

**DIN EN 50413
(VDE 0848-1)**
DIN

Diese Norm ist zugleich eine **VDE-Bestimmung** im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.

VDE

ICS 13.280; 17.220.20

Einsprüche bis 2018-08-08

Entwurf

Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 50413
 (VDE 0848-1):2009-08 und **DIN**
EN 50413/A1
 (VDE 0848-1/A1):2014-07

**Grundnorm zu Mess- und Berechnungsverfahren der Exposition von
 Personen in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern
 (0 Hz bis 300 GHz);
 Deutsche und Englische Fassung pr**EN 50413:2018****

Basic standard on measurement and calculation procedures for human exposure to electric,
 magnetic and electromagnetic fields (0 Hz – 300 GHz);
 German and English version pr**EN 50413:2018**

Norme de base pour les procédures de mesures et de calculs pour l'exposition des personnes
 aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques (0 Hz – 300 GHz);
 Version allemande et anglaise pr**EN 50413:2018**

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2018-06-08 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
 Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses
 Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-
 Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de,
 sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser
 Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für
 Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in
 DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
 Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 59 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments prEN 50413:2018 „Grundnorm zu Mess- und Berechnungsverfahren der Exposition von Personen in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern (0 Hz bis 300 GHz)“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und der Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung der prEN 50413:2018 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Das europäische Dokument prEN 50413:2018 „Basic standard on measurement and calculation procedures for human exposure to electric, magnetic and electromagnetic fields (0 Hz - 300 GHz)“ wurde vom TC 106X „Electromagnetic fields in the human environment“ des Europäischen Komitees für Elektrotechnische Normung (CENELEC) erarbeitet und von CENELEC den Nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen späteren „Schluss-Entwurf“ FprEN nur 8 Wochen beträgt und zum „Schluss-Entwurf“ FprEN keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der „Entwurf“ prEN als Deutscher Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit noch vor der formellen Abstimmung berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 764 „Sicherheit in elektromagnetischen Feldern“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 50413 (VDE 0848-1):2009-08 und DIN EN 50413/A1 (VDE 0848-1/A1):2014-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Hinzufügung von normativen Verweisungen im [Abschnitt 2](#);
- Anpassung der entsprechenden Festlegungen der Norm an die Neuausgabe der Europäischen Arbeitsschutz-Richtlinie (Richtlinie 2013/35/EU);
- Streichung der Begriffsdefinitionen [3.20](#) und [3.27](#) und Hinzufügung der Definition [3.9](#);
- Aufteilung von [4.1](#) in die neuen [4.1](#) und [4.2](#) und Kürzung der darin enthaltenen Informationen;
- Zusammenlegung des bisherigen [4.2](#) und von [4.3](#) zum neuen [4.3](#);
- Streichung von [4.6](#);

- g) Einführung der Zwischenüberschrift 5.2 und Kürzung der in 5.2 enthaltenen Informationen im Vergleich zum bisherigen 5.1 sowie Aufnahme einer Verweisung auf EN 62311:2014, Tabelle 2 für weitere Informationen;
- h) erweiterte Beschreibung der Festlegungen zu den Messverfahren und Messgeräten für Messungen im Niederfrequenzbereich in 5.3.1.1;
- i) erweiterte Beschreibung der Festlegungen zu den Messverfahren und Messgeräten für Messungen im Niederfrequenzbereich in 5.3.1.2;
- j) Hinzufügung von 5.3.2;
- k) Ersatz der Festlegungen zur Messung von Körperströmen in 5.4 (vorher 5.3) durch eine Verweisung auf EN 62311;
- l) Einführung von Festlegungen zur Messung von Kontaktströmen im neuen Abschnitt 5.5 mit Verweisung auf EN 62311 sowie auf EN 50647;
- m) Ersatz der Festlegungen zur Messung der spezifischen Absorptionsrate in 5.6 (vorher 5.4) durch eine Verweisung auf prEN 62232:2016;
- n) Überarbeitung von 5.7 (vorher 5.6);
- o) Streichung des Abschnitts 7;
- p) Hinzufügung des neuen Anhangs A;
- q) Streichung der bisherigen Anhänge B und D und Änderung der Nummer des bisherigen Anhangs C in Anhangs B.

Deutsche Fassung

Grundnorm zu Mess- und Berechnungsverfahren der Exposition von
Personen in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern (0
Hz bis 300 GHz)

Basic standard on measurement and
calculation procedures for human
exposure to electric, magnetic and
electromagnetic fields (0 Hz – 300 GHz)

Norme de base pour les procédures de mesures et
de calculs pour l'exposition des personnes aux
champs électriques, magnétiques et
électromagnétiques (0 Hz – 300 GHz)

Dieser Entwurf für eine Europäische Norm wird den CENELEC-Mitgliedern zur CENELEC-Umfrage vorgelegt.
CENELEC Termin: 2018-04-06

Er wurde von CLC/TC 106X erstellt.

Wenn aus diesem Entwurf eine Europäische Norm wird, sind die CENELEC-Mitglieder 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.

Dieser Entwurf für eine Europäische Norm wurde von CENELEC in drei offiziellen Fassungen (Deutsch,
Englisch, Französisch) erstellt. Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in
eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC
Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

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

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Warnvermerk: Dieses Schriftstück hat noch nicht den Status einer Europäischen Norm. Es wird zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt. Es kann sich noch ohne Ankündigung ändern und darf nicht als Europäische Norm in
Bezug genommen werden.



