

	Grundnorm für die Berechnung und Messung der elektromagnetischen Feldstärke und SAR in Bezug auf die Sicherheit von Personen in elektromagnetischen Feldern von Mobilfunk-Basisstationen und stationären Teilnehmergeräten von schnurlosen Telekommunikationsanlagen (110 MHz bis 40 GHz) Deutsche Fassung EN 50383:2002	DIN EN 50383
VDE	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Vorstand beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter nebenstehenden Nummern in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekannt gegeben worden.	Klassifikation VDE 0848 Teil 383
ICS 17.220.20; 33.070.01 Basic standard for the calculation and measurement of electromagnetic field strength and SAR related to human exposure from radio base stations and fixed terminal stations for wireless telecommunication systems (110 MHz – 40 GHz); German version EN 50383:2002 Norme de base pour le calcul et la mesure des champs électromagnétiques et SAR associés à l'exposition des personnes provenant des stations de base radio et des stations terminales fixes pour les systèmes de télécommunication sans fil (110 MHz – 40 GHz); Version allemande EN 50383:2002 Die Europäische Norm EN 50383:2002 hat den Status einer Deutschen Norm. Beginn der Gültigkeit Die EN 50383 wurde am 2002-07-02 angenommen. Nationales Vorwort Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 764 „Sicherheit in elektromagnetischen Feldern“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE zuständig. Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN EN 50383 (VDE 0848 Teil 383):2002-09. Fortsetzung Seite 2 und 3 und 82 Seiten EN DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

DIN EN 50383 (VDE 0848 Teil 383):2003-06

Diese Norm enthält die Deutsche Fassung der Europäischen Norm EN 50383:2002 „Grundnorm für die Berechnung und Messung der elektromagnetischen Feldstärke und SAR in Bezug auf die Sicherheit von Personen in elektromagnetischen Feldern von Mobilfunk-Basisstationen und stationären Teilnehmergeräten von schnurlosen Telekommunikationsanlagen (110 MHz bis 40 GHz)“.

Die Europäische Norm EN 50383:2002-07 „Basic standard for the calculation and measurement of electromagnetic field strength and SAR related to human exposure from radio base stations and fixed terminal stations for wireless telecommunication systems (110 MHz – 40 GHz)“ wurde vom TC 106X „Einwirkung elektromagnetischer Felder auf den Menschen“ des Europäischen Komitees für Elektrotechnische Normung (CENELEC) erarbeitet und von CENELEC am 2002-07-02 verabschiedet.

Die vorliegende Norm steht im Zusammenhang mit der Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz – 300 GHz) (1999/519/EG) (Amtsblatt L 197 vom 30. Juli 1999).

Sie beschreibt Mess- und Berechnungsverfahren für den Nachweis, dass für die Sicherheit von Personen in elektromagnetischen Feldern festgelegte Basisgrenzwerte von Mobilfunk-Basisstationen und stationären Teilnehmer-Endeinrichtungen von schnurlosen Telekommunikationsanlagen, die im Frequenzbereich 110 MHz bis 40 GHz betrieben werden, eingehalten werden. Dieser Nachweis kann entweder durch direkten Nachweis oder indirekt durch den Nachweis der Einhaltung von abgeleiteten Werten erfolgen.

Die diesbezüglichen Anforderungen (Grenzwerte) für die in den Anwendungsbereich dieser Norm fallenden Einrichtungen sind in den Europäischen Normen EN 50384:2002 und EN 50385:2002 festgelegt. Deren Deutsche Fassungen wurden als **DIN EN 50384 (VDE 0848 Teil 384):2003-05** und **DIN EN 50385 (VDE 0848 Teil 385):2003-05** veröffentlicht.

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 nachstehend wiedergegeben.

IEC hat 1997 die Benummerung der IEC-Publikationen geändert. Zu den bisher verwendeten Normnummern wird jeweils 60000 addiert. So ist zum Beispiel aus IEC 68 nun IEC 60068 geworden.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN ISO/IEC 17025:2000	ISO/IEC 17025:1999	DIN EN ISO/IEC 17025:2000-04	–
EN 50361:2001	–	DIN EN 50361 (VDE 0848 Teil 361):2002-06	VDE 0848 Teil 361
EN 50384:2002	–	DIN EN 50384 (VDE 0848 Teil 384):2003-05	VDE 0848 Teil 384
EN 50385:2002	–	DIN EN 50385 (VDE 0848 Teil 385):2003-05	VDE 0848 Teil 385

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO/IEC 17025 *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:1999); Dreisprachige Fassung EN ISO/IEC 17025:2000.*

DIN EN 50361 (VDE 0848 Teil 361), *Grundnorm zur Messung der spezifischen Absorptionsrate (SAR) in Bezug auf die Sicherheit von Personen in elektromagnetischen Feldern von Mobiltelefonen (300 MHz – 3 GHz); Deutsche Fassung EN 50361:2001.*

DIN EN 50384 (VDE 0848 Teil 384), *Produktnorm zur Konformitätsüberprüfung von Mobilfunk-Basisstationen und stationären Teilnehmergeräten für schnurlose Telekommunikationsanlagen im Hinblick auf die Basisgrenz- und Referenzwerte bezüglich der Exposition von Personen gegenüber elektromagnetischen Feldern (110 MHz bis 40 GHz) – Berufliche Exposition; Deutsche Fassung EN 50384:2002.*

DIN EN 50385 (VDE 0848 Teil 385), *Produktnorm zur Konformitätsüberprüfung von Mobilfunk-Basisstationen und stationären Teilnehmergeräten für schnurlose Telekommunikationsanlagen im Hinblick auf die Basisgrenz- und Referenzwerte bezüglich der Exposition von Personen gegenüber elektromagnetischen Feldern (110 MHz bis 40 GHz) – Allgemeinbevölkerung; Deutsche Fassung EN 50385:2002.*

– Leerseite –

Grundnorm für die Berechnung und Messung der elektromagnetischen
Feldstärke und SAR in Bezug auf die Sicherheit von Personen in
elektromagnetischen Feldern von Mobilfunk-Basisstationen und stationären
Teilnehmergeräten von schnurlosen Telekommunikationsanlagen (110 MHz bis
40 GHz)

Basic standard for the calculation and
measurement of electromagnetic field strength
and SAR related to human exposure from radio
base stations and fixed terminal stations for
wireless telecommunication systems
(110 MHz – 40 GHz)

Norme de base pour le calcul et la mesure des
champs électromagnétiques et SAR associés à
l'exposition des personnes provenant des
stations de base radio et des stations terminales
fixes pour les systèmes de télécommunication
sans fil (110 MHz – 40 GHz)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2002-07-02 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, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

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

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

© 2002 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde von dem Technischen Komitee CENELEC TC 106X „Einwirkung elektromagnetischer Felder auf den Menschen“ ausgearbeitet.

Der Text des Entwurfs wurde dem Einstufigen Annahmeverfahren unterworfen und von CENELEC am 2002-07-2002 als EN 50383 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2003-07-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2005-07-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norm-Inhalt.

