



	<b>DIN EN 62493 (VDE 0848-493)</b>	
	Diese Norm ist zugleich eine <b>VDE-Bestimmung</b> im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	
<p>ICS 17.240; 91.160.01</p> <p><b>Beurteilung von Beleuchtungseinrichtungen bezüglich der Exposition von Personen gegenüber elektromagnetischen Feldern (IEC 62493:2009); Deutsche Fassung EN 62493:2010</b></p> <p>Assessment of lighting equipment related to human exposure to electromagnetic fields (IEC 62493:2009); German version EN 62493:2010</p> <p>Evaluation d'un équipement d'éclairage relativement à l'exposition humaine aux champs électromagnétiques (CEI 62493:2009); Version allemande EN 62493:2010</p> <p style="text-align: right;">Gesamtumfang 45 Seiten</p> <p style="text-align: center;">DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE Normenausschuss Lichttechnik (FNL) im DIN</p>		

## **Beginn der Gültigkeit**

Die von CENELEC am 2010-02-01 angenommene EN 62493 gilt als DIN-Norm ab 2010-09-01.

## **Nationales Vorwort**

*Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 62493 (VDE 0848-493):2008-06.*

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 521 „Leuchten, Lampen und Zubehör“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE ([www.dke.de](http://www.dke.de)) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 34 „Lamps and related equipment“ 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.

## **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
–	ICNIRP:1998	–	–
–	IEEE Std C95.1:2005	–	–
–	IEEE Std C95.6:2002	–	–
EN 55015:2006 + A1:2007 + A2:2009	IEC/CISPR 15:2005 + A1:2006 + A2:2008	DIN EN 55015 (VDE 0875-15-1):2009-11	VDE 0875-15-1
EN 55016-1-1:2007 + A1:2007 + A2:2008	IEC/CISPR 16-1-1:2006 + A1:2006 + A2:2007	DIN EN 55016-1-1 (VDE 0876-16-1-1):2008-10	VDE 0876-16-1-1
EN 55016-1-2:2004 + A1:2005 + A2:2006	IEC/CISPR 16-1-2:2003 + A1:2004 + A2:2006	DIN EN 55016-1-2 (VDE 0876-16-1-2):2007-08	VDE 0876-16-1-2
EN 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 61786:1998	–	–
EN 62311:2008	IEC 62311:2007, mod.	DIN EN 62311 (VDE 0848-211):2008-09	VDE 0848-211

## Nationaler Anhang NB (informativ)

### Literaturhinweise

**DIN EN 55015 (VDE 0875-15-1):2009-11**, Grenzwerte und Messverfahren für Funkstöreigenschaften von elektrischen Beleuchtungseinrichtungen und ähnlichen Elektrogeräten (IEC/CISPR 15:2005 + A1:2006 + A2:2008); Deutsche Fassung EN 55015:2006 + A1:2007 + A2:2009

**DIN EN 55016-1-1 (VDE 0876-16-1-1):2008-10**, 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 (IEC/CISPR 16-1-1:2006 + A1:2006 + A2:2007); Deutsche Fassung EN 55016-1-1:2007 + A1:2007 + A2:2008

**DIN EN 55016-1-2 (VDE 0876-16-1-2):2007-08**, 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 (IEC/CISPR 16-1-2:2003 + A1:2004 + A2:2006); Deutsche Fassung EN 55016-1-2:2004 + A1:2005 + A2:2006

**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 (Störmodell) – Unsicherheit bei EMV-Messungen (IEC/CISPR 16-4-2:2003); Deutsche Fassung EN 55016-4-2:2004

**DIN EN 62311 (VDE 0848-211):2008-09**, Bewertung von elektrischen und elektronischen Einrichtungen in Bezug auf Begrenzungen der Exposition von Personen in elektromagnetischen Feldern (0 Hz bis 300 GHz) (IEC 62311:2007, modifiziert); Deutsche Fassung EN 62311:2008

– Leerseite –

**Beurteilung von Beleuchtungseinrichtungen bezüglich der Exposition von  
Personen gegenüber elektromagnetischen Feldern**  
(IEC 62493:2009)

Assessment of lighting equipment related to  
human exposure to electromagnetic fields  
(IEC 62493:2009)

Evaluation d'un équipement d'éclairage  
relativement à l'exposition humaine  
aux champs électromagnétiques  
(CEI 62493:2009)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2010-02-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

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

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

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

**CENELEC**

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

**Zentralsekretariat: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel**

## **Vorwort**

Der Text des Schriftstücks 34/133/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 62493, ausgearbeitet von dem IEC TC 34 „Lamps and related equipment“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2010-02-01 als EN 62493 angenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN und CENELEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

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): 2010-11-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2013-02-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

## **Anerkennungsnotiz**

Der Text der Internationalen Norm IEC 62493:2009 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

## Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
Einleitung .....	6
1 Anwendungsbereich .....	7
2 Normative Verweisungen .....	7
3 Begriffe, physikalische Größen und Einheiten .....	8
3.1 Begriffe .....	8
3.2 Physikalische Größen und Einheiten .....	9
4 Grenzwerte .....	10
4.1 Allgemeines .....	10
4.2 Anwendung der Grenzwerte.....	10
4.3 Beleuchtungseinrichtungen, bei denen ohne Prüfung erwartet wird, dass sie die Anforderungen der Norm erfüllen .....	10
5 Allgemeine Anforderungen .....	10
5.1 Versorgungsspannung .....	10
5.2 Frequenzmessbereich .....	10
5.3 Umgebungstemperatur.....	10
5.4 Messgeräteanforderungen .....	10
5.5 Messgeräteunsicherheit .....	12
5.6 Prüfbericht .....	12
5.7 Auswertung der Ergebnisse .....	12
6 Messverfahren .....	13
6.1 Allgemeines .....	13
6.2 Betriebsbedingungen.....	13
6.3 Messentfernung.....	13
6.4 Messaufbau .....	14
6.5 Aufstellungsort des Prüf-Kopfs.....	15
6.6 Berechnung der Ergebnisse.....	15
Anhang A (normativ) Messentfernungen .....	16
Anhang B (informativ) Positionierung des Prüf-Kopfs .....	17
Anhang C (informativ) Expositionsgrenzwerte .....	21
Anhang D (informativ) Sinnvolle Mess- und Bewertungsmethode .....	23
Anhang E (normativ) Praktische Mess- und Bewertungsmethode.....	33
Anhang F (normativ) Schutznetzwerk.....	35
Anhang G (informativ) Messgeräteunsicherheit .....	38
Literaturhinweise.....	40
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen .....	41

**Bilder**

Bild 1 – Der „Van der Hoofden“-Prüf-Kopf .....	11
Bild 2 – Beispiel einer Schutznetzwerk-Schaltung.....	11
Bild 3 – Messaufbau.....	14
Bild B.1 – Typische Messanordnung .....	17
Bild B.2a – Positionierung des Prüf-Kopfs – Positionierung der Messpunkte für Beleuchtungseinrichtungen mit zweiseitig gesockelter(n) Leuchtstofflampe(n) (für Einbau, Anbau oder Mastmontage) .....	17
Bild B.2b – Positionierung des Prüf-Kopfs – Positionierung des Messpunkts für Beleuchtungseinrichtungen mit einseitig gesockelter(n) Leuchtstofflampe(n) (für Einbau, Anbau oder Mastmontage) .....	18
Bild B.2c – Positionierung des Prüf-Kopfs – Positionierung der Messpunkte für Beleuchtungseinrichtungen mit einseitig gesockelter Lampe (360° Ausleuchtung).....	18
Bild B.2d – Positionierung des Prüf-Kopfs – Positionierung der Messpunkte für Beleuchtungseinrichtungen mit getrenntem Betriebsgerät.....	19
Bild B.2e – Positionierung des Prüf-Kopfs – Positionierung des Messpunkts für unabhängige elektronische Konverter .....	19
Bild B.2f – Positionierung des Prüf-Kopfs – Positionierung der Messpunkte für indirekte Beleuchtung (Stehleuchte oder abgehängte Leuchte) .....	20
Bild D.1 – Übersicht zur Mess- und Bewertungsmethode .....	23
Bild D.2 – Abstände des Kopfs, der Leiterschleife und des Messaufbaus .....	24
Bild D.3 – Maximaler Strom in der 2 m großen Rahmenantenne (LLA) als Funktion der Frequenz .....	26
Bild D.4 – Abstände des Prüf-Kopfs und Messaufbaus.....	28
Bild D.5 – Aufzeichnung einer Kurve zu den Gleichungen (D.16) und (D.17).....	29
Bild F.1 – Prüfaufbau zur Kalibrierung des Netzwerkanalysators.....	35
Bild F.2 – Prüfaufbau zum Messen des Spannungsteilerfaktors mit einem Netzwerkanalysator .....	36
Bild F.3 – Berechnete theoretische Kennlinie für die Kalibrierung des Schutznetzwerks .....	37

**Tabellen**

Tabelle 1 – Physikalische Größen und Einheiten .....	9
Tabelle 2 – Einstellungen des Messempfängers oder Spektrumanalysators.....	11
Tabelle A.1 – Beleuchtungseinrichtungen und Messentfernungen .....	16
Tabelle C.1 – Basisgrenzwerte [(BR – basic restrictions)] für die Exposition der breiten Öffentlichkeit bei zeitveränderlichen elektrischen und magnetischen Feldern für Frequenzen bis 10 GHz .....	21
Tabelle C.2 – IEEE-Basisgrenzwerte [(BR – basic restrictions)] für die breite Öffentlichkeit .....	21
Tabelle C.3 – IEEE-Basisgrenzwerte [(BR – basic restrictions)] zwischen 100 kHz und 3 GHz für die breite Öffentlichkeit .....	22
Tabelle D.1 – Berechnungen der induzierten Stromdichte .....	25
Tabelle D.2 – Berechnungen der Beiträge des Stromversorgungsnetzes .....	29
Tabelle D.3 – Frequenzschritte für die Amplitudenaddition, die 1,11 multipliziert mit $B_6$ ergeben .....	30
Tabelle D.4 – Frequenzschritte für die Leistungsaddition, die 0,833 multipliziert mit $B_6$ ergeben .....	31
Tabelle D.5 – Feldstärkegrenzwerte nach CISPR 15:2005 (wie durch deren Änderung 1 (2006) geändert).....	32



	Seite
Tabelle G.1 – Unsicherheitsberechnung für die in 6.4 beschriebene Messmethode im Frequenzbereich von 20 kHz bis 10 MHz .....	38
Tabelle G.2 – Kommentare und Informationen zu Tabelle G.1 .....	39

## **Einleitung**

Diese Internationale Norm legt eine angemessene Beurteilungsmethode zur Ermittlung der elektromagnetischen Felder im Raum um die im Anwendungsbereich genannten Geräte fest und definiert genormte Betriebsbedingungen und Messentfernungen.

Diese Norm ist ausgelegt, um durch Messungen und/oder Berechnungen elektromagnetische (EM-)Felder und deren mögliche Effekte auf den menschlichen Körper in Bezug auf die Belastungsgrade zu beurteilen, die für die breite Öffentlichkeit in ICNIRP:1998 [1]<sup>1)</sup>, IEEE C95.1:2005 und IEEE C95.6:2002 [2] angegeben sind. Die einzuhaltenden Belastungsgrade entsprechen den Basisgrenzwerten (auf der Grundlage von ICNIRP und IEEE).

ANMERKUNG 1 Maximale zulässige Belastungsgrade (auf der Grundlage von IEEE) oder Referenzgrade (auf der Grundlage von ICNIRP) werden nicht benutzt.

Basierend auf den Betriebseigenschaften der Beleuchtungseinrichtungen kann der anzuwendende Frequenzbereich der Basisgrenzwerte folgendermaßen eingeschränkt werden:

- induzierte Stromdichte von 20 kHz bis 10 MHz;
- spezifische Absorptionsrate (SAR) von 100 kHz bis 300 MHz;
- Leistungsdichte außerhalb des Anwendungsbereiches.

ANMERKUNG 2 Betriebsfrequenzen von Beleuchtungseinrichtungen liegen über 20 kHz, um hörbare Geräusche und Infrarotbeeinflussungen zu vermeiden. Beiträge von Frequenzen über 300 MHz können vernachlässigt werden.

Diese Norm beabsichtigt nicht, die Begriffe und Verfahren zu ersetzen, die in Normen zu EMF-Expositionen festgelegt sind, es ist aber das Ziel, ergänzende Verfahren zur Überprüfung der Übereinstimmung mit den Vorgaben der Normen zur EMF-Exposition anzugeben.

Die im [Anhang C](#) (informativ) angegebenen Expositionsgrenzwerte dienen nur der Information, erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit und sind nur in bestimmten Regionen der Welt gültig. Es liegt in der Verantwortung der Anwender dieser Norm, sicherzustellen, dass sie die aktuelle Version der Grenzwerte verwenden, die von den maßgeblichen nationalen Behörden festgelegt sind.

---

<sup>1)</sup> Die Buchstaben in eckigen Klammern verweisen auf die Literaturhinweise.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm gilt für die Beurteilung von Beleuchtungseinrichtungen bezüglich der Exposition von Personen gegenüber elektromagnetischen Feldern. Die Beurteilung beinhaltet die induzierten Stromdichten bei Frequenzen von 20 kHz bis 10 MHz und die spezifische Absorptionsrate (SAR) für Frequenzen von 100 kHz bis 300 MHz in dem Raum um die Beleuchtungseinrichtung.

In den Anwendungsbereich der Norm sind eingeschlossen:

- alle Beleuchtungseinrichtungen für die allgemeine Beleuchtung mit der primären Funktion der Erzeugung und/oder der Verteilung von Licht für Beleuchtungszwecke, die dafür vorgesehen sind, entweder an die Niederspannungsversorgung oder für den Batteriebetrieb angeschlossen zu werden; genutzt in Innenräumen und/oder im Freien; allgemeine Beleuchtungseinrichtungen schließen alle Arten der industriellen, privaten, öffentlichen und Straßenbeleuchtung ein;
- der Beleuchtungsteil für die allgemeine Beleuchtung von Multi-Funktions-Einrichtungen, wenn eine ihrer primären Funktionen der Beleuchtung dient;
- unabhängiges Zubehör, ausschließlich bestimmt zur Verwendung mit Beleuchtungseinrichtungen.

