

	DIN EN 61000-4-20 (VDE 0847-4-20)	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 61000-4-20 (VDE 0847-4-20):2003-10 Siehe jedoch Beginn der Gültigkeit Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-20: Prüf- und Messverfahren – Messung der Störaussendung und Störfestigkeit in transversal- elektromagnetischen (TEM-)Wellenleitern (IEC 61000-4-20:2003 + A1:2006); Deutsche Fassung EN 61000-4-20:2003 + A1:2007 Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-20: Testing and measurement techniques – Emission and immunity testing in transverse electromagnetic (TEM) waveguides (IEC 61000-4-20:2003 + A1:2006); German version EN 61000-4-20:2003 + A1:2007 Compatibilité électromagnétique (EMC) – Partie 4-20: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'émission et d'immunité dans des guides d'onde TEM (CEI 61000-4-20:2003 + A1:2006); Version allemande EN 61000-4-20:2003 + A1:2007 Gesamtumfang 70 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2003-04-01 angenommene EN 61000-4-20 gilt zusammen mit der am 2007-06-01 angenommenen Änderung A1 als DIN-Norm ab 2008-03-01.

Daneben darf **DIN EN 61000-4-20 (VDE 0847-4-20):2003-10** noch bis 2010-06-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 61000-4-20/A1 (VDE 0847-4-20/A1):2006-11.

Für diese Norm sind die nationalen Arbeitsgremien UK 767.3 „Hochfrequente Störgrößen“ und 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 Federführung liegt beim UK 767.3.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde von einer gemeinsamen Arbeitsgruppe des SC 77B „High frequency phenomena“ der IEC und des SC A „Radio interference measurements and statistical methods“ des Internationalen Sonderausschusses für Funkstörungen (CISPR) der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet. Die Federführung liegt beim IEC/SC 77B.

ANMERKUNG 1 Als Ergebnis einer Neuaufteilung der gemeinsamen Projekte von IEC/SC 77B und IEC/CISPR/A wurde die Federführung für das Thema TEM-Wellenleiter an das IEC/SC 77B übertragen.

ANMERKUNG 2 Die konsolidierte Fassung aus IEC 61000-4-20:2003-01 und ihrer Änderung 1:2006-11 wurde als IEC 61000-4-20:2007-01 (Edition 1.1) veröffentlicht.

Änderungen gegenüber der vorhergehenden Ausgabe der Norm sind am Rand durch einen senkrechten Strich markiert.

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 61000-4-20 (VDE 0847-4-20):2003-10** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Ergänzung im Abschnitt 1 „Anwendungsbereich“ zur Streichung der Bezüge zur IEC 61000-4-3;
- b) Streichung der IEC 61000-4-3 im Abschnitt 2 „Normativen Verweisungen“ und Verschiebung in die Literaturhinweise am Ende der Norm;
- c) Herstellung der chronologischen Reihenfolge der Bildnummern;
- d) Ergänzung der Festlegungen zur Eignungsprüfung von Messplätzen in 8.2;
- e) Änderungen in Anhang B zur Streichung der Bezüge zur IEC 61000-4-3;
- f) redaktionelle Überarbeitung der Norm.

Frühere Ausgaben

DIN EN 61000-4-20 (VDE 0847-4-20): 2003-10

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	IEV Teil 161:2000-08	–
EN 55014-1:2006	IEC/CISPR 14-1:2005	DIN EN 55014-1 (VDE 0875-14-1):2007-06	VDE 0875-14-1
EN 55014-2:1997 + A1:2001	IEC/CISPR 14-2:1997 + Corrigendum 1997 + A1:2001	DIN EN 55014-2 (VDE 0875-14-2):2002-08	VDE 0875-14-2
EN 55016-1-1:2007 + A1:2007	IEC/CISPR 16-1-1:2006 + A1:2006	DIN EN 55016-1-1 (VDE 0876-16-1-1):2007-10	VDE 0876-16-1-1
EN 55016-1-4:2007	IEC/CISPR 16-1-4:2006	DIN EN 55016-1-4 (VDE 0876-16-1-4):2008-XX	VDE 0876-16-1-4
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
EN 55016-2-4:2004	IEC/CISPR 16-2-4:2003	DIN EN 55016-2-4 (VDE 0877-16-2-4):2005-09	VDE 0877-16-2-4
–	IEC/CISPR 16-4-1:2003 + A1:2004 + A2:2007	–	–
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 16-4-3:2004 + A1:2006	–	–
–	IEC/CISPR 16-4-4:2003	–	–
EN 55020:2007	IEC/CISPR 20:2006	DIN EN 55020 (VDE 0872-20):2007-09	VDE 0872-20
EN 55022:2006 + A1:2007	IEC/CISPR 22:2005 + A1:2005	DIN EN 55022 (VDE 0878-22):2008-XX	VDE 0878-22
EN 55025:2003	IEC/CISPR 25:2002	DIN EN 55025 (VDE 0879-2):2003-11	VDE 0879-2

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60068-1:1994	IEC 60068-1:1988 + Corrigendum 1988 + A1:1992	DIN EN 60068-1:1995-03	–
–	IEC 60489-1:1983 ^a	DIN IEC 60489-1:1981-07	–
–	IEC 60489-3:1979 (Stand 1983)	DIN IEC 60489-3:1986-11	–
EN 61000-2-9:1996	IEC 61000-2-9:1996	DIN EN 61000-2-9 (VDE 0839-2-9):1996-12	VDE 0839-2-9
–	IEC 61000-2-11:1999	– ^b	–
EN 61000-4-3:2006	IEC 61000-4-3:2006	DIN EN 61000-4-3 (VDE 0847-4-3):2006-12	VDE 0847-4-3
EN 61000-4-23:2000	IEC 61000-4-23:2000	DIN EN 61000-4-23 (VDE 0847-4-23):2001-12	VDE 0847-4-23
–	IEC/TR 61000-4-32:2002	–	–
–	IEC/TR 61000-5-3:1999	–	–
EN 61967-2:2005	IEC 61967-2:2005	DIN EN 61967-2:2006-03	–
–	ISO 11452 (Reihe)	DIN ISO 11452 (Reihe)	–
–	ISO 11452-3:1995	DIN ISO 11452-3:2000-03	–
^a Zur IEC 60489-1:1983 wurden die Änderung 1:1996 und Änderung 2:1999 veröffentlicht. Die beiden Änderungen wurden nicht in die DIN IEC 60489-1 übernommen. ^b Die IEC 61000-2-11 wurde nicht als Europäische Norm übernommen. Der diesbezügliche Schluss-Entwurf prEN 61000-2-11:1999, der dem Schluss-Entwurf der IEC 61000-2-11 entspricht, war nicht ratifiziert worden. Die deutsche Fassung der prEN 61000-2-11:1999 war als E DIN EN 61000-2-11(VDE 0839-2-11):1999-09 veröffentlicht worden. Eine deutsche Norm wurde nicht herausgegeben.			