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

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

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Physikalische Größen, Einheiten und Konstanten.....	7
3.1 Physikalische Größen	7
3.2 Konstanten	8
4 Begriffe	8
5 Anwendbarkeit der Konformitäts-Bewertungsverfahren	12
5.1 Einleitung.....	12
5.2 Bewertungsverfahren	13
6 Messung des elektromagnetischen Feldes.....	15
6.1 Einleitung.....	15
6.2 Oberflächen-Abtastverfahren	15
6.3 Volumenabtastverfahren	26
7 SAR-Messung	35
7.1 Ganzkörper-SAR-Messung	35
7.2 Lokale SAR-Messung	36
8 Berechnung des elektromagnetischen Felds.....	47
8.1 Anwendungsbereich.....	47
8.2 Feldregionen	49
8.3 Berechnungsmodelle	49
9 Räumliche Mittelung.....	51
9.1 Beschreibung	51
9.2 Gültigkeit	51
9.3 Berechnung.....	52
10 Bewertungsbericht (Prüfbericht).....	53
10.1 Allgemeines.....	53
10.2 In den Bewertungsbericht aufzunehmende Punkte	53
Anhang A (informativ) Grenzen zwischen Feldregionen.....	55
A.1 Zweck	55
A.2 Fernfeldregion	55
A.3 Abstrahlende Nahfeldregion.....	55
A.4 Reaktive Nahfeldregion.....	56
A.4.1 Typische Antennenbeispiele	57
A.4.2 Diskussion	58
A.4.3 Schlussfolgerung.....	58
A.5 Beispiel für Berechnungen innerhalb Feldregionen bei 900 MHz.....	58
Anhang B (informativ) Oberflächen- und Volumenabtastung	59
B.1 Messsystem-Architektur.....	59

B.1.1 Oberflächenabtastung	59
B.1.2 Volumenabtastung	61
B.2 Kalibrierung der <i>E</i> - und <i>H</i> -Feld-Messeinrichtung und Abschätzung der Unsicherheit.....	62
B.2.1 Linearität.....	62
B.2.2 Linearität mit Bezugsantennen.....	62
B.2.3 Untere Erfassungsgrenze	62
B.2.4 Isotropie.....	63
B.3 Messung des Reflexionsvermögens	63
B.4 Oberflächenabtastung – Ausbreitung der kugelförmigen Welle	66
B.5 Oberflächenabtastung – Prinzip der Rückausbreitung	67
B.6 Oberflächenabtastung – Kalibrierung der Bezugsantennen	68
B.6.1 Phasenmessung.....	68
B.6.2 Vorausgehende Kalibrierung.....	68
B.6.3 Kalibrierung des (Antennen-)Gewinns	68
B.7 Bezugsschriftstücke zu den Verfahren der Oberflächen- und Volumenabtastung	69
Anhang C (informativ und normativ) SAR-Messungen	70
C.1 Allgemeine Betrachtungen	70
C.2 Nachbearbeitungsverfahren und Unsicherheitsbewertung (informativ).....	70
C.2.1 Extrapolations- und Interpolationsalgorithmen.....	70
C.2.2 Mittelungsverfahren und Höchstwertermittlung.....	71
C.3 Vereinfachte Funktionsprüfung (normativ).....	72
C.3.1 Aufbau des Messphantoms.....	72
C.3.2 Dipolquelle.....	73
C.3.3 Messung der Dipoleingangsleistung	73
C.3.4 Vereinfachtes Funktionsprüfverfahren	75
C.4 Literaturhinweise	75
Anhang D (informativ) Betrachtungen zu Berechnungsverfahren	76
D.1 Auf das synthetische Verfahren bezogenes Beispiel.....	76
D.2 Reaktive Nahfeldregion.....	77
D.3 Unsicherheitsbetrachtungen bei der Berechnung.....	77
D.4 Literaturhinweise	78
Anhang E (informativ) Beispiele für Konformitätsgrenzen	79
E.1 Beispiel einer einfachen Konformitätsgrenze.....	79
E.2 Komplexe Konformitätsgrenze	80
Anhang F (informativ) NIST-18-TERM-Fehlermodell.....	82
Bilder	
Bild 1 – Alternative Wege zur Ermittlung der Übereinstimmung an einem Untersuchungspunkt mit den Anforderungen	14
Bild 2 – Grundlinien des Oberflächen-Abtastverfahrens	16
Bild 3 – Blockschaltbild des Antennensystems zur Messung des Nahfelds	17

Bild 4 – Minimale Begrenzungen des Radius	18
Bild 5 – Maximale Begrenzungen des Winkelabstandes zwischen Aufnahmepunkten	19
Bild 6 – Grundlinien des Volumenabtastverfahrens	27
Bild 7 – Blockschaltbild des Antennensystems zur Messung des Nahfelds des Prüflings (en: EUT)	28
Bild 8 – Relativ zum Prüfling (en: EUT) festgelegte zylindrische, kartesische und kugelförmige Koordinaten	29
Bild 9 – Grundlinien der Messung der lokalen SAR	37
Bild 10 – Darstellung des rechteckigen Phantomkastens (alle Längen sind Innenmaße)	38
Bild 11 – Position des Prüflings (en: EUT) (in diesem Fall eine externe Antenne) unterhalb dem Messphantom	41
Bild 12 – Alternative Wege zur Berechnung der E - und H -Feldwerte am Untersuchungspunkt	48
Bild 13 – Fläche, über die die räumliche Mittelung durchgeführt werden kann, einschließlich der Bezugsposition für den höchsten E -, H -, S -Wert für den ungünstigsten Fall	53
Bild A.1 – Geometrie einer Antenne mit der größten linearen Abmessung D	55
Bild A.2 – Stromelement $Idl \sin(\vartheta)$ am Ursprung der kugelförmigen Koordinaten	56
Bild A.3 – Verhältnis der E^2 -, H^2 - und $E \times H$ -Komponenten	57
Bild A.4 – Verhältnis der E^2 -, H^2 - und $E \times H$ -Feldkomponenten für drei typische Antennen	57
Bild A.5 – Fernfeld = gerade Linie, abgestrahltes Nahfeld = untere Linie und alle Nahfelder = andere Linie	58
Bild B.1 – Beispiel einer Prüfanordnung mit fester (festen), dual polarisierten Sonde(n) und bewegtem Prüfling	59
Bild B.2 – Beispiel einer Prüfanordnung mit einer einzelnen, dual polarisierten und mechanisch bewegter Sonde	60
Bild B.3 – Beispiel einer Prüfanordnung mit mehreren (typischerweise 64 oder 128), dual polarisierten und elektronisch geschalteten Sonden	60
Bild B.4 – Beispiel einer Prüfanordnung zur Durchführung von D_{vorne} , D_{oben} und D_{unten} mit festem Prüfling und bewegter isotroper Sonde	61
Bild B.5 – Beispiel einer Prüfanordnung zur Durchführung von D_{vorne} , D_{oben} und D_{unten} mit einer isotropen Sonde und mechanisch bewegtem Prüfling	61
Bild B.6 – Beispiel einer Prüfanordnung zur Durchführung von D_{Seite} mit einer isotropen Sonde und mechanisch bewegtem Prüfling	62
Bild B.7 – Draufsicht auf die in der Absorberkammer angeordneten Dipole	64
Bild B.8 – Vektorkombination des Hauptfeldes E_d als Funktion des reflektierten Feldes E_r	64
Bild B.9 – Graphische Darstellung des gemessenen Feldes in Abhängigkeit vom Abstand	65
Bild B.10 – Gemessenes Feld minus direktes Feld in dB	65
Bild B.11 – Mit dem Messsystem verknüpfte Parameter	66
Bild B.12 – Ausschlusszone (Schnitt)	66
Bild B.13 – Huygens' Prinzip	67
Bild C.1 – Vereinfachte Funktionsprüfanordnung	74
Bild D.1 – Basisstations-Antenne, die als Summe von kleinen getrennten Quellen angesehen wird	76
Bild E.1 – Definition der Abstandsparameter	79
Bild E.2 – Definition der Abstandsparameter	80
Bild E.3 – Beispiel einer komplexen Konformitätsgrenze	81