Ausgeschlossen vom Anwendungsbereich dieser Norm sind:

- Beleuchtungseinrichtungen für Luftfahrzeuge und Flugplätze;
- Beleuchtungseinrichtungen für Straßenfahrzeuge (ausgenommen die Beleuchtung, die genutzt wird, um Fahrgastkabinen in öffentlichen Transporteinrichtungen zu beleuchten);
- Beleuchtungseinrichtungen für die Landwirtschaft;
- Beleuchtungseinrichtungen für Boote/Schiffe;
- Photokopierer, Diaprojektoren;
- Geräte, für die die Anforderungen zu elektromagnetischen Feldern ausdrücklich in anderen IEC-Normen formuliert sind.

ANMERKUNG Die in dieser Norm beschriebenen Verfahrensweisen sind nicht dazu geeignet, die Felder von verschiedenen Beleuchtungseinrichtungen miteinander zu vergleichen.

Diese Norm gilt nicht für Einbaukomponenten von Leuchten, wie elektronische Betriebsgeräte.

## 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).

CISPR 15:2005<sup>2)</sup>, *Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of electrical lighting and similar equipment*  
Änderung 1 (2006)  
Änderung 2 (2008)

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*

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*

---

<sup>2)</sup> Es existiert eine konsolidierte Ausgabe 7.2 (2009), die CISPR 15:2005 und deren Änderung 1 und Änderung 2 enthält.

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

IEC 62311:2007, *Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz – 300 GHz)*

IEEE Std C95.1:2005, *IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz*

### **3 Begriffe, physikalische Größen und Einheiten**

#### **3.1 Begriffe**

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe, die international anerkannten SI-Einheiten sind durchgehend in dieser Norm benutzt.

##### **3.1.1**

##### **Basisgrenzwert**

(en: BR – basic restriction, basic limitations)

Grenzwert der Exposition bei zeitveränderlichen elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern, basierend auf nachgewiesenen biologischen Effekten mit eingeschlossenen Sicherheitsfaktoren. Der Basisgrenzwert ist ein maximales Niveau, das bei keinen Bedingungen überschritten werden sollte.

##### **3.1.2**

##### **Exposition**

Exposition tritt auf, wann und wo immer eine Person einem elektrischen, magnetischen oder elektromagnetischen Feld oder anderen Berührungsströmen als denjenigen ausgesetzt ist, die von physiologischen Prozessen im Körper oder anderen natürlichen Phänomenen herrühren

##### **3.1.3**

##### **Messentfernung**

Entfernung zwischen der Beleuchtungseinrichtung und der äußeren Oberfläche des Prüf-Kopfs (siehe [Anhang A](#))

##### **3.1.4**

##### **Messpunkt**

Anordnung und Position des Prüf-Kopfs in Bezug auf die Beleuchtungseinrichtung

##### **3.1.5**

##### **Betriebsgerät für Lampen**

(en: lamp control gear)

ein oder mehrere Bauteil(e) zwischen der Versorgung und einer oder mehreren Lampe(n), das/die dazu dienen kann (können), die Versorgungsspannung zu transformieren, den Strom der Lampe(n) auf den vorgeschriebenen Wert zu begrenzen, die Startspannung und den Vorheizstrom zu liefern, den Kaltstart zu verhindern, den Leistungsfaktor zu verbessern oder die Funkstörung zu verringern

##### **3.1.6**

##### **Einbau-Betriebsgerät für Lampen**

Gerät für Lampen, das im Allgemeinen zum Einbau in eine Leuchte, einen Kasten, ein Gehäuse oder Ähnliches bestimmt ist und das nicht für eine Anbringung außerhalb einer Leuchte usw. ohne besondere Sicherheitsvorkehrungen vorgesehen ist. Der Betriebsgeräteraum im Fuß eines Straßenleuchtenmastes wird als Gehäuse angesehen.

##### **3.1.7**

##### **unabhängiges Betriebsgerät für Lampen**

Gerät für Lampen, das aus einem oder mehreren Teil(en) besteht und so gebaut ist, dass es außerhalb der Leuchte separat montiert werden kann und die Schutzwirkung entsprechend seiner Aufschrift ohne zusätzliches Gehäuse entfaltet. Es kann aus einem Einbau-Gerät für Lampen bestehen, das in ein geeignetes Gehäuse eingebaut ist, das jeglichen notwendigen Schutz entsprechend seiner Aufschriften sicherstellt.

### 3.1.8

#### integriertes Betriebsgerät für Lampen

Gerät für Lampen, das ein nicht auswechselbares Teil einer Leuchte bildet und nicht getrennt von der Leuchte geprüft werden kann

### 3.1.9

#### Vorschaltgerät

(en: ballast)

Gerät, das zwischen der Versorgung und einer oder mehreren Entladungslampe(n) unter Verwendung einer Induktivität, einer Kapazität oder einer Kombination aus Induktivität und Kapazität geschaltet wird und hauptsächlich dazu dient, den Strom der Lampe(n) auf den vorgeschriebenen Wert zu begrenzen. Es kann auch Mittel zum Transformieren der Versorgungsspannung und Einrichtungen enthalten, die helfen, Startspannung und Vorheizstrom zu liefern.

### 3.1.10

#### Lampe mit eingebautem Vorschaltgerät

Einheit, die nicht auseinandergenommen werden kann, ohne auf Dauer beschädigt zu werden, mit einem Lampensockel ausgestattet ist und in der eine Lichtquelle sowie die für die Zündung und den stabilen Betrieb der Lichtquelle notwendigen zusätzlichen Teile eingebaut sind

### 3.1.11

#### gleichstromversorgtes elektronisches Vorschaltgerät

Wechselrichter, in dem Halbleiterbauteile verwendet werden und der auch stabilisierende Elemente für die Leistungsversorgung von einer oder mehreren Leuchtstofflampe(n) enthalten kann

### 3.1.12

#### unabhängiger elektronischer Konverter

Gerät für Lampen, das aus einem oder mehreren Teil(en) besteht und so gebaut ist, dass es außerhalb der Beleuchtungseinrichtung separat montiert werden kann und die Schutzwirkung entsprechend seiner Aufschrift ohne zusätzliches Gehäuse entfaltet. Es kann aus einem Einbau-Gerät für Lampen bestehen, das in ein geeignetes Gehäuse eingebaut ist, das jeglichen notwendigen Schutz entsprechend seiner Aufschriften sicherstellt.

## 3.2 Physikalische Größen und Einheiten

Die in dieser Norm verwendeten physikalischen Größen und Einheiten sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 – Physikalische Größen und Einheiten

Größe	Symbol	Einheit	Dimension
Leitfähigkeit	$\sigma$	Siemens je Meter	S/m
Stromdichte	$J$	Ampere je Quadratmeter	A/m <sup>2</sup>
Elektrische Feldstärke	$E$	Volt je Meter	V/m
Frequenz	$f$	Hertz	Hz
Magnetische Feldstärke	$H$	Ampere je Meter	A/m
Magnetische Flussdichte	$B$	Tesla	T (Wb/m <sup>2</sup> , Vs/m <sup>2</sup> )
Leistung	$P$	Watt	W
Strom	$I$	Ampere	A

## 4 Grenzwerte

### 4.1 Allgemeines

Die Basisgrenzwerte für die breite Öffentlichkeit von IEEE C95.1:2005 oder ICNIRP:1998 werden verwendet, siehe [Anhang C](#).

### 4.2 Anwendung der Grenzwerte

Beleuchtungseinrichtungen, wie im Anwendungsbereich beschrieben, entsprechen dieser Norm, wenn die folgenden Anforderungen erfüllt werden:

- **CISPR 15:2005:**
  - **4.3.1:** Störspannung an den Stromversorgungsanschlüssen im Frequenzbereich von 20 kHz bis 30 MHz;
  - **4.4:** abgestrahlte elektromagnetische Störaussendungen im Frequenzbereich von 100 kHz bis 30 MHz;
- **CISPR 15:2005, Änderung 1 (2006):**
  - **4.4.2:** abgestrahlte elektromagnetische Störaussendungen im Frequenzbereich von 30 MHz bis 300 MHz.
- Die gemessene (gewichtete und zusammengefasste) induzierte Stromdichte aufgrund des elektrischen Feldes im Frequenzbereich von 20 kHz bis 10 MHz überschreitet nicht den Faktor ( $F$ ) 0,85, wie in [Anhang D](#) definiert.

### 4.3 Beleuchtungseinrichtungen, bei denen ohne Prüfung erwartet wird, dass sie die Anforderungen der Norm erfüllen

Von Beleuchtungseinrichtungen, die ohne elektronische Betriebsgeräte ausgerüstet sind, wird erwartet, dass sie ohne Prüfung den Anforderungen dieser Norm entsprechen.

Alle Arten von Zündgeräten, Startern, Schaltern, Dimmern (einschließlich Phasenanschnittsteuereinrichtungen, z. B. Triacs, GTO-Thyristoren) und Sensoren werden nicht als elektronische Betriebsgeräte angesehen.

## 5 Allgemeine Anforderungen

### 5.1 Versorgungsspannung

Messungen müssen innerhalb von  $\pm 2\%$  der maximalen Bemessungsversorgungsspannung durchgeführt werden. Einrichtungen, die an einer Wechsel- und/oder Gleichspannungsversorgung betrieben werden können, müssen an einer Wechselspannungsversorgung mit einer einzigen Frequenz gemessen werden.

### 5.2 Frequenzmessbereich

Als Frequenzmessbereich wird der Bereich von 20 kHz bis 10 MHz betrachtet (siehe [Anhang E](#)).

### 5.3 Umgebungstemperatur

Messungen müssen in einem Umgebungstemperaturbereich von 15 °C bis 25 °C durchgeführt werden.

### 5.4 Messgeräteanforderungen

Es wird ein Messempfänger zur Prüfung der elektromagnetischen Störbeeinflussung (EMI = electromagnetic interference) oder ein Spektrumanalysator in Übereinstimmung mit [CISPR 16-1-1](#) und mit den in [Tabelle 2](#) angegebenen Einstellungen benötigt.

Tabelle 2 – Einstellungen des Messempfängers oder Spektrumanalysators

Frequenzbereich	$B_6$ nach CISPR 16-1-1	Messzeit	$f_{step}$	Detektor
20 kHz bis 150 kHz	200 Hz	100 ms	220 Hz	Scheitelwert
150 kHz bis 10 MHz	9 kHz	20 ms	10 kHz	Scheitelwert

Ein „Van der Hoofden“-Prüf-Kopf, wie in Bild 1 dargestellt, besteht aus einer leitenden Kugel mit einem Außendurchmesser von  $D_{head} = (210 \pm 5)$  mm, die auf einer isolierten (z. B. Holz, Plastik) Halterung montiert und über eine gewöhnliche Leitung mit einem Schutznetzwerk verbunden ist.

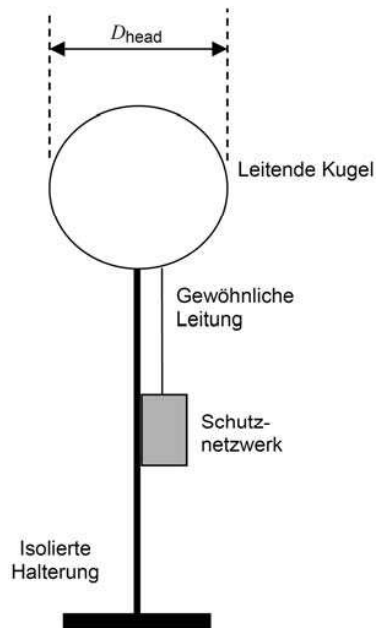
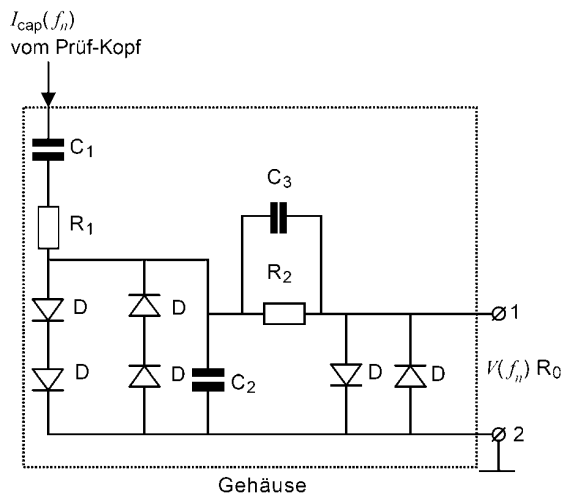


Bild 1 – Der „Van der Hoofden“-Prüf-Kopf

Ein Beispiel für eine Schutznetzwerk-Schaltung kann Bild 2 entnommen werden.



Beispiel

$C_1 = 470 \text{ pF}$

$C_2 = 10 \text{ nF}$

$C_3$  frei wählbarer Kondensator (ungefähr 56 pF) zur Erfüllung der Anforderungen an die Übertragungsfunktion von Anhang F

$R_1 = 470 \text{ } \Omega$

$R_2 = 150 \text{ } \Omega$

D Schottky-Diode

$R_0$  50- $\Omega$ -Eingang des Messempfängers

Die Anschlüsse 1 und 2 müssen mit dem Messempfänger des Spektrumanalysators über ein Koaxialkabel verbunden werden.

Bild 2 – Beispiel einer Schutznetzwerk-Schaltung

Die Übertragungsfunktion des Schutznetzwerks ist mit der Gleichung (1) gegeben.

$$g(f_n) = \frac{V(f_n)}{I_{\text{cap}}(f_n)} = \frac{R_0}{\sqrt{1 + [(R_0 + R_2) \times 2 \times \pi \times f(n) \times C_2]^2}} \quad (1)$$

Die Übertragungsfunktion des Schutznetzwerks darf nicht mehr als  $\pm 1$  dB von der berechneten Charakteristik (siehe [Anhang F](#) für die Berechnung) abweichen. Die Kalibrierung des Schutznetzwerks muss in Übereinstimmung mit dem im Detail beschriebenen Verfahren nach [Anhang F](#) erfolgen.

Eine Übersicht zum Messaufbau ist in [6.4](#) angegeben.

## 5.5 Messgeräteunsicherheit

Die maximale Messgeräteunsicherheit ( $U_{\text{basic}}$ ) wird mit 30 % veranschlagt.

Siehe [5.7](#) zur Behandlung der Messgeräteunsicherheit bei der Bewertung der Messergebnisse. Ein Beispiel für die individuelle Berechnung ist in [Anhang G](#) wiedergegeben.

