Der zugehörige Grenzwert der Störaussendung muss in den gleichen Einheiten angegeben werden.

4.3.2 Antenne zur Messung der magnetischen Feldstärke

Für die Messung der magnetischen Komponente der Strahlung muss eine elektrisch geschirmte Rahmenantenne, wie in [4.2.1](#) beschrieben, benutzt werden.

Für die Messung von niedrigeren Feldstärken können abgestimmte elektrisch symmetrische Rahmenantennen anstelle von nicht abgestimmten elektrisch geschirmten Rahmenantennen benutzt werden.

4.3.3 Kreuzpolarisations-Verhalten der Antenne

Wenn eine symmetrische Antenne zur Messung der elektrischen Feldstärke benutzt wird, muss diese die Anforderungen nach [4.4.3](#) erfüllen. Wenn eine symmetrische Antenne zur Messung der magnetischen Feldstärke benutzt wird, muss diese die Anforderungen nach [4.2.2](#) erfüllen.

4.4 Frequenzbereich 30 MHz bis 1 000 MHz

In diesem Frequenzbereich wird ausschließlich die elektrische Feldkomponente gemessen, so dass Antennen zur Messung der magnetischen Feldkomponente nicht einbezogen sind. Die Antenne muss eine dipolartige und zur Messung des elektrischen Felds entworfene Antenne sein. Dazu gehören z. B. abgestimmte Dipolantennen, deren Elementepaare entweder gerade oder konisch zulaufende Stäbe sind, Dipolanordnungen wie z. B. logarithmisch-periodische Dipolantennen (LPDA), die eine Reihe von nacheinander angeordneten Sets von geraden Stabelementen haben, und Hybridantennen.

4.4.1 Antenne mit geringer Unsicherheit zur Verwendung bei angenommener Nichteinhaltung des Grenzwerts für das *E*-Feld

Wegen der geringeren Messunsicherheit wird der Wert der elektrischen Komponente des Felds, der mit einer typischen bikonischen Antenne oder einer LPDA-Antenne anstatt mit einer Hybridantenne gemessen wurde, bevorzugt. Typische bikonische und LPDA-Antennen sind im [Anhang A](#) definiert, und es dürfen nur kalibrierte Antennen verwendet werden.

ANMERKUNG 1 Eine verringerte Messunsicherheit wird im Frequenzbereich von 30 MHz bis 250 MHz durch Verwendung der bikonischen Antenne und im Frequenzbereich von 250 MHz bis 1 GHz durch Verwendung der LPDA-Antenne erreicht. Alternativ kann auch 200 MHz als Frequenz für den Antennenwechsel genutzt werden, jedoch sind die Unsicherheiten infolge von Verschiebungen des Phasenzentrums der LPDA-Antenne höher und müssen deshalb in den Bericht über die Unsicherheitsbilanz der Messungen abgestrahlter Aussendungen aufgenommen werden.

ANMERKUNG 2 Die Unsicherheit bei Messungen von abgestrahlten Aussendungen eines Prüflings hängt von vielen verschiedenen Einflussfaktoren ab, wie z. B. der Qualität des Messplatzes, der Unsicherheit des Antennenfaktors, der Antennenart und den Eigenschaften des Messempfängers. Die Begründung für die Definition von Antennen mit geringer Unsicherheit besteht in der nötigen Begrenzung anderer Antenneneinflüsse auf die Messunsicherheit, wie z. B. der wechselseitigen Kopplung mit einer Massefläche, der Änderung des Richtdiagramms bei Höhenvariation und der veränderlichen Position des Phasenzentrums. Der Nachweis des vernachlässigbaren Einflusses dieser Effekte besteht in einem Vergleich der Anzeigen der beiden Antennen bei der ausgewählten Frequenz für den Antennenwechsel, bei dem sich dieselben Feldstärkewerte für das E -Feld innerhalb einer Spanne von ± 1 dB ergeben sollten.

4.4.2 Eigenschaften der Antenne

Da die Empfindlichkeit der einfachen Dipolantenne im Frequenzbereich von 300 MHz bis 1 000 MHz klein ist, kann eine komplexere Antenne verwendet werden. Solch eine Antenne muss folgende Eigenschaften aufweisen:

- Die Antenne muss lineare Polarisierung aufweisen, was durch Anwendung des Prüfverfahrens für die Kreuzpolarisation nach 4.4.4 zu beurteilen ist.
- Symmetrische Dipolantennen, wie z. B. abgestimmte Dipole und bikonische Antennen, müssen ein validiertes Symmetrieverhalten aufweisen, was durch Anwendung des Prüfverfahrens für die Symmetrie nach 4.4.3 zu beurteilen ist. Für Hybridantennen gilt dies auch im Frequenzbereich unterhalb 200 MHz.
- Ein Messplatz mit leitender Massefläche wird vorausgesetzt. Die Amplitude des empfangenen Signals wird kleiner, wenn eines oder beide, d. h. das direkte und/oder das vom Boden reflektierte Signal, vom Prüfling nicht an der Spitze der Hauptkeule des Richtdiagramms der Antenne eintritt. Diese Spitze liegt gewöhnlich in Achsenrichtung der Antenne. Diese Verkleinerung der Amplitude muss als Fehler bei der Messung der abgestrahlten Aussendung angesehen werden: Die sich ergebende Grenzabweichung der Unsicherheit geht auf die Breite des Hauptstrahls, 2φ , zurück, siehe Bild 20.

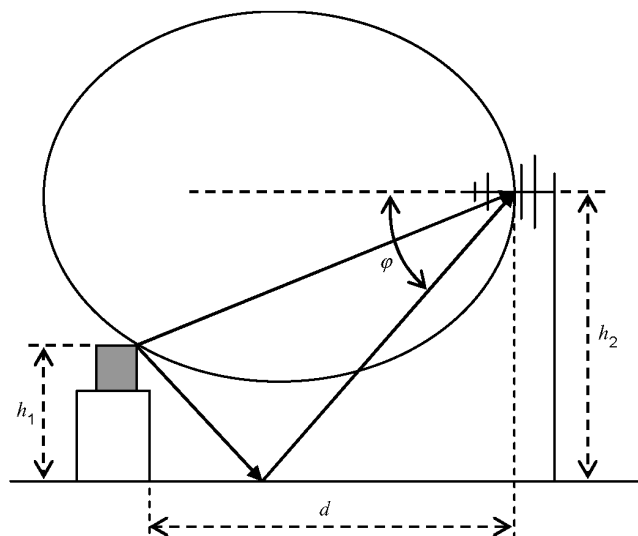


Bild 20 – Darstellung der Abstrahlung eines Prüflings auf einem 3-m-Messplatz, die die LPDA-Antenne auf direktem Wege und über die Bodenreflexion erreicht, die für den reflektierten Strahl die halbe Hauptstrahlbreite φ zeigt

Die Bedingungen für die Einhaltung eines Fehlers von nicht mehr als ± 1 dB sind nachstehend unter 1) für einen 10-m-Messplatz und unter 2) für einen 3-m-Messplatz angegeben. Um umständliche Richtcharakteristikbedingungen zu umgehen, wird alternativ dazu unter 3) eine Bedingung angegeben, die auf den Antennengewinn zurückgeht.

Die Aussendungsmessungen werden einmal mit horizontal und einmal mit vertikal polarisierter Antenne durchgeführt. Wenn beabsichtigt ist, die Richtcharakteristik in nur einer Polarisationssebene zu messen, dann muss die schmalere der beiden Richtcharakteristiken wie folgt verwendet werden: Die Einhaltung der Richtcharakteristik der Antenne muss im horizontal polarisierten Feld bei Ausrichtung der Antenne für horizontale Polarisation nachgewiesen werden.

- 1) Beim 10-m-Freifeldmessplatz oder bei einer 10-m-Halbabsorberkammer ist der Unterschied zwischen der Amplitudenanzeige des gemessenen Signals aus Richtung des direkten Strahls und der Amplitudenanzeige des in Achsenrichtung der Antenne gemessenen Signals vernachlässigbar, wenn die Antennenachse parallel zur Massefläche ausgerichtet ist. Bei Aussendungsmessungen kann die Richtungskomponente der Unsicherheit kleiner 1 dB gehalten werden, wenn die Amplitudenanzeige des gemessenen Signals aus Richtung des reflektierten Strahls um nicht mehr als 2 dB kleiner ist als die Amplitudenanzeige des in Achsenrichtung der Antenne gemessenen Signals. Zur Sicherstellung dieser Bedingung muss der vertikale Öffnungswinkel 2ϕ der Messantenne, innerhalb dem der Gewinn der Antenne um höchstens 2 dB von seinem Höchstwert abweicht, der Bedingung

$$\phi > \tan^{-1} \left[(h_1 + h_2) / d \right]$$

genügen.