Tabellen

Tabelle 1 – Bezugs- und alternative Verfahren 13

Tabelle 2 – Unsicherheitsbewertung 26

Tabelle 3 – Unsicherheitsbewertung 35

Tabelle 4 – Bestimmung der Leistungspegel für den Ausschluss von Ganzkörper-SAR-Messungen 36

Tabelle 5 – Unsicherheitsbewertung 46

1 Anwendungsbereich

Diese Grundnorm gilt für Mobilfunk-Basisstationen und stationäre Teilnehmer-Endeinrichtungen von schnurlosen Telekommunikationsanlagen entsprechend der Definition in [Abschnitt 4](#), die im Frequenzbereich 110 MHz bis 40 GHz betrieben werden.

Zweck dieser Norm ist, für diese Einrichtungen das Verfahren zur Bewertung der Konformitätsabstände (entweder durch direkten Nachweis oder indirekt durch den Nachweis der Einhaltung von abgeleiteten Werten) zu den auf die Sicherheit von Personen in hochfrequenten elektromagnetischen Feldern bezogenen Basisgrenzwerten festzulegen.

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

Council Recommendation 1999/519/EC of 12 July 1999 *on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)* (Official Journal L 197 of 30 July 1999).

EN 50361:2001, *Basic standard for the measurement of Specific Absorption Rate related to human exposure to radio frequency electromagnetic fields from mobile phones (300 MHz – 3 GHz)*.

European Commission Enterprise Directorate General Standardisation Mandate addressed to CEN, CENELEC, and ETSI in the field of electrotechnology, information technology and telecommunications M305 Brussels.

International Commission on Non-Ionising Radiation Protection (1998), *Guidelines for limiting exposure in time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)*, Health Physics 74, 494-522.

IEC Guide Express:1995, *Guide to the expression of uncertainty in measurement*.

ISO/IEC 17025:1999, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*.

3 Physikalische Größen, Einheiten und Konstanten

3.1 Physikalische Größen

In dieser Norm werden die international anerkannten SI-Einheiten verwendet.

Größe	Formelzeichen	Einheit	Benennung
Stromdichte	J	Ampere pro Quadratmeter	A/m ²
Elektrische Feldstärke	E	Volt pro Meter	V/m
Elektrische Flussdichte	D	Coulomb pro Quadratmeter	C/m ²
Elektrische Leitfähigkeit	σ	Siemens pro Meter	S/m
Frequenz	f	Hertz	Hz
Magnetische Feldstärke	H	Ampere pro Meter	A/m
Magnetische Flussdichte	B	Tesla (Vs/m ²)	T
Massedichte	ρ	Kilogramm pro Kubikmeter	kg/m ³
Permeabilität	μ	Henry pro Meter	H/m

Größe	Formelzeichen	Einheit	Benennung
Spezifische Absorptionsrate	SAR	Watt pro Kilogramm	W/kg
Wellenlänge	λ	Meter	m
Temperatur	T	Kelvin	K

3.2 Konstanten

Physikalische Konstante	Symbol	Größe
Lichtgeschwindigkeit im Vakuum	c	$2,997 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
Dielektrizitätskonstante des freien Raumes	ϵ_0	$8,854 \times 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$
Permeabilität des freien Raumes	μ_0	$4\pi \times 10^{-7} \text{ Hm}^{-1}$
Impedanz des freien Raumes	Z_0	$120\pi \text{ (oder } 377) \text{ } \Omega$

4 Begriffe

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die nachfolgenden Definitionen.

4.1

Antenne

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

4.2

(zeitlicher) Mittelwert der absorbierten Leistung (P_{avg})

die über die Zeit gemittelte Rate der übertragenen Energie ist wie folgt definiert:

$$P_{\text{avg}} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} P(t) dt \quad (1)$$

darin sind t_1 und t_2 der Zeitpunkt des Beginns und des Endes der Exposition. Die Zeitspanne $t_2 - t_1$ entspricht der Expositionsdauer

4.3

Mittelungsdauer t_{avg}

geeignete Zeitspanne, über die die Exposition zwecks Ermittlung der Grenzwerteinhaltung gemittelt wird

4.4

Basisstation (BS)

In dieser Norm umfasst der Begriff „Basisstation“ (BS) sowohl Funk-Basisstationen als auch stationäre Teilnehmergeräte, die zur Verwendung in drahtlosen Telekommunikationsnetzen vorgesehen sind

4.5

Basisgrenzwert

Grenzwert zur Begrenzung der Exposition mit zeitveränderlichen elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern, die unmittelbar auf anerkannten gesundheitlichen Wirkungen beruhen. Im Frequenzbereich 110 MHz bis 10 GHz wird als physikalische Größe die spezifische Absorptionsrate (SAR) angewandt. Im Frequenzbereich 10 GHz bis 40 GHz wird als physikalische Größe die Leistungsdichte angewandt

4.6**Konformitätsgrenze**

eine Konformitätsgrenze definiert ein Volumen, außerhalb dem für jeden Untersuchungspunkt angenommen wird, dass in ihm die Anforderungen erfüllt werden. Außerhalb der Konformitätsgrenze werden unabhängig von der Zeitdauer der Exposition die Basisgrenzwerte von den Expositionspegeln nicht überschritten

4.7**elektrische Leitfähigkeit (σ)**

Verhältnis von Stromdichte eines Mediums zur elektrischen Feldstärke. Die elektrische Leitfähigkeit wird in Siemens pro Meter (S/m) ausgedrückt

4.8**Dauerexposition**

Exposition über eine Zeitspanne, die die Mittelungsdauer überschreitet

4.9**Betriebszyklus****Einschaltdauer**

Verhältnis der Impulsdauer zur Impulsperiode eines periodisch gepulsten Signals. Ein Betriebszyklus (Eine Einschaltdauer) von 1 entspricht einer kontinuierlichen Welle

4.10**elektrische Feldstärke (E)**

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

$$E = \frac{F}{q} \quad (2)$$

Die elektrische Feldstärke wird in Volt pro Meter (V/m) ausgedrückt

4.11**elektrische Flussdichte (D)**

Größe eines Feldvektors, die dem Wert der elektrischen Feldstärke (E), multipliziert mit der Dielektrizitätskonstante (ϵ), entspricht

$$D = \epsilon E \quad (3)$$

Die elektrische Flussdichte wird in Coulomb pro Quadratmeter (C/m²) ausgedrückt

4.12**Prüfling**

Einrichtung (z. B. ein Sender, eine Basisstation oder eine Antenne, je nachdem, was zutrifft), die der Gegenstand der beschriebenen speziellen Prüfuntersuchung ist

4.13**stationäre Teilnehmer-Endeinrichtung**

eine stationäre Teilnehmer-Endeinrichtung, die üblicherweise mit dem Benutzer verbunden ist, umfasst die Hardware einschließlich kombinierter Sende-/Empfangsfunkteinrichtungen (en transceiver), die zum Senden und Empfangen von Funksignalen notwendig ist. Stationäre Teilnehmer-Endeinrichtungen mit eingebauten Antennen, stationäre Teilnehmer-Endeinrichtungen mit Antennen-Steckverbindern für externe Antennen und stationäre Teilnehmer-Endeinrichtungen, die zur Verwendung mit externen Antennen, die nicht vom gleichen Hersteller in Verkehr gebracht werden, vorgesehen sind, sind von dieser Norm abgedeckt.