ANMERKUNG Eine Anleitung zur Beurteilung der Messgeräteunsicherheit kann IEC 61786:1998 [\[4\]](#) entnommen werden.

## 5.6 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss mindestens die folgenden Angaben enthalten:

- Identifizierung der Beleuchtungseinrichtung;
- Spezifikationen der Messgeräte;
- Betriebsart, Messpunkt(e) und Messentfernung(en);
- Bemessungsspannung und -frequenz;
- Messergebnisse;
- angewendete Grenzwerte.

## 5.7 Auswertung der Ergebnisse

Die Auswertung der Übereinstimmung oder Nichtübereinstimmung der Messergebnisse mit den Grenzwerten muss auf die folgende Weise erfolgen.

Wenn die Messunsicherheitsberechnung der aktuellen Messgeräte, die für die Prüfung ( $U_{\text{lab}}$ ) benutzt wurden, ergibt, dass sie kleiner oder gleich der in [5.5](#) ( $U_{\text{basic}}$ ) angegebenen Unsicherheit ist, dann

- wird Übereinstimmung angenommen, wenn das Messergebnis den angewendeten Grenzwert nicht überschreitet,
- wird Nichtübereinstimmung angenommen, wenn das Messergebnis den angewendeten Grenzwert überschreitet.

Wenn die Messunsicherheitsberechnung der Messgeräte, die für die Prüfung ( $U_{\text{lab}}$ ) benutzt wurden, ergibt, dass sie größer als die in [5.5](#) ( $U_{\text{basic}}$ ) angegebene Unsicherheit ist, dann

- wird Übereinstimmung angenommen, wenn das Messergebnis mit der Erhöhung durch ( $U_{\text{lab}} - U_{\text{basic}}$ ) den angewendeten Grenzwert nicht überschreitet,
- wird Nichtübereinstimmung angenommen, wenn das Messergebnis mit der Erhöhung durch ( $U_{\text{lab}} - U_{\text{basic}}$ ) den angewendeten Grenzwert überschreitet.



## 6 Messverfahren

### 6.1 Allgemeines

Die Beurteilungsmethode basiert auf den in den beiden Dokumenten ICNIRP:1998 und IEEE C95.1:2005 angegebenen Basisgrenzwerten. Das verwendete Messverfahren simuliert die Stromdichte in einer Person in der Nähe der Beleuchtungseinrichtung. Die Messungen werden nach den in [Anhang A, Tabelle A.1](#), festgelegten Bedingungen durchgeführt.

### 6.2 Betriebsbedingungen

#### 6.2.1 Betriebsbedingungen für allgemeine Beleuchtungseinrichtungen

Die Messungen an der Beleuchtungseinrichtung sind in den Betriebsbedingungen durchzuführen, die durch den Hersteller festgelegt sind.

Für den Fall, dass die Beleuchtungseinrichtung die Möglichkeit bietet, Lampen mit unterschiedlichen Bemessungsleistungen zu betreiben, ist es nur notwendig, die Messung der Beleuchtungseinrichtung in Kombination mit der Lampe durchzuführen, die die höchste Nenn-Lampenspannung aufweist.

Bevor die Messungen durchgeführt werden, muss (müssen) die Lampe(n) betrieben werden, bis ein stabiler Betrieb erreicht ist. Wenn nicht anders durch den Hersteller vorgegeben, ist von den folgenden Stabilisierungszeiten auszugehen:

- 15 min für Leuchtstofflampen;
- 30 min für andere Entladungslampen.

Alle Messungen müssen mit 100 h gealterten Lampen durchgeführt werden.

#### 6.2.2 Betriebsbedingungen für besondere Beleuchtungseinrichtungen

Mehrlampen-Beleuchtungseinrichtung: Wenn die Beleuchtungseinrichtung mehr als eine Lampe enthält, müssen alle Lampen gleichzeitig betrieben werden.

Beleuchtungseinrichtungen für die Notbeleuchtung mit Einzelbatterie: Wenn das Gerät an die Netzspannungsversorgung angeschlossen und über diese betrieben werden kann, ist die Prüfung in dieser Betriebsart durchzuführen. Prüfungen im Batteriebetrieb sind nicht notwendig.

Beleuchtungseinrichtungen mit der Möglichkeit der Lichtregelung müssen in beiden Grenzfällen, der maximalen und der minimalen Lichtregelung, gemessen werden.

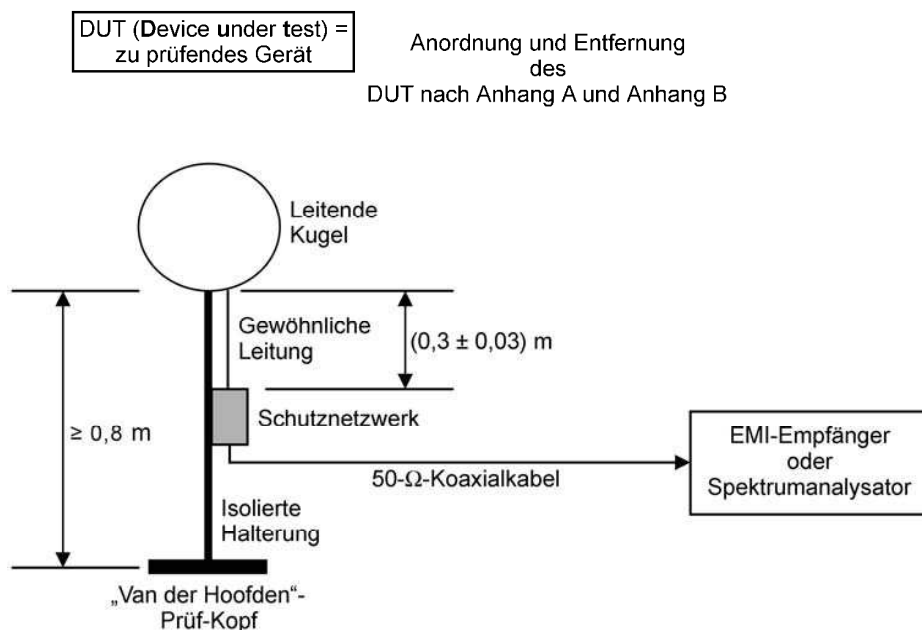
Die Messungen müssen innerhalb von  $\pm 2\%$  der Bemessungsversorgungsspannung durchgeführt werden. Im Falle eines Spannungsbereiches muss die Messung innerhalb von  $\pm 2\%$  der kleinsten und der größten Nennversorgungsspannung dieses Bereiches durchgeführt werden.

### 6.3 Messentfernung

Beleuchtungseinrichtungen werden in Übereinstimmung mit den Messentfernungen nach [Anhang A, Tabelle A.1](#), bewertet, wenn nicht anders vom Hersteller festgelegt. Die äußere Oberfläche des Prüf-Kopfs wird als Referenzpunkt zur Bestimmung der Messentfernung benutzt. Die Grenzabweichungen der Messentfernungen betragen  $\pm 5\%$ .

## 6.4 Messaufbau

Der Messaufbau ist in Bild 3 dargestellt.



ANMERKUNG Der EMI-Empfänger oder der Spektrumanalysator muss einschließlich der Schutzterde vom Netz versorgt werden.

**Bild 3 – Messaufbau**

Wenn die Beleuchtungseinrichtung mit einem Erdungsanschluss ausgerüstet ist, muss die Beleuchtungseinrichtung mit einem Erdungsleiter aus dem Stromversorgungskabel der Beleuchtungseinrichtung angeschlossen werden.

Während der Prüfung sollte sich keine leitfähige Fläche oder kein Objekt oder keine Person näher als 0,8 m zur Beleuchtungseinrichtung befinden.

Die Höhe der isolierten Halterung beträgt mindestens 0,8 m. Die leitende Kugel ist an das Schutznetzwerk über eine gewöhnliche Leitung mit einer Länge von  $(30 \pm 3) \text{ cm}$  angeschlossen. Das Schutznetzwerk ist über ein 50-Ω-Koaxialkabel mit maximal 0,2 dB Leitungsverlusten und einem Gleichstromwiderstand von  $\leq 10 \text{ } \Omega$  an einen EMI-Empfänger oder einen Spektrumanalysator angeschlossen.

### 6.4.1 Messaufbau für besondere Beleuchtungseinrichtungen

#### 6.4.1.1 Lampen mit eingebauten Vorschaltgeräten

Diese Lampen müssen direkt in eine Lampenfassung, die auf eine isolierende Unterlage montiert ist, eingesetzt sein. Der Prüf-Kopf ist mit der in [Tabelle A.1](#) festgelegten Messentfernung, gemessen vom Ende der Lampe, anzuordnen.

#### 6.4.1.2 Unabhängige elektronische Betriebsgeräte

Unabhängige elektronische Betriebsgeräte müssen zusammen mit einer geeigneten Lampe der maximalen zulässigen Leistung auf eine isolierende Unterlage montiert werden. Die Lastleitung(en) zwischen dem Betriebsgerät und der Beleuchtungseinrichtung muss (müssen) eine Länge von  $0,8 \text{ m} \pm 20 \%$  aufweisen, wenn nicht vom Hersteller anders festgelegt. Die Anordnung des Betriebsgerätes, der Beleuchtungseinrichtung und der Leitung(en) muss in Übereinstimmung mit [Bild B.2e](#) gemessen werden.

## 6.5 Aufstellungsort des Prüf-Kopfs

Die Aufstellungsorte für die Messung müssen in Übereinstimmung mit den folgenden Kriterien erfolgen.

Die Messungen dürfen nur in einer Richtung durchgeführt werden, die möglicherweise mit der Exposition der breiten Öffentlichkeit während des bestimmungsgemäßen Gebrauchs übereinstimmt.

Für den Fall, dass die Beleuchtungseinrichtungen zweiseitig gesockelte Leuchtstofflampen enthalten, die länger als 30 cm sind, ist der Prüf-Kopf wie in [Bild B.2a](#) dargestellt zu positionieren. Das Messverfahren ist für beide Enden der Lampe zu wiederholen und im Falle einer mehrlampigen Beleuchtungseinrichtung für jede Lampe nacheinander durchzuführen.

Für Beleuchtungseinrichtungen mit anderen Lampen ist der Prüf-Kopf in geeigneter Messentfernung nach [Tabelle A.1](#), zentral zum vorgesehenen Lichtaustritt, zu positionieren.

Für Beleuchtungseinrichtungen, bei denen der zentrale Punkt des Lichtaustritts nicht ermittelt werden kann oder die Beleuchtungsrichtung nicht in der Richtung der breiten Öffentlichkeit während des bestimmungsgemäßen Gebrauchs liegt, zum Beispiel bei indirekter Beleuchtung (Up lighter), ist ein Messpunkt in geeigneter Messentfernung im Umkreis zur Beleuchtungseinrichtung zu wählen. Mehr als ein Messpunkt kann notwendigerweise ausgewählt werden, um die Gebrauchstauglichkeit der Beleuchtungseinrichtung zu bestätigen.

Die [Bilder B.2a bis B.2f](#) in Anhang B zeigen Beispiele der Positionierung von Messpunkten für typische Beleuchtungseinrichtungen.

## 6.6 Berechnung der Ergebnisse

Die Messergebnisse werden in Übereinstimmung mit [Anhang E](#) berechnet.

## Anhang A (normativ)

### Messentfernungen

Die Messentfernungen in Tabelle A.1 wurden auf der Grundlage der zu erwartenden Einbauorte für die breite Öffentlichkeit während des bestimmungsgemäßen Gebrauchs festgelegt.

**Tabelle A.1 – Beleuchtungseinrichtungen und Messentfernungen**

Beleuchtungseinrichtungstypen	Messentfernung (cm)
Handleuchten <sup>a)</sup>	5 <sup>a)</sup>
Tischbeleuchtungseinrichtungen	30
Wandbeleuchtungseinrichtungen	50
Indirekte Beleuchtungseinrichtungen (Up lighter)	50
Abgependelte Beleuchtungseinrichtungen	50
Deckenanbau- und/oder Deckeneinbau-Beleuchtungseinrichtungen für Leuchtstofflampen mit einer Eingangsleistung <sup>b)</sup> ≤ 180 W	50
Deckenanbau- und/oder Deckeneinbau-Beleuchtungseinrichtungen für Leuchtstofflampen mit einer Eingangsleistung <sup>b)</sup> > 180 W	70
Deckenanbau- und/oder Deckeneinbau-Beleuchtungseinrichtungen für Entladungslampen mit einer Eingangsleistung <sup>b)</sup> ≤ 180 W	70
Deckenanbau- und/oder Deckeneinbau-Beleuchtungseinrichtungen für Entladungslampen mit einer Eingangsleistung <sup>b)</sup> > 180 W	100
Ortsveränderliche Beleuchtungseinrichtungen	50
Scheinwerfer	200
Beleuchtungseinrichtungen für Straßen- und Wegebeleuchtung	200
Lichtketten	50
Beleuchtungseinrichtungen für Schwimmbecken und ähnliche Anwendungen	50
Beleuchtungseinrichtungen für Bühnenbeleuchtung, Fernseh- und Filmstudios (Außen- und Innenbeleuchtung)	100
Beleuchtungseinrichtungen zur Verwendung in klinischen Bereichen von Krankenhäusern und Gebäuden zur Gesundheitsfürsorge	50
Bodeneinbau-Beleuchtungseinrichtungen	50
Aquarien-Beleuchtungseinrichtungen	50
Steckdosen-Nachtlichter	50
Lampen mit eingebautem Vorschaltgerät	30
UV- und IR-Bestrahlungseinrichtungen	50
Leuchten von Transporteinrichtungen (installiert in den Fahrgastkabinen von Bussen und Bahnen)	50
Andere Beleuchtungseinrichtungen, die in dieser Tabelle nicht erwähnt sind	50
<sup>a)</sup> Die Messentfernung sollte 30 cm betragen, und der Messwert sollte auf eine Entfernung von 5 cm umgerechnet werden (Gleichung; $1/r^3$ ). <sup>b)</sup> Gesamte Eingangsnennleistung der Beleuchtungseinrichtung.	