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

CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2018 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren,
sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Projekt: 63533

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort.....	3
1 Anwendungsbereich.....	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	5
4 Einleitung.....	10
4.1 Allgemeine Bemerkungen	10
4.2 Lösungsansätze für die Beurteilung der Exposition	10
4.3 Statische und niederfrequente Felder	10
4.4 Hochfrequenzbereich	10
4.5 Felder mit mehreren Frequenzen und mehrere Quellen.....	11
5 Beurteilung der Exposition von Personen mittels Messung	11
5.1 Allgemeine Bemerkungen	11
5.2 Charakterisierung der Feldquelle	11
5.3 Messung des elektromagnetischen Feldes	12
5.4 Messung des Körperstroms.....	16
5.5 Messung des Kontaktstroms	16
5.6 Messung der spezifischen Absorptionsrate.....	17
5.7 Messunsicherheit.....	17
5.8 Kalibrierung	18
6 Beurteilung der Exposition von Personen mittels Berechnung	18
6.1 Niederfrequenz	18
6.2 Hochfrequenzbereich	18
6.3 Unsicherheit der Berechnung	19
7 Bewertungsbericht.....	19
7.1 Allgemeines	19
7.2 Angaben, die in den Bewertungsbericht aufgenommen werden müssen	19
Anhang A (informativ) Liste von Normen.....	21
Anhang B (informativ) Unsicherheitsbewertung bei EMF-Messungen	23
B.1 Schritte zur Erstellung einer Unsicherheitsbilanz	23
B.2 Beispiele für Unsicherheitsbilanzen	26
Literaturhinweise.....	29

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 50413:2018) wurde vom Technischen Komitee CLC/TC 106X „Electromagnetic fields in the human environment“ ausgearbeitet.

Dieses Dokument wird derzeit der Umfrage unterworfen.

Nachstehende Daten werden vorgeschlagen:

- spätestes Datum, zu dem das Vorhandensein dieses Dokuments auf nationaler Ebene angekündigt werden muss (doa): dor + 6 Monate
- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): dor + 12 Monate
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): dor + 36 Monate
(bei der Abstimmung zu bestätigen oder zu ändern)

Dieses Dokument wird EN 50413:2008 ersetzen.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erstellt, das von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone an CENELEC gegeben wurde, und unterstützt wesentliche Anforderungen der EU-Richtlinie(n).

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument stellt allgemeine Verfahren für die Messung und Berechnung der mit der Exposition von Personen in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern im Frequenzbereich von 0 Hz bis 300 GHz verbundenen Größen bereit. Die mit ihm verbundene spezifische Absicht besteht darin, dass es, je nachdem, für die Beurteilung von Aussendungen von Produkten und den Vergleich der Werte dieser Aussendungen mit den für die Sicherheit der Allgemeinbevölkerung in der Europäischen Ratsempfehlung 1999/519/EG festgelegten Expositionswerten und mit den für die Sicherheit von Arbeitnehmern in der Europäischen Richtlinie 2013/35/EU festgelegten Expositionswerten verwendet wird.

Es ist auch für die Verwendung zur Beurteilung der Exposition von Personen gegenüber elektromagnetischen Feldern an Arbeitsplätzen vorgesehen, um die Übereinstimmung mit den Anforderungen der Europäischen Richtlinie 2013/35/EU zu bestimmen.

Diese Norm befasst sich mit Größen, die außerhalb des menschlichen Körpers gemessen oder berechnet werden können, namentlich die elektrische und magnetische Feldstärke sowie die Leistungsdichte, und schließt die Messung und Berechnung von im Körper auftretenden Größen ein, die die Grundlage für Sicherheitsrichtlinien bilden. Insbesondere stellt die Norm Informationen

- zu Begriffen und Terminologie,
- zu den Eigenschaften von elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern,
- zur Messung von Expositionsgrößen,
- zu Anforderungen an die Messausrüstung,
- zu Kalibrierverfahren,
- zu Messverfahren und Verfahren zur Ermittlung der Exposition,
- zu Berechnungsverfahren für die Beurteilung der Exposition bereit.

Diese Norm ist anwendbar, wenn keine anwendbare Norm für (die Ermittlung von) elektrische(n), magnetische(n) und elektromagnetische(n) Felder(n) besteht, die spezifisch für ein Produkt- oder eine Technologie gilt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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).

EN 62311:2008, *Bewertung von elektrischen und elektronischen Einrichtungen in Bezug auf Begrenzungen der Exposition von Personen in elektromagnetischen Feldern (0 Hz bis 300 GHz)*

EN 61786-1:2014, *Messung von magnetischen Gleichfeldern und von elektrischen und magnetischen Wechselfeldern handgehaltenen von 1 Hz bis 100 kHz im Hinblick auf die Exposition von Personen – Teil 1: Anforderungen an die Messgeräte*

ISO/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

1999/519/EG, *Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz – 300 GHz) (1999/519/EG) (Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 199 vom 30. Juli 1999, S. 59 bis 70)*

Richtlinie 2013/35/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Juni 2013 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (elektromagnetische Felder) (20. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG) und zur Aufhebung der Richtlinie 2014/40/EG (Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 179 vom 29. Juni 2013, S. 1-21)

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Auslöseschwelle

operative Werte, die festgelegt wurden, damit einfacher nachgewiesen werden kann, dass die relevanten Expositionsgrenzwerte eingehalten werden oder damit gegebenenfalls die relevanten Schutz- oder Präventionsmaßnahmen ergriffen werden

[QUELLE: 2013/35/EU]

3.2

Antenne

Gerät, das als Wandler zwischen einer geführten Welle, z. B. in einem Koaxialkabel, und einer Freiraumwelle oder umgekehrt dient

3.3

Basisgrenzwert

Grenzwert zur Begrenzung der Exposition mit zeitveränderlichen elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern, die unmittelbar auf anerkannten gesundheitlichen Wirkungen beruhen

[QUELLE: ICNIRP-Richtlinien]

3.4

Kontaktstrom

Berührungsstrom

Strom, der in den Körper als Folge der Berührung eines leitfähigen Objekts in einem elektromagnetischen Feld fließt. Es handelt sich bei ihm um den lokalen Stromfluss in den Körper (gewöhnlich ein Stromfluss in die Hand bei einer leichten, wischenden Berührung).

3.5

Stromdichte

J

Strom je Flächeneinheit, der als Ergebnis der unmittelbaren Einwirkung elektromagnetischer Felder im menschlichen Körper fließt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Stromdichte wird in Ampere pro Quadratmeter (A/m^2) ausgedrückt.