In dieser Norm werden feste Teilnehmereinrichtungen durch den Begriff „Basisstation“ abgedeckt

4.14**Feldwellenwiderstand Z (des freien Raums, Z_0)**

Verhältnis der elektrischen Feldstärke zur magnetischen Feldstärke einer sich ausbreitenden elektromagnetischen Welle. Der Feldwellenwiderstand einer ebenen Welle im freien Raum beträgt $120 \pi \Omega$ (etwa 377Ω)

4.15

Isotropie

Abweichung des Messwertes bezogen auf die verschiedenen Einfallswinkel des gemessenen Signals. In dieser Norm ist Isotropie definiert für Einfallswinkel, die eine Hemisphäre mit dem Mittelpunkt an der Sondenspitze umfassen, mit einer Äquatorialebene, die senkrecht auf der Sonde steht und sich außerhalb der Sonde erweitert. Die axiale Isotropie ist durch die maximale Abweichung der gemessenen Größe definiert, die auftritt, wenn die Sonde um ihre Hauptachse rotiert, wobei sie einer Bezugswelle, die senkrecht zur Sondenachse einfällt, ausgesetzt wird. Die hemisphärische Isotropie ist durch die maximale Abweichung der gemessenen Größe definiert, die auftritt, wenn die Sonde um ihre Hauptachse rotiert, wobei sie einer Bezugswelle mit unterschiedlichen Einfallswinkeln zur Sondenachse im Halbraum vor der Sonde ausgesetzt wird

4.16

Linearität

maximale Abweichung über den Messbereich der gemessenen Quantität von der nächsten linearen Bezugskurve innerhalb eines gegebenen Intervalls

4.17

Verlusttangens

Verhältnis des Imaginärteils der komplexen Dielektrizitätskonstante eines Materials zu ihrem Realteil

4.18

magnetische Feldstärke (H)

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

$$F = q (v \times \mu H) \quad (4)$$

Die magnetische Feldstärke wird in Ampere pro Meter (A/m) ausgedrückt

4.19

magnetische Flussdichte (B)

Größe eines Feldvektors, der gleich dem Wert der magnetischen Feldstärke H , multipliziert mit der Permeabilität (μ) des Mediums, ist

$$B = \mu H \quad (5)$$

Die magnetische Flussdichte wird in Tesla (T) ausgedrückt

4.20

Mehrband

eine Mehrband-Einrichtung wird in mehr als einem Frequenzband betrieben, z. B. GSM 900 und GSM 1 800

4.21

Multimode

ein Multimode-Mobilfunkgerät wird in unterschiedlichen Funksystemen betrieben, z. B. GSM und DECT

4.22

Permeabilität (μ)

die magnetische Permeabilität eines Materials ist definiert durch die magnetische Flussdichte B , dividiert durch die magnetische Feldstärke H :

$$\mu = \frac{B}{H} \quad (6)$$

Dabei ist μ die in Henry pro Meter (H/m) ausgedrückte Permeabilität des Mediums

4.23

Dielektrizitätskonstante (ϵ)

Eigenschaft eines Dielektrikums (z. B. biologischen Gewebes), die durch die elektrische Flussdichte D , dividiert durch die elektrische Feldstärke E , definiert wird

$$\epsilon = \frac{D}{E} \quad (7)$$

Die Dielektrizitätskonstante wird in Farad pro Meter (F/m) ausgedrückt

4.24

Messphantom

für die Anwendung dieser Norm ist ein Messphantom eine vereinfachte Darstellung oder ein Modell, die bzw. das dem menschlichen Körper ähnelt und die bzw. das aus Materialien mit elektrischen Eigenschaften besteht, die denen des jeweiligen Körpergewebes ähneln

4.25

Untersuchungspunkt

Messpunkt

der Ort im Raum, an dem die Werte des E -Felds, H -Felds, der Leistungsflussdichte oder der SAR ermittelt werden. Dieser Ort wird in kartesischen, zylindrischen oder sphärischen Koordinaten relativ zum Bezugspunkt des Prüflings (en: EUT) definiert

4.26

Leistungsdichte (S)

Leistungsflussdichte (S)

Leistung je Flächeneinheit senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der elektromagnetischen Welle

4.27

Funk-Basisstation

eine Funk-Basisstation, die üblicherweise mit dem Netz verbunden ist, umfasst die Hardware einschließlich kombinierter Sende-/Empfangsfunkeinrichtungen (en transceiver), die zum Senden und Empfangen von Funksignalen notwendig ist

Funk-Basisstationen mit eingebauten Antennen, Funk-Basisstationen mit Antennen-Steckverbindern für externe Antennen und Funk-Basisstationen, die zur Verwendung mit externen Antennen, die nicht vom gleichen Hersteller in Verkehr gebracht werden, vorgesehen sind, sind von dieser Norm abgedeckt

In dieser Norm werden Funk-Basisstationen durch den Begriff „Basisstation“ abgedeckt

4.28

Hochfrequenz

Funkfrequenz

der für den Zweck der Sicherheitsbetrachtungen in dieser Norm interessierende Frequenzbereich beträgt 110 MHz bis 40 GHz

4.29

relative Dielektrizitätskonstante (ϵ_r)

Verhältnis der Dielektrizitätskonstante eines dielektrischen Materials zur Dielektrizitätskonstante des freien Raums, definiert durch

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \quad (8)$$

4.30

Effektivwert (rms)

die positive Quadratwurzel aus dem arithmetischen Mittelwert des Quadrats der periodischen Funktion, innerhalb einer Periode

4.31

quadratischer Summenwert (rss)

der quadratische Summenwert der Hermiteschen Größe eines Vektors v ergibt sich als positive Quadratwurzel aus der Summe der Effektivwerte aller drei aufeinander senkrecht stehender Komponenten des Vektors v . Der ist proportional zu der in Joule angegebenen Wärme und kann sich vom Effektivwert des Vektors v stark unterscheiden

4.32

Abtastsystem

automatisches Positionierungssystem, mit dem die Messsonde an den angegebenen Stellen angeordnet werden kann

4.33

spezifische Absorptionsrate (SAR)

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

$$SAR = \frac{d}{dt} \left(\frac{dW}{dm} \right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{dW}{\rho dV} \right) \quad (9)$$

Die SAR wird in Watt pro Kilogramm (W/kg) angegeben

ANMERKUNG Die SAR kann wie folgt berechnet werden:

$$SAR = \frac{\sigma E_i^2}{\rho} \quad (10)$$

$$SAR = c_i \left. \frac{dT}{dt} \right|_{t=0} \quad (11)^1$$

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

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

4.34

Sender

Einrichtung zur Erzeugung von Hochfrequenzleistung für Kommunikationszwecke, wobei nicht vorgesehen ist, dass die Einrichtung selbst die Energie abstrahlt

5 Anwendbarkeit der Konformitäts-Bewertungsverfahren

5.1 Einleitung

Leitfäden und empfohlene Grenzwerte zur Sicherheit von Personen in Funkwellen geben Basisgrenzwerte in Form der spezifischen Absorptionsrate (SAR) und der Leistungsflussdichte und auch abgeleitete Werte in Form von Feldstärken des ungestörten Feldes (bei Abwesenheit des menschlichen Körpers) an.