- 2) Bei Messplätzen mit weniger als 10 m Abstand, also mit typischen Abständen von 3 m, muss der vertikale Öffnungswinkel 2ϕ der Messantenne, innerhalb dem der Gewinn der Antenne um höchstens 1 dB vom Wert seines Höchstwerts abweicht, der Bedingung

$$2\phi > \tan^{-1} \left[(h_1 + h_2) / d \right] - \tan^{-1} \left[(h_1 - h_2) / d \right]$$

genügen.

Dabei ist

h_1 die Höhe des Prüflings;

h_2 die Höhe der Messantenne;

d der horizontale Abstand zwischen dem Phasenzentrum der Messantenne und dem Prüfling.

Wenn die Antenne zur Verringerung der vorgenannten Unsicherheiten nicht geneigt wird, muss die daraus resultierende Verringerung des empfangenen Signals aus der Richtcharakteristik berechnet werden, siehe Anmerkung, und zur Korrektur der Messergebnisse oder als Unsicherheit der Richtungskomponente verwendet werden. Beispiele für Unsicherheitsbilanzen sind in [IEC/CISPR 16-4-2](#) zu finden.

ANMERKUNG 1 Nimm eine E -Feld-Strahlungscharakteristik an, die in Achsenrichtung (d. h. im Maximum der Hauptkeule) auf normalisiert ist, und lese das E -Feld bei den Einfallswinkeln für den direkten Strahl, ED, und den reflektierten Strahl, ER, ab. Der Fehler (in dB) für den direkten und den reflektierten Strahl im Vergleich zu einem E -Feld mit einem Wert von 1 in dB ergibt sich zu $20 \log(2/(ED + ER))$.

ANMERKUNG 2 Bei der durch die reduzierte Richtwirkung bei Ablage des Einfallswinkels von der Antennenachse verursachten Verringerung der Stärke des empfangenen Signals handelt es sich um einen systematischen Fehler, der korrigiert werden kann. Wenn eine solche Korrektur vorgenommen wird, kann die Unsicherheit im Messwert der ausgesendeten Signalstärke mit Hilfe der Kenntnis der Strahlungscharakteristik bei jeder Frequenz und Polarisation entsprechend verringert werden.

- 3) Bei Antennenarten mit großem Öffnungswinkel, wie z. B. bikonischen, LPDA- oder Hybridantennen, die zur Messung von abgestrahlten Aussendungen verwendet werden, steht der Öffnungswinkel im umgekehrten Verhältnis zur Richtwirkung der Antenne. Eine Alternative zu dem Kriterium, das auf die Öffnungswinkel in 1) und 2) zurückgeht, besteht darin, den höchsten Gewinn der Antenne festzulegen und auf die grundlegenden Unsicherheits-Grenzabweichungen für die Richtungskomponente in der Unsicherheitsbilanz für Aussendungsmessungen zu verweisen. Die grundlegenden Unsicherheiten, die auf den kleinsten Öffnungswinkeln in dem für eine gegebene Antenne genutzten Frequenzbereich beruhen, sind in IEC/CISPR 16-4-2 angegeben. Der höchste isotrope Antennengewinn darf für bikonische Antennen 2 dB und für logarithmisch-periodische Dipolantennen (LPDA) und Hybridantennen 8 dB betragen. Bei V-förmigen LPDA-Antennen, deren Öffnungswinkel in der *H*-Feldenebene dem Öffnungswinkel in der *E*-Feldenebene angeglichen ist, muss der höchste zulässige isotrope Gewinn 9 dB betragen.

ANMERKUNG 3 Die in IEC/CISPR 16-4-2:2004 angegebenen Unsicherheiten für die Richtungskomponente können für einen Messabstand von 10 m verwendet werden, für einen Messabstand von 3 m werden jedoch überarbeitete Unsicherheiten benötigt.

- d) Die Rückflussdämpfung der Antenne mit angeschlossener Speiseleitung darf nicht kleiner als 10 dB sein. Ein entsprechendes Anpass-Dämpfungsglied kann ein Teil der Speiseleitung der Antenne sein, wenn dies zur Einhaltung dieser Bedingung notwendig ist.
- e) Zur Erfüllung der Anforderungen nach 4.1 muss ein Kalibrierungsfaktor angegeben werden.

4.4.3 Symmetrie der Antenne

4.4.3.1 Einleitung

Bei Messungen der gestrahlten Aussendung können asymmetrische Ströme im Kabel vorhanden sein, das mit der Empfangsantenne verbunden ist (Antennenkabel). Umgekehrt erzeugen diese asymmetrischen Ströme elektromagnetische Felder, die von der Empfangsantenne aufgenommen werden können. Als Folge können die Ergebnisse der Messungen der gestrahlten Aussendung beeinflusst sein.

Die Hauptbeiträge zu den asymmetrischen Strömen im Kabel stammen

- a) von dem durch den Prüfling erzeugten elektrischen Feld, falls dieses Feld eine Komponente hat, die parallel zum Antennenkabel ist, und
- b) aus der Umwandlung des symmetrischen Antennensignals (das Nutzsignal) in ein asymmetrisches Signal auf Grund der Unzulänglichkeit des Symmetrierübertragers (Balun) der Empfangsantenne.

Im Allgemeinen zeigen logarithmisch-periodische Antennen keine bedeutsame Umwandlung des symmetrischen in ein asymmetrisches Signal auf, und die nachfolgende Prüfung gilt für Dipole, bikonische Antennen und bikonische/logarithmische Hybridantennen.

4.4.3.2 Prüfung der Umwandlung des symmetrischen in ein asymmetrisches Signal auf Grund des Symmetrierübertragers (Balun)

Das nachfolgende Verfahren beschreibt die Messung von zwei Spannungen U_1 und U_2 in dem Frequenzbereich, in dem die Empfangsantenne zu benutzen ist. Das Verhältnis dieser zwei in gleichen Einheiten (z. B. dB(μV)) ausgedrückten Spannungen stellt ein Maß für die Umwandlung des symmetrischen in ein asymmetrisches Signal dar.

- 1) Stelle die zu prüfende Empfangsantenne vertikal polarisiert mit ihrem Mittelpunkt in 1,5 m Höhe über der Bodenfläche auf. Verlege eine Länge von $1,5 \text{ m} \pm 0,1 \text{ m}$ des Kabels horizontal hinter das aktive hintere Antennenelement und lasse das restliche Kabel aus einer Höhe von mindestens 1,5 m senkrecht auf die Bodenfläche fallen.
- 2) Ordne eine zweite vertikal polarisierte (Sende-)Antenne in einem horizontalen Abstand von 10 m zum Mittelpunkt der zu prüfenden Antenne an, wobei die Spitze der ersten Antenne 0,10 m von der Bodenfläche entfernt sein muss. Wenn die Größe des für die Aussendungsmessung verwendeten Messplatzes 3 m beträgt, führe diese Prüfung unter Verwendung eines Abstands von 3 m durch (wenn die Prüfung der Umwandlung bereits in 10 m Abstand durchgeführt wurde und eine Änderung zeigt, die

- kleiner als $\pm 0,5$ dB ist, ist es nicht notwendig, eine getrennte Messung in 3 m Abstand durchzuführen). Die Spezifikation der Sendeantenne muss den Frequenzbereich der zu prüfenden Antenne einschließen.
- 3) Verbinde die Sendeantenne mit einer Signalquelle, z. B. einem Mitlaufgenerator („Tracking“-Generator). Stelle den Pegel des Generators über den interessierenden Frequenzbereich so ein, dass der Signalabstand des Empfängers zum Umgebungsrauschen größer als 10 dB ist.
 - 4) Zeichne die Spannung U_1 am Empfänger über den interessierenden Frequenzbereich auf.
 - 5) Kehre die Empfangsantenne um (drehe sie um 180°), ohne sonst irgendetwas am Messaufbau, insbesondere nicht das Empfangsantennenkabel, zu ändern und ohne die Einstellung der Signalquelle zu ändern.
 - 6) Zeichne die Spannung U_1 am Empfänger über den Frequenzbereich auf.
 - 7) Die Umwandlung des symmetrischen in ein asymmetrisches Signal ist ausreichend gering, wenn $|20 \lg (U_1/U_2)| < 1$ dB.