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 55014-1 (VDE 0875-14-1), *Elektromagnetische Verträglichkeit – Anforderungen an Haushaltgeräte, Elektrowerkzeuge und ähnliche Elektrogeräte – Teil 1: Störaussendung*

DIN EN 55014-2 (VDE 0875-14-2), *Elektromagnetische Verträglichkeit – Anforderungen an Haushaltgeräte, Elektrowerkzeuge und ähnliche Elektrogeräte – Teil 2: Störfestigkeit – Produktfamiliennorm*

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 55016-1-4 (VDE 0876-16-1-4), *Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 142: Geräte und Einrichtungen zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Zusatz-/Hilfseinrichtungen – Gestrahlte Störaussendung*

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 55016-2-4 (VDE 0877-16-2-4), Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 2-4: Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Messungen der Störfestigkeit

DIN EN 55016-4-2 (VDE 0876-16-4-2), 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 (Störmodell) – Unsicherheit bei EMV-Messungen

DIN EN 55020 (VDE 0872-20), Ton- und Fernseh-Rundfunkempfänger und verwandte Geräte der Unterhaltungselektronik – Störfestigkeitseigenschaften – Grenzwerte und Prüfverfahren

DIN EN 55022 (VDE 0878-22), Einrichtungen der Informationstechnik – Funkstöreigenschaften – Grenzwerte und Messverfahren

DIN EN 55025 (VDE 0879-2), Funk-Entstörung zum Schutz von Empfängern in Fahrzeugen, Booten und Geräten – Grenzwerte und Messverfahren

DIN EN 60068-1, Umweltprüfungen – Teil 1: Allgemeines und Leitfaden

DIN EN 61000-2-9 (VDE 0839-2-9), Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 2: Umgebungsbedingungen – Hauptabschnitt 9: Beschreibung der HEMP-Umgebung – Störstrahlung – EMV-Grundnorm

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

DIN EN 61000-4-23 (VDE 0847-4-23), Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-23: Prüf- und Messverfahren – Prüfverfahren für Geräte zum Schutz gegen HEMP und andere gestrahlte Störgrößen

DIN EN 61967-2, Integrierte Schaltungen – Messung von elektromagnetischen Aussendungen im Frequenzbereich von 150 kHz bis 1 GHz – Teil 2: Messung der abgestrahlten Aussendungen – TEM-Zellen- und Breitband-TEM-Zellenverfahren

DIN IEC 60489-1, Messverfahren für Funkgerät im beweglichen Funkdienst – Teil 1: Allgemeine Begriffe und Messbedingungen

DIN IEC 60489-3, Messverfahren für Funkgerät im beweglichen Funkdienst – Empfänger für Aussendungen mit A3E(A3) oder F3E(F3)

DIN ISO 11452 (Reihe), Straßenfahrzeuge – Elektrische Störungen durch schmalbandige gestrahlte elektromagnetische Energie – Prüfverfahren für Komponenten

DIN ISO 11452-3, Straßenfahrzeuge – Elektrische Störungen durch schmalbandige gestrahlte elektromagnetische Energie – Prüfverfahren für Komponenten – Teil 3: Transversal-Elektro-Magnetischer (TEM-) Wellenleiter

E DIN EN 61000-2-11 (VDE 0839-2-11), Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 2-11: Umgebungsbedingungen – Klasseneinteilung von HEMP-Umgebungen (IEC 77C/71/FDIS:1999); Deutsche Fassung prEN 61000-2-11:1999

IEV Teil 161, Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Kapitel 161: Elektromagnetische Verträglichkeit; Konsolidierte Fassung aus IEC 60050-161:1990-08, A1:1997-10 und A2:1998-04

– Leerseite –

**Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) –
Teil 4-20: Prüf- und Messverfahren –
Messung der Störaussendung und Störfestigkeit in transversal-
elektromagnetischen (TEM-)Wellenleitern
(IEC 61000-4-20:2003 + A1:2006)**

Electromagnetic compatibility (EMC) –
Part 4-20: Testing and measurement techniques
– Emission and immunity testing in transverse
electromagnetic (TEM) waveguides
(IEC 61000-4-20:2003 + A1:2006)

Compatibilité électromagnétique (EMC) –
Partie 4-20: Techniques d'essai et de mesure –
Essais d'émission et d'immunité dans des
guides d'onde TEM
(CEI 61000-4-20:2003 + A1:2006)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2003-04-01 und die A1 am 2007-06-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

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

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

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

CENELEC

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

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

© 2007 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 61000-4-20:2003 + A1:2007 D

Vorwort

Der Text des Schriftstücks IEC/CISPR/A/419/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 61000-4-20, ausgearbeitet von dem IEC/CISPR/SC A „Radio interference measurements and statistical methods“ in Zusammenarbeit mit IEC/SC 77B „High frequency phenomena“ des IEC/TC 77 „Electromagnetic compatibility“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2003-04-01 als EN 61000-4-20 angenommen.

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): 2004-01-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2006-04-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt.

Anhänge, die als „informativ“ bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.

In dieser Norm sind die Anhänge A, B, C und ZA normativ und die Anhänge D und E sind informativ.

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61000-4-20:2003 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

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

IEC/CISPR 14	ANMERKUNG	Harmonisiert in der Reihe EN 55014 (nicht modifiziert).
IEC/CISPR 20	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 55020:2002 (nicht modifiziert).
IEC 61000-2-9	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61000-2-9:1996 (nicht modifiziert).

Vorwort zu A1

Der Text des Schriftstücks IEC/CISPR/A/520/FDIS, zukünftige Änderung 1 zu IEC 61000-4-20:2003, ausgearbeitet von dem IEC/SC 77B „High frequency phenomena“ des IEC/TC 77 „Electromagnetic compatibility“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2007-06-01 als Änderung A1 zu EN 61000-4-20:2003 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): 2008-03-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der Änderung entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2010-06-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz zu A1

Der Text der Änderung 1:2006 zur Internationalen Norm IEC 61000-4-20:2003 wurde von CENELEC als Änderung zur Europäischen Norm ohne irgendeine Abänderung angenommen.