3.6

elektrische Flussdichte

D

vektorielle Größe, die für einen gegebenen Punkt gleich der Summe der elektrischen Polarisation P und des Produkts elektrische Feldstärke E mal Permittivität des freien Raums ϵ_0 ist

$$D = \epsilon_0 \times E + P$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die elektrische Flussdichte wird in Coulomb pro Quadratmeter (C/m^2) ausgedrückt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Im Vakuum ist die elektrische Flussdichte an jedem Punkt gleich dem Produkt elektrische Feldstärke mal Permittivität des freien Raums: $D = \epsilon_0 E$.

3.7

elektrische Feldstärke

E

Größe eines Feldvektors an einem gegebenen Punkt, der die Kraft (F) auf eine unendlich kleine Ladung (q) darstellt, geteilt durch die Ladung

$$E = \frac{F}{q}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die elektrische Feldstärke wird in Volt pro Meter (V/m) ausgedrückt.

3.8

Exposition

Exposition tritt (zu der Zeit und an dem Ort) auf, wenn ein elektrisches, magnetisches oder elektromagnetisches Feld einer externen Quelle am gleichen Ort wie eine Person vorhanden ist

3.9

Expositionswert

zur Beurteilung einer Exposition verwendeter Wert der Größe

3.10

Expositionsgrenzwerte

Werte, die auf der Grundlage biophysikalischer und biologischer Erwägungen festgelegt wurden, insbesondere auf der Grundlage wissenschaftlich nachgewiesener kurzzeitiger und akuter Wirkungen, also thermischer Wirkungen und elektrischer Stimulation von Gewebe. Eine Übereinstimmung mit diesen Grenzwerten stellt sicher, dass Arbeitnehmer, die elektromagnetischen Feldern ausgesetzt sind, gegen sämtliche anerkannten gesundheitsschädlichen Auswirkungen geschützt sind.

[QUELLE: 2013/35/EU]

3.11

Fernfeldbereich

Bereich des Feldes einer Antenne, in dem die radiale Feldverteilung im Wesentlichen umgekehrt proportional zur Entfernung von der Antenne ist. In diesem Bereich besitzt das Feld vorwiegend die Eigenschaften einer ebenen Welle, d. h. lokal gleichförmige Verteilung des elektrischen und des magnetischen Feldes in Ebenen, die transversal zur Ausbreitungsrichtung sind.

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Fernfeldbereich stehen die Vektoren des elektrischen Feldes E und des magnetischen Feldes H aufeinander senkrecht, und der Quotient aus dem Wert der elektrischen Feldstärke E und dem Wert der magnetischen Feldstärke H ist konstant und gleich der Impedanz des freien Raumes, Z_0 .

3.12

Impedanz des freien Raumes

Z_0

Quadratwurzel aus der Permeabilität des freien Raums, μ_0 , geteilt durch die Permittivität des freien Raums, ϵ_0

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \approx 120\pi\Omega \approx 377\Omega$$

3.13

isotrop

kennzeichnet ein physikalisches Medium oder ein technisches Gerät, dessen relevante Eigenschaften von der Richtung unabhängig sind

3.14

induzierter Strom

I

in Ampere (A) ausgedrückter Strom, der als Ergebnis der unmittelbaren Einwirkung von elektromagnetischen Feldern im Körper induziert wird

3.15

Linearität eines Messgeräts

größte Abweichung über den Messbereich der gemessenen Größe von der nächstgelegenen, über ein gegebenes Intervall festgelegten linearen Bezugskurve

3.16

magnetische Flussdichte

B

Größe eines Feldvektors an einem Punkt, der in einer Kraft (F) auf eine Ladung (q) resultiert, die sich mit der Geschwindigkeit (v) bewegt

$$F = q (v \times B)$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Größe der magnetischen Flussdichte wird in Tesla (T) ausgedrückt.

3.17

magnetische Feldstärke

H

vektorielle Größe, die sich für einen gegebenen Punkt ergibt, indem die Magnetisierung M vom Quotienten magnetische Flussdichte B durch die Permeabilität des freien Raums, μ_0 , subtrahiert wird

$$H = \frac{B}{\mu_0} - M$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die magnetische Feldstärke wird in Ampere pro Meter (A/m) ausgedrückt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Im Vakuum ist die magnetische Feldstärke an jedem Punkt gleich dem Quotienten magnetische Flussdichte durch Permeabilität des freien Raums: $H = \frac{B}{\mu_0}$.

3.18

Modulation

Vorgang, bei dem die Amplitude, Phase und/oder Frequenz einer periodischen Wellenform verändert wird, um Informationen zu übertragen

3.19

Nahfeldbereich

Bereich, im Allgemeinen in der Nähe einer Antenne oder einer anderen abstrahlenden Struktur, in dem die elektrischen und magnetischen Felder im Wesentlichen nicht die Eigenschaften einer ebenen Welle haben, sondern von Punkt zu Punkt beträchtlich schwanken. Der Nahfeldbereich wird weiter unterteilt in den reaktiven Nahfeldbereich, der sich am nächsten zu der abstrahlenden Struktur befindet und den größten Anteil oder nahezu die gesamte gespeicherte Energie enthält, und den abstrahlenden Nahfeldbereich, wo die Abstrahlung gegenüber dem reaktiven Feld überwiegt, jedoch die Eigenschaften einer ebenen Welle im Wesentlichen fehlen und die Struktur kompliziert ist.

3.20

Permeabilität

μ

Eigenschaft eines Materials, die die Beziehung zwischen der magnetischen Flussdichte B und der magnetischen Feldstärke H definiert. Sie wird allgemein verwendet als Kombination aus der Permeabilität des freien Raumes (μ_0) und der relativen Permeabilität spezifischer (dielektrischer) Materialien (μ_r)

$$\mu = \mu_r \mu_0 = \frac{B}{H}$$

Dabei ist

μ_r die relative Permeabilität des Materials;

μ_0 die Permeabilität des freien Raumes (Vakuums).

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Permeabilität wird in Henry pro Meter (H/m) ausgedrückt.

