

	DIN EN 55016-2-1 (VDE 0877-16-2-1)	
	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.	
ICS 33.100.01 Ersatz für DIN EN 55016-2-1 (VDE 0877-16-2-1):2006-05 Siehe jedoch Beginn der Gültigkeit Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 2-1: Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Messung der leitungsgeführten Störaussendung (IEC/CISPR 16-2-1:2008); Deutsche Fassung EN 55016-2-1:2009 Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity – Conducted disturbance measurements (IEC/CISPR 16-2-1:2008); German version EN 55016-2-1:2009 Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 2-1: Méthodes de mesure des perturbations et de l'immunité – Mesures des perturbations conduites (CEI/CISPR 16-2-1:2008); Version allemande EN 55016-2-1:2009 Gesamtumfang 81 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2009-03-01 angenommene EN 55016-2-1 gilt als DIN-Norm ab 2009-12-01.

Daneben darf **DIN EN 55016-2-1 (VDE 0877-16-2-1):2006-05** noch bis 2012-03-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 55016-2-1 (VDE 0877-16-2-1):2008-10.

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 CISPR/SC A „Radio interference measurements and statistical methods“ des Internationalen Sonderausschusses für Funkstörungen (CISPR) der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet.

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

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

Die Änderungen gegenüber der vorhergehenden Norm sind in dieser Norm mit einem senkrechten Randstrich gekennzeichnet.

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 55016-2-1 (VDE 0877-16-2-1):2006-05** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aktualisierung der normativen Verweisungen im Abschnitt 2;
- b) Klarstellung der Begriffe Zusatz-/Hilfseinrichtung, Hilfs- und zugehöriges Gerät in Abschnitt 3 und an den in Frage kommenden Textstellen der Norm;
- c) Einführung der Überschriften 4.1, 5.1, 6.1, 6.2.1, 6.4.1, 6.6.1, 7.2.1, 7.3.1, 7.3.2.1, 7.4.2.1, 7.4.3.1, 7.6.1, 7.6.4.1, A.2.3.1 und D.1.1.1 bei entsprechender Erhöhung der Nummern der jeweils nachfolgenden Abschnitte um 1;
- d) Ergänzung von 5.3 einschließlich des Bildes 1;
- e) genauere Festlegung der Impedanz des Tastkopfs und der Stromzange in 6.1;
- f) Änderung von 6.2.2;
- g) Ergänzung von beispielhaften Betriebsbedingungen 6.4.4;
- h) Klarstellung in 6.4.5;
- i) Ergänzung in 6.5.1, dass die Regelung a) nur für schwankende Aussendungen gilt, die in der Nähe des Grenzwerts liegen;
- j) Ergänzung in 6.5.3, dass auch die „Zero-span-“ oder die Zeitanalyse-Funktion eines Oszilloskops für die Messung der Dauer der Störgröße genutzt werden kann;
- k) Streichung des Hinweises auf maximale Durchstimmgeschwindigkeiten sowie der Festlegung, dass einzelne Knacke ausgenommen sind, in 6.6.2;
- l) Ergänzung einer Anmerkung zur Verfügbarkeit von realen Werten für die Proportionalitätskonstante k in 6.6.3;
- m) Streichung von (nach alter Nummerierung) 7.3.1.2, 7.3.1.3, 7.3.2.1 und 7.3.3.1, da die entsprechenden Festlegungen durch die IEC/CISPR 16-1-2 abgedeckt sind;
- n) Umbenennung der T-Netznachbildung in Y-Netznachbildung in 7.3.2.2, 7.4.3.3;

- o) Ergänzung einer Beschreibung zur Verwendung des kapazitiven Tastkopfs in 7.3.3;
- p) Ergänzung einer Anmerkung zu Bild 7 in 7.4.1;
- q) Erhöhung des Abstands zwischen Prüfling und Masseplatte in Bild 9 und Bild 10 auf 15 cm;
- r) Ergänzung von Festlegungen zur Messung mit Hilfe von Spannungstastköpfen (neuer Abschnitt 7.4.5);
- s) Ergänzung einer Festlegung in 7.5.1 zur Leitungsanordnung bei Systemen, um den Einfluss von magnetischen Feldern auf die Aussendungsmessung so klein wie möglich zu halten;
- t) Ergänzung einer Festlegung in 7.5.2 zum Abstand von systeminternen Einheiten;
- u) Änderung der Einschränkungsbefingung für Messungen am Aufstellungsort in 7.6.1;
- v) Ergänzung eines Leitfadens zur Verbesserung von Messaufbauten mit Netznachbildungen (neuer Anhang E).

Frühere Ausgaben

VDE 0877-1: 1959-12

DIN 57877-1 (VDE 0877-1): 1981-11

DIN VDE 0877-1 (VDE 0877-1): 1989-03

DIN EN 55016-2-1 (VDE 0877-16-2-1): 2005-09, 2006-05

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/TR 60083:2004	DIN 49400:1999-06	–
HD 384.4/ HD 60364-4 (alle Teile)	IEC 60364-4 (alle Teile)	DIN VDE 0100 (VDE 0100) (alle Teile)	VDE 0100
EN 55011:2007 + A1:2007	IEC/CISPR 11:2003 + A1:2004 + A2:2006	DIN EN 55011 (VDE 0875-11):2007-11	VDE 0875-11
EN 55014-1:2006	IEC/CISPR 14-1:2005	DIN EN 55014-1 (VDE 0875-14-1):2007-06	VDE 0875-14-1
EN 55016-1-1:2007 + A1:2007 + A1:2008	IEC/CISPR 16-1-1:2006 + A1:2006 + A1:2007	DIN EN 55016-1-1 (VDE 0876-16-1-1):2008-10	VDE 0876-16-1-1

Tabelle NA.1 (fortgesetzt)

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 55016-1-2:2004 + A1:2005 + A1:2006	IEC/CISPR 16-1-2:2003 + A1:2004 + A1:2006	DIN EN 55016-1-2 (VDE 0876-16-1-2):2007-08	VDE 0876-16-1-2
—	IEC/CISPR/TR 16-3:2003 + A2:2006	—	—
—	IEC/CISPR/TR 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
EN 55022:2006	IEC/CISPR 22:2005	DIN EN 55022 (VDE 0878-22):2007-06	VDE 0878-22
EN 61010-1:2001	IEC 61010-1:2001	DIN EN 61010-1 (VDE 0411-1):2002-08 + DIN EN 61010-1 Ber 1 (VDE 0411-1 Ber 1):2002-11 + DIN EN 61010-1 Ber 2 (VDE 0411-1 Ber 2):2004-01	VDE 0411-1 VDE 0411-1 Ber 1 VDE 0411-1 Ber 2
—	ITU-R BS.468-4 ^{a)}	—	—
^{a)} Die ITU-R-Empfehlungen und -Berichte sind in Deutschland nicht als Normen veröffentlicht, aber für den Rundfunksektor weltweit anerkannt. Sie sind erhältlich bei der Internationalen Fernmeldeunion (International Telecommunication Union), Place des Nations, CH-1211 Geneva, Schweiz.			

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN VDE 0100 (VDE 0100) (alle Teile), *Errichten von Starkstromanlagen*

DIN 49400, *Elektrisches Installationsmaterial – Haushalt- und Kragensteckvorrichtungen – Übersicht*

DIN EN 55011 (VDE 0875-11):2007-11, *Industrielle, wissenschaftliche und medizinische Hochfrequenzgeräte (ISM-Geräte) – Funkstörungen – Grenzwerte und Messverfahren (IEC/CISPR 11:2003 + A1:2004, modifiziert + A2:2006); Deutsche Fassung EN 55011:2007 + A2:2007*

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

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

DIN EN 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

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

DIN EN 61010-1 (VDE 0411-1):2002-08, Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 61010-1:2001); Deutsche Fassung EN 61010-1:2001

DIN EN 61010-1 Berichtigung 1 (VDE 0411-1 Berichtigung 1):2002-11, Berichtigungen zu DIN EN 61010-1 (VDE 0411-1):2002-08

DIN EN 61010-1 Berichtigung 2 (VDE 0411-1 Berichtigung 2):2004-01, Berichtigungen zu DIN EN 61010-1 (VDE 0411-1):2002-08

– Leerseite –

Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur
Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit –
Teil 2-1: Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung
(Funkstörungen) und Störfestigkeit –
Messung der leitungsführten Störaussendung
(IEC/CISPR 16-2-1:2008)

Specification for radio disturbance and
immunity measuring apparatus and methods –
Part 2-1: Methods of measurement of
disturbances and immunity –
Conducted disturbance measurements
(IEC/CISPR 16-2-1:2008)

Spécifications des méthodes et des appareils de
mesure des perturbations radioélectriques et de
l'immunité aux perturbations radioélectriques –
Partie 2-1: Méthodes de mesure des
perturbations et de l'immunité –
Mesures des perturbations conduites
(CEI/CISPR 16-2-1:2008)

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

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

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

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

CENELEC

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

Zentralsekretariat: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

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

Ref. Nr. EN 55016-2-1:2009 D

Vorwort

Der Text des Schriftstücks IEC/CISPR/A/798/FDIS, zukünftige 2. Ausgabe von IEC/CISPR 16-2-1, ausgearbeitet von dem IEC/CISPR SC A „Radio interference measurements and statistical methods“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2009-03-01 als EN 55016-2-1 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 55016-2-1:2004 + A1:2005.