## Anhang B (informativ)

### Positionierung des Prüf-Kopfs

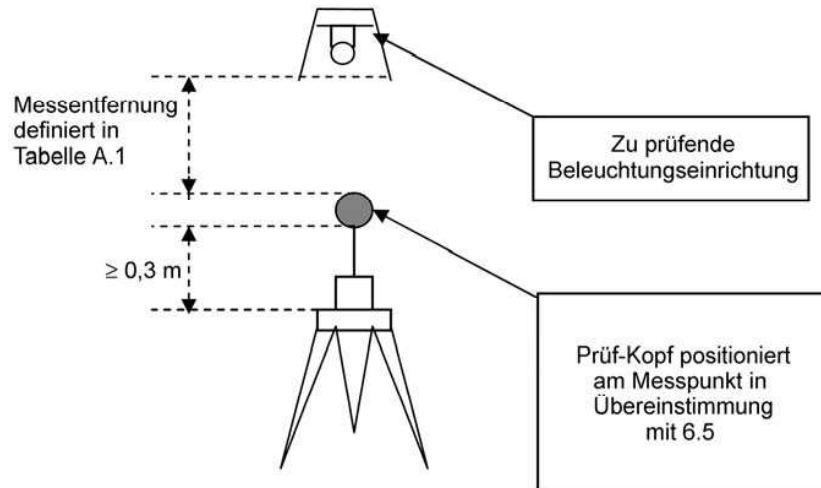


Bild B.1 – Typische Messanordnung

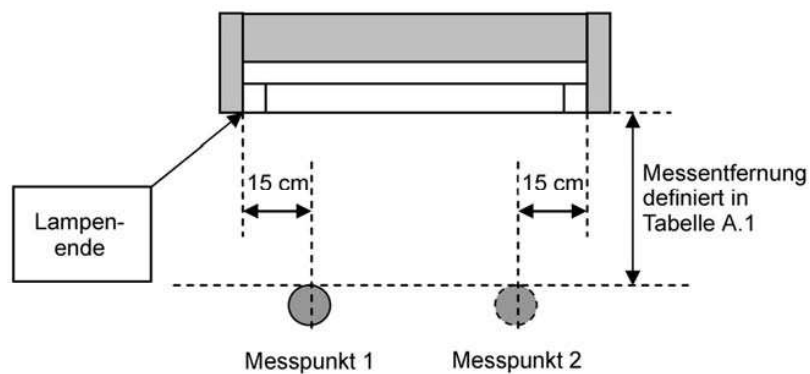
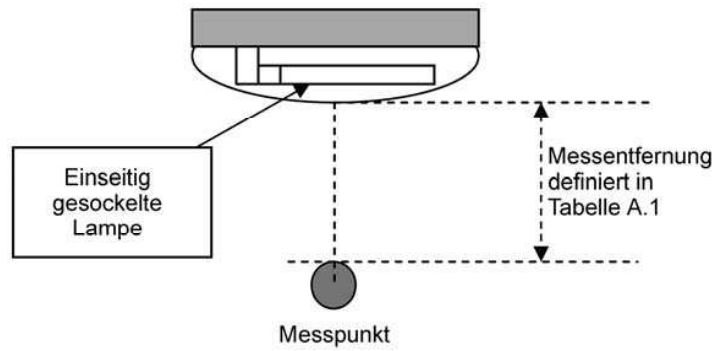
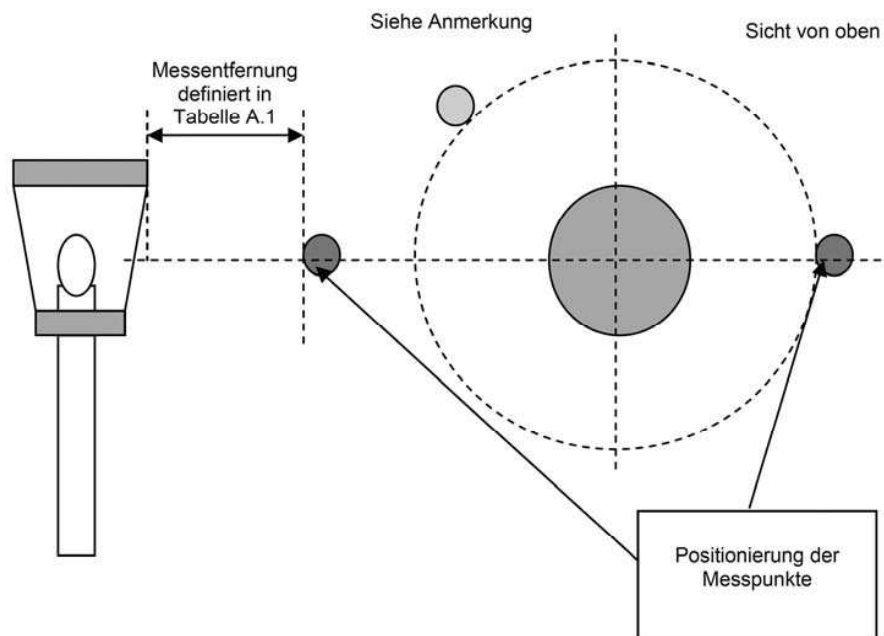


Bild B.2a – Positionierung des Prüf-Kopfs – Positionierung der Messpunkte für Beleuchtungseinrichtungen mit zweiseitig gesockelter(n) Leuchtstofflampe(n) (für Einbau, Anbau oder Mastmontage)<sup>N1)</sup>

<sup>N1)</sup> Nationale Fußnote: Die Maßangabe von 15 cm wurde in der IEC-Norm versehentlich vergessen. Eine entsprechende Korrektur wurde bereits veranlasst.

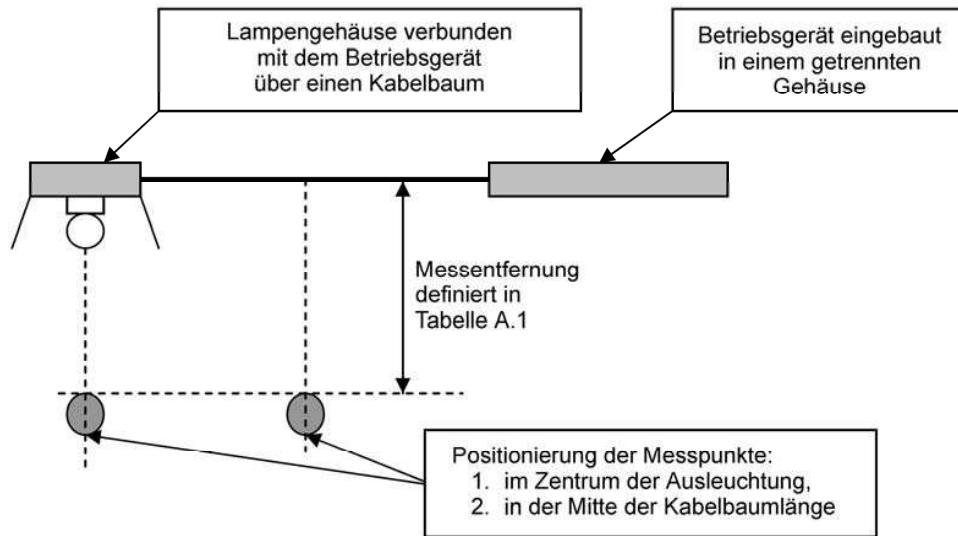


**Bild B.2b – Positionierung des Prüf-Kopfs – Positionierung des Messpunkts für Beleuchtungseinrichtungen mit einseitig gesockelter(n) Leuchtstofflampe(n) (für Einbau, Anbau oder Mastmontage)**

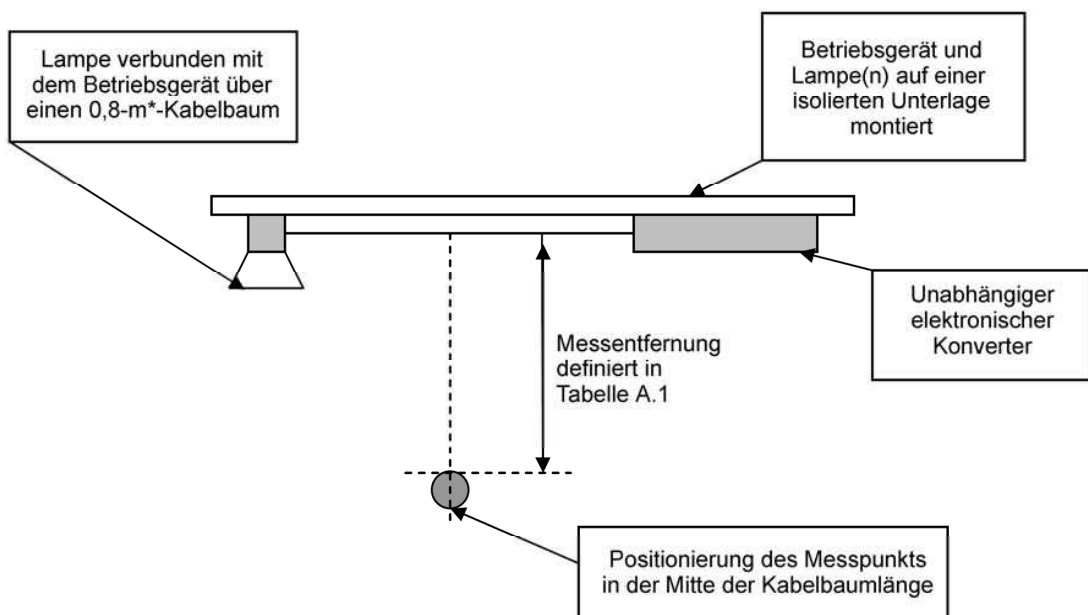


ANMERKUNG Zusätzliche Messpunkte können um die Beleuchtungseinrichtung herum angewendet werden.

**Bild B.2c – Positionierung des Prüf-Kopfs – Positionierung der Messpunkte für Beleuchtungseinrichtungen mit einseitig gesockelter Lampe (360° Ausleuchtung)**

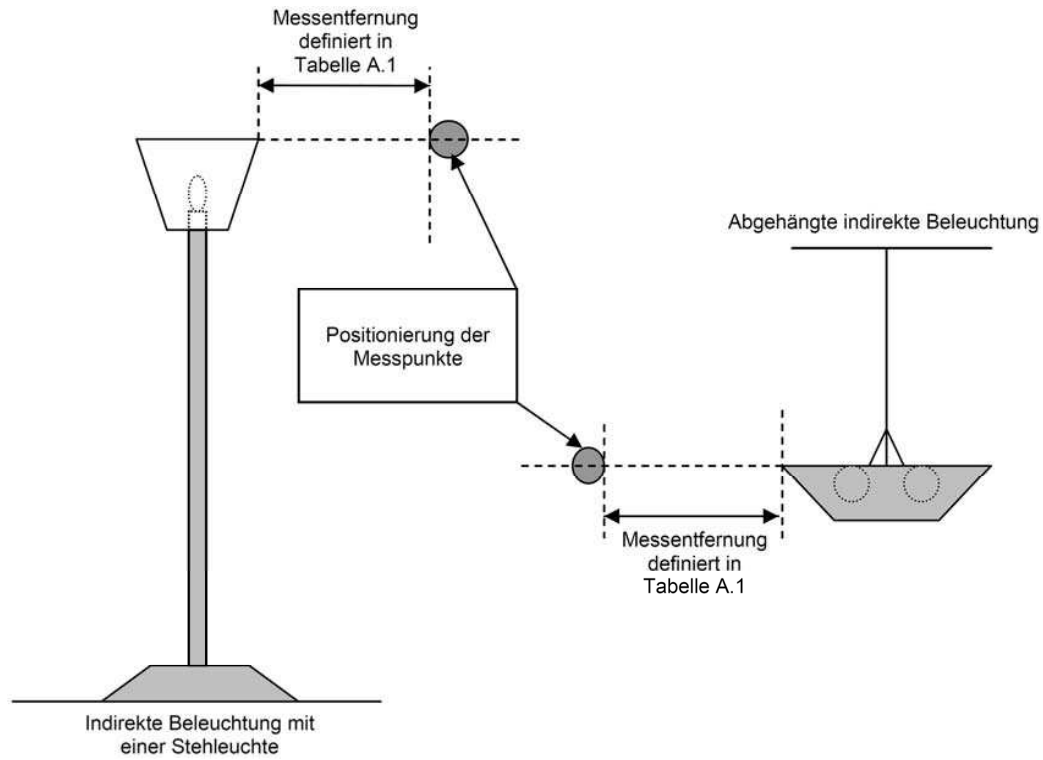


**Bild B.2d – Positionierung des Prüf-Kopfs – Positionierung der Messpunkte für Beleuchtungseinrichtungen mit getrenntem Betriebsgerät**



\* ANMERKUNG Länge des Kabels 0,8 m, wenn nicht anders vom Hersteller in den Installationshinweisen angegeben.

**Bild B.2e – Positionierung des Prüf-Kopfs – Positionierung des Messpunkts für unabhängige elektronische Konverter**



ANMERKUNG Für den Fall von stabförmigen Leuchtstofflampen ist der Prüf-Kopf senkrecht unter der(n) Lampe(n) 15 cm vom Ende der Lampe(n) anzuordnen.

**Bild B.2f – Positionierung des Prüf-Kopfs – Positionierung der Messpunkte für indirekte Beleuchtung (Stehleuchte oder abgehängte Leuchte)**



## Anhang C (informativ)

### Expositionsgrenzwerte

#### C.1 Allgemeines

Die in diesem informativen Anhang angegebenen Expositionsgrenzwerte dienen nur der Information, erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit und sind nur in bestimmten Regionen der Welt gültig. Es liegt in der Verantwortung der Anwender dieser Norm, sicherzustellen, dass sie die aktuelle Version der Grenzwerte verwenden, die von den maßgeblichen nationalen Behörden festgelegt sind.

#### C.2 ICNIRP

**Tabelle C.1 – Basisgrenzwerte [(BR – basic restrictions)] für die Exposition der breiten Öffentlichkeit bei zeitveränderlichen elektrischen und magnetischen Feldern für Frequenzen bis 10 GHz**

Frequenzbereich	Stromdichte (Kopf und Rumpf) mA/m <sup>2</sup> (effektiv)	Mittelwert SAR (Ganzer Körper) W/kg	Begrenzte SAR (Kopf und Rumpf) W/kg	Begrenzte SAR (Glieder) W/kg
bis 1 Hz	8			
1 Hz bis 4 Hz	$8/f$			
4 Hz bis 1 000 Hz	2			
1 kHz bis 100 kHz	$f/500$			
100 kHz bis 10 MHz	$f/500$	0,08	2	4
10 MHz bis 10 GHz		0,08	2	4

ANMERKUNG  $f$  ist die Frequenz in Hertz.