ANMERKUNG 1 Wenn das für die Begrenzung der Umwandlung des symmetrischen in ein asymmetrisches Signal geltende Kriterium nicht erfüllt wird, können Ferritringe um das Antennenkabel herum angeordnet werden, um die Umwandlung des symmetrischen in ein asymmetrisches Signal zu verringern. Die Hinzufügung von Ferritringen auf dem Antennenkabel kann auch dafür verwendet werden zu zeigen, ob der Beitrag eine nicht vernachlässigbare Auswirkung besitzt. Die Prüfung wird mit vier in einem Abstand von jeweils ungefähr 20 cm angeordneten Ferritringen wiederholt. Wenn bei Verwendung dieser Ringe das Kriterium erfüllt wird, müssen sie auch bei der tatsächlichen Messung verwendet werden. In ähnlicher Weise kann das Zusammenwirken mit dem Kabel verringert werden, indem das Kabel mehrere Meter hinter der Antenne ausgestreckt wird, bevor es auf die Bodenfläche herunterfällt.

ANMERKUNG 2 Wenn die Empfangsantenne in einem Raum mit voller Absorberauskleidung (en: FAR) verwendet wird, kann die Messung des Maßes für die Umwandlung des symmetrischen in ein asymmetrisches Signal in diesem Raum durchgeführt werden, wobei die Empfangsantenne an ihrem üblichen Platz und die Sendeantenne im Mittelpunkt des Prüfvolumens dieses Raumes aufgestellt wird. Der Raum muss das ± 4 -dB-Kriterium erfüllen.

ANMERKUNG 3 Der Messplatz, von dem die Bodenfläche einen Bestandteil bildet, oder der Raum mit voller Absorberauskleidung (en: FAR) sollte die jeweilige für ihn geltende Anforderung an die Messplatzdämpfung (NSA) erfüllen.

ANMERKUNG 4 Der horizontale Abstand von 1,5 m, in dem das Antennenkabel horizontal hinter dem Mittelpunkt der Antenne verläuft, muss während der tatsächlichen Messungen der vertikal polarisierten gestrahlten Aussendungen als Mindestabstand beibehalten werden.

ANMERKUNG 5 Die strikte Festlegung eines Messaufbaus ist nicht erforderlich, weil der Effekt (Umwandlung des symmetrischen in ein asymmetrisches Signal) zum großen Teil auf Grund des Zusammenwirkens der Antenne und desjenigen Teils des Kabels, der parallel zu den Antennenelementen verläuft, auftritt. Bei üblichen EMV-Prüfaufbauten auf einem Freifeldmessplatz (oder in einem Raum mit voller Absorberauskleidung (en: FAR)) ist der Effekt, der von der Gleichförmigkeit des in die Antenne einfallenden Feldes abhängt, viel kleiner.

ANMERKUNG 6 Bei Symmetrierübertragern (Baluns), bei denen die Buchse für das Kabel von der Empfangsantenne auf der Seite montiert ist (90° -Winkel zum Antennenstrahl), sollte ein rechtwinkliges Verbindungselement verwendet werden, um die Bewegung des Kabels zu verringern.

4.4.4 Kreuzpolarisations-Verhalten der Antenne

Wenn eine Antenne in einem linear polarisierten elektromagnetischen Feld aufgestellt wird, muss die Spannung am Anschluss, die sich ergibt, wenn Antenne und Feld kreuzpolarisiert (orthogonal polarisiert) sind, mindestens um 20 dB kleiner sein als die Spannung am Anschluss, die sich ergibt, wenn sie kopolarisiert sind. Es ist vorgesehen, dass diese Prüfung für logarithmisch-periodische Dipolantennen (LPDA) gilt, bei denen die beiden Hälften jedes Dipols gestaffelt sind. Die Mehrzahl der Messungen mit diesen Antennen findet oberhalb 200 MHz statt, aber die Anforderung gilt unterhalb 200 MHz. Für „In-Line“-Dipole und bikonische Antennen ist diese Prüfung nicht vorgesehen, weil eine Kreuzpolarisationsunterdrückung, die größer als 20 dB ist, ihrem symmetrischen Aufbau innewohnt. Solche Antennen und Hornantennen müssen eine Kreuzpolarisationsunterdrückung haben, die größer als 20 dB ist, und dies sollte durch eine vom Hersteller durchgeführte Typprüfung bestätigt werden.

Eine Absorberkammer hoher Güte oder Türme mit ausreichender Höhe über dem Boden in einem Außenbereich können verwendet werden, um quasi Freiraumbedingungen zu erreichen. Zur Minimierung von Bodenreflexionen sind die Antennen in vertikaler Polarisierung aufzustellen. An der zu prüfenden Antenne muss eine ebene Welle eingestellt werden. Die Entfernung zwischen dem Mittelpunkt der zu prüfenden Antenne und der Sendeantenne muss größer als eine Wellenlänge sein.

ANMERKUNG Zum Aufbau einer ebenen Welle an der zu prüfenden Antenne wird ein Messplatz mit hoher Güte benötigt. Die durch die ebene Welle geforderte Kreuzpolarisations-Unterscheidung kann nachgewiesen werden, indem zwischen einem Paar von Hornantennen oder leer laufenden Wellenleitern gesendet wird und gezeigt wird, dass die Kombination aus messplatzbedingtem Fehler und immanentem Kreuzpolarisations-Verhalten einer Hornantenne eine Unterdrückung der horizontalen Komponente um mehr als 30 dB ergibt. Wenn die messplatzbedingten Fehler sehr klein sind und die Hornantennen identisches Verhalten besitzen, ist das Kreuzpolarisations-Verhalten einer Hornantenne ungefähr 6 dB kleiner als die kombinierte Kreuzpolarisations-Kopplung des Hornantennenpaares.

Ein Störsignal, dessen Pegel um 20 dB niedriger ist als derjenige des erwünschten Signals, ergibt einen maximalen Fehler von $\pm 0,9$ dB bei dem erwünschten Signal. Der maximale Fehler tritt auf, wenn das kreuzpolarisierte Signal mit dem ko-polarisierten Signal in Phase ist. Wenn die Kreuzpolarisations-Anzeige eines LPDA schlechter als 20 dB ist, muss die Bedienperson die Unsicherheit berechnen und zusammen mit dem Messergebnis angeben. Zum Beispiel beinhaltet ein Kreuzpolarisations-Pegel von 14 dB eine maximale Unsicherheit von + 1,6 dB bis - 1,9 dB. Für die Berechnung der Standardunsicherheit ist der größere Wert zu nehmen, und eine U-förmige Verteilung ist anzunehmen.

Um ein Signal von 0 dB zu einem anderen mit -14 dB zu addieren, ist zunächst eine Umwandlung in relative Spannungen vorzunehmen, indem eine Division durch 20 durchgeführt und der Anti-Logarithmus gebildet wird. Anschließend wird das kleinere Signal zum Einheitssignal addiert. Der Logarithmus wird gebildet und mit 20 multipliziert. Das Ergebnis ist der positive Fehlerwert in dB. Wiederhole das Ganze, wobei jedoch das kleinere Signal vom Einheitssignal subtrahiert wird, um den negativen Fehlerwert in dB zu erhalten.

Für die Berechnung der Unsicherheit des Ergebnisses einer Messung der gestrahlten Aussendung in dem Fall, dass der in einer Polarisierung gemessene Signalpegel den in der darauf senkrecht stehenden Polarisierung gemessenen Signalpegel um 6 dB oder mehr überschreitet, wird angenommen, dass ein LPDA, dessen Kreuzpolarisations-Unterscheidung nur 14 dB beträgt, die Festlegung 20 dB einhält. Wenn die Differenz zwischen dem vertikal polarisierten und dem horizontal polarisierten Signalpegel kleiner als 6 dB ist, muss eine zusätzliche Unsicherheit berechnet werden, wenn die Summe aus dieser Differenz und der Kreuzpolarisation kleiner als 20 dB ist.