EN 55016-2-1:2009 schließt wesentliche technische Änderungen gegenüber EN 55016-2-1:2004 ein. Im Allgemeinen bezweckt EN 55016-2-1:2009 die Verringerung der Konformitätsunsicherheit im Einklang mit Erkenntnissen, die in CISPR 16-4-1 eingeflossen sind. Zu Nachfolgendem werden Leitlinien gegeben:

- resonanzfreier Anschluss der Stromversorgungs-Netznachbildung an die Bezugsmasse,
- Vermeidung von Masseschleifen und
- Vermeidung von Widersprüchlichkeiten im Messaufbau des Prüflings und der Stromversorgungs-Netznachbildung gegenüber der Bezugsmassefläche.

Zusätzlich erfolgen Klarstellungen zu Begriffen, die Anwendung einer neuen Art von Zusatzgeräten (kapazitiver Tastkopf) wird eingeführt, und es erfolgt eine Klarstellung der Verwendung der asymmetrischen Netznachbildung und der Stromversorgungs-Netznachbildung mit dem gleichen Prüfling.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

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

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC/CISPR 16-2-1:2008 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Arten der zu messenden Störgrößen	11
4.1 Allgemeines	11
4.2 Arten der Störgrößen	11
4.3 Detektorfunktionen	12
5 Anschluss der Messeinrichtung	12
5.1 Allgemeines	12
5.2 Anschluss von Zusatz-/Hilfseinrichtungen	12
5.3 Verbindungen zur HF-Bezugsmasse	12
5.4 Verbindung zwischen Prüfling und Stromversorgungs-Netznachbildung	14
6 Allgemeine Messanforderungen und -bedingungen	14
6.1 Allgemeines	14
6.2 Störgrößen, die nicht vom Prüfling erzeugt werden	15
6.3 Messung kontinuierlicher Störgrößen (Dauerstörgrößen)	15
6.4 Betriebsbedingungen des Prüflings	15
6.5 Interpretation der Messergebnisse	16
6.6 Messzeiten und Durchstimmgeschwindigkeiten für die Messung kontinuierlicher Störgrößen (Dauerstörgrößen)	17
7 Messung von leitungsgeführten Störgrößen, 9 kHz bis 30 MHz	23
7.1 Einleitung	23
7.2 Messgeräte (Funkstörmessempfänger usw.)	23
7.3 Zusatz-/Hilfseinrichtungen	24
7.4 Anordnung der Messeinrichtung	25
7.5 Prüfaufbau für Systeme zur Messung von leitungsgeführten Störgrößen (Störspannungen auf Leitungen)	42
7.6 Messungen am Aufstellungsort	46
8 Automatische Messungen von Aussendungen	48
8.1 Einleitung: Vorkehrungen für automatische Messungen	48
8.2 Grundlegendes Messverfahren	48
8.3 Orientierender Frequenzsuchlauf	49
8.4 Datenreduktion	49
8.5 Maximierung der Aussendung und abschließende Messung	50
8.6 Nachbearbeitung und Darstellung der Ergebnisse	50
Anhang A (informativ) Leitfaden für den Anschluss von elektrischen Einrichtungen (Geräten) an die Stromversorgungs-Netznachbildung	51
A.1 Einleitung	51

	Seite
A.2 Klassifizierung der möglichen Fälle.....	51
A.2.1 Gut geschirmte, aber schlecht gefilterte Prüflinge	51
A.2.2 Gut gefilterte, aber unvollständig geschirmte Prüflinge	52
A.2.3 Allgemein gültiger Praxisfall	52
A.3 Erdungsverfahren.....	54
A.4 Erdungsbedingungen	54
A.4.1 Allgemeines	54
A.4.2 Klassifizierung von typischen Prüfbedingungen	55
A.5 Anschluss der Stromversorgungs-Netznachbildung als Tastkopf	56
Anhang B (informativ) Verwendung von Spektrumanalysatoren und automatisch durchstimmbaren Empfängern	59
B.1 Einleitung.....	59
B.2 Übersteuerung.....	59
B.3 Linearitätsprüfung.....	59
B.4 Selektivität	59
B.5 Übliches Impulsverhalten	59
B.6 Signalerfassung.....	59
B.7 Frequenz-Durchstimmgeschwindigkeit	60
B.8 Signalerfassung.....	60
B.9 Mittelwerterfassung	60
B.10 Empfindlichkeit	60
B.11 Amplitudengenauigkeit.....	61
Anhang C (informativ) Entscheidungsbaum für die Verwendung von Detektoren für Messungen leitungsgeführter Störaussendungen	62
Anhang D (informativ) Durchstimmgeschwindigkeiten und Messzeiten zur Verwendung mit Mittelwertdetektoren	64
D.1 Allgemeines	64
D.1.1 Unterdrückung von impulsförmigen Störungen.....	64
D.1.2 Unterdrückung von impulsförmigen Störungen durch digitale Mittelwertbildung	65
D.2 Unterdrückung der Amplitudenmodulation.....	65
D.3 Messung von langsam intermittierenden, schwankenden oder driftenden schmalbandigen Störaussendungen	65
D.4 Empfohlenes Verfahren für automatische oder halbautomatische Messungen	68
Anhang E (informativ) Leitfaden zur Verbesserung von Messaufbauten mit Netznachbildungen.....	69
E.1 Nachweis der Impedanz der Netznachbildung und des Spannungsteilungsfaktors am Messort.....	69
E.2 Schutzleiterdrosseln und Mantelstromabsorber zur Unterdrückung von Masseschleifen	72
Literaturhinweise	74
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	75

Bilder

Bild 1 – Beispiel eines empfohlenen Messaufbaus mit Schutzleiterdrosseln mit drei Stromversorgungs-Netznachbildungen und einem Mantelstromabsorber in der HF-Leitung	13
Bild 2 – Messung der Kombination aus einem sinusförmigen (kontinuierlichen) Signal (schmalbandig) und einem pulsförmigen Signal (breitbandig) unter Verwendung von mehrfachen Suchläufen mit Maximalwertspeicherung	20
Bild 3 – Beispiel der Analyse des Zeitverlaufs	21
Bild 4 – Mit einem schrittweise abgestimmten Empfänger gemessenes breitbandiges Spektrum.....	22
Bild 5 – Intermittierende schmalbandige Störaussendungen, die mit Hilfe von schnellen, kurzen, wiederholenden Wobbelvorgängen mit Maximalwertspeicherung gemessen wurden, um eine Übersicht über das Aussendungsspektrum zu erhalten	22
Bild 6 – Prüfaufbau: Tischgeräte – Messung von leitungsgeführten Störgrößen auf Stromversorgungsleitungen	27
Bild 7 – Anordnung des Prüflings und der Stromversorgungs-Netznachbildung in 40 cm Abstand mit a) vertikaler und b) horizontaler Bezugsmasseplatte.....	28
Bild 8 – Beispiel eines freigestellten Prüfaufbaus für Prüflinge, an die nur eine Stromversorgungsleitung angeschlossen ist	29
Bild 9 – Prüfaufbau: Standgeräte	30
Bild 10 – Beispielhafter Prüfaufbau: Stand- und Tischgeräte	31
Bild 11 – Prinzipielle Anordnung für die Messung der Störspannung.....	33
Bild 12a – Prinzipschaltbild für den Mess- und den Stromversorgungskreis.....	34
Bild 12b – Ersatzschaltbild für die Spannungsquelle und den Messkreis.....	34
Bild 12 – Ersatzschaltbild für die Messung der asymmetrischen Störspannung von (geerdeten) Prüflingen der Schutzklasse I	34
Bild 13a – Prinzipschaltbild für den Mess- und den Stromversorgungskreis.....	35
Bild 13b – Ersatzschaltbild für die Störspannungsquelle und den Messkreis.....	35
Bild 13 – Ersatzschaltbild für die Messung der asymmetrischen Störspannung von (geerdeten) Prüflingen der Schutzklasse II	35
Bild 14 – RC-Kombination für die Handnachbildung	36
Bild 15 – Handgeführte elektrische Bohrmaschine mit Handnachbildung	36
Bild 16 – Handgeführte elektrische Säge mit Handnachbildung.....	37
Bild 17 – Beispiel für die Messung mit Hilfe von Tastköpfen	40
Bild 18 – Messanordnung für Steuerungen/Regelungen mit zwei Anschlüssen	40
Bild A.1	51
Bild A.2	52
Bild A.3	52
Bild A.4	52
Bild A.5	53
Bild A.6	53
Bild A.7	54
Bild A.8 – Anordnungen von Stromversorgungs-Netznachbildungen.....	56