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

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

Inhalt

Seite

Vorwort	2
Vorwort zu A1	3
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe und Abkürzungen	9
3.1 Begriffe	9
3.2 Abkürzungen	12
4 Allgemeines	12
5 Anforderungen an TEM-Wellenleiter	12
5.1 Allgemeine Anforderungen in Bezug auf die Verwendung von TEM-Wellenleitern	13
5.2 Spezielle Anforderungen an bestimmte Typen von TEM-Wellenleitern	14
5.3 Betrachtungen der Messunsicherheit	15
6 Überblick über Arten von Prüflingen	15
6.1 Kleine Prüflinge	16
6.2 Große Prüflinge	16
Anhang A (normativ) Messung der Störaussendung in TEM-Wellenleitern	17
A.1 Einleitung	17
A.2 Messeinrichtung	17
A.3 Korrelation von TEM-Wellenleiterspannungen mit E -Feld-Daten	18
A.3.1 Allgemeine Bemerkungen	18
A.3.2 Korrelationsalgorithmen	18
A.4 Eignungsverfahren für TEM-Wellenleiter für Aussendungsmessungen	22
A.4.1 Eignungsverfahren	22
A.4.2 Anforderungen der Eignungsprüfung an TEM-Wellenleiter für kleine und große Prüflinge	23
A.5 Verfahren zur Messung der Störaussendung in TEM-Wellenleitern	26
A.5.1 Prüflingstypen	26
A.5.2 Aufstellung des Prüflings	26
A.6 Prüfbericht	27
A.6.1 Kleine Prüflinge in TEM-Wellenleitern	27
A.6.2 Große Prüflinge in TEM-Wellenleitern	28
Anhang B (normativ) Prüfung der Störfestigkeit in TEM-Wellenleitern	38
B.1 Einleitung	38
B.2 Prüfgeräte	38
B.2.1 Beschreibung der Prüfeinrichtung	38
B.2.2 Kalibrierung des Feldes	39
B.2.3 Prüfschärfegrade (Prüfpegel)	41
B.2.4 Harmonische	41
B.3 Prüfaufbau	41

	Seite
B.3.1 Aufstellung von Tischgeräten	41
B.3.2 Aufstellung von Standgeräten	41
B.3.3 Anordnung der Leitungen	41
B.4 Prüfverfahren	42
B.5 Prüfergebnisse und Prüfbericht	42
Anhang C (normativ) Prüfung mit HEMP-Transienten in TEM-Wellenleitern	45
C.1 Einleitung	45
C.2 Prüfung der Störfestigkeit	45
C.2.1 Einrichtungen für Strahlungsprüfungen	46
C.2.2 Anforderungen an das Spektrum im Frequenzbereich	46
C.3 Prüfeinrichtung	47
C.3.1 Prüfgeräte	47
C.4 Prüfaufbau	47
C.5 Prüfverfahren	48
C.5.1 Klimatische Bedingungen	48
C.5.2 Prüfschärfe und Prüfbelastungen	49
C.5.3 Prüfverfahren	49
C.5.4 Durchführung der Prüfung	50
C.5.5 Durchführung der Störfestigkeitsprüfung gegen gestrahlte Störgrößen	50
Anhang D (informativ) Charakterisierung von TEM-Wellenleitern	52
D.1 Einleitung	52
D.2 Unterscheidung zwischen Feldwellenimpedanz und Leitungswellenimpedanz	52
D.3 TEM-Welle	53
D.3.1 Freiraum / TEM-Mode	53
D.3.2 Wellenleiter	53
D.4 Wellenausbreitung	53
D.4.1 Kugelwellenausbreitung	54
D.4.2 Ausbreitung ebener Wellen im Freiraum	54
D.4.3 Ausbreitungsgeschwindigkeit	54
D.5 Polarisierung	54
D.5.1 Polarisationsvektor	54
D.5.2 Lineare und elliptische Polarisierung	54
D.6 Arten von TEM-Wellenleitern	54
D.6.1 Offene TEM-Wellenleiter (Streifenleiter usw.)	55
D.6.2 Geschlossene TEM-Wellenleiter (TEM-Zellen)	55
D.7 Grenzen des Frequenzbereiches	56
Anhang E (informativ) Normen, die TEM-Wellenleiter berücksichtigen	59
Literaturhinweise	60
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	63

Bilder

Bild A.1a – Seitenansicht	28
Bild A.1b – Draufsicht.....	28
Bild A.1 – Verlegen der Zuleitung zur Ecke am Ortho-Winkel und zu der unteren Kante des (nutzbaren) Prüfvolumens	28
Bild A.2a – Die Ortho-Achse und der Ortho-Winkel.....	29
Bild A.2b – Seitenansicht (siehe 3.1.21 und A.5.2).....	29
Bild A.2c – Draufsicht (siehe 3.1.21 und A.5.2)	29
Bild A.2 – Prinzip des Ortho-Achsen-Positionierers oder Manipulators.....	29
Bild A.3 – Drei orthogonale Achsenrotationspositionen für Messungen der Störaussendung	30
Bild A.4 – Kanonische zwölf Seiten-/Achsen-Ausrichtungen für einen typischen Prüfling	31
Bild A.5 – Geometrie eines Freifeldes	32
Bild A.6a – Seitenansicht	33
Bild A.6b – Querschnitt	33
Bild A.6 – Zweitor-TEM-Zelle (symmetrisches Septum)	33
Bild A.7a – Seitenansicht	34
Bild A.7b – Querschnitt	34
Bild A.7 – Eintor-TEM-Zelle (asymmetrisches Septum)	34
Bild A.8a – Seitenansicht (1)	35
Bild A.8b – Seitenansicht (2).....	35
Bild A.8c – Querschnitt.....	36
Bild A.8 – Streifenleiter (zwei Platten).....	36
Bild A.9a – Seitenansicht	37
Bild A.9b – Querschnitt	37
Bild A.9 – Streifenleiter (vier Platten, symmetrische Speisung).....	37
Bild B.1a – vertikale Polarisierung	43
Bild B.1b – horizontale Polarisierung	43
Bild B.1 – Beispiel eines Prüfaufbaus für einen in einer Richtung polarisierenden TEM-Wellenleiter	43
Bild B.2a – Seitenansicht	44
Bild B.2b – Querschnitt	44
Bild B.2 – Kalibrierpunkte des „gleichförmigen Bereichs“ im TEM-Wellenleiter	44
Bild C.1 – Betrag des Spektrums im Frequenzbereich von 100 kHz bis 300 MHz.....	51
Bild D.1 – Einfachster Wellenleiter (keine TEM-Welle!).....	57
Bild D.2 – Wellenleiter mit TEM-Ausbreitung	57
Bild D.3 – Polarisationsvektor	57
Bild D.4 – Übertragungsleitungsmodell für TEM-Ausbreitung	58
Bild D.5 – Ein- und Zweitor-TEM-Wellenleiter	58