4.5 Frequenzbereich 1 GHz bis 18 GHz

Messungen der gestrahlten Aussendungen oberhalb 1 GHz müssen unter Verwendung von kalibrierten, linear polarisierten Antennen durchgeführt werden. Beispiele sind LPDA-Antennen, Doppelsteg-Hornantennen und Normalgewinn-Hornantennen. Der „Strahl“ (Öffnungswinkel) oder die Hauptkeule des Antennendiagramms jeder der verwendeten Antennen muss breit genug sein, um den Prüfling, wenn er in der Messentfernung angeordnet ist, vollständig umfassen zu können, oder es müssen Vorkehrungen getroffen werden, um den Prüfling abzutasten, damit die Richtung oder die Quelle der gestrahlten Aussendungen lokalisiert werden kann. Die Breite der Hauptkeule ist definiert als die Halbwertsbreite (3 dB) der Antenne. Informationen zur Bestimmung dieses Kennwertes sollten in den Antennenunterlagen angegeben werden. Die Aperturabmessungen dieser Hornantennen müssen so klein sein, dass die Messentfernung R_m in m gleich oder größer als die nachfolgende Mindestentfernung (sog. Rayleigh-Distanz) ist:

$$R_m \geq D^2 / 2 \lambda$$

Dabei ist

D die größte Ausdehnung der Apertur der Antenne in m;

λ die Freiraum-Wellenlänge bei der Messfrequenz in m.

Bei Meinungsverschiedenheiten haben Messungen mit einer Normalgewinn-Hornantenne oder einer vergleichbaren genau kalibrierten Hornantenne Vorrang.

4.6 Besondere Antennenanordnungen

4.6.1 (Orthogonales) Rahmenantennensystem

Im Frequenzbereich 9 kHz bis 30 MHz kann die Störfähigkeit der magnetischen Feldkomponente der Abstrahlung eines einzelnen Prüflings durch Verwendung eines speziellen Rahmenantennensystems bestimmt werden. Im Rahmenantennensystem wird diese Fähigkeit in Form der Ströme, die durch das Magnetfeld in den Rahmenantennen des Rahmenantennensystems induziert werden, gemessen. Das Rahmenantennensystem erlaubt Messungen im Inneren von Gebäuden.

Das Rahmenantennensystem besteht aus drei kreisförmigen, gegenseitig aufeinander senkrecht stehenden großen Rahmenantennen, die einen Durchmesser von 2 m haben und auf einer nicht-metallischen Unterlage ruhen. Eine volle Beschreibung des Rahmenantennensystems wird im [Anhang C](#) gegeben.

Der Prüfling wird in der Mitte des Rahmenantennensystems angeordnet. Die größten Abmessungen des Prüflings werden begrenzt, so dass der Abstand zwischen dem Prüfling und einer großen Rahmenantenne mindestens 0,20 m beträgt. Eine Anleitung zur Verlegung der Signalkabel ist in [C.3](#), [Anmerkung 2](#) und [Bild C.6](#), gegeben. Kabel sollten zusammen verlegt werden und das Rahmenvolumen im gleichen Oktanten des Rahmenantennensystems und nicht näher als 0,4 m zu jeder Rahmenantenne verlassen.

Die drei gegenseitig aufeinander senkrecht stehenden großen Rahmenantennen erlauben die Messung der Störfähigkeit in allen drei Polarisationssebenen des gestrahlten Feldes mit der beschriebenen Genauigkeit und ohne dass (zur Erfassung der richtungsabhängigen, höchsten Störaussendung) der Prüfling gedreht oder die Ausrichtung der großen Rahmenantennen geändert werden muss.

Jede der drei großen Rahmenantennen muss die in [C.5](#) gegebenen Anforderungen der Eignungsprüfung erfüllen.

ANMERKUNG Es dürfen kreisförmige große Rahmenantennensysteme, deren Durchmesser von dem genormten Durchmesser von 2 m abweichen, verwendet werden, vorausgesetzt, dass ihr Durchmesser $D \leq 4$ m und der Abstand zwischen dem Prüfling und einer Antenne mindestens $0,10 D$ m ist. Korrekturfaktoren für nicht genormte Durchmesser sind in [C.6](#) gegeben.

5 Messplätze zur Messung von Funkstörfeldstärken im Frequenzbereich 30 MHz bis 1 000 MHz

Es ist eine Umgebung erforderlich, in der gültige, wiederholbare Ergebnisse von Messungen der Funkstörfeldstärke sichergestellt sind. Für Geräte und Einrichtungen, die nur an ihrem Betriebsort gemessen werden können, müssen andere Vorkehrungen genutzt werden.

5.1 Freifeldmessplatz

Messungen von Funkstörfeldstärken werden üblicherweise auf einem Freifeldmessplatz durchgeführt. Freifeldmessplätze zeichnen sich durch einen hindernisfreien ebenen Boden aus. Solche Messplätze müssen frei von Gebäuden, elektrischen Leitungen, Zäunen, Bäumen usw. sowie von unterirdisch verlegten Kabeln, Rohrleitungen usw. sein, sofern sie nicht zur Versorgung und zum Betrieb des Prüflings erforderlich sind. Empfehlungen für spezielle Bauanleitungen für Freifeldmessplätze zur Messung von elektromagnetischen Feldern im Frequenzbereich 30 MHz bis 1 GHz sind im [Anhang D](#) enthalten. Das Eignungsnachweisverfahren für Freifeldmessplätze ist in [5.6](#) enthalten, mit weiteren Einzelheiten im [Anhang E](#). [Anhang F](#) enthält das Eignungskriterium.

5.2 Wetterschutz

Ein Wetterschutz ist zweckmäßig, wenn der Messplatz das ganze Jahr hindurch benutzt wird. Der Wetterschutz kann entweder den gesamten Messplatz einschließlich des Prüflings und der Messantenne oder nur den Prüfling schützen. Die verwendeten Werkstoffe dürfen die Ausbreitung der Hochfrequenzwellen nicht beeinträchtigen, um unerwünschte Reflexionen und Dämpfungen des vom Prüfling ausgesandten Feldes zu vermeiden.

Der Wetterschutz muss so gestaltet sein, dass ein leichtes Entfernen von Schnee, Eis oder Wasser ermöglicht wird. Für weitere Einzelheiten siehe [Anhang D](#).

5.3 Hindernisfreier Bereich

Beim Freifeldmessplatz ist ein hindernisfreier Bereich, der den Prüfling und die Messantenne umgibt, erforderlich. Der hindernisfreie Bereich sollte keine störenden reflektierenden Gegenstände aufweisen und groß genug sein, damit reflektierende Gegenstände außerhalb des hindernisfreien Bereiches nur geringe Auswirkungen auf die mit einer Messantenne gemessenen Felder haben. Um die Eignung des Geländes feststellen zu können, sollten Prüfungen zur Bewertung des Messplatzes durchgeführt werden.

Da die Größe des von einem Gegenstand reflektierten Feldes von vielen Faktoren abhängt (Größe des Gegenstandes, Entfernung vom Prüfling, Ausrichtung in Bezug auf den Prüfling, Leitfähigkeit und dielektrische Eigenschaft des Gegenstandes, Frequenz usw.), ist es praktisch nicht möglich, einen ausreichend hindernisfreien Bereich festzulegen, der für alle Anwendungen notwendig und ausreichend wäre. Größe und Form des hindernisfreien Bereiches hängen von der Messentfernung ab und davon, ob der Prüfling gedreht wird oder nicht. Wenn der Messplatz mit einem Drehtisch ausgestattet ist, so wird als hindernisfreier Bereich eine Ellipse mit der Empfangsantenne und dem Prüfling in den beiden Brennpunkten empfohlen, wobei die größere Achse gleich der doppelten Messentfernung und die kleinere Achse gleich dem $\sqrt{3}$ -fachen der Messentfernung ist (siehe [Bild 2](#)).

Bei dieser Ellipse ist der Weg des unerwünschten Strahles, der von einem beliebigen Gegenstand auf dem äußeren Rand reflektiert wird, gleich der doppelten Länge des direkten Strahlenweges zwischen den Brennpunkten. Wird ein großer Prüfling auf den Drehtisch gestellt, so muss der hindernisfreie Bereich von der äußeren Begrenzung des Prüflings aus gemessen werden.