#### C.3 IEEE

**Tabelle C.2 – IEEE-Basisgrenzwerte [(BR – basic restrictions)] für die breite Öffentlichkeit**

Ausgesetztes Gewebe	$f_e$ (Hz)	Aktionsniveau <sup>a)</sup>			Personen in kontrollierter Umgebung		
		$E_0$	(effektiv)	(V/m)	$E_0$	(effektiv)	(V/m)
Gehirn	20	$5,89 \times 10^{-3}$			$1,77 \times 10^{-2}$		
Herz	167	0,943			0,943		
Extremitäten	3 350	2,10			2,10		
Andere Gewebe	3 350	0,701			2,10		

$E_0$  ist die Rheobase des vor Ort vorhandenen Feldes.  $f_e$  ist der Frequenzparameter.

<sup>a)</sup> Innerhalb dieses Frequenzbereichs ist der Begriff „Aktionsniveau“ mit dem Begriff „breite Öffentlichkeit“ in IEEE Std C95.6:2002 gleichzusetzen.

ANMERKUNG Die Werte in Tabelle 2 und an anderen Stellen in dieser Norm sind bisweilen als dreistellige signifikante Ziffern wiedergegeben. Dieser Genauigkeitsgrad ist angegeben, damit der Leser die verschiedenen Ableitungen und Beziehungen, die in dieser Norm gezeigt werden, verfolgen kann; es bedeutet nicht, dass die numerischen Größen bis zu dieser Genauigkeit bekannt sind.

**Tabelle C.3 – IEEE-Basisgrenzwerte [(BR – basic restrictions)] zwischen 100 kHz und 3 GHz für die breite Öffentlichkeit**

		<b>Aktionsniveau<sup>a)</sup></b> <b>SAR<sup>b)</sup></b> (W/kg)	<b>Personen in kontrollierter Umgebung</b> <b>SAR<sup>c)</sup></b> (W/kg)
Exposition des ganzen Körpers	Mittelwert des ganzen Körpers [(WBA – Whole-Body Average)]	0,08	0,4
Begrenzte Exposition	Begrenzt (räumlicher Spitzen-Mittelwert)	2 <sup>c)</sup>	10 <sup>c)</sup>
Begrenzte Exposition	Extremitäten <sup>d)</sup> und Ohrmuscheln	4 <sup>c)</sup>	20 <sup>c)</sup>
<p>a) BR (Basisgrenzwerte) für die breite Öffentlichkeit, wenn ein RF(Referenzlevel)-Sicherheitsprogramm nicht verfügbar ist.</p> <p>b) SAR ist der mittlere Wert über die entsprechenden Mittelungszeiten.</p> <p>c) Gemittelt über 10 g Gewebe (definiert als Gewebevolumen in der Form eines Würfels, das Volumen des Würfels beträgt ungefähr 10 cm<sup>3</sup>).</p> <p>d) Die unteren Extremitäten sind die Arme und Beine jeweils unterhalb von den Ellbogen bzw. den Knien.</p>			

## Anhang D (informativ)

### Sinnvolle Mess- und Bewertungsmethode

#### D.1 Allgemeines

Die in diesem Anhang (siehe Bild D.1) beschriebene Mess- und Bewertungsmethode zum Nachweis der Übereinstimmung mit den auf ICNIRP und IEEE basierenden Expositionen besteht aus einer Bewertung des induzierten Stromes (siehe D.2) und der thermischen Effekte (siehe D.3).

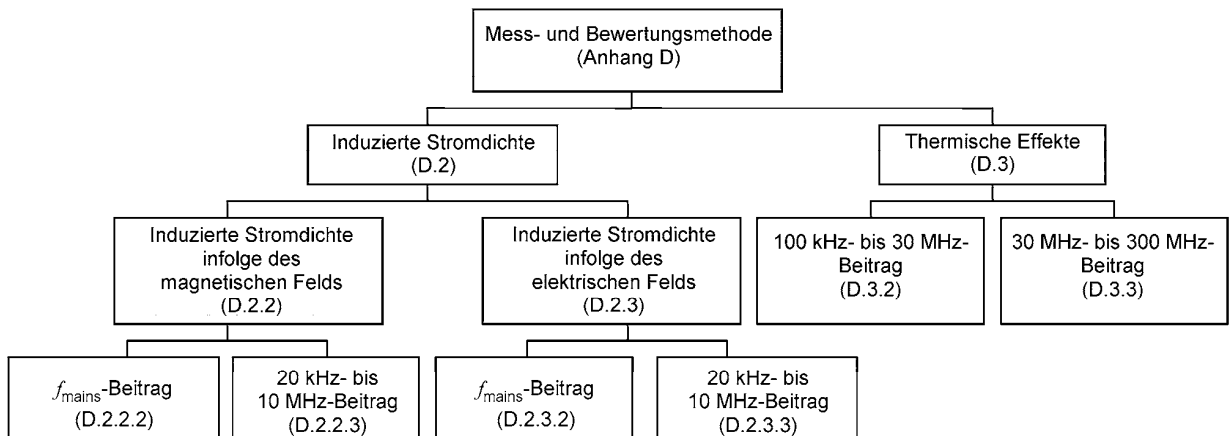


Bild D.1 – Übersicht zur Mess- und Bewertungsmethode

#### D.2 Induzierte Stromdichte

##### D.2.1 Allgemeines

Auf der Grundlage der Basisgrenzwerte muss die induzierte Stromdichte in einem Dummy (Modell einer Person) die Anforderungen der Gleichung (D.1) erfüllen:

$$\sum_{f_i=1\text{Hz}}^{10\text{MHz}} \frac{J(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 1 \quad (\text{D.1})$$

Dabei ist

$J(f_i, d)$  die Stromdichte bei der Frequenz  $f_i$  und der Messentfernung  $d$  nach [Anhang A](#);

$J_{\text{Lim}}(f_i)$  der Basisgrenzwert der Stromdichte bei der Frequenz  $f_i$  von [Tabelle C.1](#).

Die induzierte Stromdichte im Dummy (Modell einer Person) kann verursacht werden durch:

- Wirbelströme im Dummy (Modell einer Person) durch das magnetische Feld der zu prüfenden Beleuchtungseinrichtung, wie in diesem Abschnitt beschrieben;
- kapazitive Ströme von der zu prüfenden Beleuchtungseinrichtung zum Dummy (Modell einer Person) durch das elektrische Feld, wie in [D.3](#) beschrieben.

So kann die Gleichung (D.1) überführt werden in Gleichung (D.2):

$$\sum_{f_i = 1 \text{ Hz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{eddy}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{f_i = 1 \text{ Hz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 1 \quad (\text{D.2})$$

Dabei ist

$J_{\text{eddy}}(f_i, d)$  die Stromdichte, hervorgerufen durch das magnetische Feld mit der Frequenz  $f_i$  und im Abstand  $d$  nach [Anhang A](#);

$J_{\text{cap}}(f_i, d)$  die Stromdichte, hervorgerufen durch das elektrische Feld mit der Frequenz  $f_i$  und im Abstand  $d$  nach [Anhang A](#).

Die Lampenbetriebsfrequenzen von elektronischen Betriebsgeräten in Beleuchtungseinrichtungen sind größer als 20 kHz, damit hörbare Geräusche und Infrarotstörungen vermieden werden. Mit dieser Kenntnis kann die Gleichung (D.2) in Gleichung (D.3) überführt werden:

$$\sum_{f_i = 1 \text{ Hz}}^{20 \text{ kHz}} \frac{J_{\text{eddy}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{f_i = 20 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{eddy}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{f_i = 1 \text{ Hz}}^{20 \text{ kHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{f_i = 20 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 1 \quad (\text{D.3})$$

Die Netzfrequenz von 50 Hz oder 60 Hz ist der einzige relevante Frequenzanteil im Frequenzbereich von 1 Hz bis 20 kHz. Deshalb kann die Gleichung (D.3) in Gleichung (D.4) überführt werden:

$$\frac{J_{\text{eddy}}(f_{\text{mains}}, d)}{J_{\text{Lim}}(f_{\text{mains}})} + \sum_{f_i = 20 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{eddy}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} + \frac{J_{\text{cap}}(f_{\text{mains}}, d)}{J_{\text{Lim}}(f_{\text{mains}})} + \sum_{f_i = 20 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 1 \quad (\text{D.4})$$

## D.2.2 Induzierte Stromdichte, hervorgerufen durch das magnetische Feld; $J_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}})$

### D.2.2.1 Allgemeines

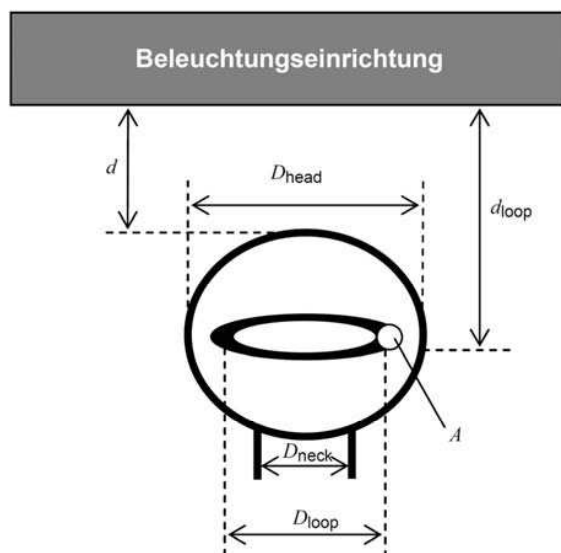


Bild D.2 – Abstände des Kopfs, der Leiterschleife und des Messaufbaus

Die induzierte aktuelle Spannung in der Leiterschleife des Kopfs (siehe Bild D.2), hervorgerufen durch das magnetische Feld, kann nach der Gleichung (D.5) berechnet werden:

$$V_{\text{ind}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{\pi}{4} \cdot D_{\text{loop}}^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_i \cdot B(f_i, d_{\text{loop}}) \quad (\text{D.5})$$

Dabei ist

$V_{\text{ind}}(f_i, d_{\text{loop}})$  die induzierte Spannung in der Leiterschleife des Kopfs mit der Frequenz  $f_i$  und im Abstand  $d_{\text{loop}}$ ;

$D_{\text{loop}}$  der Durchmesser der Leiterschleife des Kopfs;

$B(f_i, d_{\text{loop}})$  das magnetische B-Feld mit der Frequenz  $f_i$  und dem Abstand  $d_{\text{loop}}$ .

Der induzierte Strom in der Leiterschleife des Kopfs, hervorgerufen durch das magnetische Feld, kann nach der Gleichung (D.6) berechnet werden:

$$I_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{V_{\text{ind}}(f_i, d_{\text{loop}})}{\frac{\pi \cdot D_{\text{loop}}}{A \cdot \sigma(f_i)}} \quad (\text{D.6})$$

Dabei ist

$I_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}})$  der induzierte Strom in der Leiterschleife des Kopfs, hervorgerufen durch das magnetische Feld mit der Frequenz  $f_i$  und im Abstand  $d_{\text{loop}}$ ;

$A$  die „Leiter“-Fläche der Leiterschleife in dem Kopf;

$\sigma(f_i)$  die Leitfähigkeit der Leiterschleife in dem Kopf bei der Frequenz  $f_i$ .

Schließlich kann die Stromdichte in der Leiterschleife des Kopfs, hervorgerufen durch das magnetische Feld, bei einer bestimmten Frequenz  $f_i$  und einer Entfernung  $d_{\text{loop}}$  nach der Gleichung (D.7) berechnet werden:

$$J_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{I_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}})}{A_{\text{loop}}} = \frac{D_{\text{loop}} \cdot \sigma(f_i) \cdot \pi \cdot f_i \cdot B(f_i, d_{\text{loop}})}{2} \quad (\text{D.7})$$

#### D.2.2.2 Der $f_{\text{mains}}$ -Beitrag zur induzierten Stromdichte, hervorgerufen durch das magnetische Feld

Das gemessene B-Feld bei der Netzfrequenz und einer Entfernung  $d = 0,3$  m von der Beleuchtungseinrichtung beträgt ungefähr 60 nT. Mit  $\sigma(f_{\text{mains}}) \leq 0,09$  (Wert für das Gehirn nach IEC 62311, Tabelle C.1) und  $D_{\text{loop}} = D_{\text{head}} = 0,21$  m können die folgenden Daten berechnet werden (siehe Tabelle D.1).

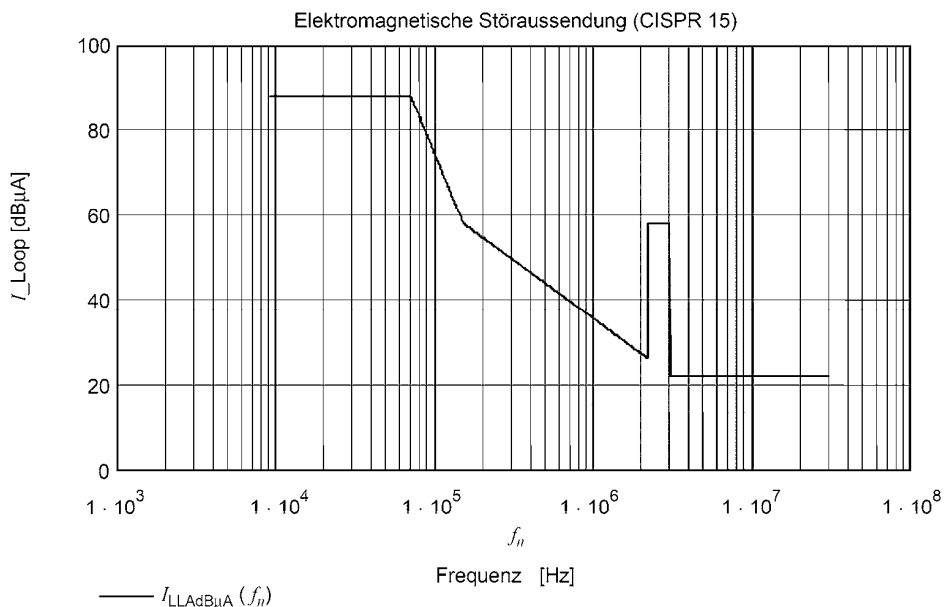
**Tabelle D.1 – Berechnungen der induzierten Stromdichte**

$f_i = f_{\text{mains}}$ [Hz]	$J_{\text{eddy}}(f_i, d)$ [nA/m <sup>2</sup> ] bei $f_{\text{mains}}$ und $d = 0,3$ m	$J_{\text{Lim}}(f_i)$ [mA/m <sup>2</sup> ] bei $f_{\text{mains}}$	$\frac{J_{\text{eddy}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)}$ bei $f_{\text{mains}}$ und $d = 0,3$ m
50	89,1	2	$45 \times 10^{-6}$
60	107	2	$53 \times 10^{-6}$

Daraus folgt, dass der Stromdichtebeitrag in der Leiterschleife des Kopfs, hervorgerufen durch das magnetische Feld bei der Netzfrequenz und einer Messentfernung von  $d = 0,3$  m, vernachlässigt werden kann.