Tabellen

Tabelle B.1 – Kalibrierpunkte für den „gleichförmigen Bereich“	40
Tabelle B.2 – Prüfschärfegrade (Prüfpegel)	41
Tabelle C.1 – In dieser Norm für die Prüfung der Störfestigkeit gegen gestrahlte Störgrößen festgelegten Prüfschärfegrade (Prüfpegel)	51

Einleitung

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

Teil 1: Allgemeines

Allgemeine Betrachtungen (Einleitung, Grundprinzipien)
Definitionen, Begriffe

Teil 2: Umgebung

Umgebungsbeschreibung
Einteilung der Umgebung in Klassen
Verträglichkeitspegel

Teil 3: Grenzwerte

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

Teil 4: Prüf- und Messverfahren

Messverfahren
Prüfverfahren

Teil 5: Installationsrichtlinien und Abhilfemaßnahmen

Installationsrichtlinien
Abhilfemaßnahmen und Geräte

Teil 6: Fachgrundnormen

Teil 9: Verschiedenes

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

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 61000 gilt für die Messung der Störaussendung und Prüfung der Störfestigkeit von elektrischen oder elektronischen Geräten (Einrichtungen), wobei verschiedene Arten von TEM-Wellenleitern (transversal-elektromagnetisch, TEM) eingesetzt werden. Diese beinhalten offene Strukturen (z. B. Streifenleiter und EMP-Simulatoren) und geschlossene Strukturen (z. B. TEM-Zellen), die weiter in Ein-, Zwei- oder Vieltor-TEM-Wellenleiter unterteilt werden können. Der Frequenzbereich hängt von den speziellen Prüfanforderungen und dem speziellen Typ des TEM-Wellenleiters ab.

Zweck dieser Norm ist zu beschreiben:

- die Eigenschaften von TEM-Wellenleitern einschließlich typischer Frequenzbereiche und Anwendungsgrenzen für die Abmessungen des Prüflings;
- Verfahren zur Eignungsprüfung von TEM-Wellenleitern, die bei EMV-Messungen eingesetzt werden;
- den Prüfling (d. h. Prüflingsgehäuse und -Verkabelung);
- Messaufbauten, Messverfahren und Messanforderungen für Messungen der gestrahlten Störgrößen in TEM-Wellenleitern;
- Prüfaufbauten, Prüfverfahren und Prüfanforderungen für Prüfungen der Störfestigkeit gegen gestrahlte Störgrößen in TEM-Wellenleitern.

ANMERKUNG In dieser Norm werden Prüfverfahren für die Messung der Auswirkungen elektromagnetischer Strahlung auf die betroffenen Geräte (Einrichtungen) und für die Messung der elektromagnetischen Aussendungen durch die betroffenen Geräte (Einrichtungen) festgelegt. Die Nachbildung und Messung der elektromagnetischen Strahlung ist für eine quantitative Bestimmung von Auswirkungen auf Anlagen (Installationen) der endgültigen Nutzer nicht ausreichend genau. Die festgelegten Prüfverfahren sind auf den hauptsächlichsten Zweck der Einführung einer angemessenen Wiederholpräzision von in verschiedenen Prüfeinrichtungen gewonnenen Ergebnisse im Hinblick auf eine qualitative Analyse der Auswirkungen zugeschnitten.

Diese Norm beabsichtigt nicht, die auf irgendwelche besonderen Geräte (Einrichtungen) oder Systeme anzuwendenden Prüfverfahren festzulegen. Der Hauptzweck dieser Norm ist, allen interessierten Produktkomitees der IEC einen allgemeinen grundlegenden Bezug zur Verfügung zu stellen. Für Messungen der gestrahlten Aussendungen sollten die Produktkomitees entsprechende Grenzwerte der Störaussendung und zugehörige Messverfahren nach Rücksprache mit IEC/CISPR auswählen. Für Prüfungen der Störfestigkeit bleiben die Produktkomitees für die geeignete Auswahl von Störfestigkeitsprüfungen und Störfestigkeitsgrenzwerten, die auf die in ihren Anwendungsbereich fallenden Geräte (Einrichtungen) anzuwenden sind, verantwortlich. Diese Norm beschreibt Prüfverfahren, die von den in der **IEC 61000-4-3** beschriebenen Prüfverfahren unabhängig sind. Diese anderen unterschiedlichen Prüfverfahren können verwendet werden, wenn sie von den Produktkomitees nach Rücksprache mit IEC/CISPR und IEC/TC 77 ausgewählt wurden.

2 Normative Verweisungen

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

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

IEC 60068-1, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 61000-2-11, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-11: Environment – Classification of HEMP environments. Basic EMC Publication*

IEC 61000-4-23, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-23: Testing and measurement techniques – Test methods for protective devices for HEMP and other radiated disturbances. Basic EMC Publication*

IEC 61000-4-32, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-32: Testing and measurement techniques – HEMP simulator compendium*

IEC/TR 61000-5-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5-3: Installation and mitigation guidelines – HEMP protection concepts. Basic EMC publication*

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 16-1-4, *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 16-2-3, *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 16-2-4, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-4: Methods of measurement of disturbances and immunity – Immunity measurements*

IEC/CISPR 22, *Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60050(161) (IEV) und die folgenden Begriffe.