3.21

Permittivität

ε

Eigenschaft eines dielektrischen Materials, z. B. biologisches Gewebe, die durch die Division der elektrischen Flussdichte D durch die elektrische Feldstärke E definiert wird

$$\varepsilon = \varepsilon_r \varepsilon_0 = \frac{D}{E}$$

Dabei ist

ε_r die (relative) Permittivität des Materials;

ε_0 die Permittivität des freien Raumes (Vakuums).

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Permittivität wird in Farad je Meter (F/m) ausgedrückt.

3.22

Körperphantom

vereinfachtes Modell des menschlichen Körpers oder eines Teils des menschlichen Körpers, das aus Materialien mit dielektrischen Eigenschaften zusammengesetzt ist, die denjenigen des biologischen Gewebes nahe kommen

3.23

Leistungsdichte

S

Leistung je Flächeneinheit senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der elektromagnetischen Welle

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Leistungsdichte wird in Watt pro Quadratmeter (W/m^2) ausgedrückt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei ebenen Wellen sind die Leistungsdichte (S), die elektrische Feldstärke (E) und die magnetische Feldstärke (H) durch die Impedanz des freien Raumes Z_0 aufeinander bezogen.

$$S = \frac{E^2}{Z_0} = Z_0 \times H^2 = E \times H$$

Anmerkung 3 zum Begriff: Obwohl viele Übersichtsgeräte (Messgeräte) Leistungsdichteeinheiten anzeigen, sind E oder H oder das Quadrat dieser Größen die tatsächlich gemessenen Größen.

3.24

Sonde

Eingangsinstrument eines Messgeräts, das im Allgemeinen als eigenständige (getrennte) Einheit hergestellt ist und die gemessene Eingangsgröße in eine geeignete Ausgangsgröße wandelt

3.25

Referenzwerte

Werte, die praktischen Zwecken der Expositionsbeurteilung dienen, um festzustellen, ob die Basisgrenzwerte möglicherweise überschritten sind. Einige Referenzwerte sind aus den entsprechenden Basisgrenzwerten unter Nutzung von Mess- und/oder Berechnungsverfahren abgeleitet worden, andere beziehen sich auf die Wahrnehmung und schädliche indirekte Wirkungen der Exposition durch EMF.

[aus: ICNIRP-Richtlinien]

Anmerkung 1 zum Begriff: In einer bestimmten Expositionssituation können gemessene oder berechnete Werte mit dem geeigneten Referenzwert verglichen werden. Übereinstimmung mit dem Referenzwert stellt die Übereinstimmung mit dem entsprechenden Basisgrenzwert sicher. Übersteigt der gemessene oder berechnete Wert den Referenzwert, so folgt daraus nicht unbedingt, dass auch der Basisgrenzwert überschritten wird. Allerdings ist es immer dann, wenn ein Referenzwert überschritten wird, erforderlich, die Übereinstimmung mit dem relevanten Basisgrenzwert zu prüfen und festzustellen, ob zusätzliche Schutzmaßnahmen erforderlich sind.

3.26

Effektivwert

(en: root-mean-square, r.m.s.)

der Effektivwert ergibt sich als positive Quadratwurzel aus dem arithmetischen Mittelwert des Quadrats des über eine geeignete Zeitperiode genommenen Werts einer zeitveränderlichen Funktion

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei periodischen Funktionen stellt eine beliebige ganzzahlige Anzahl von Perioden der Funktion ein geeignetes Zeitintervall dar. Bei nichtperiodischen Funktionen muss das verwendete Zeitintervall aufgezeichnet werden.

3.27

spezifische Absorptionsrate (SAR)

spezifische Energieabsorptionsrate (SAR)

zeitliche Ableitung der enthaltenen elektromagnetischen Energie (dW), die durch eine (in einer) in einem Volumenelement (dV) mit gegebener Massedichte (ρ) enthaltene(n) Masse (dm) absorbiert (verteilt) wird

$$SAR = \frac{d}{dt} \left(\frac{dW}{dm} \right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{dW}{\rho dV} \right)$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die SAR wird in Watt pro Kilogramm (W/kg) angegeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die SAR kann wie folgt berechnet werden:

$$SAR = \frac{\sigma E_i^2}{\rho} \quad \text{bzw.} \quad SAR = c_i \left. \frac{dT}{dt} \right|_{\text{bei } t_0}$$

Dabei ist

E_i der Effektivwert der elektrischen Feldstärke im Gewebe in V/m;

σ die elektrische Leitfähigkeit des Körpergewebes in S/m;

ρ die Körpergewebedichte in kg/m³;

c_i die Wärmekapazität des Körpergewebes in J/kg K;

$\frac{dT}{dt}$ Zeitableitung der Temperatur des Körpergewebes in K/s.

3.28

ungestörtes Feld

Feld, das in einem Raum bei Abwesenheit einer Person oder eines Gegenstands, die (der) das Feld beeinflussen könnte, vorhanden ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Das beim Vorhandensein einer Person oder eines Gegenstands gemessene oder berechnete Feld kann beträchtlich abweichen.

4 Einleitung

4.1 Allgemeine Bemerkungen

Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder können unmittelbare und mittelbare (direkte und indirekte) Wirkungen auf den menschlichen Körper ausüben. Diese Wirkungen können in Abhängigkeit von der Frequenz der Felder Reizwirkungen auf das zentrale Nervensystem im niedrigen Frequenzbereich und Wärmewirkungen im hohen Frequenzbereich sein. Neben diesen unmittelbaren (direkten) Wirkungen existieren mehrere mittelbare (indirekte) Wirkungen wie das Auftreten von Kontaktströmen oder die mögliche Beeinflussung des bestimmungsgemäßen Betriebs von aktiven medizinischen Implantaten. Diese Norm adressiert nur Wirkungen, für die messbare Grenzwerte existieren.

Die Europäische Ratsempfehlung 1999/519/EG spezifiziert Basisgrenzwerte und abgeleitete Referenzwerte für die Exposition der Allgemeinbevölkerung (gegenüber elektromagnetischen Feldern) in Bereichen, in denen Mitglieder der Allgemeinbevölkerung eine beträchtliche Zeit verbringen (können).