**D.2.2.3 Der 20 kHz- bis 10 MHz-Beitrag zur induzierten Stromdichte, hervorgerufen durch das magnetische Feld**

Der ungünstigste (größte) Beitrag zur Stromdichte in der Leiterschleife des Kopfs, hervorgerufen durch das magnetische Feld in dem Frequenzbereich von 20 kHz bis 10 MHz und bei einer Messentfernung  $d$ , kann durch die Messung der elektromagnetischen Störaussendung nach CISPR 15 ermittelt werden. Nach CISPR 15 ist der maximale Strom bei der Frequenz  $f_i$  in der 2 m großen Rahmenantenne [(Large Loop Antenna = LLA)] in Bild D.3 angegeben.



**Bild D.3 – Maximaler Strom in der 2 m großen Rahmenantenne (LLA) als Funktion der Frequenz**

Der höchste Strom bei der Frequenz  $f_i$  in der 2-m-LLA nach Bild D.3 kann umgewandelt werden in das höchste B-Feld bei der Frequenz  $f_i$  und in eine beliebige Entfernung  $d$ .

Die Umwandlung kann wie folgt erklärt werden:

Ein virtueller magnetischer Dipol mit einer Fläche  $A_{\text{dipole}}$ , positioniert im Zentrum der 2-m-LLA, hat eine gegenseitige Induktivität zu der 2-m-LLA von:

$$M = \frac{\mu_0 \cdot A_{\text{dipole}}}{D_{\text{LLA}}} \tag{D.8}$$

Dabei ist

$M$  die gegenseitige Induktivität zwischen dem virtuellen magnetischen Dipol und der 2-m-LLA;

$A_{\text{dipole}}$  die Fläche des virtuellen magnetischen Dipols;

$D_{\text{LLA}}$  der Durchmesser der 2-m-LLA und entspricht 2 m.

Die Bewegungsgröße des virtuellen Dipols lautet  $I_{\text{dipole}}(f_i) \times A_{\text{dipole}}$ .

Dabei ist

$I_{\text{dipole}}(f_i)$  ein virtueller Strom mit der Frequenz  $f_i$  in dem virtuellen magnetischen Dipol.

Die induzierte Spannung in der LLA ist:

$$V_{\text{ind}}(f_i) = 2 \cdot \pi \cdot f_i \cdot M \cdot I_{\text{dipole}}(f_i) \quad (\text{D.9})$$

Der Strom in der LLA ist:

$$I_{\text{LLA}}(f_i) = \frac{V_{\text{ind}}(f_i)}{2 \cdot \pi \cdot f_i \cdot L_{\text{LLA}}} = \frac{\mu_0 \cdot I_{\text{dipole}}(f_i) \cdot A_{\text{dipole}}}{L_{\text{LLA}} D_{\text{LLA}}} \quad (\text{D.10})$$

Dabei ist

$L_{\text{LLA}}$  die Induktivität der 2-m-LLA und entspricht 9,65  $\mu\text{H}$ .

Somit kann von den Stromgrenzwerten der LLA die Bewegungsgröße  $I_{\text{dipole}}(f_i) \times A_{\text{dipole}}$  des virtuellen magnetischen Dipols berechnet werden. Von dieser Bewegungsgröße des virtuellen magnetischen Dipols kann die H-Feldstärke in Richtung der Maxima berechnet werden. Die Berechnungen werden bis zu 10 MHz durchgeführt, damit beträgt die kleinste Wellenlänge 30 m, und der Übergang zwischen dem Nahfeld (Near Field) und dem Fernfeld (Far Field) befindet sich bei  $30/2\pi = 4,8$  m. Für die EMF-Expositionen ist die induzierte Stromdichte bei einer kleineren Entfernung interessant, somit basieren alle Berechnungen auf der Nahfeld-Bedingung mit  $H \sim 1/d^3$ . Die höchste Feldstärke bei der Entfernung  $d_{\text{loop}}$  kann ausgedrückt werden durch:

$$H(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{I_{\text{dipole}}(f_i) \cdot A_{\text{dipole}}}{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{loop}}^3} \quad (\text{D.11})$$

Dabei ist

$$d_{\text{loop}} = d + D_{\text{head}}^2$$

Damit ist das höchste B-Feld bei einer Frequenz  $f_i$  und einer beliebigen Entfernung  $d_{\text{loop}}$  definiert mit:

$$B(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{I_{\text{LLA}}(f_i) \cdot L_{\text{LLA}} \cdot D_{\text{LLA}}}{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{loop}}^3} \quad (\text{D.12})$$

Im ungünstigsten Fall erfüllen die B-Felder in der x-, y- und z-Richtung alle diesen höchsten Wert. Das resultierende B-Feld kann berechnet werden nach der Gleichung (D.13):

$$B(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{I_{\text{LLA}}(f_i) \cdot L_{\text{LLA}} \cdot D_{\text{LLA}} \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{loop}}^3} \quad (\text{D.13})$$

Damit kann Gleichung (D.7) nun in Gleichung (D.14) überführt werden:

$$J_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}}) = \frac{D_{\text{loop}} \cdot \sigma(f_i) \cdot \pi \cdot f_i}{2} \cdot \frac{I_{\text{LLA}}(f_i) \cdot L_{\text{LLA}} \cdot D_{\text{LLA}} \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot \pi \cdot d_{\text{loop}}^3} \quad (\text{D.14})$$

Der ungünstigste (höchste) Beitrag zur Stromdichte in der Leiterschleife des Kopfs, hervorgerufen durch das magnetische Feld in dem Frequenzbereich von 20 kHz bis 10 MHz und der Entfernung  $d = 0,3$  m, kann nun berechnet werden nach:

$$\sum_{f_i = 20 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{eddy}}(f_i, d_{\text{loop}})}{J_{\text{Lim}}(f_i)}$$

und das Ergebnis sollte  $\leq 0,15$  sein.

Schlussfolgerung:

Wenn die Beleuchtungseinrichtung mit den Anforderungen nach CISPR 15 übereinstimmt, kann die Gleichung (D.4) vereinfacht werden, wie in Gleichung (D.15) dargestellt:

$$\frac{J_{\text{cap}}(f_{\text{mains}}, d)}{J_{\text{Lim}}(f_{\text{mains}})} + \sum_{f_i = 20 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 0,85 \quad (\text{D.15})$$

## D.2.3 Induzierte Stromdichte, hervorgerufen durch das elektrische Feld; $J_{\text{cap}}(f_i, d)$

### D.2.3.1 Allgemeines

Der Beitrag des kapazitiven Stroms zur induzierten Stromdichte wird mit einem Dummy (Modell einer Person) in der Nähe der Beleuchtungseinrichtung bei einer Messentfernung  $d$  nach Tabelle A.1 und der Positionierung nach Anhang B gemessen. Als Dummy wird das homogene menschliche Körpermodell, beschrieben in IEC 62311, Bild C.3, benutzt.

Es ist anzunehmen, dass der Kopf des Körpermodells sich am nächsten zur Beleuchtungseinrichtung befindet und dass die höchste Stromdichte im Nacken auftritt. Deshalb wird nur der Kopf (eine metallisierte Kugel mit einem Außendurchmesser von  $D_{\text{head}} = (210 \pm 5) \text{ mm}$ ) als ein „Strom-Prüf-Kopf“ benutzt. Der Durchmesser des Nackens mit  $D_{\text{neck}} = 110 \text{ mm}$  wird in den Berechnungen der Stromdichte benutzt. Einzelheiten des „Strom-Prüf-Kopfs“, auch „Van der Hoofden“-Prüf-Kopf genannt, sind in 5.4 beschrieben.

ANMERKUNG Die Stromdichte im Nacken ist homogen, da der Skineffekt bis 10 MHz vernachlässigt werden kann.

### D.2.3.2 Der $f_{\text{mains}}$ -Beitrag zur induzierten Stromdichte, hervorgerufen durch das elektrische Feld

Der Beitrag des Stromversorgungsnetzes zur induzierten Stromdichte wird basierend auf der folgenden ungünstigsten Annahme berechnet: Die Beleuchtungseinrichtung stellt eine große Platte bei  $V_{\text{mains}}$  in Bezug zur Erde (Ground) dar (siehe Bild D.4).

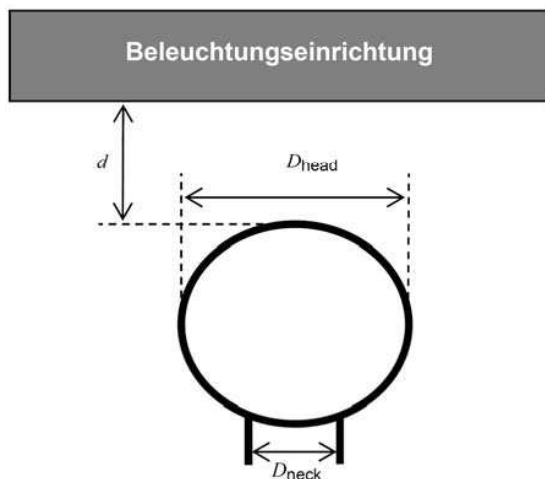


Bild D.4 – Abstände des Prüf-Kopfs und Messaufbaus

Die parasitären Kapazitäten zwischen einer großen Platte und einer Kugel können nach den Formeln von W.R. Smythe, *Static and Dynamic Electricity*, McGraw-Hill, 1950 [3] berechnet werden (siehe Bild D.5):

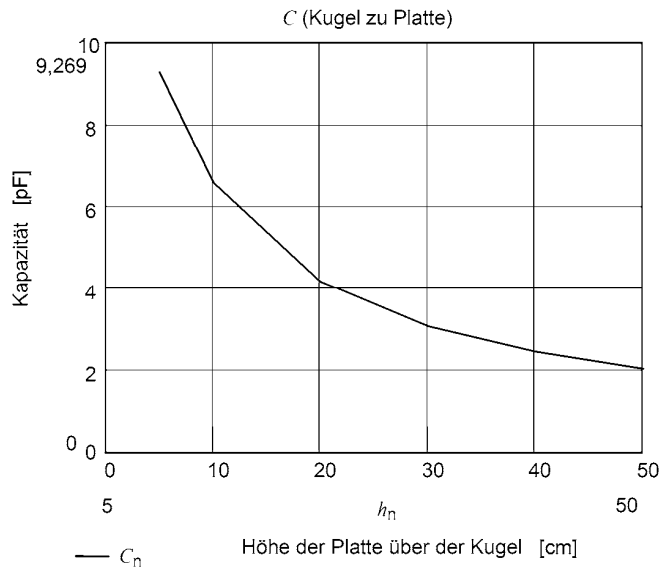
$$\alpha = \cosh^{-1} \left[ 2 \cdot \left( 1 + \frac{2 \cdot d}{D_{\text{head}}} \right)^2 - 1 \right] \quad (\text{D.16})$$



$$C_{\text{Sphere\_Plate}} = 2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{D_{\text{head}}^2}{2 \cdot d + D_{\text{head}}} \cdot \sinh(\alpha) \cdot \lim_{N \rightarrow \infty} \sum_{n=1}^N \frac{1}{\sinh(n \cdot \alpha)} \quad (\text{D.17})$$

ANMERKUNG In den meisten praktischen Situationen ist  $N = 50$  ausreichend.

Mit  $d = 0,30$  m:  $C_{\text{Sphere\_Plate}} = 3$  pF



**Bild D.5 – Aufzeichnung einer Kurve zu den Gleichungen (D.16) und (D.17)**

Die Stromdichte im Nacken, hervorgerufen durch das Stromversorgungsnetz, kann durch die folgende Gleichung (D.18) berechnet werden:

$$J_{\text{cap}}(f_{\text{mains}}, d) = \frac{U_{\text{mains}} \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_{\text{mains}} \cdot C}{\frac{\pi}{4} \cdot D_{\text{neck}}^2} = 661 \cdot 10^6 \cdot U_{\text{mains}} \cdot f_{\text{mains}} \cdot C \quad (\text{D.18})$$

Berechnungen der bekanntesten Beiträge des Stromversorgungsnetzes sind in Tabelle D.2 angegeben.

**Tabelle D.2 – Berechnungen der Beiträge des Stromversorgungsnetzes**

$U_{\text{mains}}$ [V]	$f_{\text{mains}}$ [Hz]	$J_{\text{cap}}(f_{\text{mains}}, d)$ [ $\mu\text{A}/\text{m}^2$ ] bei $f_{\text{mains}}$ und $d = 0,3$ m	$J_{\text{Lim}}(f_{\text{mains}})$ [ $\text{mA}/\text{m}^2$ ]	$\frac{J_{\text{cap}}(f_{\text{mains}}, d)}{J_{\text{Lim}}(f_{\text{mains}})}$ bei $f_{\text{mains}}$ und $d = 0,3$ m
230	50	22,8	2	0,011
120	60	14,6	2	0,007
277	60	33,6	2	0,017

Die Berechnungsergebnisse, wie in der letzten Spalte von Tabelle D.2 dargestellt, zeigen, dass der Beitrag des Stromversorgungsnetzes vernachlässigt werden kann, und die Gleichung (D.15) kann vereinfacht in Gleichung (D.19) überführt werden:

$$\sum_{f_i = 20 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 0,85 \quad (\text{D.19})$$

**D.2.3.3 Der 20 kHz- bis 10 MHz-Beitrag zur induzierten Stromdichte, hervorgerufen durch das elektrische Feld**

Der Beitrag des kapazitiven Stroms zur induzierten Stromdichte in dem Frequenzbereich von 20 kHz bis 10 MHz muss mit einem EMI-Empfänger nach Bild 3 und Gleichung (D.19) gemessen werden.