3.1.1

transversaler elektromagnetischer (TEM-)Mode

Wellenleiter-Mode, bei dem die Komponenten des elektrischen und des magnetischen Feldes in Ausbreitungsrichtung überall viel kleiner sind als die primären Feldkomponenten in jedem zur Ausbreitungsrichtung transversalen Wellenleiterquerschnitt

3.1.2

TEM-Wellenleiter

offenes oder geschlossenes Übertragungsleitungssystem, in dem sich eine Welle im transversalen elektromagnetischen Mode ausbreitet, um ein festgelegtes Feld für Prüfzwecke zu erzeugen

3.1.3

TEM-Zelle

geschlossener TEM-Wellenleiter, oft eine rechteckige Koaxialleitung, in dem sich eine Welle im transversalen elektromagnetischen Mode ausbreitet, um ein festgelegtes Feld für Prüfzwecke zu erzeugen. Der Außenleiter umschließt vollständig den Innenleiter

3.1.4

Zweitor-TEM-Wellenleiter

TEM-Wellenleiter mit je einem Messtor an beiden Enden, die sowohl als Eingang als auch als Ausgang betrieben werden können

3.1.5

Eintor-TEM-Wellenleiter

TEM-Wellenleiter mit einem einzigen Messtor (en: port), das sowohl als Eingang als auch Ausgang betrieben werden kann. Solche TEM-Wellenleiter haben typischerweise einen breitbandigen Leitungsabschluss am nicht als Messtor genutzten Ende

3.1.6

Streifenleiter

abgeschlossenes Leitungssystem, bestehend aus zwei oder mehreren parallelen Platten, zwischen denen sich eine Welle im transversalen elektromagnetischen Mode ausbreitet, um ein festgelegtes Feld für Prüfzwecke zu erzeugen. Gewöhnlich sind die Seiten offen und ermöglichen den Zugang zum Prüfling und die Überwachung des Prüflings

3.1.7

Innenleiter

Septum

Innenleiter eines koaxialen Übertragungsleitungssystems (auch als Septum bezeichnet), oftmals flach im Falle eines rechteckigen Wellenleiterquerschnitts. Der Innenleiter kann in Bezug auf den Außenleiter symmetrisch oder asymmetrisch angeordnet sein

3.1.8

Außenleiter

Gehäuse

Außenleiter eines koaxialen Übertragungsleitungssystems, oftmals mit einem rechteckigen Querschnitt

3.1.9

Leitungswellenimpedanz

für beliebige Wellenfronten mit konstanter Phase der Betrag des Verhältnisses der Spannung zwischen Innenleiter und Außenleiter zum Strom in beiden Leitern. Die Leitungswellenimpedanz ist vom Betrag der Spannung oder des Stromes unabhängig und hängt nur von der Querschnittsgeometrie des Übertragungsleitungssystems ab. TEM-Wellenleiter sind typischerweise so konstruiert, dass sie eine Leitungswellenimpedanz von 50 Ω haben. TEM-Wellenleiter mit 100 Ω Leitungswellenimpedanz werden oft für Prüfungen mit Transienten verwendet

3.1.10

Absorbermaterial

beliebiges Material, das die Eigenschaft aufweist, elektromagnetische Energie zu absorbieren oder auf andere Weise den Pegel der von diesem Material reflektierten elektromagnetischen Energie zu verringern

3.1.11

breitbandiger Leitungsabschluss

Abschluss, der sich aus einer Last aus diskreten Bauelementen für den Niederfrequenzbereich, um die Leitungswellenimpedanz des TEM-Wellenleiters (typisch 50 Ω) angepasst abzuschließen, und einem Volumen mit Absorbermaterial für den Hochfrequenzbereich zusammensetzt

3.1.12

Korrelationsverfahren

mathematisches Verfahren zur Umrechnung von Spannungsmessungen im TEM-Wellenleiter in Feldstärkepegel auf dem Freifeld (en: OATS), in der (teilausgekleideten) Absorberkammer (en: SAC) oder im Freiraum

3.1.13

Prüflingstyp

Gruppe von Produkten mit hinreichend ähnlichen elektromagnetischen Eigenschaften, um die Prüfung mit derselben Prüfeinrichtung und demselben Prüfablauf zulassen zu können

3.1.14

Zuleitung

Leitung, die den Prüfling mit Geräten außerhalb des TEM-Wellenleiters verbindet oder aus dem in [5.1.2](#) definierten nutzbaren Prüfvolumen herausführt

3.1.15

Verbindungsleitung

Leitung, die Teile (Baugruppen) des Prüflings innerhalb des Prüfvolumens verbindet und die nicht aus dem Prüfvolumen herausführt

3.1.16

Prüfhalterung

nicht reflektierende, nicht leitende Halterung mit niedriger Permittivität und Bezugsposition, die präzise Rotationen des Prüfling ermöglicht, wie sie von einem Korrelationsverfahren oder Prüfablauf gefordert werden

ANMERKUNG Ein typisches Material ist geschäumtes Polystyrol. Hölzerne Halterungen sollten nicht verwendet werden (siehe [7])¹⁾.

3.1.17

Ortho-Winkel

die Diagonale eines Würfels bildet mit der Diagonale des Würfelbodens und mit der Würfelkante, die von zwei Würfelseitenflächen gebildet wird, ein Dreieck. Unter der Annahme, dass die Würfelkanten entlang der kartesischen Koordinatenachsen des TEM-Wellenleiters verlaufen, betragen der Azimut- und der Elevationswinkel der Projektionen der Würfeldiagonalen auf die Würfelseitenflächen 45° und der Ortho-Winkel $54,7^\circ$ (siehe Bild A.2a)

ANMERKUNG Im Zusammenhang mit einem Prüfling wird diese Würfeldiagonale auch als Ortho-Achse bezeichnet.

3.1.18

primäre Feldkomponente

elektrische Feldkomponente in Richtung der beabsichtigten Prüfpolarisation

ANMERKUNG Zum Beispiel verläuft in konventionellen Zweitor-TEM-Zellen das Septum parallel zum horizontalen Boden und der Feldvektor des primären elektrischen Feldmodes steht senkrecht auf dem transversalen Mittelteil der TEM-Zelle.