Wenn der Messplatz nicht mit einem Drehtisch ausgestattet ist, d. h., der Prüfling wird nicht bewegt, so wird als hindernisfreier Bereich ein kreisförmiges Gelände empfohlen, wobei der radiale Abstand zwischen der äußeren Begrenzung des Prüflings und der Grenze des Bereiches gleich der 1,5fachen Messentfernung ist (siehe [Bild 3](#)). In diesem Fall wird die Antenne in der Messentfernung um den Prüfling herum bewegt.

Das Gelände innerhalb des hindernisfreien Bereiches sollte eben sein. Ein geringes Gefälle für eine angemessene Drainage ist zulässig. Die Ebenheit der metallischen reflektierenden Bodenfläche, falls Letztere notwendig ist, wird in [D.2](#) behandelt. Die Messgeräte und das Messpersonal sollten sich außerhalb des hindernisfreien Bereiches befinden.

5.4 Auf dem Messplatz vorhandene hochfrequente Umgebungsstörrößen

Die hochfrequenten Umgebungsstörrögel im Bereich eines Messplatzes müssen im Vergleich zu den zu messenden Werten ausreichend niedrig sein. Die Güte des Messplatzes kann diesbezüglich in vier Gruppen eingeteilt werden, die in der Reihenfolge ihrer Bedeutung im Folgenden aufgeführt werden:

- a) Die Umgebungsstörrögel liegen mindestens 6 dB unter den Messwerten.
- b) Einige Umgebungsstörrögel liegen innerhalb von 6 dB unter den Messwerten.
- c) Einige Umgebungsstörrögel liegen über den Messwerten, sind jedoch entweder aperiodisch (d. h., die Zeit zwischen den Aussendungen reicht aus, um eine Messung durchzuführen) oder kontinuierlich, jedoch nur auf einer begrenzten Anzahl von bekannten Frequenzen.
- d) Die Umgebungsstörrögel liegen in einem großen Teil des zu messenden Frequenzbereichs über den Messwerten und treten kontinuierlich auf.

Durch die Auswahl eines Messplatzes sollte sichergestellt werden, dass die Messgenauigkeit aufrechterhalten wird, wobei Umgebung und technische Sachkenntnis des Messpersonals berücksichtigt werden müssen.

ANMERKUNG Für fehlerfreie Ergebnisse sollten die Umgebungsstörrögel mindestens 20 dB unter dem Messpegel liegen.

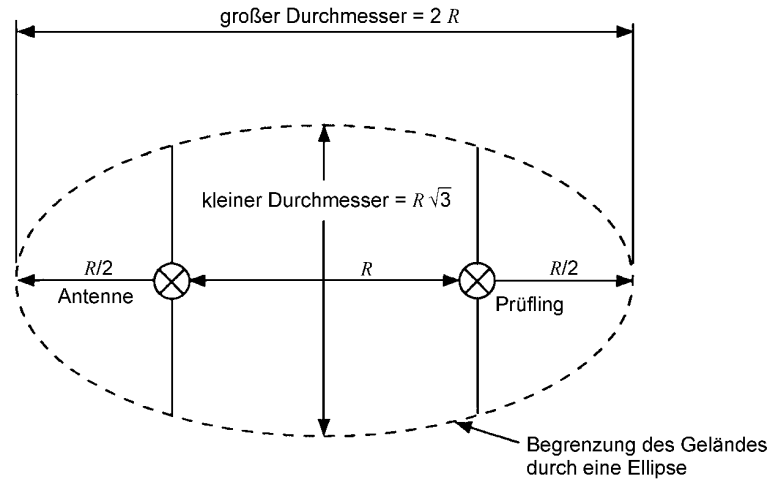


Bild 2 – Hindernisfreier Bereich eines Messplatzes mit Drehtisch
(siehe 5.3)

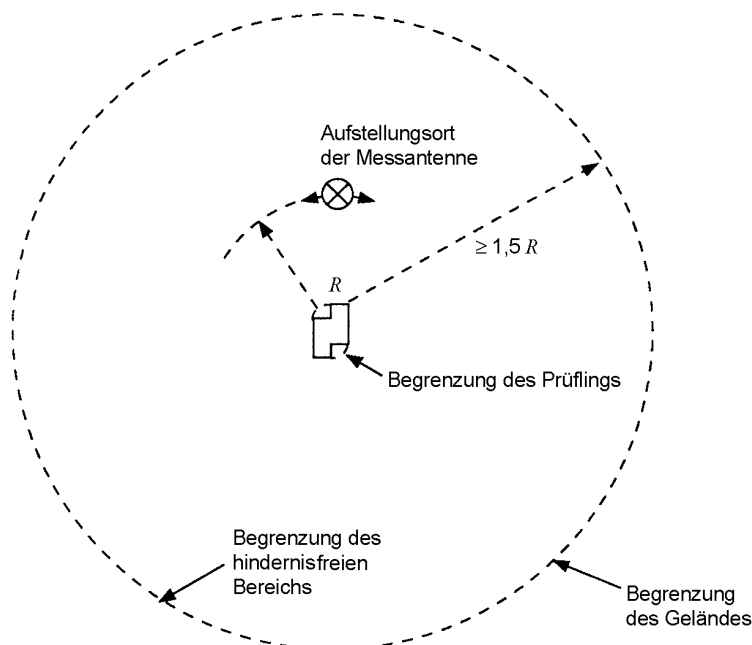


Bild 3 – Hindernisfreier Bereich mit stationärem Prüfling
(siehe 5.3)

5.5 Bodenfläche

Die Bodenfläche kann aus einer Vielfalt von Materialien von Erde bis zum hochleitfähigen metallischen Werkstoff bestehen. Die Bodenfläche kann ebenerdig sein oder auf einer erhöhten Plattform entsprechender Größe oder auf einem Dach liegen. Eine metallische reflektierende Bodenfläche ist vorzuziehen, wird jedoch für bestimmte Geräte (Einrichtungen) und Anwendungen in einigen Produktnormen nicht empfohlen. Die Eignung der metallischen reflektierenden Bodenfläche hängt davon ab, ob der Messplatz den Anforderungen der Messplatzüberprüfung in 5.6 entspricht. Wenn kein metallischer Werkstoff verwendet wird, ist darauf zu achten, dass ein Messgelände ausgewählt wird, dessen reflektierende Eigenschaften sich nicht mit der Zeit, dem Wetter oder auf Grund von unterirdisch verlegtem metallischem Material, wie Rohrleitungen und Leitungen, sowie uneinheitlicher Bodenbeschaffenheit ändern. Solche Messgelände weisen im Allgemeinen andere Messplatzdämpfungen auf als Messgelände mit metallischen Oberflächen.

5.6 Nachweisverfahren für die Eignung des Freifeldmessplatzes

Das hier angegebene Eignungsnachweisverfahren sowie die Anforderungen an die normierte Messplatzdämpfung werden verwendet, um einen Messplatz, für den eine metallische reflektierende Bodenfläche vorgesehen ist, zu bewerten. Für andere Messplätze dient das Nachweisverfahren nur zur Information und wird im Allgemeinen auch auf mögliche Unregelmäßigkeiten des Messgeländes hinweisen, die untersucht werden sollten. Das Nachweisverfahren für Räume, die mit absorbierendem Material ausgekleidet sind, ist in 5.8 beschrieben.

Der Eignungsnachweis eines Freifeldmessplatzes wird mit zwei, bezogen auf die Bodenfläche horizontal und vertikal polarisierten Antennen durchgeführt, wie in Bild 4 bzw. Bild 5 dargestellt. Die Dämpfung des Freifeldmessplatzes wird durch das Verhältnis der Quellenspannung (U_s), die an die Sendeantenne angelegt wird, zur Empfangsspannung (U_E), gemessen an den Anschlüssen der Empfangsantenne, bestimmt. Die Spannungsmessungen werden in einem 50- Ω -System durchgeführt. Entsprechende Korrekturen auf Grund von Kabeldämpfungen sind erforderlich, wenn U_E und U_s nicht jeweils am Ein- bzw. Ausgang von Sende- bzw. Empfangsantenne gemessen werden. Die so ermittelte Messplatzdämpfung wird dann durch das Produkt der Antennenfaktoren der beiden benutzten Antennen dividiert. Als Resultat ergibt sich die normierte Messplatzdämpfung (NSA), die in dB ausgedrückt wird. Der Messplatz wird als geeignet angesehen, wenn die gemessenen horizontalen und vertikalen normierten Messplatzdämpfungen innerhalb von ± 4 dB der Werte in den Tabellen E.1, E.2 bzw. E.3 liegen. Wenn das Eignungskriterium ± 4 dB nicht eingehalten wird, muss der Messplatz nach E.4 von Anhang E geprüft werden.