Bild C.1 – Entscheidungsbaum zur Optimierung der Geschwindigkeit von Messungen leitungsgeführter Störgrößen mit Hilfe von Spitzenwert-, Quasispitzenwert- und Mittelwertdetektoren	62
Bild D.1 – Bewertungsfunktion eines Impulses mit einer Impulsdauer von 10 ms für Spitzenwert- und Mittelwerterfassung mit („CISPR AV“) und ohne („AV“) Höchstwertbildung: Instrument-Zeitkonstante 160 ms	66
Bild D.2 – Bewertungsfunktion eines Impulses mit einer Impulsdauer von 10 ms für Spitzenwert- und Mittelwerterfassung mit („CISPR AV“) und ohne („AV“) Höchstwertbildung: Instrument-Zeitkonstante 100 ms	67
Bild D.3 – Beispiel von Bewertungsfunktionen (eines 1-Hz-Puls-Signales) für Spitzenwert- und Mittelwerterfassung in Abhängigkeit von der Impulsdauer: Instrument-Zeitkonstante 160 ms	67
Bild D.4 – Beispiel von Bewertungsfunktionen (eines 1-Hz-Puls-Signales) für Spitzenwert- und Mittelwerterfassung in Abhängigkeit von der Impulsdauer: Instrument-Zeitkonstante 100 ms	68
Bild E.1 – Parallelresonanz der Gehäusekapazität und der Induktivität des Massebands	69
Bild E.2 – Anschluss einer Stromversorgungs-Netznachbildung an die Bezugsmasseplatte unter Verwendung eines breiten Masseblechs zur Herstellung eine Masseverbindung mit niedriger Impedanz	70
Bild E.3 – Mit der Anordnung nach Bild E.2 gemessene Impedanz sowohl mit Bezug auf die Frontplattenmasse als auch auf das Masseblech	70
Bild E.4 – Mit Bezug auf die Frontplattenmasse und auf das Masseblech gemessener Spannungsteilungsfaktor in der Anordnung nach Bild E.2	70
Bild E.5 – Anordnung, die das für die Messung verwendete Masseblech (mit Hilfe von gestrichelten Linien) zeigt, wenn die Impedanz mit Bezug auf die Bezugsmasseplatte gemessen wird	71
Bild E.6 – Mit der Anordnung nach Bild E.5 gemessene Impedanz mit Bezug auf die Bezugsmasseplattenmasse	71
Bild E.7 – Mit Parallelresonanzen in der Masse der Stromversorgungs-Netznachbildung gemessener Spannungsteilungsfaktor	72
Bild E.8 – In einer 150-Ω-Messanordnung gemessene Dämpfung eines Mantelstromabsorbers	73
Bild E.9 – Anordnung zur Messung der Dämpfung durch Schutzleiterdrosseln und Mantelstromabsorbern	73
Tabellen	
Tabelle 1 – Mindestsuchlaufzeiten für die drei CISPR-Bänder für die Messung mit Spitzenwert- und Quasispitzenwertdetektoren	17
Tabelle A.1	57
Tabelle A.2	58
Tabelle D.1 – Impuls-Unterdrückungsfaktoren und Durchstimmgeschwindigkeiten für eine Videobandbreite von 100 Hz	65
Tabelle D.2 – Instrument-Zeitkonstanten und entsprechende Videobandbreiten sowie maximale Durchstimmgeschwindigkeiten	66

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC/CISPR 16 ist eine Grundnorm, die die Verfahren zur Messung von Störgrößen im Frequenzbereich 9 kHz bis 18 GHz im Allgemeinen und von leitungsgeführten Störgrößen im Frequenzbereich 9 kHz bis 30 MHz im Besonderen festlegt.

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 60364-4 (alle Teile), *Electrical installations of buildings – Part 4: Protection for safety*

IEC/CISPR 14-1, *Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 1: Emission*

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

IEC/CISPR/TR 16-3:2003, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 3: CISPR technical reports*

Änderung 1:2005

Änderung 2:2006

3 Begriffe

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

3.1

Zusatz-/Hilfseinrichtung

Wandler (z. B. Stromwandler und Tastköpfe und Netznachbildungen), die an einen Messempfänger oder (Prüf-)Signalgenerator angeschlossen werden und in die Störsignalübertragung zwischen dem Prüfling und der Mess- oder Prüfeinrichtung eingeschaltet werden

3.2

Hilfsgerät

(en: AE)

Gerät, das keinen Bestandteil des Prüflings bildet, aber zum Betreiben des Prüflings benötigt wird

3.3

zugehöriges Gerät

(en: AuxEq)

Peripheriegerät, das einen Teil des Prüflings bildet

3.4

Prüfling

(en: Equipment under test, EUT)

Einrichtung (Gerät, Betriebsmittel und System), die (das) EMV-Konformitätsprüfungen (zur Störaussendung) unterworfen wird

3.5

Produktnorm

Norm, die EMV-Anforderungen für ein Produkt oder eine Produktfamilie festlegt, wobei besondere Gesichtspunkte des betreffenden Produktes oder der betreffenden Produktfamilie berücksichtigt werden

3.6

Aussendungsgrenzwert (für eine Störgröße)

festgelegter größter Aussendungspegel einer elektromagnetischen Störgröße

[IEV 161-03-12]

3.7

Bezugsmasse

eine Verbindung, die eine festgelegte parasitäre Kapazität zwischen einem Prüfling und seiner Umgebung herstellt und als Bezugspotenzial dient

ANMERKUNG Siehe auch IEV 161-04-36 (modifiziert).

3.8

(elektromagnetische) Aussendung

Erscheinung, bei der elektromagnetische Energie aus einer Quelle austritt

[IEV 161-01-08]

3.9

Koaxialkabel

Kabel, das einen oder mehrere Koaxialleiter enthält und typischerweise für eine angepasste Verbindung von Hilfsgeräten mit der Messeinrichtung oder dem (Prüf-)Signalgenerator verwendet wird, dabei einen festgelegten Wellenwiderstand und einen festgelegten zulässigen Höchstwert des Kopplungswiderstandes bereitstellend

3.10

asymmetrische Spannung

Gleichtakt-Spannung

mit einer Stromzange (Stromwandler) an einer festgelegten Abschlussimpedanz gemessene hochfrequente Phasenspannung zwischen dem künstlich festgelegten Mittelpunkt eines Zweileiter-Kabels und einem festgelegten Bezugspunkt oder im Fall eines Leiterbündels die wirksame HF-Störspannung des gesamten Bündels (Vektorsumme der unsymmetrischen Spannungen) gegen den festgelegten Bezugspunkt

ANMERKUNG Siehe auch IEV 161-04-09.

3.11

asymmetrischer Strom

Gleichtaktstrom

Vektorsumme der Ströme, die durch zwei oder mehr Leiter durch einen festgelegten Querschnitt einer „mathematischen“ Ebene, die durch diese Leiter geschnitten wird, fließen

3.12

symmetrische Spannung

Gegentaktspannung

hochfrequente Störspannung zwischen den beiden Leitern eines Zweileiter-Kabels

[IEV 161-04-08, modifiziert]

3.13

symmetrischer Strom

Gegentaktstrom

Hälfte der Vektordifferenz der Ströme, die durch zwei beliebige Leiter aus einer festgelegten Gruppe von aktiven Leitern durch einen festgelegten Querschnitt einer „mathematischen“ Ebene, die durch diese Leiter geschnitten wird, fließen

3.14

unsymmetrische Anschlussspannung

Spannung zwischen einem Leiter oder dem Anschluss eines Gerätes, einer Einrichtung oder eines Systems und einer festgelegten Bezugsmasse (Bezugserde). Im Fall eines Netzwerkes mit zwei Anschlüssen sind die beiden unsymmetrischen Anschlussspannungen gegeben durch:

- a) die Vektorsumme der asymmetrischen Spannung und der Hälfte der symmetrischen Spannung und
- b) die Vektordifferenz der asymmetrischen Spannung und der Hälfte der symmetrischen Spannung.