Die Konformitätsgrenze legt das Volumen (den Bereich) fest, außerhalb dem die Expositionspegel die Basisgrenzwerte unabhängig von der Expositionsdauer für die spezifischen Betriebsbedingungen des Prüflings (en: EUT) nicht überschreiten. Die Konformitätsgrenze wird mit Hilfe eines Verfahrens bestimmt, bei dem eine ausreichende Anzahl von Untersuchungspunkten bewertet wird.

Es ist technisch möglich, die Konformitätsgrenze durch Messungen oder Berechnungen der SAR oder der elektromagnetischen Felder und ihren Vergleich gegen Basisgrenzwerte bzw. abgeleitete Werte zu bestimmen, da die Übereinstimmung mit den abgeleiteten Werten die Übereinstimmung mit den Basisgrenzwerten sicherstellt. Jedoch hängt die Auswahl des am meisten geeigneten Bewertungsverfahrens von einer Vielzahl anderer Überlegungen ab.

¹⁾ Diese Gleichung berücksichtigt nicht die Wärmeregulierung (den Wärmeabbau) in einer lebenden Person.

Wenn die Bewertung der SAR erfolgt, sollte beachtet werden, dass Basisgrenzwerte sowohl für die Teilkörper- als auch die Ganzkörper-Exposition betrachtet werden müssen. Eine räumliche Mittelung unter Verwendung von Feldstärke-Bewertungen kann durchgeführt werden, um die Ganzkörper-SAR zu bewerten, jedoch kann es sein, dass dieser Ansatz für die Teilkörper-SAR, die getrennt bewertet werden muss, nicht auf der sicheren Seite liegt.

5.2 Bewertungsverfahren

5.2.1 Bezugs- und alternative Verfahren

Diese Norm beschreibt Mess- und Berechnungsverfahren, die zur Einführung der Konformitätsgrenze verwendet werden können. Die zurzeit am besten geeigneten Ermittlungsverfahren werden als „Bezugsverfahren“ bezeichnet, die bei Meinungsverschiedenheiten anzuwenden sind.

Jedoch können einfacher anzuwendende alternative Verfahren zu restriktiveren Ergebnissen als das Bezugsverfahren führen und sind daher ebenfalls akzeptabel. Die Übereinstimmung mit den Anforderungen an einem Untersuchungspunkt kann daher mit jedem der beschriebenen Verfahren nachgewiesen werden.

Die nachfolgende Tabelle führt die Bezugs- und alternativen Verfahren ein, wie sie in dieser Norm beschrieben sind.

Tabelle 1 – Bezugs- und alternative Verfahren

	Anwendbare Verfahren für jede Antennenregion (Anhang A) ANMERKUNGEN 1 und 2		
	Reaktives Nahfeld	Abgestrahltes Nahfeld	Fernfeld
Bezug	Ermittlung der SAR nach Abschnitt 7 ANMERKUNGEN 3, 4, 5	Ermittlung der SAR nach Abschnitt 7 ANMERKUNGEN 3, 4, 5	Berechnung des E- oder H-Felds nach Abschnitt 8 ANMERKUNG 6
Erste Alternative	Messung des E- oder H-Felds nach Abschnitt 6 ANMERKUNG 6	Messung des E- oder H-Felds nach Abschnitt 6 ANMERKUNG 6	Messung des E- oder H-Felds nach Abschnitt 6
Zweite Alternative	keine ANMERKUNG 7	Berechnung des E- oder H-Felds nach Abschnitt 8 ANMERKUNG 6	keine

ANMERKUNG 1 Das Bezugsverfahren kann schwieriger als die Alternativverfahren zu implementieren sein.
 ANMERKUNG 2 Die Alternativverfahren ergeben gültige Ergebnisse, wenn konservative Bewertungen durchgeführt werden.
 ANMERKUNG 3 Zurzeit ist das Verfahren nicht für die Ermittlung der Ganzkörper-SAR oberhalb begrenzter Leistungsgrenzwerte in [7.1.2](#) festgelegt.
 ANMERKUNG 4 Ermittlung der Teilkörper-SAR beschränkt auf:

- 800 MHz ≤ Frequenz ≤ 3 000 MHz
- abstrahlende Strukturen von Antennen, deren physikalische Apertur kleiner als 0,6 m × 0,3 m ist
- Untersuchungsentfernungen, die ≤ 0,4 m sind.

ANMERKUNG 5 SAR-Berechnung stellt den Bezug dar, da sie die Feinstruktur des Kopfs/Körpers berücksichtigt, während das Messverfahren auf einer vereinfachten Näherung mit Hilfe eines Phantoms beruht.
 ANMERKUNG 6 Räumliche Mittelung ([Abschnitt 9](#)) liefert eine genauere Ganzkörperermittlung hinsichtlich der Übereinstimmung mit den Anforderungen an das elektromagnetische Feld als Spitzenwerte, die bei der Ermittlung der Übereinstimmung für die Teilkörper-Exposition geliefert werden.
 ANMERKUNG 7 Siehe die in [D.1](#) gegebenen allgemeinen Untersuchungsverfahren für E- und H-Berechnungen.

5.2.2 Alternative Wege zur Bestimmung von Konformitätsabständen

Jeder der im [Bild 1](#) beschriebenen alternativen Wege kann in Übereinstimmung mit Tabelle 1 verwendet werden, um zu bestimmen, ob ein Untersuchungspunkt mit den Anforderungen übereinstimmt oder nicht übereinstimmt. Jeder vollständige Weg kann zeigen, ob die Übereinstimmung mit den Basisgrenzwerten – entweder durch direkten Nachweis oder indirekt durch den Nachweis der Einhaltung von abgeleiteten Werten erbracht – erreicht ist.