Die Europäische Ratsrichtlinie 2013/35/EU spezifiziert Expositionsgrenzwerte und abgeleitete Auslöseschwellen für Expositionen am Arbeitsplatz.

Die in der Europäischen Ratsempfehlung angegebenen Basisgrenzwerte und die in der Europäischen Richtlinie angegebenen Expositionsgrenzwerte stellen in beiden Fällen die tatsächlichen Grenzwerte dar, die in Form von Größen angegeben sind, die meistens nicht messbar sind: Diese Größen schließen induzierte (Körper-)Ströme oder interne elektrische Feldstärken bei niedrigen Frequenzen, die spezifische Absorptionsrate (*SAR*) bei höheren Frequenzen und die Leistungsdichte bei den höchsten Frequenzen ein.

Die in der Europäischen Ratsempfehlung angegebenen Referenzwerte und die in der Europäischen Richtlinie angegebenen Auslöseschwellen wurden in beiden Fällen aus den tatsächlichen Grenzwerten abgeleitet und sind in Form von Größen angegeben, die messbar sind: Diese Größen schließen die elektrische Feldstärke, die magnetische Feldstärke und die Kontaktströme ein.

Beurteilungen der Exposition können sowohl auf den Referenzwerten (bzw. Auslöseschwellen) als auch auf den Basisgrenzwerten (bzw. Expositionsgrenzwerten) beruhen, wobei die besonderen Eigenschaften der beurteilten spezifischen Feldquelle oder des beurteilten spezifischen Geräts berücksichtigt werden.

4.2 Lösungsansätze für die Beurteilung der Exposition

Im Allgemeinen können entweder Berechnungs- oder Messverfahren für die Beurteilung der Exposition verwendet werden. Unter bestimmten Umständen kann es Vorteile besitzen, das eine oder das andere Verfahren zu verwenden. Welches Verfahren auch verwendet wird, es muss in einer solchen Weise angewendet werden, dass die Übereinstimmung mit den Grenzwerten unter sämtlichen vernünftigerweise vorhersehbaren Expositionsszenarien sichergestellt ist.

4.3 Statische und niederfrequente Felder

Statische und niederfrequente (bis 100 kHz) elektrische und magnetische Felder sind effektiv voneinander unabhängig und beide müssen – falls notwendig – bewertet werden. Für ein gegebenes Expositionsszenario hängt die elektrische Feldstärke von der verwendeten Spannung ab; die magnetische Feldstärke oder die magnetische Flussdichte hängt vom elektrischen Strom ab.

4.4 Hochfrequenzbereich

Es gibt mehrere Feldarten, die in Abhängigkeit vom Abstand r von der Strahlungsquelle und den Maßen D der Strahlungsquelle unterschiedlich bewertet werden sollten. [Tabelle 1](#) zeigt an, ob das E -Feld, das H -Feld oder beides in verschiedenen Abständen von der Feldquelle gemessen werden muss.

Wenn bei unabsichtlichen Strahlungsquellen nicht bekannt ist, ob die Bedingungen für das Fernfeld oder für das abstrahlende Nahfeld zutreffen, dann ist es notwendig, sowohl das E -Feld als auch das H -Feld zu messen.

Tabelle 1 – Parameter für die Ermittlung

	Reaktives Nahfeld	Abstrahlendes Nahfeld	Fernfeld
Abstand r^a	$r < \lambda$	$\lambda < r < 2D^2/\lambda$	$\lambda < 2D^2/\lambda < r$
$E, H \sim 1/r$	Nein	Nein	Ja
$Z = E/H$	$\neq Z_0$	$\approx Z_0$	$= Z_0$
zu messende Größe	E und H	E oder H	E oder H
^a Stark abhängig von der Art der abstrahlenden Struktur (D : größte Abmessung der abstrahlenden Struktur, z. B. Durchmesser einer parabolischen Antenne).			

4.5 Felder mit mehreren Frequenzen und mehrere Quellen

Zur Beurteilung der Exposition müssen sämtliche relevanten Frequenzanteile und Feldquellen berücksichtigt werden. Im Allgemeinen dürfen nieder- und hochfrequente Felder nicht addiert werden, da ihre Wirkungen unterschiedlich sind, aber bei den Übergangsfrequenzen (100 kHz bis 10 MHz), wenn beide Arten von Wirkungen möglich sind, ist es notwendig, beide Wirkungen in Betracht zu ziehen. Einwandfreie Summationsverfahren werden für den niederfrequenten Bereich (Reizwirkungen) in IEC 61786-2:2014, 4.2 gegeben. Einwandfreie Summationsverfahren werden für den hochfrequenten Bereich und den Bereich der Übergangsfrequenzen in EN 62311 gegeben.

5 Beurteilung der Exposition von Personen mittels Messung

5.1 Allgemeine Bemerkungen

Messungen der Exposition von Personen gegenüber elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern können wie folgt unterschieden werden:

- Messung der elektrischen, magnetischen oder elektromagnetischen Feldgrößen (z. B. B, E, H, S);
- Messung des in Gliedmaßen induzierten Stroms;
- Messung des Kontaktstroms;
- Messung der spezifischen Absorptionsrate (SAR);
- Messung der Temperatur.

Messungen von elektromagnetischen Feldern sind zwischen Messungen von nieder- und hochfrequenten Feldern zu unterscheiden.

Messungen im Niederfrequenzbereich reichen von 0 Hz bis 100 kHz und Messungen im Hochfrequenzbereich reichen von 100 kHz bis 300 GHz.

ANMERKUNG Die zu Grunde liegenden physiologischen Wirkungen von elektromagnetischen Feldern auf menschliche Körper besitzen keine scharfe Frequenzgrenze, an der zwischen Reiz- und Wärmewirkungen unterschieden wird; dies zeigt sich auch in der Auswahl der erforderlichen Messeinrichtung.