ANMERKUNG Siehe auch IEC 161-04-13.

3.15

Messempfänger

ein Empfänger zur Messung von Störgrößen mit verschiedenen Detektoren

ANMERKUNG Der Messempfänger ist in Übereinstimmung mit IEC/CISPR 16-1-1 festgelegt.

3.16

Prüfanordnung

Kombination, die die festgelegte Messanordnung des Prüflings, in der ein Aussendungspegel gemessen wird, ergibt

ANMERKUNG Der Aussendungs- und Störfestigkeitspegel werden entsprechend den Definitionen in IEC 161-03-11, IEC 161-03-12, IEC 161-03-14 und IEC 161-03-15 gemessen.

3.17

Netznachbildung

(en: AN)

vereinbarte Bezugslastimpedanz (Nachbildung), die die Impedanz nachbildet, die gegenüber dem Prüfling durch tatsächliche Netzwerke (z. B. ausgedehnte Elektrizitätsversorgungs- oder Kommunikationsleitungen) gebildet wird, an der die HF-Störgröße gemessen wird

3.18

Stromversorgungs-Netznachbildung

(en: AMN)

in die Elektrizitätsversorgungsleitung eines Prüflings eingefügtes Netzwerk, welches in einem gegebenen Frequenzbereich eine festgelegte Lastimpedanz für die Messung von Störspannungen bereitstellt und durch welches der Prüfling in diesem Frequenzbereich als vom Elektrizitätsversorgungsnetz getrennt betrachtet werden kann

[IEC 161-04-05]

ANMERKUNG Es gibt zwei grundlegende Arten von Stromversorgungs-Netznachbildungen: Die V-Netznachbildung, die unsymmetrische Spannungen koppelt, und die Delta-Netznachbildung, die symmetrische und asymmetrische Spannungen getrennt koppelt. Die Bezeichnungen „Leitungsimpedanzstabilisierungsnetzwerk (LISN)“ und Stromversorgungs-Netznachbildung (en: V-AMN) werden austauschbar verwendet. In dieser Norm steht die Abkürzung „AMN“ für Stromversorgungs-Netznachbildungen (V-Netznachbildungen), da Delta-Netznachbildungen in Produktnormen, die Festlegungen zur Messung der Störaussendung enthalten, nicht verwendet werden.

3.19

Bewertung (Quasispitzenwert-Detektion)

von der Wiederholrate abhängige Umwandlung der mit dem Spitzenwertdetektor gemessenen Spannungen von aufeinander folgenden Impulsen in eine Anzeige, die dem psychophysikalischen Störeindruck von impulsförmigen Störgrößen (akustisch oder visuell) entsprechend den Bewertungseigenschaften entspricht; oder alternativ die festgelegte Art und Weise, in der ein Aussendungs- oder ein Störfestigkeitspegel ermittelt wird

ANMERKUNG 1 Die Bewertungseigenschaften sind in IEC/CISPR 16-1-1 festgelegt.

ANMERKUNG 2 Der Aussendungs- oder Störfestigkeitspegel wird entsprechend den Definitionen in der IEC 60050(161) ermittelt (siehe IEC 161-03-01, IEC 161-03-11 und IEC 161-03-14).

3.20

kontinuierliche Störgröße

Dauerstörgröße

HF-Störgröße mit einer Dauer von mehr als 200 ms am ZF-Ausgang eines Messempfängers, die eine Ablenkung der Anzeige eines Messempfängers mit Quasispitzenwert-Bewertung verursacht, die nicht unmittelbar absinkt

[IEV 161-02-11, modifiziert]

ANMERKUNG Der Messempfänger ist in IEC/CISPR 16-1-1 festgelegt.

3.21

diskontinuierliche Störgröße

für gezählte Knacke ist sie eine Störgröße mit einer Dauer von weniger als 200 ms am ZF-Ausgang eines Messempfängers, die eine kurzzeitige Ablenkung der Anzeige eines Messempfängers mit Quasispitzenwert-Bewertung verursacht

ANMERKUNG 1 Für impulsförmige Störgrößen siehe IEC 161-02-08.

ANMERKUNG 2 Der Messempfänger ist in IEC/CISPR 16-1-1 festgelegt.

3.22

Messzeit

T_m

effektive, zusammenhängende Zeit für die Erzielung eines Messergebnisses für eine einzelne Frequenz (in manchen Bereichen auch Verweilzeit genannt):

- bei einem Messempfänger mit Spitzenwert-Bewertung die effektive Zeit zur Erkennung des Höchstwertes der Einhüllenden des Signals;
- bei einem Messempfänger mit Quasispitzenwert-Bewertung die effektive Zeit zur Messung des Höchstwertes der gewichteten Einhüllenden;
- bei einem Messempfänger mit Mittelwert-Bewertung die effektive Zeit zur Mittelung der Einhüllenden des Signals;
- bei einem Messempfänger mit Effektivwert-Bewertung die effektive Zeit zur Bestimmung des Effektivwertes der Einhüllenden des Signals

3.23

Wobbelung

kontinuierliche Frequenzänderung über einen gegebenen Frequenzbereich

3.24

Suchlauf

kontinuierliche oder schrittweise Frequenzänderung über einen gegebenen Frequenzbereich

3.25

Suchlaufzeit

Durchstimmzeit

T_s

Zeit für den Suchlauf von der Anfangs- zur Endfrequenz

3.26

Bereich

Spanne

Δf

Differenz zwischen der Anfangs- und Endfrequenz eines Suchlaufs

3.27

Durchstimmgeschwindigkeit

Frequenzbereich, dividiert durch die Suchlaufzeit

3.28

Anzahl der Suchläufe je Zeiteinheit (z. B. je Sekunde)

n_s
 $1/(\text{Suchlaufzeit} + \text{Rücklaufzeit})$

3.29

Beobachtungszeit

T_o
Summe der Messzeiten T_m für eine bestimmte Frequenz bei Mehrfach-Suchläufen. Wenn n die Anzahl der Suchläufe ist, dann ist $T_o = n \times T_m$.

3.30

gesamte Beobachtungszeit

T_{tot}
die effektive Zeit zur Gewinnung einer Übersicht über das Spektrum (entweder einzelne oder mehrere Suchläufe). Wenn c die Anzahl der Kanäle innerhalb eines Suchlaufs ist, dann ist $T_{\text{tot}} = c \times n \times T_m$.

4 Arten der zu messenden Störgrößen

4.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt beschreibt die Klasseneinteilung verschiedener Arten von Störaussendungen und die für ihre Messung geeigneten Detektoren.

4.2 Arten der Störgrößen

Aus physikalischen und physiologischen Gründen werden in Abhängigkeit von der spektralen Verteilung, der Bandbreite des Messempfängers, der Dauer und Wiederholrate der Störaussendung sowie dem subjektiven Störimpfinden während der Bewertung und Messung der Funkstörung (hochfrequenten Störaussendung) folgende Arten von Störgrößen unterschieden:

- schmalbandige kontinuierliche Störgrößen*, im Allgemeinen Störaussendungen auf diskreten Frequenzen wie z. B. die Grundschwingungen und entsprechenden Oberschwingungen, die bei der beabsichtigten Anwendung von Hochfrequenzenergie mittels eines ISM-Geräts entstehen, wobei sich ein Frequenzspektrum ergibt, das nur aus einzelnen Spektrallinien zusammengesetzt ist, deren Abstände größer als die Bandbreite des Messempfängers sind, so dass während der Messung im Gegensatz zu b) nur eine Linie in die Bandbreite fällt;
- breitbandige kontinuierliche Störgrößen*, die üblicherweise durch die Pulsfolgen von z. B. Kommutatormotoren ungewollt erzeugt werden und die eine Wiederholfrequenz haben, die kleiner als die Bandbreite des Messempfängers ist, so dass während der Messung mehr als eine Spektrallinie in die Bandbreite fällt;
- breitbandige diskontinuierliche Störgrößen*, die ebenfalls ungewollt durch mechanische oder elektronische Schaltvorgänge von z. B. Thermostaten oder Programmreglern mit niedriger Wiederholrate, die kleiner als 1 Hz ist, erzeugt werden (Knackrate kleiner als 30/min).