ANMERKUNG Die Grundlage für das 4-dB-Eignungskriterium ist im Anhang F angegeben.

Abweichungen zwischen einem Messwert der NSA und dem theoretischen Wert dürfen nicht zur Korrektur der gemessenen Feldstärke eines Prüflings benutzt werden. Dieses Verfahren dient nur zur Eignungsprüfung eines Messplatzes.

Die Tabelle E.1 wird für Breitbandantennen, wie bikonische und logarithmisch-periodische Antennen, benutzt, die sowohl horizontal als auch vertikal in Bezug auf die Bodenfläche polarisiert sind. Tabelle E.2 gilt für abgestimmte Halbwellendipole, die in Bezug auf die Bodenfläche horizontal polarisiert sind. Tabelle E.3 gilt für abgestimmte Halbwellendipole, die in Bezug auf die Bodenfläche vertikal polarisiert sind. Es ist zu beachten, dass die Höhe h_2 in der Tabelle E.3 Einschränkungen unterliegt. Dies berücksichtigt, dass die untere Spitze des Empfangsdipols mindestens 25 cm über der Bodenfläche gehalten werden soll.

ANMERKUNG Der Grund für die unterschiedlichen Tabellen E.1 und E.2/E.3 ist, dass für Breitbandantennen und abgestimmte Halbwellendipole, hauptsächlich wegen der praktischen Einschränkungen der Letzteren, unterschiedliche geometrische Parameter gewählt wurden.

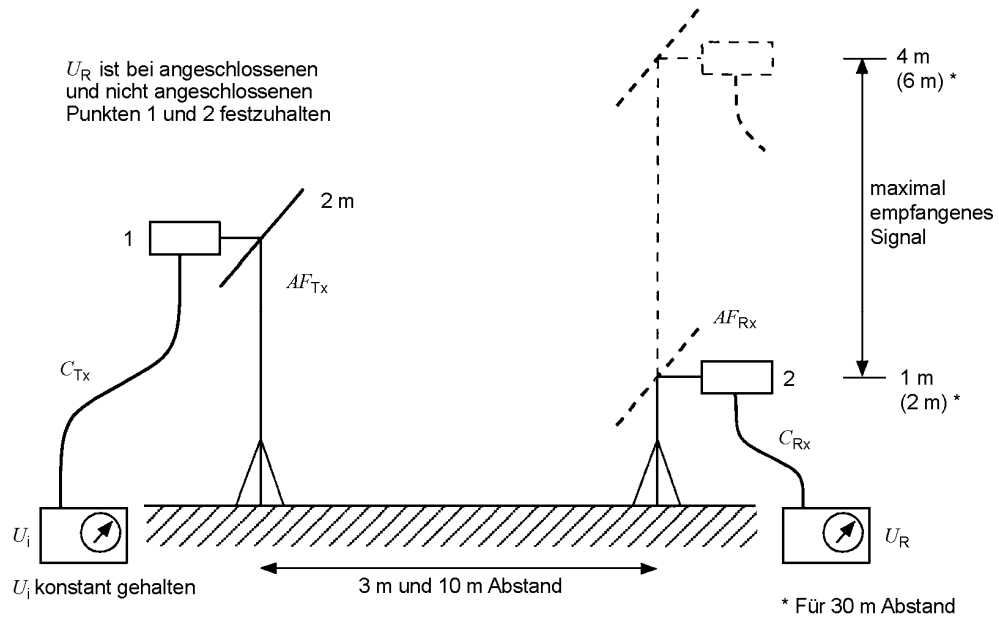


Bild 4 – Anordnung der Geräte zur Messung der Messplatzdämpfung bei horizontaler Polarisation

(siehe 5.6 und Anhang E)

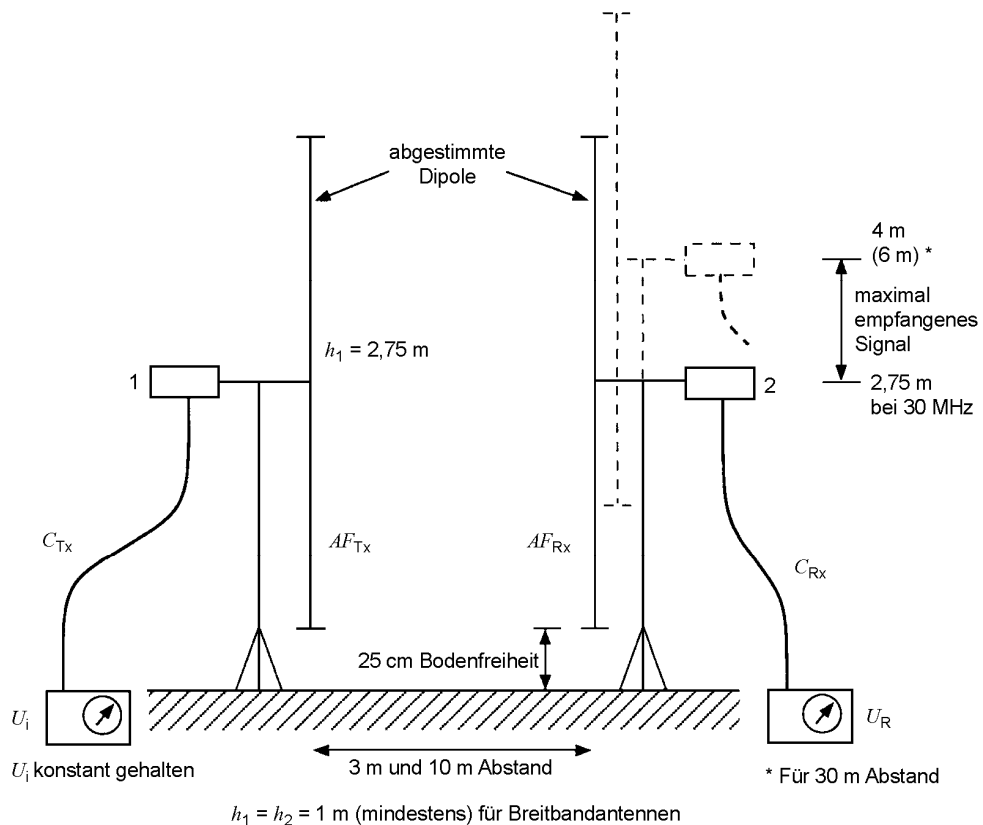


Bild 5 – Anordnung der Geräte zur Messung der Messplatzdämpfung bei vertikaler Polarisation unter Verwendung von abgestimmten Dipolen

(siehe 5.6 und Anhang E)

NSA-Werte für Frequenzen, die von den Tabellenwerten abweichen, können durch lineare Interpolation der Tabellenwerte ermittelt werden.

Für jede Tabelle gilt folgende Legende:

- R horizontaler Abstand zwischen der Projektion der Sende- und Empfangsantennen auf die Bodenfläche (in m);
- h_1 Höhe des Mittelpunktes der Sendeantenne über der Bodenfläche in m;
- h_2 Höhenbereich des Mittelpunktes der Empfangsantenne über der Bodenfläche in m; das höchste in diesem Höhenbereich empfangene Signal wird zur Messung der *NSA* benutzt;
- f_m Frequenz in MHz;
- A_N normierte Messplatzdämpfung (siehe unten stehende Gleichung (1)).

ANMERKUNG Der Abstand R zwischen logarithmisch-periodischen Antennen wird zwischen der Projektion der Mittelpunkte der Längsachsen der beiden Antennen auf die Bodenfläche gemessen.