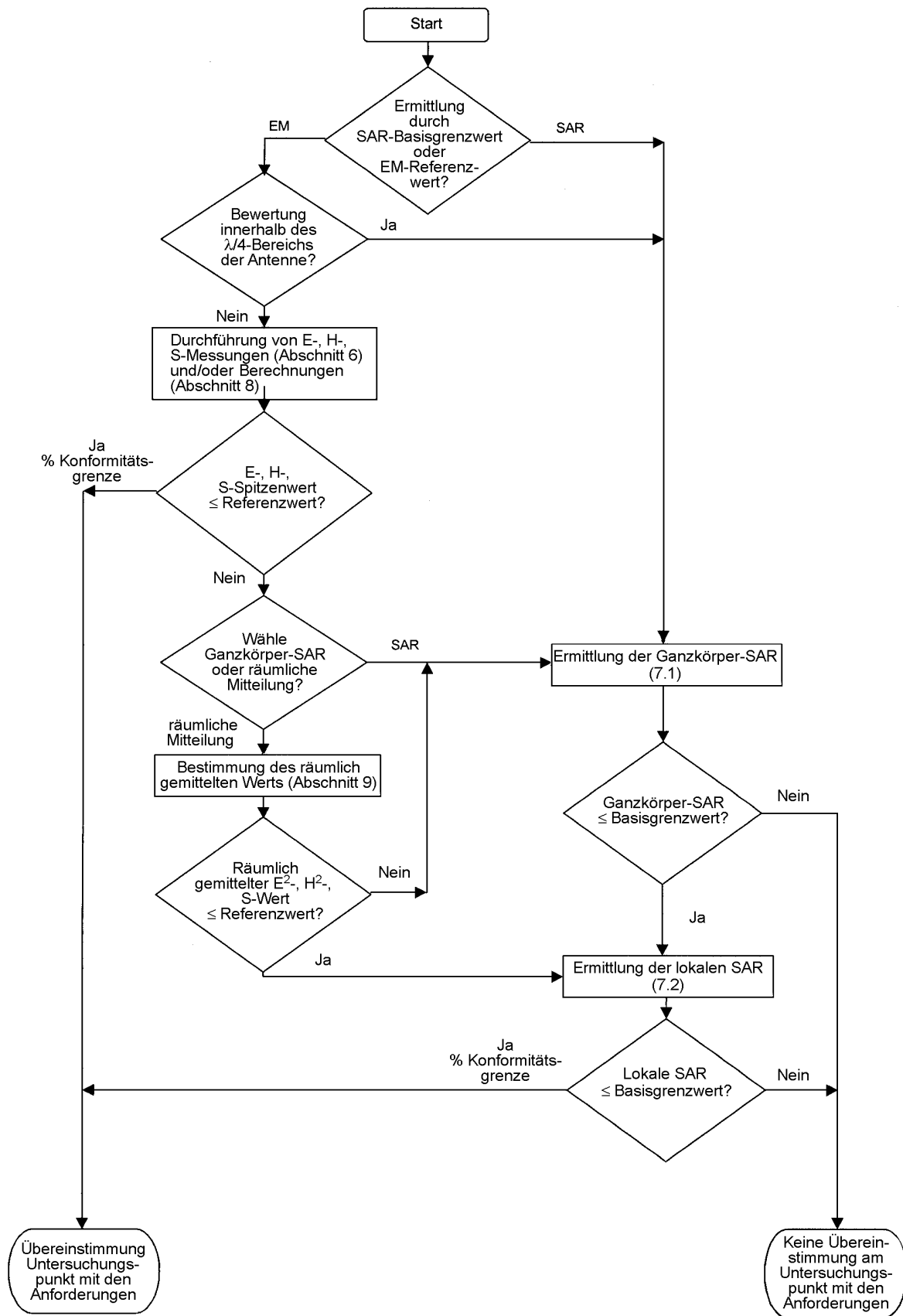


Bild 1 – Alternative Wege zur Ermittlung der Übereinstimmung an einem Untersuchungspunkt mit den Anforderungen

5.2.3 Mehrere Frequenzbänder

Wenn der Prüfling (en. EUT) gleichzeitig in mehreren Frequenzbändern betrieben werden kann, müssen die Anteile der Expositionsgrenzwerte für jedes Band ermittelt werden. Für die gesamte Übereinstimmung mit den Anforderungen am Untersuchungspunkt, wie sie in den in [Abschnitt 2](#) genannten normativen Verweisungen beschrieben sind, muss die Summe aller dieser Anteile kleiner als 1 sein. Wenn dieses Prinzip für Mehrbanddaten angewendet wird, liefert es spezifisch für den zu untersuchenden Fall einen klaren Algorithmus, der eine Anzahl von übereinstimmenden Lösungen für verschiedene angewendete Leistungen für jedes Band für jede gegebene Konformitätsgrenze liefert.

5.2.4 Allgemeine Anforderungen

Die Antenne muss im Fall von Plattenantennen auf den Mittelpunkt des hinteren Reflektors und im Fall von allseits gerichteten Antennen auf den Antennenmittelpunkt bezogen werden. Für andere Anordnungen müssen angemessene Bezüge festgelegt werden.

Die Konformitätsgrenze muss mindestens für die mittlere Frequenz sowie die untere und obere Frequenzgrenze jedes Frequenzbandes bestimmt werden.

5.2.5 Konformitätsgrenze

Die Konformitätsgrenze kann eine einfache (z. B. paralleleseitige, sphärische oder zylindrische) oder eine komplexere Form haben. In jedem Fall müssen die Untersuchungspunkte, die außerhalb der Konformitätsgrenze liegen, mit den Grenzwerten übereinstimmen. Ferner muss die Form der Konformitätsgrenze im Prüfbericht (Bewertungsbericht) genau beschrieben sein ([Abschnitt 10](#)).

6 Messung des elektromagnetischen Feldes

6.1 Einleitung

Dieser Abschnitt beschreibt die Messverfahren, die zur Bewertung der von Antennen abgestrahlten elektromagnetischen Feldanteile (E- und H-Komponente und daher die Leistungsdichte) an den Untersuchungspunkten verwendet werden können.

Die Messungen des *E*-Feldes können entweder durch Abtasten der Oberfläche oder des Volumens durchgeführt werden.

Die verwendeten Verfahren sind die direkte oder indirekte Messung der *E*- oder *H*-Feldstärken und die Ableitung der Feldverteilung für eine gegebene Eingangsleistung und Frequenz.

6.2 Oberflächen-Abtastverfahren

6.2.1 Einleitung

Verfahren zur Durchführung der Oberflächenabtastung können Fernfeld-, Kompaktbereich und -ebene, zylindrische oder sphärische Nahfeld-Abtastung sein, sind jedoch nicht darauf beschränkt; das verwendete Verfahren muss genau beschrieben und die Unsicherheitskriterien ([Anhang B](#) und [E](#)) müssen erfüllt sein.

6.2.2 Sphärisches Abtastverfahren

Messungen der Amplitude, Phase und Polarisation des elektrischen Feldes sind an geeigneten Punkten auf der Oberfläche einer Kugel, die den Prüfling (en: EUT) umgibt, zu machen, um die Parameter zu bestimmen, die zur Modellierung eines Satzes von isotropen Quellen auf dieser Oberfläche benötigt werden, die an den Untersuchungspunkten dasselbe Feld wie der Prüfling (en: EUT) erzeugen. Um das Ergebnis gültig zu machen, muss die abgetastete Kugeloberfläche die gesamte relevante Energie enthalten, die vom Prüfling (en: EUT) abgestrahlt wird. Die Parameter dieses Satzes von isotropen Strahlungsquellen werden dann zur Berechnung des Feldes an den Untersuchungspunkten verwendet, um die Konformitätsgrenze zu bestimmen.

Die grundsätzlichen Schritte sind in [Bild 2](#) zusammengefasst.