Die Frequenzspektren bei b) und c) sind dadurch gekennzeichnet, dass sie im Fall von Einzelimpulsen ein kontinuierliches Spektrum und im Fall von wiederholten Impulsen ein diskontinuierliches Spektrum darstellen; beide Spektren werden dadurch gekennzeichnet, dass ihr Frequenzbereich größer als die Bandbreite des in der IEC/CISPR 16-1-1 spezifizierten Messempfängers ist.

4.3 Detektorfunktionen

Abhängig von den verschiedenen Arten der Störgrößen können Messungen mit Hilfe von Messempfängern durchgeführt werden mit:

- a) einem Mittelwertdetektor, der im Allgemeinen zur Messung von Schmalbandstörgrößen und -signalen benutzt wird, insbesondere zur Unterscheidung zwischen Schmalband- und Breitbandstörgrößen;
- b) einem Quasispitzenwertdetektor, der zur gewichteten Messung von Breitbandstörgrößen zur Ermittlung des subjektiven Störimpfindens eines Rundfunkhörers benutzt wird, der aber auch zur Messung von Schmalbandstörgrößen verwendbar ist;
- c) einem Spitzenwertdetektor, der zur Messung sowohl von Breitband- als auch von Schmalbandstörgrößen benutzt werden kann.

Messempfänger, die über diese Detektorarten verfügen, sind in der IEC/CISPR 16-1-1 spezifiziert.

5 Anschluss der Messeinrichtung

5.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt beschreibt den Anschluss der Messeinrichtungen, der Messempfänger und der Zusatz-/Hilfseinrichtungen wie Netznachbildungen sowie Tastköpfe und Stromwandler (Stromzangen).

5.2 Anschluss von Zusatz-/Hilfseinrichtungen

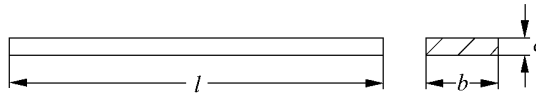
Die Verbindungsleitung zwischen dem Messempfänger und der Zusatz-/Hilfseinrichtung muss geschirmt und ihr Wellenwiderstand muss an die Eingangsimpedanz des Messempfängers angepasst sein. Das Messergebnis muss die Dämpfung des Verbindungskabels berücksichtigen.

Der Ausgang der Zusatz-/Hilfseinrichtung muss mit der vorgeschriebenen Impedanz abgeschlossen sein. Eine Mindestdämpfung von 10 dB zwischen dem Ausgang der Netznachbildung und dem Eingang des Messempfängers ist erforderlich, damit die festgelegte Grenzabweichung der Impedanz der Netznachbildung an ihrem Prüflingsanschluss eingehalten wird. Diese Dämpfung darf in die Netznachbildung implementiert sein. Zum Schutz der Eingangsschaltungen des Messempfängers sollte ein Transientenbegrenzer verwendet werden. Dieser muss so entworfen sein, dass er Signale mit maximalem Messempfänger-Eingangsspegel ohne Erzeugung von nichtlinearen Effekten durchlässt.

5.3 Verbindungen zur HF-Bezugsmasse

Die Netznachbildung muss mit einer hochfrequenzmäßig niedrigen Impedanz an die Bezugsmasse angeschlossen werden, z. B. durch direkte Kontaktierung des Gehäuses der Netznachbildung mit der leitenden Bezugsfläche bzw. der Bezugswand eines geschirmten Raumes oder mit Hilfe eines Massebandes niedriger Impedanz, so kurz und breit wie praktisch möglich (das maximale Längen- zu Breitenverhältnis des Massebands beträgt 3 : 1 und die Induktivität des Massebands ist kleiner als ungefähr 50 nH entsprechend einer Impedanz, die kleiner als ungefähr 10 Ω bei 30 MHz ist). Eine Vor-Ort-Messung des Spannungsteilungsfaktors, wie in Anhang E erklärt, sollte durchgeführt werden. Dieses hilft z. B. beim Finden der Resonanz des Massebands in der Masseverbindung der Netznachbildung.

ANMERKUNG 1 Ein Leiter mit rechteckförmigem Querschnitt (siehe die nachfolgende Zeichnung) mit einer Länge $l = 30$ cm, Breite $b = 3$ cm, Dicke $c = 0,02$ cm erzeugt eine Induktivität L von ungefähr 210 nH ($XL = 40 \Omega$ bei 30 MHz), die übermäßig ist. Der Wert von L wurde mit Hilfe nachfolgender Gleichung berechnet.



$$L = 2 \times l \times \left(\ln \frac{2l}{b+c} + 0,5 + 0,22 \frac{b+c}{l} \right)$$

Dabei ist

L die Induktivität des Leiters in nH;

l, b, c die Maße des Leiters in cm.

Wenn eine solche Länge (l , siehe oben) nicht vermieden werden kann, muss die Breite so groß wie möglich sein.

Messungen der Klemmenspannung müssen immer relativ zur Bezugsmasse durchgeführt werden. Masseschleifen (Erdschleifen) (Kopplung über eine gemeinsame Impedanz) sind dabei zu vermeiden. Masseschleifen (Erdschleifen) würden die Wiederholbarkeit der Messung negativ beeinflussen und können z. B. detektiert werden, wenn mit Masse verbundene (geerdete) Komponenten eines Messaufbaus berührungsempfindlich sind. Dies ist auch beim Anschluss von Messeinrichtungen (z. B. Messempfänger und angeschlossene Zusatz-/Hilfseinrichtungen wie Oszilloskope, Analysatoren, Aufzeichnungsgeräte usw.), die mit einem Schutzleiter der Schutzklasse I ausgerüstet sind, zu beachten. Die Messeinrichtung muss mit einer HF-Isolation ausgestattet sein, so dass die Netznachbildung nur eine HF-Verbindung mit Masse (Erde) hat. Diese kann durch HF-Drosseln und Trenntransformatoren erreicht werden oder indem das Messgerät aus Batterien versorgt wird. Bild 1 zeigt ein Beispiel eines empfohlenen Messaufbaus mit drei Stromversorgungs-Netznachbildungen und Schutzleiterdrosseln zur Vermeidung von Masseschleifen (Erdschleifen). In diesem Bild kann auch die HF-Verbindungsleitung vom Messempfänger zur Stromversorgungs-Netznachbildung als Masseverbindung agieren, wenn der Messempfänger mit Masse verbunden (geerdet) ist. Daher wird entweder eine HF-Drossel am Stromversorgungseingang des Messempfängers oder, wenn der Messempfänger sich außerhalb eines geschirmten Raums befindet, ein Mantelstromfilter in der Verbindungsleitung benötigt. Jede Stromversorgungs-Netznachbildung ist somit nur einmal HF-geerdet.

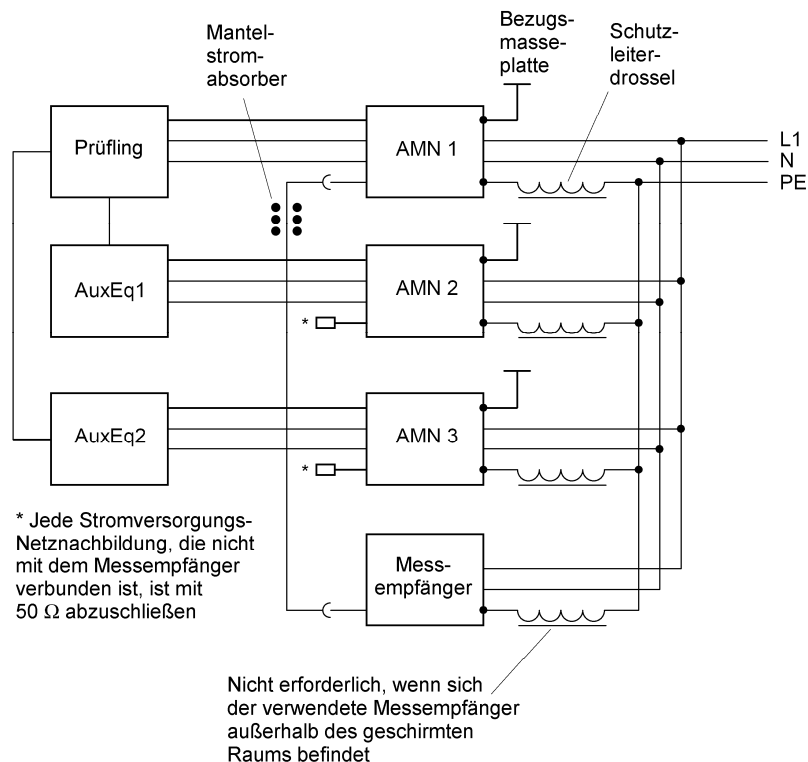


Bild 1 – Beispiel eines empfohlenen Messaufbaus mit Schutzleiterdrosseln mit drei Stromversorgungs-Netznachbildungen und einem Mantelstromabsorber in der HF-Leitung

Aus Sicherheitsgründen müssen Schutzleiterdrosseln bei beliebigen Defekten eine niedrige Impedanz gegenüber der Stromversorgungsspannung bei der Stromversorgungsfrequenz und -spannung aufweisen. Die Kurzschlussspannung über der Schutzleiterdrossel muss kleiner als 4 V sein. Schutzleiterdrosseln können in die Stromversorgungs-Netznachbildung eingebaut sein.