Die Frequenzschritte zur Summenbildung werden unter Verwendung von CISPR 16-1-1 bestimmt. Nach CISPR 16-1-1 muss das ZF-Filter des Empfängers der Übertragungsfunktion der Gleichung (D.20) entsprechen:

$$H(f) := \left[ \frac{2}{1 + \left( 1 + j \cdot \frac{f}{B_6} \cdot 2\sqrt{2} \right)^2} \right]^2 \quad (D.20)$$

ANMERKUNG  $B_6$  ist die 6-dB-Bandbreite, wie in CISPR 16-1-1 festgelegt.

Der Betrag der Gleichung (D.20) wird durch die Gleichung (D.21) ausgedrückt.

$$|H(f)| := \frac{1}{1 + \left( \frac{2f}{B_6} \right)^4} \quad (D.21)$$

Der Frequenzschritt zur Amplitudenaddition wird durch Gleichung (D.22) definiert:

$$f_{\text{step\_ampl}} = \int_{-\infty}^{\infty} |H(f)| \cdot df \quad (D.22)$$

Die Lösung der Gleichung (D.22) resultiert in einem Frequenzschritt für die Amplitudenaddition, der 1,11 multipliziert mit  $B_6$  ergibt.

**Tabelle D.3 – Frequenzschritte für die Amplitudenaddition, die 1,11 multipliziert mit  $B_6$  ergeben**

Frequenzbereich	$B_6$ nach CISPR 16-1-1	$f_{\text{step\_ampl}}$
20 kHz bis 150 kHz	200 Hz	220 Hz
150 kHz bis 10 MHz	9 kHz	10 kHz

Die Gleichung (D.19) kann in Gleichung (D.23) überführt werden:

$$\sum_{f_i = 20 \text{ kHz}}^{150 \text{ kHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} + \sum_{f_i = 150 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_i, d)}{J_{\text{Lim}}(f_i)} \leq 0,85 \quad (D.23)$$

Step = 220 Hz                      Step = 10 kHz

Eine praktische Mess- und Beurteilungsmethode zur Auswertung der Gleichung (D.23) ist in Anhang E wiedergegeben.

### D.3 Thermische Effekte von 100 kHz bis 300 GHz

#### D.3.1 Allgemeines

Wenn die Leistung der abgestrahlten Störaussendungen nach ICNIRP  $\leq 20$  mW beträgt, wird davon ausgegangen, dass die thermischen Effekte eingehalten werden. In diesem Abschnitt wird gezeigt, dass die Leistung der abgestrahlten Störaussendungen von  $\leq 20$  mW für jede Beleuchtungseinrichtung eingehalten wird, wenn diese mit CISPR 15 übereinstimmt.

Der Beweis, dass die abgestrahlte Leistung den Wert  $\leq 20$  mW einhält, beginnt mit der Gleichung (D.24):

$$P_{\text{rad,max}} = \sum_{100 \text{ kHz}}^{300 \text{ MHz}} P_{\text{rad,max}}(f_i) = \sum_{100 \text{ kHz}}^{30 \text{ MHz}} P_{\text{rad,max}}(f_i) + \sum_{30 \text{ MHz}}^{300 \text{ MHz}} P_{\text{rad,max}}(f_i) \quad (\text{D.24})$$

Die Frequenzschritte zur Summenbildung werden unter Verwendung von CISPR 16-1-1 bestimmt, wie in D.2.3.3 erklärt.

Der Frequenzschritt für die Leistungsaddition kann durch Gleichung (D.25) definiert werden:

$$f_{\text{step\_power}} = \int_{-\infty}^{\infty} |H(f)|^2 \cdot df \quad (\text{D.25})$$

Die Lösung der Gleichung (D.25) resultiert in einem Frequenzschritt für die Leistungsaddition, der 0,833 multipliziert mit  $B_6$  ergibt, siehe Tabelle D.4.

**Tabelle D.4 – Frequenzschritte für die Leistungsaddition, die 0,833 multipliziert mit  $B_6$  ergeben**

Frequenzbereich	$B_6$ nach CISPR 16-1-1	$f_{\text{step\_power}}$
100 kHz bis 150 kHz	200 Hz	167 Hz
150 kHz bis 30 MHz	9 kHz	7,5 kHz
30 MHz bis 300 MHz	120 kHz	100 kHz

#### D.3.2 Der 100 kHz- bis 30 MHz-Beitrag zum thermischen Effekt

Die höchste Klemmenspannung [(Terminal Voltage = TV)] der leitungsgeführten Emission ist durch CISPR 15:2005 vorgegeben. Die abgestrahlte Emission hat dann ihr Maximum, wenn die TV nur auf Gleichtaktstrom zurückzuführen ist und die Netzzuleitung bei jeder Frequenz wie ein Halbwellendipol reagiert. Von einem Halbwellendipol ist bekannt, dass die Impedanz für die Abstrahlung  $73 \Omega$  beträgt. Damit kann die höchste abgestrahlte Leistung in diesem Frequenzbereich mit der Gleichung (D.26) berechnet werden.

$$P_{\text{rad,max}}(100 \text{ kHz bis } 30 \text{ MHz}) = \sum_{100 \text{ kHz}}^{30 \text{ MHz}} I_{\text{cm}}^2(f_i) \cdot 73 \quad (\text{D.26})$$

Dabei ist

$P_{\text{rad,max}}(100 \text{ kHz bis } 30 \text{ MHz})$  die maximale abgestrahlte Leistung [W] zwischen 100 kHz bis 30 MHz;

$I_{\text{cm}}(f_i)$  der Gleichtaktstrom [A] bei der Frequenz  $f_i$ .

Mit den Kirchhoffschen Regeln kann die Gleichung (D.26) in Gleichung (D.27) überführt werden:

$$P_{\text{rad,max}} (100 \text{ kHz bis } 30 \text{ MHz}) = \sum_{f_i = 100 \text{ kHz}}^{150 \text{ kHz}} \left( \frac{TV_{\text{lim}}(f_i)}{\frac{50}{2}} \right)^2 \cdot 73 + \sum_{f_i = 150 \text{ kHz}}^{30 \text{ MHz}} \left( \frac{TV_{\text{lim}}(f_i)}{\frac{50}{2}} \right)^2 \cdot 73 \quad (\text{D.27})$$

Step = 167 Hz Step = 7,5 kHz

Dabei sind

$TV_{\text{lim}}(f_i)$  die Grenzwerte der Klemmenspannung (Terminal Voltage) nach CISPR 15 bei der Frequenz  $f_i$

Die Lösung der Gleichung (D.27) ergibt:

$$P_{\text{rad,max}} (100 \text{ kHz bis } 30 \text{ MHz}) \leq 5,98 \text{ [mW]}$$

### D.3.3 Der 30 MHz- bis 300 MHz-Beitrag zum thermischen Effekt

Die Beleuchtungseinrichtung erfüllt die Anforderungen der abgestrahlten Emission nach CISPR 15. Im ungünstigsten Fall strahlt die Beleuchtungseinrichtung bei jeder Frequenz als ein Halbwellendipol. Die maximale abgestrahlte Leistung in der Hauptrichtung des Feldes ist gegeben mit der Gleichung (D.28):

$$P_{\text{rad,max}} (30 \text{ MHz bis } 300 \text{ MHz}) = \sum_{f_i = 30 \text{ MHz}}^{300 \text{ MHz}} \left( \frac{r \cdot E_{\text{lim}}(f_i, r)}{7} \right)^2 \quad (\text{D.28})$$

Step = 100 kHz

Dabei ist

$E_{\text{lim}}(f_i, r)$  Grenzwert des E-Felds [V/m] bei der Frequenz  $f_i$ .

Übereinstimmend mit CISPR 15 sind die Feldstärkegrenzwerte wie in Tabelle D.5 angegeben.

**Tabelle D.5 – Feldstärkegrenzwerte nach CISPR 15:2005 (wie durch deren Änderung 1 (2006) geändert)**

Frequenzbereich MHz	$E(\text{lim})$ dB $\mu$ V/m	$E(\text{lim})$ $\mu$ V/m	$r$ m
30 bis 230	30	31,6	30
230 bis 1 000	37	70,8	30

Die Lösung der Gleichung (D.28) ergibt:

$$P_{\text{rad,max}} (30 \text{ MHz bis } 300 \text{ MHz}) \leq 0,10 \text{ [mW]}$$

Schlussfolgerung:

Für alle Beleuchtungseinrichtungen, die mit den Anforderungen von CISPR 15 übereinstimmen, wird erwartet, dass sie die Anforderungen der thermischen Effekte in Übereinstimmung mit ICNIRP und IEEE einhalten.

## Anhang E (normativ)

### Praktische Mess- und Bewertungsmethode

#### E.1 Messung der Stromdichte

Die Stromdichte muss im Frequenzbereich von 20 kHz bis 10 MHz nach 5.2 gemessen werden.

Dieser Anhang beschreibt ein Beispiel eines EMI-Empfängers, der die Ausgabedaten in einer Matrix erzeugt, wobei die Frequenz [MHz] in der Spalte 0 und die gemessene Spannung [dB $\mu$ V] in der Spalte 1 gespeichert sind. Dieses Datenformat wird durch das Berechnungsprogramm nach E.2 weiterverarbeitet.

#### E.2 Berechnungsprogramm

Die gemessenen Daten entsprechen einer Matrix mit der Frequenz  $f_n$  [MHz], gespeichert in Spalte 0, und der gemessenen Spannung  $V(f_n)$  [dB $\mu$ V] in Spalte 1.

Die gemessene Spannung  $V(f_n)$  [dB $\mu$ V] der Spalte 1 muss durch die Anwendung der Gleichung (E.1) in  $V(f_n)$  [V] übertragen werden.

$$V(f_n)[V] = 10^{\frac{V(f_n)[\text{dB}\mu\text{V}]}{20}} \cdot 10^{-6} \quad (\text{E.1})$$

Die Spannung  $V(f_n)$  [V] muss unter Verwendung der Übertragungsfunktion  $g(f_n)$  [V/A] in einen Strom  $I_{\text{cap}}(f_n)$  [A] umgewandelt werden, mit Berücksichtigung des Schutznetzwerks nach 5.4 entsteht die Gleichung (E.2).

$$g(f_n) = \frac{V(f_n)}{I_{\text{cap}}(f_n)} = \frac{50}{\sqrt{1 + (4\pi \cdot f_n)^2}} \quad (\text{E.2})$$

Die Stromdichte  $J_{\text{cap}}(f_n)$  [A/m<sup>2</sup>] ist dann durch die Gleichung (E.3) gegeben.

$$J_{\text{cap}}(f_n) = \frac{V(f_n)}{g(f_n) \cdot A_{\text{neck}}} \quad (\text{E.3})$$

Dabei ist

$$A_{\text{neck}} = \frac{\pi}{4} \cdot 0,11^2$$

Die Stromdichte  $J_{\text{cap}}(f_n)$  muss mit dem Grenzwert  $J_{\text{Lim}}(f_n)$  bewertet und dann aufsummiert werden, um den Faktor  $F$  nach Gleichung (E.4) zu bestimmen.

$$F = \sum_{f=20 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{J_{\text{cap}}(f_n)}{J_{\text{Lim}}(f_n)} \quad (\text{E.4})$$

Dabei ist

$$J_{\text{Lim}}(f_n) = \frac{f_n}{500} \cdot 10^{-3} \text{ und } f_n \text{ in Hz.}$$

Die Schrittweite ist in [Tabelle 2](#) festgelegt.

### **E.3 Übereinstimmungskriterien**

Die im Anwendungsbereich beschriebenen Beleuchtungseinrichtungen erfüllen die Anforderungen dieser Norm, wenn die folgenden Anforderungen eingehalten werden:

- **CISPR 15:2005:**
  - **4.3.1:** Störspannung an den Stromversorgungsanschlüssen im Frequenzbereich von 20 kHz bis 30 MHz;
  - **4.4:** abgestrahlte elektromagnetische Störaussendungen im Frequenzbereich von 100 kHz bis 30 MHz;
- **CISPR 15:2005, Änderung 1 (2006):**
  - **4.4.2:** abgestrahlte elektromagnetische Störaussendungen im Frequenzbereich von 30 MHz bis 300 MHz.
- Die gemessene (gewichtete und zusammengefasste) induzierte Stromdichte aufgrund des elektrischen Feldes im Frequenzbereich von 20 kHz bis 10 MHz überschreitet nicht den Faktor ( $F$ ) 0,85, wie in [Anhang D](#) definiert.

## Anhang F (normativ)

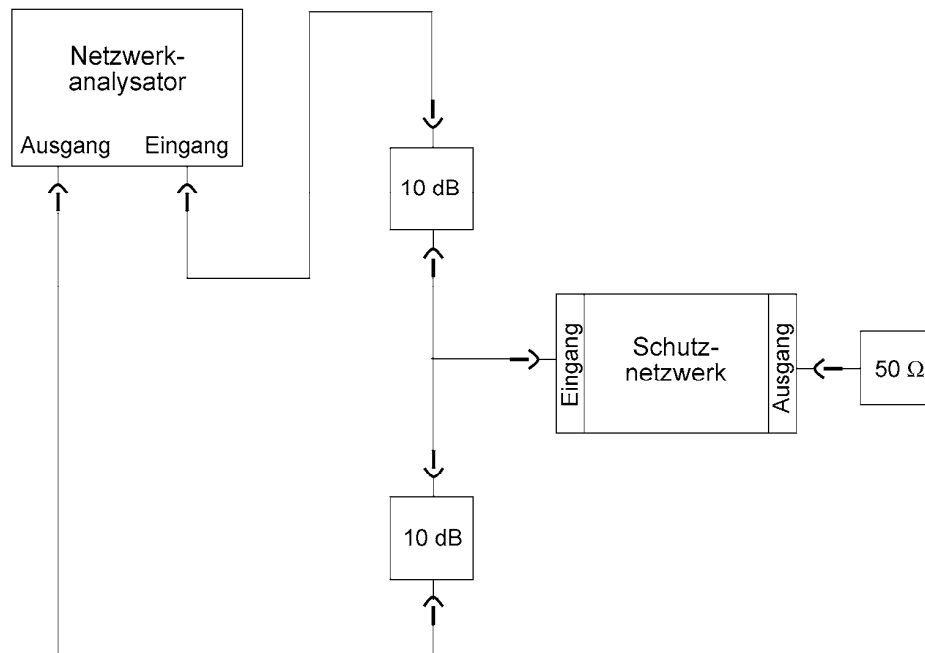
### Schutznetzwerk

#### F.1 Kalibrierung des Schutznetzwerks

Die Kalibrierung muss in gleicher Weise erfolgen, wie die in [CISPR 16-1-2](#) beschriebene Kalibrierung einer Netznachbildung (V-Network).