3.1.19

sekundäre Feldkomponente

in einem kartesischen Koordinatensystem die beiden elektrischen Feldkomponenten, die senkrecht auf der primären Feldkomponente stehen und senkrecht zueinander sind

3.1.20

resultierendes Feld (resultierende Feldamplitude)

in V/m ausgedrückte Wurzel aus der Summe der quadrierten Werte der primären und der zwei sekundären Feldkomponenten

3.1.21

Manipulator

jede Art von manueller oder automatischer nichtmetallischer Handhabungsvorrichtung ähnlich einem Drehtisch, die einen an ihr befestigten Prüfling in verschiedenen Positionen halten kann, wie dies von Korrelationsverfahren oder Prüfabläufen gefordert wird. Das Material muss die für Prüfhalterungen festgelegten Anforderungen erfüllen (siehe 3.1.16). Als Beispiel siehe Bild A.2

3.1.22

hyperrotierter TEM-Wellenleiter

TEM-Wellenleiter, der so gedreht wurde, dass seine Ortho-Achse senkrecht zur Erdoberfläche ist (siehe [6])

3.1.23

von der Gravitationsrichtung abhängig/unabhängig

die Gravitation der Erde besitzt eine feste Richtung. Der Prüfling kann um alle seine drei Achsen gedreht werden. Er wird auf Grund unterschiedlicher Rotationspositionen durch die Gravitation in verschiedenen Richtungen beeinflusst. Er ist von der Gravitationsrichtung unabhängig, wenn er in allen Positionen, d. h. unabhängig von der Richtung des Gravitationsvektors, bezogen auf den Prüfling, ordnungsgemäß funktioniert. Der Prüfling ist von der Gravitationsrichtung abhängig, wenn er in einer oder mehreren Prüfpositionen nicht ordnungsgemäß funktioniert

¹⁾ Angaben in eckigen Klammern beziehen sich auf die Literaturhinweise.

3.2 Abkürzungen

BALUN	Balanced-to-unbalanced transformer	Symmetrierglied
DFT	Discrete Fourier Transform	Diskrete Fourier-Transformation
EUT	Equipment under test	Prüfling
FFT	Fast Fourier Transform	Schnelle Fourier-Transformation
GTEM	Gigahertz transverse electromagnetic mode	Gigahertz-transversal-elektromagnetisch
HEMP	High-altitude electromagnetic pulse	In großer Höhe erzeugter elektromagnetischer Puls
HF	Radio frequency	Hochfrequenz; Funkfrequenz
OATS	Open-area test site	Freifeld
PoE	Point of entry	Eintrittspunkt
SAC	Semi-anechoic chamber	Halbabsorber-Kammer
SPD	Surge protective device	Überspannungsschutzgerät
TDR	Time-domain reflectometer	Zeitbereichs-Reflexionsmessgerät
TE	Transverse electric (mode), (H-mode)	transversal-elektrisch(e Mode), (H-Mode)
TEM	Transverse electromagnetic mode	transversal-elektromagnetisch
TM	Transverse magnetic (mode), (E-mode)	transversal-magnetisch(e Mode), (E-Mode)
VSWR	Voltage-standing-wave-ratio	Spannungs-Stehwellenverhältnis

4 Allgemeines

Diese Norm beschreibt grundlegende Eigenschaften und Begrenzungen von TEM-Wellenleitern, namentlich das Prüfvolumen, die Feldhomogenität, Reinheit der TEM-Moden und Frequenzbereiche. Eine Einführung und einige grundlegende Eigenschaften von TEM-Wellenleitern sind im [Anhang D](#) gegeben.

Messungen der Störabstrahlung in TEM-Wellenleitern werden gewöhnlich mit der Messung auf dem Freifeld (OATS) und in der Halbabsorber-Kammer (SAC) korreliert, die gültige und reproduzierbare Messergebnisse für Störfeldstärken von Geräten liefern. In diesen Fällen werden so genannte Korrelationsverfahren benutzt, um Messergebnisse aus TEM-Wellenleitern in zum Freifeld äquivalente Daten zu konvertieren, wie in [Anhang A](#) beschrieben. Produktkomitees sollten zeigen, dass für typische Produktarten eine gute Korrelation zwischen den Messergebnissen besteht.

TEM-Wellenleiter können auch als Felderzeuger zur Prüfung der Störfestigkeit von Geräten gegenüber elektromagnetischen Feldern benutzt werden. Einzelheiten werden im [Anhang B](#) beschrieben. Prüfungen der Störfestigkeit in TEM-Wellenleitern werden in mehreren anderen Normen zitiert, die im [Anhang E](#) aufgeführt sind.

Messungen in TEM-Wellenleitern sind nicht auf Messungen der Strahlung von komplett montierten Geräten begrenzt; sie können auch zur Prüfung von Bauteilen (Komponenten), integrierten Schaltungen (IC's) und der Schirmdämpfung von Dichtungsmaterialien und Leitungen verwendet werden.

5 Anforderungen an TEM-Wellenleiter

TEM-Wellenleiter können für Messungen der Störaussendung und Prüfungen der Störfestigkeit genutzt werden, wenn bestimmte Anforderungen erfüllt werden. Für die Eignungsprüfung eines TEM-Wellenleiters müssen die nachfolgenden Verfahren angewendet werden.

ANMERKUNG Dieser Abschnitt konzentriert sich auf allgemeine Eignungskriterien, wie den vorherrschenden TEM-Mode und die Feldhomogenität. Spezielle Eignungsanforderungen für Messungen der Störabstrahlung, Prüfungen der Störfestigkeit und Prüfungen hinsichtlich transienter Größen sind in den Anhängen zu finden.

5.1 Allgemeine Anforderungen in Bezug auf die Verwendung von TEM-Wellenleitern

5.1.1 Nachweis des TEM-Modes

TEM-Wellenleiter können Resonanzen oberhalb einer bestimmten Grenzfrequenz („cut-off-Frequenz“) aufweisen, die von den Querschnittsabmessungen und/oder der Wellenleiterlänge abhängen. Für die praktische Anwendung wird angenommen, dass sich das Feld eines TEM-Wellenleiters als TEM-Mode ausbreitet, wenn die nachfolgenden Anforderungen erfüllt werden. Im Allgemeinen muss der Hersteller des TEM-Wellenleiters das TEM-Mode-Verhalten für den gewünschten Frequenzbereich nachweisen und dokumentieren und diese Daten in die Gebrauchsanweisung einfügen.

ANMERKUNG 1 Das TEM-Mode-Verhalten muss in regelmäßigen Abständen bestätigt werden (siehe [B.2.2](#)).