Die HF-Impedanz von Schutzleiterdrosseln und Mantelstromabsorbern im Messfrequenzbereich sollte hoch sein im Vergleich zur Impedanz der Verbindung der Stromversorgungs-Netznachbildung mit der Bezugsmasseplatte. Auf dem Markt erhältliche Schutzleiterdrosseln besitzen z. B. eine Induktivität von 1,6 mH bei Nennströmen bis 36 A, jedoch sind diese nicht in der **IEC/CISPR 16-1-2** genormt. Die Dämpfung kann in Übereinstimmung mit **Anhang E** geprüft werden. Manche Stromversorgungs-Netznachbildungen sind mit eingebauten Schutzleiterdrosseln erhältlich. Der Potentialunterschied zwischen dem Schutzleiter und der Bezugsmasseplatte muss möglichst minimiert werden, um Sättigung der Schutzleiterdrosseln durch den resultierenden, durch sie fließenden Gleichstrom oder niederfrequenten Strom zu vermeiden. Wenn der Strom unbekannt ist, muss er gemessen werden.

ANMERKUNG 2 Mantelströme sind HF-Ströme, die durch den Schirm von geschirmten Kabeln (z. B. Koaxialkabel) fließen. Sie bilden eine Quelle der Messunsicherheit. Mantelstromabsorber dienen dem Zweck, diese Ströme zu verringern.

Zum Aufbau der Schutzleiterverbindung zwischen dem Prüfling und der Bezugsmasse siehe **A.4**.

Stationäre Messanordnungen der Stromversorgungs-Netznachbildung erfordern keine Verbindung mit dem Schutzleiter, wenn die Bezugsmasse direkt angeschlossen ist und die nationalen Sicherheitsanforderungen für Schutzleiter (Schutzleiterverbindungen) einhält.

5.4 Verbindung zwischen Prüfling und Stromversorgungs-Netznachbildung

Allgemeine Leitlinien zur Auswahl von geerdeten und nicht-geerdeten Verbindungen zwischen Prüfling und Stromversorgungs-Netznachbildung werden im **Anhang A** erörtert.

6 Allgemeine Messanforderungen und -bedingungen

6.1 Allgemeines

Funkstörmessungen müssen – innerhalb der durch **IEC/CISPR 16-4-2** zugelassenen Unsicherheiten –:

- reproduzierbar, d. h., unabhängig vom Messort und den Umgebungsbedingungen, insbesondere dem Umgebungsrauschen sein;
- frei von Wechselwirkungen sein, d. h., der Anschluss des Prüflings an die Messeinrichtung darf weder die Funktion des Prüflings noch die Genauigkeit der Messeinrichtung beeinflussen.

Diese Anforderungen können durch Einhalten der folgenden Bedingungen erfüllt werden:

- a) Vorhandensein eines genügend großen Signal/Rausch-Abstands für den gewünschten Messpegel, z. B. für den Pegel des betreffenden Grenzwertes der Störaussendung;
- b) Verwendung eines festgelegten Messaufbaus, festgelegter Abschlüsse und Betriebsbedingungen des Prüflings;
- c) der Tastkopf muss bei Spannungsmessungen auf der Stromversorgungsleitung mit dem Tastkopf eine Impedanz von 1,5 k Ω , wie in **IEC/CISPR 16-1-2** festgelegt, haben; für Messungen auf anderen Schaltkreisen kann es sein, dass die Impedanz erhöht werden muss (wie durch aktive Tastköpfe bereitgestellt), um eine übermäßige Belastung von Schaltkreisen mit hoher Impedanz zu vermeiden;
- d) die Stromzange muss bei Strommessungen mit der Stromzange im Messkreis eine Impedanz von maximal 1 Ω , wie in **IEC/CISPR 16-1-2** festgelegt, haben;
- e) bei der Verwendung eines Spektrumanalysators oder automatisch durchstimmbaren Empfängers sind dessen besondere Betriebs- und Kalibrierungsanforderungen zu berücksichtigen.

6.2 Störgrößen, die nicht vom Prüfling erzeugt werden

6.2.1 Allgemeines

Der während der Messung zur Verfügung stehende Signal/Rausch-Abstand in Bezug auf das Umgebungsrauschen muss die nachfolgenden Bedingungen erfüllen. Sollte der Rauschpegel den zur Messung erforderlichen Signalpegel überschreiten, muss dies im Prüfbericht festgehalten werden.

6.2.2 Konformitätsprüfung

Ein Messplatz muss die Unterscheidung zwischen den Aussendungen des Prüflings und Signalen aus der Umgebung ermöglichen. Die Pegel der Umgebungssignale sollten wenigstens 20 dB unter dem gewünschten Messpegel liegen. Bei Messungen am Aufstell- und Betriebsort sollte der Pegel der Umgebungssignale wenigstens 6 dB unter dem gewünschten Messpegel liegen. Bei Messungen am Aufstell- und Betriebsort darf die (gemessene) Aussendung plus dem Pegel der Umgebungssignale den Grenzwert nicht überschreiten. Wenn die (gemessene) Aussendung plus dem Pegel der Umgebungssignale den Grenzwert überschreiten, müssen andere Verfahren angewendet werden, z. B. Verringerung der Bandbreite, Anwendung von Auslöschung der Umgebungssignale, Änderung der Frequenz usw. (IEC/CISPR 16-2-3:2006, Anhang A, enthält Empfehlungen für die Messung von Störaussendungen beim Vorhandensein von Aussendungen aus der Umgebung). Die Eignung des Messplatzes hinsichtlich der zulässigen Umgebungssignale kann mit Hilfe einer Messung der Pegel der Umgebungssignale festgestellt werden, wobei der Prüfling am Messort aufgestellt ist, jedoch nicht betrieben wird.

6.3 Messung kontinuierlicher Störgrößen (Dauerstörgrößen)

6.3.1 Kontinuierliche Schmalbandstörgrößen

Der Messempfänger muss auf die zu untersuchende diskrete Frequenz abgestimmt und im Falle von Frequenzschwankungen entsprechend nachgestimmt werden.

6.3.2 Kontinuierliche Breitbandstörgrößen

Falls bei der Messung einer kontinuierlichen Breitbandstörgröße deren Pegel schwankt, ist der größte reproduzierbare Messwert aufzunehmen. Siehe 6.5.1 für weitere Einzelheiten.

6.3.3 Verwendung von Spektrumanalysatoren und automatisch durchstimbaren Empfängern

Spektrumanalysatoren und automatisch durchstimbare Empfänger sind nützlich für Messungen der Störaussendung besonders im Hinblick auf die Verringerung der Messzeiten. Besondere Aufmerksamkeit ist jedoch bestimmten Eigenschaften dieser Messgeräte zu widmen, die Folgendes einschließen: Übersteuerung, Linearität, Selektivität, genormte Impulsantwort, Geschwindigkeit des Frequenzsuchlaufs („Wobbelgeschwindigkeit“), Signalerfassung, Empfindlichkeit, Amplitudengenauigkeit und Spitzenwert-, Mittelwert- sowie Quasipitzenwert-Detektion. Diese Eigenschaften werden im Anhang B behandelt.

6.4 Betriebsbedingungen des Prüflings

6.4.1 Allgemeines

Der Prüfling muss unter folgenden Bedingungen betrieben werden.

6.4.2 Übliche Lastbedingungen

Die üblichen Lastbedingungen müssen der Produktspezifikation des Prüflings entsprechen; bei nicht auf diese Weise erfassten Prüflingen müssen die Lastbedingungen den Anweisungen des Herstellers entsprechen.

6.4.3 Betriebsdauer

Bei Prüflingen mit angegebener Nenn-Betriebsdauer muss die Betriebsdauer (während der die Aussendung gemessen werden kann) den Herstellerangaben entsprechen; in allen anderen Fällen unterliegt die Betriebsdauer keiner zeitlichen Beschränkung.