Die Ein- und Ausgänge des Schutznetzwerks sind nicht auf die charakteristische Impedanz von  $50\ \Omega$  des Netzwerkanalysators (NWA) angepasst. Aufgrund dieser Eigenschaft muss die Kalibrierung mit den folgenden zwei Schritten erfolgen:

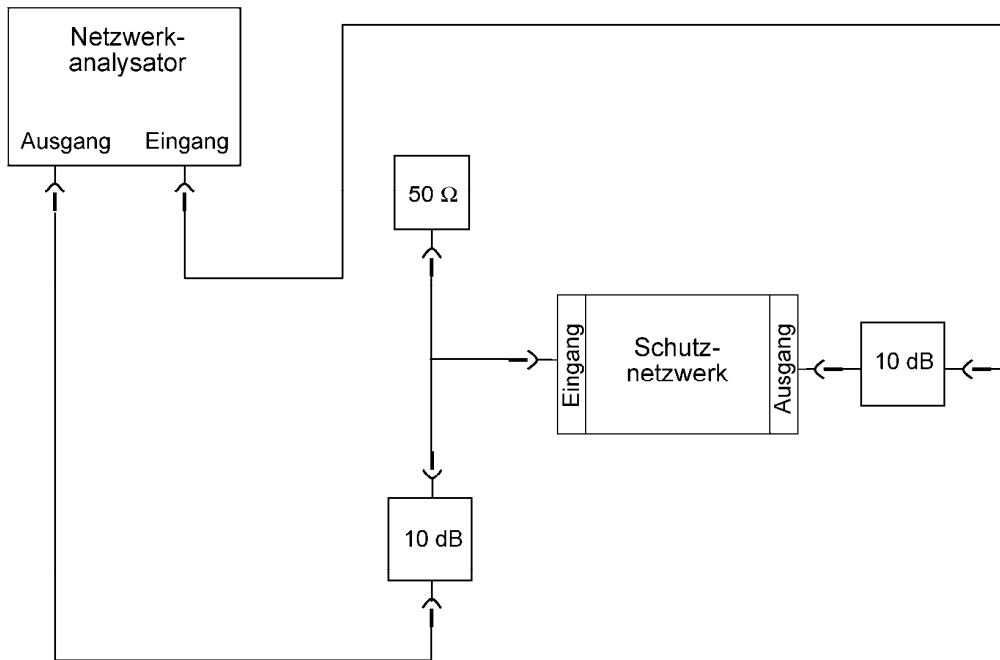
Schritt 1:



**Bild F.1 – Prüfaufbau zur Kalibrierung des Netzwerkanalysators**

Nachdem der Netzwerkanalysator mit dem Prüfaufbau nach Bild F.1 kalibriert wurde, muss die Schaltung entsprechend der neuen Konfiguration nach [Bild F.2](#) verändert werden.

Schritt 2:



**Bild F.2 – Prüfaufbau zum Messen des Spannungsteilerfaktors mit einem Netzwerkanalysator**

Nachdem die Übertragungsfunktion mit dem Netzwerkanalysator gemessen wurde, muss diese mit der theoretischen Charakteristik verglichen werden.

## F.2 Berechnung der theoretischen Charakteristik des Schutznetzwerks

Die in 5.4, Gleichung (1), aufgeführte Übertragungsfunktion kann nicht zur Kalibrierung genutzt werden. Deshalb wird in diesem Unterabschnitt die Berechnung der theoretischen Charakteristik angegeben.

Die Theorie der Übertragungsfunktion (siehe Bild F.3) des Schutznetzwerks für die Kalibrierung mit einem Netzwerkanalysator ist mit Gleichung (F.1) gegeben. Alle Werte, außer  $R_{NWA}$  (die Eingangsimpedanz  $R_{NWA}$  des Netzwerkanalysators beträgt typischerweise 50 Ω), können dem Bild 2 entnommen werden.

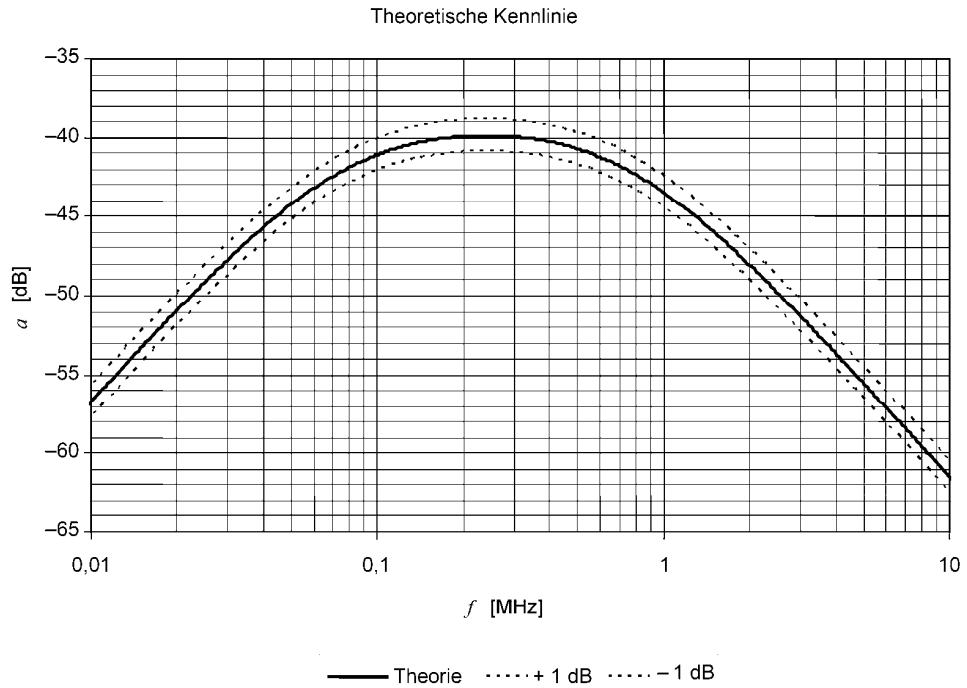
$$a(f) = 20 \times \log \left( \frac{|V_{out}(f)|}{|V_{in}(f)|} \right) \quad (F.1)$$

$$R_{2NWA} = R_2 + R_{NWA} \quad (F.2)$$

$$|V_{out}(f)| = \frac{1}{4} \sqrt{\left( \left( \frac{R_{2NWA}}{1 + (\omega C_2 R_{2NWA})^2} \right)^2 + \left( \frac{\omega C_2 R_{2NWA}^2}{1 + (\omega C_2 R_{2NWA})^2} \right)^2 \right)} \quad (F.3)$$

$$|V_{in}(f)| = \sqrt{\left( \left( R_1 + \frac{R_{2NWA}}{1 + (\omega C_2 R_{2NWA})^2} \right)^2 + \left( \frac{\omega C_2 R_{2NWA}^2}{1 + (\omega C_2 R_{2NWA})^2} + \frac{1}{\omega C_1} \right)^2 \right)} \quad (F.4)$$





Die maximal erlaubte Abweichung in dem Bild beträgt  $\pm 1$  dB.

**Bild F.3 – Berechnete theoretische Kennlinie für die Kalibrierung des Schutznetzwerks**

## Anhang G (informativ)

### Messgeräteunsicherheit

Die Hauptunsicherheitsfaktoren bei jeder Unsicherheitsbetrachtung müssen identifiziert und abgeschätzt werden. Alle gemachten Annahmen sind in [Tabelle G.2](#) dokumentiert und als Anmerkungen in der aktuellen Unsicherheitsberechnung nach [Tabelle G.1](#) vermerkt.

Die gemessene Spannung  $V$  wird berechnet mit:

$$V = V_r + L_c + \delta V_{sw} + \delta V_{pa} + \delta V_{pr} + \delta V_{nf} + \delta M + \delta g + \delta D + \delta d + \delta l$$

**Tabelle G.1 – Unsicherheitsberechnung für die in 6.4 beschriebene Messmethode im Frequenzbereich von 20 kHz bis 10 MHz**

Eingangsgröße	$X_i$	Unsicherheit von $x_i$		$u(x_i)$ dB	c <sub>i</sub>	c <sub>i</sub> $u(x_i)$ dB
		dB	Wahrscheinlichkeits- Verteilungsfunktion			
Empfängeranzeige <sup>1) a)</sup>	$V_r$	± 0,1	$k = 1$	0,10	1	0,10
Dämpfung: Schutznetzwerk – Empfänger <sup>2)</sup>	$L_c$	± 0,1	$k = 2$	0,05	1	0,05
Empfängerkorrekturen:						
Sinusspannung <sup>3)</sup>	$\delta V_{sw}$	± 1,0	$k = 2$	0,50	1	0,50
Pulsamplitudenansprechvermögen <sup>4)</sup>	$\delta V_{pa}$	± 0,0	rechteckig	0,00	1	0,00
Ansprechvermögen der Puls wiederholfrequenz <sup>5)</sup>	$\delta V_{pr}$	± 0,0	rechteckig	0,00	1	0,00
Nähe zum Grundrauschen <sup>6)</sup>	$\delta V_{nf}$	± 0,0		0,00	1	0,00
Nichtanpassung: Schutznetzwerk – Empfänger <sup>7)</sup>	$\delta M$	± 0,085	U-förmig	0,06	1	0,06
Übertragungsfunktion des Schutznetzwerks <sup>8)</sup>	$\delta g$	± 1,0	rechteckig	0,50	1	0,58
Entfernung zwischen Prüf-Kopf und DUT <sup>9)</sup>	$\delta D$	- 0,367 / + 0,352	$k = 1$	0,36	1	0,36
Durchmesser des Prüf-Kopfs <sup>10)</sup>	$\delta d$	- 0,423 / + 0,365	$k = 1$	0,39	1	0,39
Länge der gewöhnlichen Leitung <sup>11)</sup>	$\delta l$	± 0,0		0,00		0,00
Kombinierte Messunsicherheit: $u_c =$						0,94 dB
Erweiterte Messunsicherheit: $2 u_c (V) =$						± 1,88 dB
a) Die hochgestellten Zahlen beziehen sich auf die in <a href="#">Tabelle G.2</a> aufgelisteten Kommentare.						

Tabelle G.2 – Kommentare und Informationen zu [Tabelle G.1](#)

Kommentare	Verweis auf <b>Anhang A.5</b> von <b>CISPR 16-4-2</b>	Benutzte Daten für die Berechnungen / Erklärung
1) Zufällige Schwankung der Empfängeranzeige	Anmerkung 1	CISPR 16-4-2:2003, Tabelle A.1
2) Unsicherheit der Leitungsverlustmessung	Anmerkung 2	CISPR 16-4-2:2003, Tabelle A.1
3) Unsicherheit der Empfänger-Sinuskorrektur	Anmerkung 4	CISPR 16-4-2:2003, Tabelle A.1
4) Unsicherheit der Korrektur des Empfänger-Pulsamplitudenansprechvermögens	–	Da nur Sinussignale und harmonische Vielfache unterstellt werden, kann das Pulsamplitudenansprechvermögen vernachlässigt werden.
5) Unsicherheit der Korrektur des Empfänger-Ansprechvermögens der Pulswiederholfrequenz	–	Da nur Sinussignale und harmonische Vielfache unterstellt werden, kann das Pulsamplitudenansprechvermögen vernachlässigt werden.
6) Unsicherheit des Empfänger-Grundrauschen-Einflusses	Anmerkung 6	CISPR 16-4-2:2003, Tabelle A.1
7) Unsicherheit durch fehlerhafte Anpassung zwischen Empfänger und Schutznetzwerk	Anmerkung 7	CISPR 16-4-2:2003, Tabelle A.1
8) Grenzabweichung der Übertragungsfunktion des Schutznetzwerks; spezifiziert mit $\pm 1$ dB der theoretischen Kennlinie	–	–
9) Unsicherheit durch die Grenzabweichung der Entfernung zwischen Prüf-Kopf und der zu prüfenden Einrichtung (DUT)	–	6.3 Messentfernung
10) Unsicherheit durch die Herstellungstoleranzen des Prüf-Kopfs	–	5.4 Messgeräteanforderungen
11) Unsicherheit durch die Leitungslänge kann vernachlässigt werden	–	Ein Versuch zeigte, dass der Einfluss der Leitungslänge zwischen 0,2 m und 2,5 m kleiner als 0,8 % ist. Nach 6.4 (Messaufbau) kann die Länge der Leitung (0,3 m) mit $\pm 0,03$ m variieren. Mit dieser Festlegung sollte der Fehler kleiner als 0,2 % sein.

### Literaturhinweise

- [1] ICNIRP, *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)*, *Health Phys.*, 1998, Band 41, Nr. 4, Seiten 449 bis 522
- [2] IEEE C95.6:2002, *IEEE Standard for Safety Levels With Respect to Human Exposure to Electromagnetic Fields, 0 to 3 kHz*
- [3] SMYTHE, W.R., *Static and Dynamic Electricity*, McGraw-Hill, 1950
- [4] IEC 61786:1998, *Measurement of low-frequency magnetic and electric fields with regard to exposure of human beings – Special requirements for instruments and guidance for measurements*

## Anhang ZA (normativ)

### Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

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

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

<u>Publikation</u>	<u>Jahr</u>	<u>Titel</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Jahr</u>
IEC 62311 (mod.)	2007	Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz – 300 GHz)	EN 62311	2008
CISPR 15 + A1 + A2	2005 2006 2008	Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of electrical lighting and similar equipment	EN 55015 + A1 + A2	2006 2007 2009
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	EN 55016-1-1	–
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	EN 55016-1-2	–
CISPR 16-4-2	2003	Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-2: Uncertainties, statistics and limit modelling – Uncertainty in EMC measurements	EN 55016-4-2	2004
IEEE C95.1:2005	–	Safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz	–	–