Unter Verwendung eines Kalibrierverfahrens nach Art der Störfestigkeitsprüfung unter Verwendung eines gleichförmigen Feldes (entsprechend [B.2.2](#)) müssen die Beträge der sekundären (unerwünschten) elektrischen Feldkomponenten für mindestens 75 % der Messpunkte in einem festgelegten (senkrecht zur Ausbreitungsrichtung stehenden) Querschnitt des TEM-Wellenleiters mindestens 6 dB kleiner als die primären Komponenten des elektrischen Feldes sein. Für diese 75 % der Messpunkte ist für die primäre elektrische Feldkomponente eine Grenzabweichung von -0 dB bis zu $+10 \text{ dB}$ oder für die sekundäre elektrische Feldkomponente ein Pegel bis zu -2 dB der primären elektrischen Feldkomponente für maximal 3 % der Prüffrequenzen (mindestens für eine Frequenz) unter der Voraussetzung zulässig, dass die tatsächlichen Grenzabweichungen und dazugehörigen Frequenzen in den Prüfberichten festgehalten werden. Für große TEM-Wellenleiter sollte hierfür ein Höchstwert von 3 % der Prüffrequenzen nicht überschritten werden, zulässig sind bis zu 5 % (der Prüffrequenzen), wenn dies in den Prüfberichten festgehalten wird. Der Frequenzbereich beträgt 30 MHz bis zur höchsten Frequenz des vorgesehenen Betriebs des TEM-Wellenleiters. Der erste Frequenzschritt darf 1 % der Grundfrequenz und danach 1 % der jeweils vorhergehenden Messfrequenz für den Bereich 80 MHz – 5 % bis 1 000 MHz + 5 % nicht überschreiten. Die Einschwingzeit der Feldsonde stellt eine Einschränkung für die Geschwindigkeit des Frequenzdurchlaufs dar. Diese Nachweisprüfung für den TEM-Mode gilt für TEM-Wellenleiter sowohl für Prüfungen der Störfestigkeit als auch für Messungen der Störaussendung.

ANMERKUNG 2 Für Messungen von Transienten sollte die Startfrequenz 100 kHz betragen.

ANMERKUNG 3 Das 6-dB-Kriterium aus 5.1.1 spezifiziert den vorherrschenden TEM-Mode und nicht die Gleichförmigkeit des Feldes. Ein Feld wird als gleichförmig angesehen, wenn die Anforderungen nach [B.2.2](#) erfüllt werden. Weitere Informationen zur Gleichförmigkeit des Feldes sind in [\[17\]](#) enthalten.

5.1.2 Prüfvolumen und maximale Prüflingsgröße

Die maximale Größe eines Prüflings hängt von der Größe des „nutzbaren Prüfvolumens“ im TEM-Wellenleiter ab. Das „nutzbare Prüfvolumen“ des TEM-Wellenleiters hängt von der Größe und Geometrie des TEM-Wellenleiters sowie der räumlichen Verteilung des elektromagnetischen Feldes ab.

Das „nutzbare Prüfvolumen“ eines TEM-Wellenleiters (siehe [Bilder A.6 bis A.9](#)) hängt von der in [B.2.2](#) festgelegten „Gleichförmigkeitsebene“ ab. Die Ausbreitungsrichtung des TEM-Modes (typisch: z -Achse) ist senkrecht zu einer Gleichförmigkeitsebene (transversalen Ebene, typisch: x - y -Ebene). In der x - y -Ebene muss der gesamte Querschnitt des nutzbaren Prüfvolumens die in [B.2.2](#) festgelegten Anforderungen an die Gleichförmigkeitsebene erfüllen. Der Mindestwert des Abstandes h_{EUT} zwischen dem Prüfling und jedem Leiter oder Absorber des Wellenleiters (siehe [Bilder A.6 bis A.9](#)) wird durch den Abstand zwischen der Grenze der Gleichförmigkeitsebene (siehe [B.2.2](#)) und dem Leiter bestimmt. In keinem Fall sollte h_{EUT} null sein, um mögliche Änderungen in den Betriebsbedingungen des Prüflings durch die enge Kopplung zwischen Prüfling und leitenden Teilen des Wellenleiters zu vermeiden (empfohlen wird: h_{EUT} sollte größer als $0,05 h$ sein). Entlang der z -Achse (Ausbreitungsrichtung) ist das nutzbare Prüfvolumen auf $z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$ begrenzt. Die Länge des Prüfvolumens beträgt $L = z_{\max} - z_{\min}$. Die Anforderungen einer Gleichförmigkeitsebene müssen für alle Querschnitte am Ort z mit $z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$ erfüllt werden. Unter den folgenden Bedingungen kann davon ausgegangen werden, dass die Anforderungen an den TEM-Mode im Bereich $z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$ erfüllt sind:

- wenn die Anforderungen an den TEM-Mode an der Position $z_{\max}$ erfüllt sind und die Geometrie des Wellenleiters einem der in den [Bildern A.6 bis A.9](#) dargestellten Typen ähnlich ist und ein konstantes Verhältnis von h zu w (Formtreue) für $0 < z < z_{\max}$ vorhanden ist oder
- wenn die Anforderungen an den TEM-Mode an den Positionen $z_{\min}$ und $z_{\max}$ erfüllt sind und der Wellenleiterquerschnitt im Bereich $z_{\min} < z < z_{\max}$ konstant ist oder sich konisch verjüngt, wobei die Ableitungen dh/dz und dw/dz glatte Funktionen für $z_{\min} < z < z_{\max}$ sind (keine Knicke oder Stufen in der Leitergeometrie).

Die maximale Größe eines Prüflings hängt von der Größe des „nutzbaren Prüfvolumens“ ab. Der Prüfling darf nicht größer als $0,6 w \times 0,6 L$ sein (siehe [Bilder A.6 bis A.9](#)).

ANMERKUNG 1 Die Reihe ISO 11452 empfiehlt eine Prüflingsgröße von $0,33 w \times 0,6 L$ und MIL-STD 462D empfiehlt $0,5 w \times 0,5 L$.

Die maximale nutzbare Prüflingshöhe sollte $0,33 h$ nicht überschreiten, wobei h gleich dem Abstand zwischen Innen- und Außenleiter an der Position des Mittelpunkts des Prüflings im Prüfvolumen ist (z. B. zwischen Septum und Boden in einer TEM-Zelle). Für alle TEM-Wellenleiter gilt, dass der Prüfling in allen Drehpositionen in das nutzbare Prüfvolumen hineinpasst.

ANMERKUNG 2 Die meisten Normen beschränken die Prüflingsgröße auf $0,33 h$. Die meisten Datenblätter von TEM-Zellen-Anbietern begrenzen die Prüflingshöhe auf $0,5 h$. Außer für hochgenaue Kalibrierungen, wie z. B. für Feldsonden und Sensoren, kann die Prüflingshöhe $0,33 h$ überschreiten, darf aber nicht die Empfehlungen des Herstellers überschreiten. Die maximale nutzbare Prüflingshöhe kann größer als $0,33 h$ sein, wenn der Hersteller Informationen über die Messunsicherheit bei größeren Prüflingen zur Verfügung stellt. Die Messunsicherheit muss im Prüfbericht festgehalten werden. Weitere Informationen über Effekte der Beladung in TEM-Wellenleitern sind in [\[25\]](#) enthalten.