Die Messung der *NSA* sollte zuerst bei horizontaler Polarisierung durchgeführt werden. Da solche Messungen bei horizontaler Polarisierung gegenüber Messgeländeanomalien weniger empfindlich sind als bei vertikaler Polarisierung, sollte die gemessene *NSA* gut innerhalb von ± 4 dB der Werte der [Tabellen E.1, E.2 und E.3](#) liegen. Wenn das nicht der Fall ist, sind Messverfahren, Messgerätedrift und Antennenfaktoren zu prüfen. Wird das ± 4 -dB-Kriterium immer noch nicht eingehalten, so ist eine beträchtliche Messgeländeanomalie vorhanden, die deutlich erkennbar sein müsste und beseitigt werden sollte, bevor zur Messung der *NSA* bei vertikaler Polarisierung übergegangen wird.

5.6.1 Allgemeines zur Messung der normierten Messplatzdämpfung (*NSA*)

Bei der Messung bei jeder der beiden Polarisierungen erfordert das Verfahren für die Messung der *NSA* zwei unterschiedliche Messungen der Empfangsspannung U_E . Der erste Wert von U_E wird mit den zwei Koaxialkabeln gemessen, die von den beiden Antennen getrennt und über einen Adapter miteinander verbunden sind. Der zweite Wert von U_E wird mit den mit ihren jeweiligen Antennen wieder verbundenen Koaxialkabeln gemessen, wobei das höchste Signal erfasst wird, während die Höhe der Empfangsantenne verändert wird (1 m bis 4 m für 3 m und 10 m Messentfernung und entweder 1 m bis 4 m oder 2 m bis 6 m für 30 m Messentfernung). Für beide Messungen wird die Signalquellenspannung U_S konstant gehalten. Der erste Wert von U_E wird U_{Direkt} und der zweite $U_{\text{Messplatz}}$ genannt. Diese Werte werden in der folgenden Gleichung (1) für die gemessene normierte Messplatzdämpfung A_N eingesetzt, wobei alle Größen in dB ausgedrückt werden.

$$A_N = U_{\text{Direkt}} - U_{\text{Messplatz}} - AF_S - AF_E - \Delta F_{\text{Gesamt}} \quad (1)$$

Dabei ist

- AF_S Antennenfaktor der Sendeantenne;
- AF_E Antennenfaktor der Empfangsantenne;
- ΔF_{Gesamt} Korrekturfaktor für die gegenseitige Verkopplung.

Es ist zu beachten, dass die beiden ersten Größen die tatsächliche Messung der Messplatzdämpfung darstellen, d. h., $U_{\text{Direkt}} - U_{\text{Messplatz}}$ ist gleich der klassischen Messplatzdämpfung, die sich aus der Einfügungsdämpfung der Wellenausbreitung und den Eigenschaften der beiden verwendeten Antennen zusammensetzt. Theoretische Werte für $\Delta AF_{\text{Gesamt}}$ werden in Tabelle E.4 angegeben. AF_S und AF_E müssen gemessen werden.

Zu beachten ist, dass $U_{\text{Direkt}} = U_E - C_S - C_E$ ist.

Dabei sind C_S und C_E die Kabelverluste, die nicht getrennt gemessen zu werden brauchen. Der Korrekturfaktor für die gegenseitige Verkopplung in [Tabelle E.4](#) findet nur Anwendung für die Messplatzgeometrie mit 3 m Messentfernung, horizontaler Polarisierung und bei Einsatz von abgestimmten Halbwelldipolen.

Zur Durchführung dieser *NSA*-Messungen können zwei Verfahren benutzt werden, je nachdem, welche Messgeräte zur Verfügung stehen und ob Breitband- oder abgestimmte Dipole benutzt werden. Beide Messverfahren ergeben im Wesentlichen gleiche Ergebnisse, sofern sie korrekt nach den Angaben im [Anhang E](#) durchgeführt werden. Im Folgenden wird jedes Verfahren kurz beschrieben:

a) Messung bei Einzelfrequenzen

Bei diesem Verfahren werden die in den [Tabellen E.1, E.2 oder E.3](#) angegebenen speziellen Frequenzen nacheinander gemessen. Bei jeder Frequenz wird die Höhe der Empfangsantenne innerhalb des in der entsprechenden Tabelle angegebenen Bereichs variiert, um das höchste Empfangssignal zu erhalten. Die gemessenen Werte werden in die Gleichung (1) eingesetzt, um die gemessene *NSA* zu erhalten. Im [Anhang E](#) wird ein Verfahren vorgeschlagen, um die Werte festzuhalten, die *NSA* zu berechnen und sie dann mit der theoretischen *NSA* zu vergleichen.

b) Messung mit Frequenzsuchlauf

Bei diesem Verfahren können Messungen mit Hilfe von Breitbandantennen durchgeführt werden, wobei automatische Messgeräte mit Spitzenwertspeicherung (Maximalwertspeicherung), Bildschirmspeicher und Mitlaufgenerator eingesetzt werden. Bei diesem Verfahren werden Antennenhöhe und Frequenz über die erforderlichen Bereiche schrittweise oder kontinuierlich durchfahren. Die Geschwindigkeit des Frequenzsuchlaufs muss wesentlich höher als die Geschwindigkeit der Höhenvariation der Antenne sein. Ansonsten ist das Verfahren das gleiche wie unter a). Eine ausführliche Beschreibung des Verfahrens ist im [Anhang E](#) gegeben.

5.6.2 Bestimmung der Antennenfaktoren

Genaue Antennenfaktoren sind für die Messung der *NSA* notwendig. Im Allgemeinen sind die Antennenfaktoren, die mit der Antenne geliefert werden, ungeeignet, sofern sie nicht speziell oder individuell gemessen werden. Linear polarisierte Antennen sind erforderlich. Ein brauchbares Antennen-Kalibrierverfahren ist in [Anhang E](#) enthalten. Die vom Hersteller angegebenen Antennenfaktoren können Verluste berücksichtigen, die unter anderem auf den Symmetrierübertrager (en: Balun) zurückzuführen sind. Wenn ein getrennter Symmetrierübertrager (en: Balun) oder fest angeschlossene Kabel benutzt werden, muss ihr Einfluss berücksichtigt werden. Die für abgestimmte Halbwellendipole anzuwendende Gleichung ist ebenfalls im [Anhang E](#) enthalten.

5.6.3 Abweichungen bei der Messplatzdämpfung

Wenn die Messungen der *NSA* um mehr als ± 4 dB vom theoretischen Wert abweichen, sollten zuerst mehrere mögliche Fehlerquellen nachgeprüft werden:

- a) Messverfahren;
- b) Genauigkeit der Antennenfaktoren;
- c) mangelhafte Stabilität (Drift) des Sendesignals oder mangelhafte Genauigkeit von Eingangsdämpfungs-glied und Anzeige des Messempfängers oder Spektrumanalysators.

Wenn die Fehlerquellen a), b) und c) ausscheiden, dann liegt der Fehler im Messgelände selbst, und eine genaue Untersuchung der Ursachen der Messgeländeanomalien sollte durchgeführt werden. [Anhang F](#) enthält Fehler, die bei der Messung der *NSA* auftreten können.

Beachte, dass Messgeländeanomalien, da die Messung bei vertikaler Polarisation im Allgemeinen kritischer ist, mit dieser empfindlicheren Messung untersucht werden sollten, anstatt die Messergebnisse bei horizontaler Polarisation zu verwenden. Die zu untersuchenden Schlüsselgrößen schließen ein:

- a) unzulängliche Größe der Bodenfläche und Unzulänglichkeiten der Konstruktion;
- b) Gegenstände im Umkreis des Messplatzes, die unerwünschte Reflexionen verursachen können;
- c) Wetterschutz;
- d) Unterbrechung der Bodenfläche am Rand der Drehscheibe, wenn die Oberfläche leitfähig ist und in der Ebene der Bodenfläche liegt;
- e) dicke dielektrische Beschichtungen der Bodenfläche;
- f) Öffnungen in der Bodenfläche (z. B. für Treppen).

5.7 Eignung von alternativen Messplätzen mit leitfähiger Bodenfläche

Es gibt viele verschiedene Messplätze und -einrichtungen, die gebaut wurden, um Messungen von gestrahlten Aussendungen durchzuführen. Die meisten dieser Messplätze sind gegen Wetter und gegen störende Einflüsse von hochfrequenten Feldern aus der Umgebung geschützt. Dazu gehören alle wettergeschützten Freifeldmessplätze und geschirmten Räume mit Absorberauskleidung.