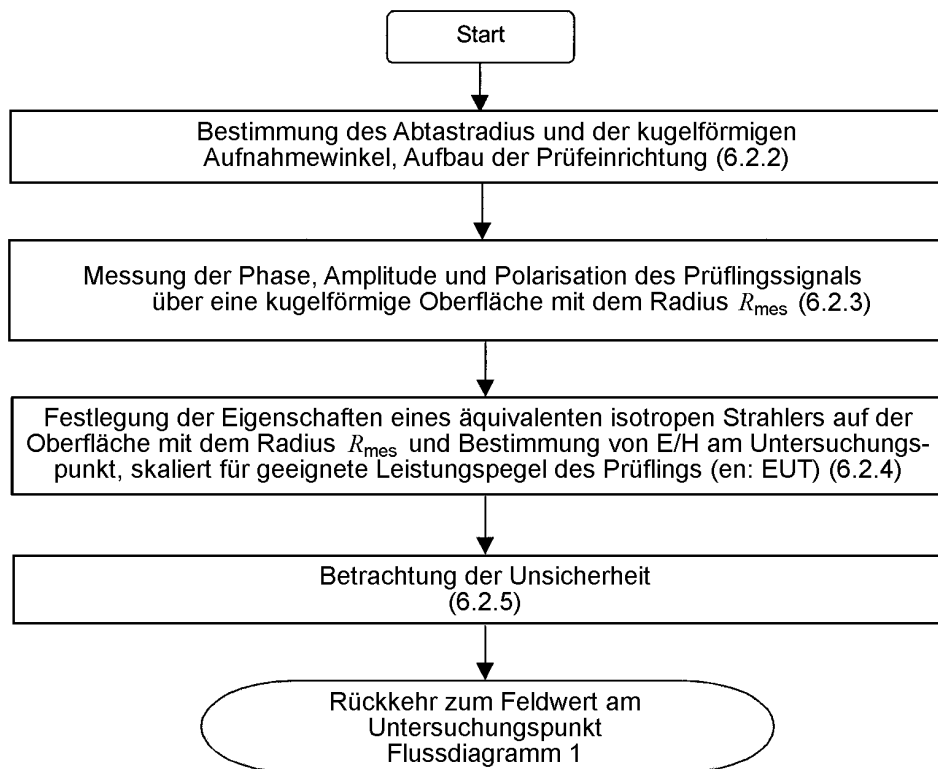


Bild 2 – Grundlinien des Oberflächen-Abtastverfahrens

6.2.2.1 Messeinrichtung

6.2.2.1.1 Allgemeine Beschreibung

Zur Oberflächenabtastung gehören der Prüfling (en: EUT), der auf einem Azimutpositionierer montiert ist, und die auf einer Unterlage in der Entfernung R_{mes} vom Prüfling (en: EUT) montierte(n) Sonde (Sonden). Dieses Verfahren erfordert die Fähigkeit, die Phase des Signals messen zu können. Die Erfassung besteht entweder aus der mechanischen Bewegung der Sonde entlang der Unterlage oder der elektronischen Umschaltung des Sondengitters, um eine Winkelauslenkungs-Abtastung des elektromagnetischen Feldes durchzuführen.

Alternativ kann der Prüfling (en: EUT) mit Hilfe eines zusätzlichen Auslenkungspositionierers zu verschiedenen Auslenkungswinkeln bewegt werden.

Das Antennensystem zur Messung des Nahfelds muss entsprechend Bild 3 angeordnet werden.

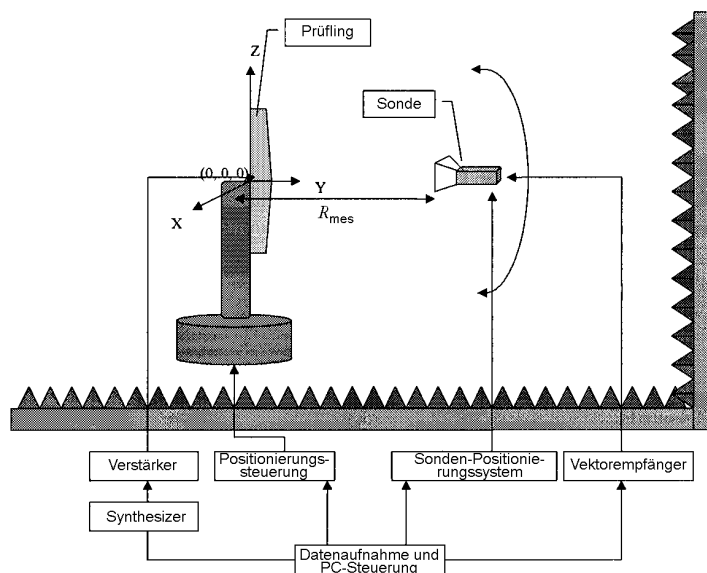


Bild 3 – Blockschaltbild des Antennensystems zur Messung des Nahfelds

Die folgende Einrichtung ist erforderlich:

- Absorberkammer;
- elektrische Sonde (Sonden) (Antenne(n));
- Unterlage für die Sonde (Sonden);
- Unterlage; unterstützende Struktur;
- Vektorempfänger;
- Synthesizer und Verstärker;
- Sonden-Positionierungssystem oder Sondengitter-Steuerungssystem;
- Positionierungssystem für den Prüfling (en: EUT).

Ein Rechner steuert die in der Absorberkammer untergebrachte Messeinrichtung. Der Rechner muss so angeordnet sein, dass er die Messungen nicht beeinflusst.

Die Prüfung wird unter Verwendung von Sondenantennen, die Messungen des elektrischen Feldes ermöglichen, durchgeführt. Die Sondenantennen müssen genau angeordnet werden, um die elektrische Feldverteilung in einer kugelförmigen Oberfläche um den Prüfling (en: EUT) zu messen.

Die Messung muss mit einem Minimum an Reflexionen aus der Umgebung durchgeführt werden, um Freiraumbedingungen nachzubilden.

6.2.2.1.2 Abtasteinrichtung: Anforderungen an die Anordnung und Ausrichtung

6.2.2.1.2.1 Allgemeine Kriterien

Das Messsystem muss in der Lage sein, eine festgelegte kugelförmige Oberfläche in der Prüfumgebung abtasten zu können, um ausreichende Daten in Kombination mit der für die Nachbearbeitung erforderlichen Auflösung und Genauigkeit zu erhalten.

- Der Radius R_{mes} zwischen dem Bezugspunkt des Prüflings (en: EUT) (0, 0, 0) und der (den) Sonde(n) an jedem der Messpunkte muss so gewählt werden, dass die Anforderungen an den Radius (siehe [6.2.2.1.2.2](#)) erfüllt sind, und er muss innerhalb $\lambda/2$ m, z. B. eine Phasenungenauigkeit, die besser als 5 Grad ist, bestimmt werden (siehe [B.3](#)).
- Das Messsystem muss in der Lage sein, Messungen alle $\delta\theta$ in Bezug auf die Auslenkung und $\delta\phi$ in Bezug auf den Azimuth zu ermöglichen, um das in [6.2.2.1.2.3](#) festgelegte Kriterium mit einer Winkelungenauigkeit, die besser als 0,5 Grad ist, zu erfüllen.

EN 50383:2002

Die Erfassung der gesamten kugelförmigen Oberfläche wird durch Drehung des Prüflings (en: EUT) oder der Unterlage der Sonde(n) erreicht. Mehrere Arten von Positionierungssystemen werden im [Anhang B](#) vorgeschlagen.

6.2.2.1.2.2 Kriterium zum Radius

Die Entfernung R_{mes} zwischen dem Bezugspunkt des Prüflings (en: EUT) am Ursprung der Drehung und der (den) Messsonde(n) muss größer sein als

- R_{min} , um den Einfluss des nichtrotierenden Nahfelds möglichst klein zu halten, wobei R_{min} von den größten Abmessungen des Prüflings (en: EUT) (0, 0, 0) und der Wellenlänge λ abhängt (siehe Bild 4), und
- als die Entfernung, die erforderlich ist, um den Betrieb der Sonden und der Messeinrichtung innerhalb ihrer Kalibrierungspegel für die Leistungsfestlegungen des Prüflings (en: EUT) sicherzustellen.