5.1.3 Effekte der Beladung in TEM-Wellenleitern

In Bearbeitung.

ANMERKUNG 1 Um den Einfluss der Beladung bei einem TEM-Wellenleiter zu messen, werden die folgenden Verfahren vorgeschlagen:

- Messung des Oberflächenstroms auf dem Prüfling im Freiraum (das Freifeld ist auch eine Möglichkeit) oder in einem TEM-Wellenleiter;
- Feldmessungen mit einem isotropen Sensor;
- Zeitbereichs-Reflexionsmessung (TDR) am Eingangsanschluss oder Messung des Stehwellenverhältnisses (VSWR);
- Einfügungsdämpfung für Zweitor-TEM-Wellenleiter;
- Messung mit einem Monopol, der durch den Außenleiter des TEM-Wellenleiters hindurch eingefügt wird.

ANMERKUNG 2 Für gestrahlte Störaussendungen haben Korrelationen mit großen Prüflingen eine mittlere Erhöhung der korrelierten Feldstärke um 1 dB gezeigt (siehe [\[20\]](#)).

ANMERKUNG 3 Der Einfluss der Prüfhaltung oder des Manipulators sollte ebenfalls geprüft werden (siehe [\[4\]](#)).

5.2 Spezielle Anforderungen an bestimmte Typen von TEM-Wellenleitern

5.2.1 Aufbau eines offenen TEM-Wellenleiters

Um Umgebungseinflüsse zu minimieren, sollten offene TEM-Wellenleiter in einem geschirmten Raum aufgestellt werden.

ANMERKUNG 1 Das zulässige Störsignal der Umgebung ist in [Anhang A](#), [Anhang B](#) und [Anhang C](#) definiert und hängt stark von den Gegebenheiten der Prüfung ab.

Ein minimaler Abstand von einem Plattenabstand h des zwischen dem offenen TEM-Wellenleiter auf der einen Seite und dem Boden, den Wänden und der Decke des geschirmten Raumes auf der anderen Seite ist erforderlich. Zusätzliches Absorbermaterial kann im geschirmten Raum geeignet platziert werden, um Reflexionen zu minimieren.

Die vorgenannten Abstände sind nur zur Orientierung angegeben. Die Reflexion (und Übertragung in Zweitor-TEM-Zellen) stellt das endgültige Maß für hinreichende Entkopplung des TEM-Wellenleiters vom geschirmten Raum dar. Es ist zu beachten, dass es auch möglich ist, einen offenen TEM-Wellenleiter zu konstruieren, bei dem eine Platte aus dem Boden des geschirmten Raumes besteht und die andere ein im Raum installiertes Septum ist.

ANMERKUNG 2 MIL-STD 462 fordert, dass offene TEM-Wellenleiter in einem geschirmten Raum aufgestellt werden. Der erforderliche minimale Abstand zu den Wänden sollte in Relation zur Größe des TEM-Wellenleiters festgelegt werden. MIL-STD 462D RS105 fordert einen Abstand von $2h$ vom nächsten metallischen Boden, einschließlich Decke und Wände des geschirmten Raumes usw., wobei h der maximale vertikale Abstand zwischen den Wellenleiter-Platten ist. IEC/CISPR 20 fordert einen minimalen Abstand von 800 mm von Wänden, Boden und Decke, was $1h$ entspricht.

5.2.2 Alternative Nachweisprüfung des TEM-Modos für einen Zweitor-TEM-Wellenleiter

Als Alternative zu 5.1.1 kann der nutzbare Frequenzbereich eines Zweitor-TEM-Wellenleiters durch das nachfolgende Messverfahren festgestellt werden.

Bevor der Prüfling geprüft wird, müssen die Resonanzen eines Zweitor-TEM-Wellenleiters mit im TEM-Wellenleiter vorhandenem Prüfaufbau und aufgebautem, aber ausgeschaltetem Prüfling bestimmt werden. In diesem Fall muss für die Übertragungsdämpfung des TEM-Wellenleiters für den nutzbaren Frequenzbereich gelten:

$$A_{\text{tloss}} = \left| 10 \times \lg \left(\frac{P_{\text{refl}}}{P_{\text{fwd}}} + \frac{P_{\text{output}}}{P_{\text{fwd}}} \right) \right| \leq 1 \text{ dB} \quad (1)$$

Dabei ist

- A_{tloss} die Übertragungsdämpfung des beladenen TEM-Wellenleiters in dB;
- P_{refl} die am Eingangstor gemessene reflektierte Leistung in W;
- P_{fwd} die am Eingangstor gemessene Vorwärtsleistung in W;
- P_{output} die am zweiten (Ausgangs-)Tor gemessene Ausgangsleistung in W.

ANMERKUNG 1 Die reflektierte, vorwärts eingespeiste und zurückfließende (oder Ausgangs-)Leistung wird bezogen auf die Leitungswellenimpedanz des TEM-Wellenleiters gemessen. Ein Impedanzumformer wird nicht verwendet. Es wird nur direkt „in der Leitung“ gemessen. Gleichung (1) gilt für eine Leitungswellenimpedanz von 50 Ω .

ANMERKUNG 2 Dies ist ein alternatives Nachweisverfahren für einen Zweitor-TEM-Wellenleiter der Art, wie er in der ISO 11452-3 aufgeführt ist. Es beruht auf der Annahme, dass in Resonanz befindliche höhere Moden Energie aus dem TEM-Mode entnehmen.

5.3 Betrachtungen der Messunsicherheit

Allgemeine Verfahren zur Ermittlung der Messunsicherheit sind in Bearbeitung. Verfahren entsprechend A.4.2.1 werden zur Abschätzung von Messunsicherheiten empfohlen.

ANMERKUNG Abschätzungsverfahren zur Messunsicherheit von TEM-Wellenleitern werden z. B. in [3], [22] und [30] erörtert.

6 Überblick über Arten von Prüflingen

Ein Prüflingstyp ist eine Gruppe von Produkten mit solch hinreichender Ähnlichkeit der elektromagnetischen Eigenschaften oder mechanischen Abmessungen, dass eine Prüfung mit derselben Prüfeinrichtung und