6.4.4 Einlauf-/Aufwärmzeit

Es ist keine besondere Einlauf-/Aufwärmzeit vor Beginn der Messung festgelegt, jedoch muss der Prüfling eine ausreichend lange Zeit in Betrieb gewesen sein, um sicherzustellen, dass sein Betriebszustand und seine Betriebsbedingungen (z. B. Erreichen der Betriebstemperatur, Beendigung des Ladens von Programmen (Software) und Bereitschaft des Prüflings zur Durchführung seines vorgesehenen Betriebs) typisch sind für den praktischen Betrieb während seiner Lebensdauer. Die Bezeichnung „Einlaufzeit“ bezieht sich auf Prüflinge, die elektrische Motoren beinhalten. Für verschiedene Prüflinge können bestimmte Prüfbedingungen in den entsprechenden Produktunterlagen festgelegt sein.

6.4.5 Spannungsversorgung

Der Prüfling ist durch eine Spannungsversorgung zu speisen, welche die gleiche Nennspannung wie der Prüfling hat. Prüflinge, die mehrere Nennspannungen besitzen, müssen bei der Nennspannung gemessen werden, bei der die höchsten Störaussendungen verursacht werden. Produktnormen können zusätzliche Messungen erforderlich machen, wenn z. B. die Störpegel beträchtlich mit der Versorgungsspannung schwanken.

6.4.6 Betriebsweise

Der Prüfling muss unter den vom Hersteller vorgesehenen Betriebsbedingungen betrieben werden, bei denen die höchsten Störaussendungen verursacht werden.

6.5 Interpretation der Messergebnisse

6.5.1 Kontinuierliche Störgrößen (Dauerstörgrößen)

- a) Bei jeder Frequenz, bei der der Störpegel in der Nähe des Grenzwerts liegt und schwankt, ist die Anzeige des Messempeängers bei jeder Messung wenigstens 15 s lang zu beobachten; die höchsten Anzeigen sind aufzunehmen. Manche Produktnormen (z. B. [IEC/CISPR 14-1](#)) erlauben den Ausschluss von einzelnen Nadelimpulsen (Knackstörgrößen), die nicht zu beachten sind.
- b) Wenn der allgemeine Pegel einer Störgröße nicht konstant ist, aber ein kontinuierlicher Anstieg oder Abfall von mehr als 2 dB in dem Beobachtungszeitraum von 15 s auftritt, dann muss der Pegel für eine weitere Periode beobachtet und im Hinblick auf die übliche Betriebsart des Prüflings wie folgt interpretiert werden:
 - 1) Wenn der Prüfling häufig ein- und ausgeschaltet wird oder seine Drehrichtung umgekehrt werden kann, dann sollte der Prüfling bei jeder Messfrequenz unmittelbar vor der Messung eingeschaltet bzw. die Drehrichtung umgekehrt und unmittelbar nach der Messung der jeweils andere Zustand hergestellt werden. Der größte Pegel, der während der ersten Minute bei jeder Messfrequenz erfasst wird, muss festgehalten werden.
 - 2) Wenn der Prüfling üblicherweise für längere Zeit in Betrieb ist, sollte er auch während der gesamten Prüfdauer eingeschaltet bleiben, und bei jeder Messfrequenz muss nur der Pegel festgehalten werden, für den sich eine konstante Anzeige einstellt (siehe dazu die unter Punkt a) angegebenen Vorkehrungen).
- c) Falls sich die Amplitudencharakteristik einer Störaussendung des Prüflings im Verlauf einer Messung von einem konstanten zu einem zufällig schwankenden Wert ändert, dann ist der Prüfling nach Punkt b) zu prüfen.
- d) Messungen sind im gesamten Frequenzbereich durchzuführen und Ergebnisse müssen wenigstens auf der Frequenz mit der höchsten Anzeige und wie gefordert in der zutreffenden IEC/CISPR-Publikation festgehalten werden.

6.5.2 Diskontinuierliche Störgrößen

Messungen diskontinuierlicher Störgrößen können bei einer eingeschränkten Anzahl von Frequenzen durchgeführt werden. Für weitere Einzelheiten siehe [IEC/CISPR 14-1](#).

6.5.3 Messung der Dauer der Störgrößen

Für die richtige Messung der Störgrößen und um zu entscheiden, ob die Störgrößen diskontinuierlich sind, muss die Dauer der Störgrößen bekannt sein. Daher kann es sein, dass sie gemessen werden muss. Der Prüfling muss an die entsprechende Netznachbildung angeschlossen werden. Wenn ein Messempfänger vorhanden ist, dann wird dieser mit der Netznachbildung verbunden, und ein Oszilloskop wird am ZF-Ausgang der Messeinrichtung angeschlossen. Es ist auch möglich, die „Zero-span-“ oder die Zeitanalyse-Funktion eines Messempfängers zu nutzen (siehe [Bild 3](#)). Wenn kein Messempfänger vorhanden ist, ist das Oszilloskop direkt mit der Netznachbildung zu verbinden. Die Zeitablenkung des Oszilloskops kann durch die zu messende Störgröße getriggert werden; die Zeitablenkung ist auf einen Wert zwischen 1 ms/div und 10 ms/div für Prüflinge mit schnellen Schaltvorgängen und zwischen 10 ms/div und 200 ms/div für alle anderen Prüflinge einzustellen. Die Dauer der Störgröße kann entweder direkt mit einem digitalen Oszilloskop und/oder mit Hilfe Papierausdrucks der Bildschirmanzeige aufgezeichnet werden.

6.6 Messzeiten und Durchstimmgeschwindigkeiten für die Messung kontinuierlicher Störgrößen (Dauerstörgrößen)

6.6.1 Allgemeines

Die Messzeiten von Messempfängern und automatisch durchstimbaren Empfängern müssen bei manuell durchgeführten und bei automatischen oder halbautomatischen Messungen so eingestellt werden, dass die höchsten Störaussendungen gemessen werden. Insbesondere muss, wenn ein Messempfänger mit Spitzenwertdetektor für orientierende Messungen mit Frequenzsuchlauf verwendet wird, das Zeitverhalten der zu messenden Störaussendung bei den Messzeiten und der Durchstimmgeschwindigkeit berücksichtigt werden. Mehr ins Einzelne gehende Anleitungen über die Durchführung von automatischen Messungen können in [Abschnitt 8](#) gefunden werden.

6.6.2 Mindest-Messzeiten

[B.7](#) dieser Norm enthält eine Tabelle der minimalen Suchlaufzeiten, die zur Durchführung von Messungen über den angezeigten Frequenzbereich erforderlich sind. Aus dieser Tabelle wurden die nachfolgenden Mindestsuchlaufzeiten für Messungen im kompletten CISPR-Band abgeleitet.

Tabelle 1 – Mindestsuchlaufzeiten für die drei CISPR-Bänder für die Messung mit Spitzenwert- und Quasispitzenwertdetektoren

Frequenzband		Suchlaufzeit T_s für die Messung mit Spitzenwertdetektor	Suchlaufzeit T_s für die Messung mit Quasispitzenwertdetektor
A	9 kHz bis 150 kHz	14,1 s	2 820 s = 47 min
B	0,15 MHz bis 30 MHz	2,985 s	5 970 s = 99,5 min = 1 h 39 min
C/D	30 MHz bis 1 000 MHz	0,97 s	19 400 s = 323,3 min = 5 h 23 min

Die in Tabelle 1 angegebenen Suchlaufzeiten gelten für sinusförmige Signale. Die Suchlaufzeiten sind in Abhängigkeit von der Art der Störgröße gegebenenfalls zu erhöhen – insbesondere bei Messungen mit Suchläufen unter Verwendung des Messempfängers mit Quasispitzenwertdetektor. In extremen Fällen muss die Messzeit T_m bei einer bestimmten Frequenz auf 15 s erhöht werden, wenn der Pegel der beobachteten Störaussendung nicht stabil ist (siehe [6.5.1](#)).

Durchstimmraten und Messzeiten zur Verwendung mit Mittelwertdetektoren sind in [Anhang D](#) zu finden.

Die meisten Produktnormen legen für Konformitätsprüfungen die Quasispitzenwert-Bewertung fest, die sehr zeitaufwändig ist, wenn keine zeitsparenden Verfahren angewendet werden (siehe [Abschnitt 8](#)). Bevor

zeitsparende Verfahren angewendet werden können, muss die Störaussendung durch einen orientierenden Frequenzsuchlauf bestimmt werden. Zur Sicherstellung, dass z. B. intermittierende Signale während einer Übersichtsmessung nicht übersehen werden, müssen die Betrachtungen in 6.6.3 bis 6.6.5 berücksichtigt werden.