5.2 Charakterisierung der Feldquelle

Zur Durchführung von aussagefähigen Messungen müssen das Verhalten und die Eigenschaften (z. B. Frequenz, zeitliche Schwankungen der Aussendung, Eingangsleistung) der Quelle der Exposition (Felder oder Strom) bestimmt und die Betriebsweise der Messeinrichtung verstanden werden. Unabhängig von der Art des Signals können Zeitbereichsmessungen durchgeführt werden. Diese können insbesondere bei nicht-sinusförmigen, sehr schnellen und gepulsten Signalen hilfreich sein. Außerdem sollten alle Expositionsgrößen gemessen werden, die zur Beurteilung des Ausmaßes der Exposition von Personen, die aus dem Betrieb der Quelle resultiert, benötigt werden. Das, was gemessen werden muss, ist der Höchstwert, dem

eine Person ausgesetzt würde, wenn die Betriebsbedingungen der Quelle so sind, wie sie unter der Bedingung des erlaubten Zugangs von Personen (in den entsprechenden Bereich) sind.

Die erwarteten Aussendungseigenschaften der Quelle sollten verstanden werden, und es sollte bestätigt werden, dass diese die Messergebnisse treffen. Manchmal ist die Quelle gut beschrieben (dokumentiert); in diesem Fall kann es vergleichsweise einfach sein, die vorhergesagten Aussendungen zu bestätigen. Manchmal ist die Quelle nicht beschrieben (undokumentiert) und ihre Eigenschaften müssen – meistens durch Messung – bestimmt werden. Auch wird es Einflüsse auf das Verhalten der Quelle, wie z. B. die Bodenleitfähigkeit, das Vorhandensein von reflektierenden Gegenständen usw., geben, die in Betracht gezogen werden müssen.

Mehr Informationen sind in [EN 62311:2008, Tabelle 2](#) gegeben.

5.3 Messung des elektromagnetischen Feldes

5.3.1 Messausrüstung

5.3.1.1 Niederfrequenzbereich

Elektrische und magnetische Feldmessgeräte müssen mit den Anforderungen der [EN 61786-1](#) übereinstimmen.

Messungen der magnetischen Flussdichte müssen mit dreiachsigen Messgeräten durchgeführt werden und das resultierende magnetische Feld ergeben.

ANMERKUNG 1 In manchen Fällen ist die Verwendung von einachsigen Messgeräten möglich, z. B. um die Richtung des Felds und das maximale Magnetfeld kennenzulernen oder die Ausrichtung und Form der Magnetfeldellipse zu untersuchen oder in Fällen, in denen die Richtung eines linear polarisierten Felds bereits bekannt ist.

ANMERKUNG 2 Manche dreiachsige Messgeräte können auch die vorstehend erwähnten Feldparameter bestimmen.

Die Größe der Sonde oder der erfassenden Elemente muss für die räumliche Schwankung des zu messenden Felds geeignet sein.

Die erfassenden Elemente sollten eine Fläche von $0,01 \text{ m}^2$ oder eine kleinere Fläche aufweisen ([EN 61786-1:2014, 5.8.2](#)).

Das Durchlassband des Messgeräts muss für den Frequenzgehalt des zu messenden Felds geeignet sein. Wenn das Feld so ist, dass das Durchlassband des Messgeräts den Anzeigewert merklich beeinflussen kann (z. B. wenn das Feld mehr als eine Frequenz aufweist), muss das Durchlassband festgehalten und im Prüfbericht angegeben werden.

Wenn das Magnetfeld durch ein Elektrizitätsversorgungssystem erzeugt wird, werden die auftretenden Frequenzen gewöhnlich die Grundfrequenz (50 Hz oder 60 Hz) plus die ersten paar Oberschwingungen sein. Das bei der Messung solcher Felder benutzte Mindest-Durchlassband des Messgeräts muss sich von der Grundfrequenz bis 800 Hz erstrecken. Ein kleineres Durchlassband darf nur dann verwendet werden, wenn gezeigt werden kann, dass der Oberschwingungsanteil ausreichend klein ist, so dass Abweichungen beim Messergebnis vernachlässigbar sind, z. B. kann ein kleineres Durchlassband in der Nähe von Stromversorgungsleitungen verwendet werden, oder wenn es einen besonderen Grund dafür gibt, einen kleineren Bereich von Frequenzen zu messen.

Wenn Felder gemessen werden, die durch andere Quellen als das Elektrizitätsversorgungssystem erzeugt werden, muss ein geeignetes Durchlassband gewählt werden. Felder, die durch bestimmte Transportsysteme erzeugt werden, besitzen eine niedrigere Grundfrequenz, während Induktionsheizgeräte, Video-Anzeigeräte, kommerzielle Flugzeuge, Schiffe und die von drehzahlveränderlichen Motoren erzeugten Oberschwingungen Felder mit höheren Frequenzen erzeugen können.

Wenn das Durchlassband auf niedrigere Frequenzen erweitert wird, muss sorgfältig darauf geachtet werden, dass (Mess-)Fehler vermieden werden, die durch die Bewegung von Spulensonden in statischen Feldern verursacht werden. Solche Fehler können im Allgemeinen vermieden werden, indem die Spule in stationärem Zustand gehalten (nicht bewegt) wird oder ein geeigneter Frequenzbereich gewählt wird.

5.3.1.2 Hochfrequenzbereich

Bandbreite und Messbereich des Messgeräts müssen für die Frequenz des zu messenden elektromagnetischen Felds geeignet sein.

Breitbandige Geräte liefern keine spektralen Informationen zum gemessenen Feld. Daher muss das Ergebnis, das gewöhnlich die Gesamtfeldstärke aus allen spektralen Komponenten innerhalb der Messbandbreite ist, mit der kleinsten Auslöseschwelle verglichen werden. Wenn die Frequenz(en) der Quelle (oder Quellen) bekannt ist (sind), ist es geeignet, die kleinste Auslöseschwelle bei diesen Frequenzen zu wählen. Eine Sonde mit geformter Frequenzantwort kann ebenfalls verwendet werden, um Rückschlüsse auf eine Übereinstimmung mit Expositionsgrenzwerten ziehen zu können.