Wenn das Konstruktionsmaterial in Form von Aufbauten den Messplatz umgibt, besteht die Möglichkeit, dass die Ergebnisse einer einfachen Messung der normierten Messplatzdämpfung (*NSA*), wie sie in 5.6 festgelegt ist, nicht ausreichen, um die Eignung solcher alternativen Messplätze zu zeigen.

Zum Nachweis der Eignung eines alternativen Messplatzes sollte nachfolgendes Verfahren angewendet werden. Es beruht auf der Durchführung von mehreren Messungen der *NSA* in einem Volumen, das vom Prüfling ausgefüllt wird. Diese *NSA*-Messungen müssen alle innerhalb des Fehlerbudgets von ± 4 dB liegen, damit der alternative Messplatz als gleichwertig zu Freifeldmessplätzen anerkannt werden kann.

Die Erörterung in diesem Abschnitt betrifft alternative Messplätze, die eine leitfähige Bodenfläche haben.

5.7.1 Normierte Messplatzdämpfung von alternativen Messplätzen

Für einen alternativen Messplatz ist eine einfache *NSA*-Messung nicht ausreichend, um mögliche Reflexionen von der Konstruktion und/oder den Hochfrequenzabsorbern, die an Wänden und Decke des Messplatzes angebracht sind, zu erfassen. Für diese Messplätze wird ein „Prüfvolumen“ als das Volumen festgelegt, dass das größte zu prüfende Gerät oder das größte zu prüfende System einschließt, wenn jenes um 360° um seine Mittelachse gedreht wird, z. B. mit Hilfe eines Drehtisches. Zur Untersuchung bei horizontaler und vertikaler Polarisation, wie in den Bildern 6a und 6b dargestellt, können im Höchstfall 20 getrennte Messungen der Messplatzdämpfung erforderlich sein, z. B. fünf Positionen in der horizontalen Ebene (Mitte, links, rechts, vorne und hinten, gemessen in Bezug zur Mitte und einer gedachten Linie von der Mitte zur Position der Messantenne), für zwei Polarisationen (horizontal und vertikal) und für zwei Höhen (1 m und 2 m horizontal, 1 m und 1,5 m vertikal).

Diese Messungen werden mit Breitbandantennen durchgeführt, wobei der Messabstand auf die Mitte der Antenne bezogen ist. Die Sende- und Empfangsantennen müssen mit den Antennenelementen parallel zueinander und senkrecht zur Messachse ausgerichtet sein.

Bei vertikaler Polarisation liegen die Außenpositionen der Sendeantenne auf der äußeren Umfangslinie des Prüfvolumens. Weiterhin muss das untere Ende der Antenne mehr als 25 cm vom Boden entfernt sein, was bedeuten kann, dass bei der Messung in geringster Höhe der Mittelpunkt der Antenne geringfügig höher als 1 m sein kann.

Wenn bei Messungen mit horizontaler Polarisation in der linken und rechten Position der Abstand zwischen der Konstruktion und/oder den Absorbern an den Seitenwänden und der Umfangslinie des Prüflings mindestens 1 m beträgt, wird der Mittelpunkt der Antenne in Richtung der Mittelposition bewegt, so dass das am weitesten entfernte Ende der Antenne entweder auf der Umfangslinie oder in einem Abstand zur Umfangslinie liegt, der nicht mehr als 10 % des Prüfvolumendurchmessers beträgt. Die vordere und die hintere Position liegen auf der Umfangslinie des Prüfvolumens.

Die Anzahl der erforderlichen Messungen kann unter folgenden Umständen verringert werden:

- a) Die Messung bei vertikaler und horizontaler Polarisation in der rückwärtigen Position kann weggelassen werden, wenn der kürzeste Abstand zur Konstruktion und/oder den Absorbern mehr als 1 m von der rückwärtigen Grenzlinie des Prüfvolumens beträgt.

ANMERKUNG Strahlungsquellen, die in der Nähe von dielektrischen Trennflächen angeordnet sind, haben Veränderungen in der Stromverteilung der Strahlungsquelle gezeigt, welche ihre Strahlungseigenschaften an diesem Ort beeinflussen können. Wenn der Prüfling nahe solchen Trennflächen angeordnet werden kann, sind zusätzliche Messungen der Messplatzdämpfung erforderlich.

- b) Die Gesamtanzahl der Messungen bei horizontaler Polarisation über dem Durchmesser des Prüfvolumens auf der linken und rechten Position kann auf diejenige Mindestanzahl der Antennenstand-

punkte vermindert werden, die notwendig ist, damit die Antennenprojektionen auf den Boden 90 % des Durchmessers abdecken.

- c) Bei vertikaler Polarisierung können Messungen in einer Höhe von 1,5 m entfallen, wenn die obere Begrenzung des Prüflings, jede Anordnung auf dem Tisch eingeschlossen, weniger als 1,5 m hoch ist.
- d) Wenn das Prüfvolumen einschließlich Tisch, sofern dieser verwendet wird, nicht größer als 1 m Tiefe $\times$ 1,5 m Breite $\times$ 1,5 m Höhe ist, muss die Messung bei horizontaler Polarisierung nur in der Mitte, der vorderen und der rückwärtigen Position durchgeführt werden, jedoch in beiden Höhen von 1 m und 2 m. Wenn der vorstehende Absatz a) angewendet wird, kann die rückwärtige Position weggelassen werden. Dies erfordert eine Mindestanzahl von acht Messungen: vier Positionen bei vertikaler Polarisierung (links, Mitte, rechts und vorne) in einer Höhe und vier Positionen bei horizontaler Polarisierung (Mitte und vorne) für zwei Höhen; siehe Bilder 6c und 6d.

NSA-Messungen müssen mit einem konstanten Abstand zwischen Sende- und Empfangsantenne entsprechend den Tabellen 1 und 2 durchgeführt werden. Es ist zu beachten, dass diese Tabellen verändert wurden durch Werte für eine zusätzliche Sendehöhe und durch Begrenzung der Höhenvariation der Empfangsantenne für Messungen in 30 m Abstand auf Höhen zwischen 1 m und 4 m, um diese *NSA*-Messungen zu ermöglichen. Die Empfangsantenne muss auf der Verbindungslinie zum Mittelpunkt des Drehtisches so verschoben werden, dass der festgelegte Abstand zwischen den Antennen bestehen bleibt (siehe Bilder 6a, 6b, 6c und 6d). Der alternative Messplatz wird zur Durchführung von Messungen der gestrahlten Aussendung als geeignet angesehen, wenn alle vorstehend beschriebenen *NSA*-Messungen die Anforderungen nach 5.7.2 und die Anforderungen zur Bodenfläche nach 5.7.3 erfüllen.

ANMERKUNG Es sind Untersuchungen in Vorbereitung, um festzustellen, ob weitere Prüfungen erforderlich sind, um die Eignung von alternativen Messplätzen zu zeigen.

5.7.2 Messplatzdämpfung

Ein Messplatz ist für Messungen von gestrahlten elektromagnetischen Feldern als geeignet anzusehen, wenn die bei horizontaler und vertikaler Polarisierung gemessenen Werte der normierten Messplatzdämpfung (*NSA*) innerhalb ± 4 dB von den berechneten Sollwerten für die theoretische normierte Messplatzdämpfung (*NSA*) eines idealen Messplatzes liegen.

5.7.3 Leitfähigkeit (metallische) Bodenfläche

Eine leitfähige (metallische) Bodenfläche ist bei einem Messplatz zur Messung von gestrahlten Aussendungen erforderlich. Die leitfähige (metallische) Bodenfläche muss mindestens 1 m über die gedachte Umfangslinie des Prüflings und der größten Antennenabmessung hinausragen und den Bereich zwischen Prüfling und Antenne vollständig bedecken. Sie muss aus Metall bestehen und darf keine Löcher und Spalten aufweisen, die eine Längenausdehnung von mehr als einem Zehntel der Wellenlänge der höchsten Messfrequenz haben. Eine noch größere Abmessung der leitfähigen (metallischen) Bodenfläche kann erforderlich sein, wenn die *NSA*-Messungen das ± 4 -dB-Eignungskriterium nicht erfüllen.

ANMERKUNG Laufende weitere Untersuchungen können die Notwendigkeit für die Festlegung einer Mindestgröße für die leitende Bodenfläche anzeigen.