6.6.3 Durchstimmgeschwindigkeiten für Suchlauf-Empfänger und Spektrumanalysatoren

Um sicherzustellen, dass während automatischer Messungen mit Frequenzsuchlauf über Frequenzbereiche keine Signale übersehen werden, muss eine der beiden nachstehenden Bedingungen eingehalten werden:

- a) Bei einem einzelnen Suchlauf: Die Messzeit auf jeder Frequenz muss größer sein als die zeitlichen Abstände zwischen den Impulsen intermittierender Signale.
- b) Bei mehreren Suchläufen mit Maximalwertspeicherung (Max Hold): Die Beobachtungszeit auf jeder Frequenz sollte ausreichend sein zur Erfassung von zeitweilig unterbrochenen Signalen.

Die Frequenz-Durchstimmgeschwindigkeit wird durch die Einstellung der Auflösebandbreite und der Videobandbreite des Messgeräts begrenzt. Wenn eine für das gegebene Messgerät zu hohe Durchstimmgeschwindigkeit gewählt wird, werden fehlerhafte Messergebnisse erzielt. Daher muss eine für den ausgewählten Frequenzbereich ausreichend lange Suchlaufzeit entsprechend der untenstehenden Definition gewählt werden. Unterbrochene Signale können entweder durch einen einzelnen Suchlauf mit ausreichender Beobachtungszeit für jede Frequenz oder durch mehrere Suchläufe mit Maximalwertspeicherung erfasst werden. Üblicherweise ist das zuletzt genannte Verfahren hoch effizient für die Gewinnung einer Übersicht über unbekannte Störaussendungen: Solange sich die Anzeige des Spektrums ändert, können nach wie vor unterbrochene Signale vorhanden sein, die es zu entdecken gilt. Die Beobachtungszeit muss in Übereinstimmung mit der Periodizität, mit der störende Signale auftreten, gewählt werden. In manchen Fällen muss die Durchstimmgeschwindigkeit möglicherweise verändert werden, um Synchronisationseffekte zu vermeiden.

Zur Bestimmung der minimalen Suchlaufzeit für Messungen mit einem Spektrumanalysator oder einem Suchlauf-Empfänger auf der Grundlage einer gegebenen Einstellung des Messgeräts und der Verwendung der Spitzenwert-Bewertung müssen zwei verschiedene Fälle unterschieden werden. Wenn die Videobandbreite so eingestellt wird, dass sie **breiter** als die Auflösebandbreite ist, kann der nachfolgende Ausdruck zur Berechnung der minimalen Suchlaufzeit verwendet werden:

$$T_{s \min} = \frac{(k \times \Delta f)}{B_{\text{res}}^2} \quad (1)$$

Dabei ist

$T_{s \min}$ die minimale Suchlaufzeit;

Δf der Frequenzbereich;

B_{res} die Auflösebandbreite;

k eine auf die Einhüllende des Auflösungsfilters bezogene Proportionalitätskonstante, die einen Wert zwischen 2 und 3 für synchron-abgestimmte, nahe dem Gauss'schen Filter liegende Filter annimmt. Für nahezu rechteckige, versetzt abgestimmte Filter besitzt k einen Wert zwischen 10 und 15.

ANMERKUNG Reale Werte für k können vom Hersteller bezogen werden. Die realen Werte werden üblicherweise in der gekoppelten Betriebsart der Steuerung (Firmware) des Messempfängers oder Spektrumanalysators berücksichtigt.

Wenn die Videobandbreite so eingestellt wird, dass sie gleich der oder kleiner als die Auflösebandbreite ist, kann der nachfolgende Ausdruck zur Berechnung der minimalen Suchlaufzeit verwendet werden:

$$T_{s \min} = \frac{(k \times \Delta f)}{(B_{\text{res}} \times B_{\text{video}})} \quad (2)$$

Dabei ist

B_{video} die Videobandbreite.

Die meisten Spektrumanalysatoren und automatisch durchstimbaren Empfänger koppeln die Suchlaufzeit automatisch mit dem ausgewählten Frequenzbereich und den Einstellungen der Bandbreite. Dabei wird die Suchlaufzeit so eingestellt, dass eine kalibrierte Anzeige beibehalten wird. Die automatische Suchlaufzeitenauswahl kann überschrieben werden, wenn längere Beobachtungszeiten benötigt werden, z. B. um Signale zu erfassen, die sich langsam ändern.

Zusätzlich wird bei wiederholten Suchläufen die Anzahl der Suchläufe je Sekunde durch die minimale Suchlaufzeit $T_{s \min}$ und die Rücklaufzeit (Zeit, die benötigt wird, um den Lokaloszillator wieder abzustimmen und die Messergebnisse zu speichern usw.) bestimmt.

6.6.4 Suchlaufzeiten für schrittweise durchstimbare Empfänger

Schrittweise durchstimbare Empfänger werden nacheinander auf einzelne Frequenzen unter Verwendung von vorbestimmten Schrittweiten abgestimmt. Während sie den interessierenden Frequenzbereich in diskreten Frequenzschritten erfassen, ist eine Mindestverweilzeit auf jeder Frequenz erforderlich, damit das Messgerät das Eingangssignal genau misst.

Für die tatsächliche Messung ist eine Frequenzschrittweite von reichlich 50 % der verwendeten Auflösungsbandbreite oder weniger (abhängig von der Einhüllenden des Auflösungsfilters) erforderlich, um die aufgrund der Schrittweite bestehende Messunsicherheit für schmalbandige Signale zu verringern. Unter diesen Annahmen kann die Suchlaufzeit $T_{s \min}$ für einen schrittweise durchstimbaren Empfänger unter Verwendung der nachfolgenden Gleichung berechnet werden:

$$T_{s \min} = T_{m \min} \frac{\Delta f}{(B_{\text{res}} \times 0,5)} \quad (3)$$

Dabei ist $T_{m \min}$ die minimale Messzeit (Verweilzeit) für jede Frequenz.

Neben der Messzeit muss eine bestimmte Zeit zusätzlich berücksichtigt werden, die der Synthesizer für das Weiterschalten zur nächsten Frequenz und die Steuerung des Messgerätes für die Speicherung des Messergebnisses benötigt, was bei den meisten Messempfängern automatisch durchgeführt wird, so dass die effektive Messzeit die effektive Zeit für die Gewinnung des Messergebnisses darstellt. Dieses Zeitintervall wird ferner durch den ausgewählten Detektor, z. B. Spitzenwert- oder Quasispitzenwertdetektor, bestimmt.

Bei der Messung von ausschließlich breitbandigen Aussendungen kann die Frequenzschrittweite erhöht werden. In diesem Fall besteht das Ziel der Messung nur darin, die Höchstwerte des Aussendungsspektrums zu finden.

6.6.5 Strategien zur Erlangung einer Übersicht über das Spektrum unter Verwendung des Spitzenwertdetektors

Bei jeder vorausgehenden Übersichtsmessung muss die Wahrscheinlichkeit der Erfassung sämtlicher kritischer Spektralanteile des Prüflings 100 % so nahe wie möglich kommen. In Abhängigkeit von der Art des Messempfängers und den Eigenschaften der Störgröße, die schmalbandige und breitbandige Anteile aufweisen kann, werden zwei allgemeine Lösungsansätze vorgeschlagen:

- Schrittweiser Suchlauf: Die Messzeit (Verweilzeit) auf jeder Frequenz muss für jede Frequenz ausreichend lang sein, um den Spitzenwert des Signals zu messen, z. B. sollte die Messzeit bei einem impulsförmigen Signal länger als der Kehrwert der Wiederholfrequenz des Signals sein.
- Gewobelter Suchlauf: Die Messzeit (Verweilzeit) auf jeder Frequenz muss größer als die Pausen bei unterbrochenen Signalen (einzelner Suchlauf) sein, und die Anzahl der Frequenzsuchläufe während der Beobachtungszeit sollte so groß wie möglich sein, um die Wahrscheinlichkeit einer Signalerfassung zu erhöhen.

Die Bilder 2, 3, 4 und 5 zeigen Beispiele für die Beziehung zwischen verschiedenen zeitveränderlichen Aussendungsspektren und den dazugehörigen Anzeigen eines Messempfängers. In den Fällen der Bilder 2, 4 und 5 zeigt der obere Teil des jeweiligen Bildes die Position der Empfängerbandbreite, wie sie entweder durch das Spektrum wobbelt oder es schrittweise durchläuft.