Störungen aus der Umgebung (z. B. aufgrund von Temperatur, Feuchte, mechanischer Vibration, Pegeln von elektromagnetischen Phänomenen) sollten vermieden werden.

Zur Berücksichtigung der Polarisierung und der Einfallrichtung von Signalen sollte das Feld isotrop evaluiert werden. Wenn Sonden mit einem einzelnen Sensorelement, die nur auf eine Feldkomponente reagieren, verwendet werden, sollten diese so ausgerichtet werden, dass der höchste Wert angezeigt wird, oder sie sollten (nacheinander) in drei aufeinander senkrecht stehenden Richtungen ausgerichtet werden, um die räumlichen Komponenten des Felds einzeln (getrennt) zu messen.

Die Messausrüstung muss die in prEN 62232:2016 festgelegten Anforderungen erfüllen.

5.3.2 Messprotokoll

5.3.2.1 Allgemeines

In manchen Fällen ist die Expositionssposition gut definiert, aber häufig kann es notwendig sein, den Ort zu bestimmen, in dem die höchste Exposition auftritt. Dies kann bewerkstelligt werden, indem entweder eine vorausgehende Übersichtsmessung der Bereiche um eine Quelle herum durchgeführt wird oder indem eine räumliche 2D-/3D-Messmatrix erstellt wird. Messungen sollten an sämtlichen Positionen der Matrix durchgeführt werden. Wenn die Position der höchsten Exposition identifiziert wurde, dann sollten detaillierte Messungen durchgeführt werden. Die Abstände zwischen den einzelnen (unterschiedlichen) Messpunkten hängen z. B. von der Art des gewählten Messverfahrens und von der Frequenz ab.

5.3.2.2 Niederfrequenzbereich

5.3.2.2.1 Allgemeines

Das zu messende elektrische Feld muss das ungestörte Feld (ohne Anwesenheit einer Person) sein. Das magnetische Feld kann bei Anwesenheit einer Person gemessen werden, da das magnetische Feld durch die Anwesenheit einer Person nicht gestört wird.

5.3.2.2.2 Magnetisches Wechselfeld

Messungen in annähernd homogenen magnetischen Feldern korrespondieren mit der Exposition des gesamten menschlichen Körpers (Ganzkörperexposition), wenn die entsprechende Person zum Zeitpunkt der Messungen am Messort anwesend ist. Dies ist bei Messungen unter Elektrizitätsversorgungsleitungen der Fall (siehe [EN 62110](#)).

Es ist möglich, das Konzept der mittleren Expositionswerte zu benutzen, wenn der Abstand zwischen der Quelle und dem Körper größer als 20 cm ist. Zur Bestimmung der mittleren Expositionswerte muss das Feld

in unterschiedlichen Höhen und Positionen gemessen werden, wobei die Position des menschlichen Körpers berücksichtigt wird und die Ergebnisse gemittelt werden. EN 62110 stellt ein Protokoll für die Messung der Exposition der Allgemeinbevölkerung gegenüber magnetischen Feldern, die von elektrischen Anlagen (Installationen) abgestrahlt werden, zur Verfügung, das drei Messhöhen festlegt.

Eine Mittelung in dieser Weise über den menschlichen Körper darf nicht durchgeführt werden, wenn der Abstand kleiner als 20 cm ist.

Das Messprotokoll muss die Messabstände zwischen dem Messpunkt und der (den) Quelle(n) (oder den Wänden, Zäunen oder Oberflächen) festlegen. Manche Normen legen Messabstände für besondere Situationen fest (siehe IEC 61786-2).

Als Teil des Vorgangs zur Entwicklung eines Messprotokolls für die Bestimmung der Exposition von Personen gegenüber magnetischen Feldern müssen die Ziele der Messung und die Verfahren, mit denen sie erreicht werden sollen, klar angegeben werden. Eine klare Definition der Ziele ist erforderlich, um die Anforderungen an die Messausrüstung und die Kalibrierung zu bestimmen, z. B. das Durchlassband der Messgeräte, den Messbereich und die Frequenzpunkte der Kalibrierpunkte. Das Messprotokoll sollte angeben, welche(r) Feldparameter gemessen werden muss (müssen), wo und wie die Messungen durchzuführen sind. Es ist wichtig zu beachten, dass im Allgemeinen ein einziges Messprotokoll nicht für sämtliche Messsituationen geeignet sein wird.

Das magnetische Feld ist proportional zum Strom kann somit während der Messungen schwanken. Wenn dies so ist, müssen die Schwankungen bekannt sein, um die Ergebnisse interpretieren zu können. Dies kann bewerkstelligt werden, indem die Ströme, die durch die Last fließen, oder das magnetische Feld in einem festen Ort während der Messungen aufgezeichnet werden.

5.3.2.2.3 Magnetisches Gleichfeld

Der Hauptunterschied bei den Messungen von magnetischen Wechsel- und Gleichfeldern ist der Einfluss des geomagnetischen Felds.

Bei elektrischen Gleichstromnetzen sollte das Protokoll aus EN 62110 abgeleitet werden. Wenn die Gleichstromleitung unterschiedlich verlegt ist, sollte das Feld am Ort, wo sich der Körper befindet, (im Sinne von EN 62110) als homogen betrachtet werden, so dass eine Messung in einer Höhe von 1 m ausreichend sein sollte.

Das geomagnetische Feld muss zu Beginn und am Ende der Messungen auf jeder Seite des Kabels gemessen werden. Da das geomagnetische Feld und das von den Kabeln abgestrahlte magnetische Gleichfeld Vektoren sind, ist es nicht möglich, den Anteil des geomagnetischen Felds einfach zu subtrahieren. Das gemessene magnetische Feld muss so festgehalten werden, wie es gemessen wurde. Der Anteil des geomagnetischen Felds muss ebenfalls festgehalten werden.

5.3.2.2.4 Elektrisches Wechselfeld

Messungen des ungestörten Felds müssen mit dreiachsigen Messgeräten durchgeführt werden und das resultierende elektrische Feld ergeben.

ANMERKUNG In manchen Fällen ist die Verwendung von einachsigen Messgeräten möglich, z. B. wenn die Richtung des Felds bereits bekannt ist.

Das Durchlassband des Messgeräts muss für den Frequenzgehalt des zu messenden Felds geeignet sein. Wenn das Feld so ist, dass das Durchlassband des Messgeräts den Anzeigewert merklich beeinflussen kann (z. B. wenn das Feld mehr als eine Frequenz aufweist), muss das Durchlassband festgehalten und im Prüfbericht angegeben werden.

Wenn das elektrische Feld durch ein Elektrizitätsversorgungssystem, z. B. Stromversorgungsleitungen, Transformatoren usw., erzeugt wird, stellt die energietechnische Frequenz (Netzfrequenz) 50 Hz oder 60 Hz die vorherrschende Frequenz dar. Ein Messgerät mit einem um die energietechnische Frequenz (Netz-

frequenz) zentrierten schmalen Durchlassband wird in solchen Fällen für die Messung des Effektivwerts des elektrischen Felds geeignet sein.

Wenn Felder gemessen werden, die durch andere Quellen, z. B. kommerzielle Flugzeuge, Schiffe und manche elektrischen Züge, erzeugt werden, kann die Grundfrequenz beträchtlich von 50 Hz oder 60 Hz abweichen, und ein geeignetes Durchlassband muss gewählt werden.

Während der Messung von elektrischen Feldern sollte besonders auf die Vermeidung von Näherungseffekten, die sowohl durch die Annäherung der Feldsonde an die beobachtende Person als auch an andere möglicherweise in der Nähe der Feldsonde anwesende Personen verursacht werden können, geachtet werden. Es kann eine merkliche Störung des Felds auftreten, die in der Lage ist, unakzeptable Fehler in das Messergebnis einzuführen. Somit sollte ein Mindestabstand von 2 m zwischen der Bedienperson und der Sonde eingehalten werden.

Elektrische Felder werden durch das Vorhandensein von leitfähigen Objekten leicht gestört, sogar wenn diese Objekte (Bäume, Zäune, Vegetation, Gebäude usw.) schlechte elektrische Leiter sind. Sämtliche beweglichen Objekte sollten entfernt werden, sofern dies möglich ist. Wenn nicht, dann sollte der Abstand zwischen Sonde und Objekt gleich dem Dreifachen der Höhe des Objekts sein (bei nicht dauerhaft vorhandenen Objekten) oder 1 m betragen (bei dauerhaft vorhandenen Objekten), falls dies möglich ist. Objekte, die nicht entfernt werden können, müssen aufgelistet werden, wobei ihre Maße und ihr Ort angegeben werden sollte.

Die Sonde sollte auf einem Dreibein (Stativ) montiert werden (siehe EN 61786-1, 5.8.4).

Messungen von elektrischen Feldern können Fehler aufweisen, wenn die relative Luftfeuchte oberhalb 70 % liegt (siehe EN 61786-1, 5.5).

Es sollte beachtet werden, dass Messungen in annähernd homogenen elektrischen Feldern mit der Exposition des gesamten menschlichen Körpers (Ganzkörperexposition) korrespondieren, wenn die entsprechende Person zum Zeitpunkt der Messungen am Messort anwesend ist. Messungen in inhomogenen Feldern erfordern eine restriktivere Interpretation, wenn die Exposition von Personen bestimmt wird, z. B., dass die Messung die Exposition von Personen nur für denjenigen Teil der menschlichen Anatomie repräsentiert, der mit dem Messort zusammenfällt.

Als Teil des Vorgangs zur Entwicklung eines Messprotokolls für die Bestimmung der Exposition von Personen gegenüber elektrischen Feldern müssen die Ziele der Messung und die Verfahren, mit denen sie erreicht werden sollen, klar angegeben werden. Eine klare Definition der Ziele ist erforderlich, um die Anforderungen an die Messausrüstung und die Kalibrierung zu bestimmen, z. B. das Durchlassband der Messgeräte, den Messbereich und die Frequenzpunkte der Kalibrierpunkte. Das Messprotokoll muss angeben, welche(r) Feldparameter gemessen werden sollte (sollten), wo und wie die Messungen durchzuführen sind. Es ist wichtig zu beachten, dass im Allgemeinen ein einziges Messprotokoll nicht für sämtliche Messsituationen geeignet sein wird.

5.3.2.3 Hochfrequenzbereich

Ein einfallendes hochfrequentes elektromagnetisches Feld, dessen Wellenlänge kleiner als die Größe des Objekts ist, kann Oberflächenströme auf metallischen Objekten induzieren, die zu einer gestreuten Welle führen können. Das wieder abgestrahlte Feld überlagert sich dem ursprünglich abgestrahlten Feld und verschlechtert die Gesamtgenauigkeit der Messung. Sonden, die sehr nahe zu metallischen Oberflächen betrieben werden, können direkt (kapazitiv oder induktiv) in die Sonderelemente einkoppeln, ungeachtet ihrer kleinen Abmessungen. Ströme in metallischen Leitern, die die Frequenz der Energieversorgung besitzen, können ebenfalls einen Einfluss auf die Funktion der Sonde haben, und für Messungen im Hochfrequenzbereich muss die Empfindlichkeit in Bezug auf die Leistung der Stromversorgung bekannt sein. Ein (bestimmter) Mindestabstand der Sonde gegenüber metallischen Objekten ist notwendig. Obwohl es sich dabei gewöhnlich um einen Abstand handelt, der mit mehreren Sondendurchmessern vergleichbar ist, ist es schwierig, diese Anforderung zu verallgemeinern. Die Unterlagen zu der Sonde müssen daher den Mindestabstand zur Quelle oder zu jeglichen metallischen Gegenständen angeben, wobei dieser Mindestabstand sowohl von der Frequenz als auch von den Abmessungen der Sonde abhängig sein kann.