Wenn $a > \lambda$, $R_{\text{min}} = a + \lambda$

Wenn $a \leq \lambda$, $R_{\text{min}} = 2\lambda$

Dabei ist

- a der minimale Radius einer Kugel um den Bezugspunkt, die den Prüfling (en: EUT) umhüllt.

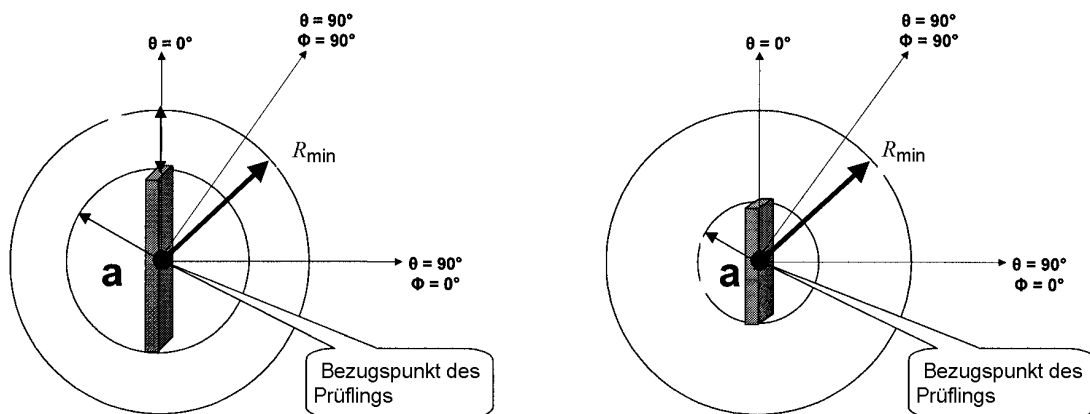
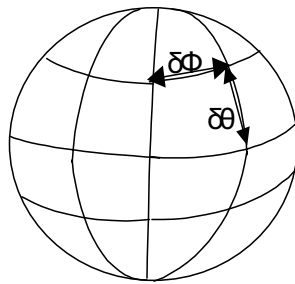


Bild 4 – Minimale Begrenzungen des Radius

6.2.2.1.2.3 Kriterium an die Datenaufnahme

Das Kriterium an die Datenaufnahme (gewöhnlich auch Nyquist-Kriterium genannt) erfordert zwischen den Messpunkten einen maximalen Winkelabstand von $\lambda/2$ über der Kugel mit dem Radius R_{mes} , die den Prüfling (en: EUT) umschreibt.

Die Winkel $\delta\Phi$ (Azimuth) und $\delta\theta$ (Auslenkung) zwischen benachbarten Messungen hängen vom System ab, müssen aber mit den Begrenzungen in [Bild 5](#) übereinstimmen.



$$\delta\varphi \leq \frac{\lambda}{2R_{\text{mes}}}$$

$$\delta\theta \leq \frac{\lambda}{2R_{\text{mes}}}$$

Bild 5 – Maximale Begrenzungen des Winkelabstandes zwischen Aufnahmepunkten

6.2.2.1.2.4 Begrenzungen für die Abmessungen des Prüflings (en: EUT) für spezifische Messsysteme

Bei gegebenem Radius R_{mes} , der gleich dem konstanten Abstand zwischen dem Rotationsmittelpunkt des Prüflings (en: EUT) und der (den) Sonde(n) ist, und bei gegebener Anzahl N von Aufnahmepunkten mit gleichem Auslenkungs- oder Azimuthabstand führt jedes der vorgenannten Kriterien zu einer maximalen Abmessung D_{max} für den Prüfling (en: EUT).

$$D_{\text{max}} < 2(R_{\text{mes}} - \lambda)$$

Darin ist $D_{\text{max}} = 2a$ (siehe Bild 4)

und

$$D_{\text{max}} < 2\lambda\left(\frac{N}{2\pi} - 1\right)$$

In Abhängigkeit von der Betriebsfrequenz wird die maximale Größe durch das Einschränkendste der beiden Kriterien begrenzt (z. B. durch das erste Kriterium bei niedrigeren Frequenzen und das zweite Kriterium bei höheren Frequenzen).

6.2.2.1.3 Messsonde

Die Sonde oder das Sondengitter muss so entworfen und bemessen sein, dass sie (es) das vom Prüfling (en: EUT) erzeugte elektromagnetische Feld nicht beeinflusst.

Der Gewinn der Sonde(n) muss mit einer kleineren Messunsicherheit als $\pm 0,5$ dB kalibriert werden.

Die Sonde muss in der Lage sein, eine orthogonale Polarisierung mit einer Kreuzpolarisations-Isolation, die besser als 30 dB ist, zur Verfügung zu stellen. Alternativ kann eine zweite Abtastung mit einer um 90° gedrehten Sonde zur Erfassung der Werte der Kreuzpolarisation durchgeführt werden.

Typischerweise werden an beiden Seiten offene Hohlleiter (OEW) oder gekreuzte Dipole verwendet, da sie gut definierte Abstrahlungseigenschaften und einen geringen Einfluss auf den Prüfling (en: EUT) haben.

6.2.2.1.4 Unterstützende Struktur

Die Antenne muss auf einem dielektrischen Halter, der an dem Positionierungssystem befestigt ist, angeordnet werden. Der Halter muss aus einem Material (aus Materialien) mit niedriger Leitfähigkeit und niedriger relativer Dielektrizitätskonstante bestehen: $\tan(\delta) \leq 0,05$ und $\epsilon_r \leq 5$.

EN 50383:2002

Alternativ kann die Antenne auf einem metallischen Röhrenmast montiert werden, wenn dies die übliche Betriebssituation der Antenne ist. Wenn die Montagesituation vom Freiraumäquivalent abweicht, muss dies im Messbericht zusammen mit den Messergebnissen festgehalten werden.

Die Antenne muss so aufgestellt werden, dass sich der Bezugspunkt (0, 0, 0) im Mittelpunkt der Kugel befindet.

6.2.2.1.5 Vektorempfänger

Der Dynamikbereich muss größer als 90 dB sein. Zur Minimierung äußerer Beeinflussungen wird ein Phasenregelkreis (PLL-System) bevorzugt. Der Empfänger muss in der Lage sein, die Höhe und Phase an jedem Untersuchungspunkt zu messen.

6.2.2.2 Absorberkammer

Der Störpegel auf Grund von Reflexionen und/oder Rauschen darf -30 dB des einfallenden Feldes an den Punkten, an denen gemessen wird, nicht unterschreiten.

Wenn kein PLL-System verwendet wird, sollte die Schirmdämpfung des Gehäuses der Absorberkammer bei den Messfrequenzen besser als 50 dB sein.

Die Größe und die Auskleidungsmaterialien der Absorberkammer müssen untersucht werden, um den Störpegel auf Grund von Reflexionen möglichst klein zu halten. Das Verfahren zur Ermittlung des Reflexionsvermögens der Kammer ist in [B.3](#) gegeben.

Die Umgebungstemperatur muss im Bereich von 10 °C bis 30 °C liegen und darf während der Prüfung um nicht mehr als $\pm 5\text{ °C}$ schwanken.

6.2.2.3 Messbericht

6.2.2.3.1 Kalibrierung der Messeinrichtung

Es müssen vier Kalibrierungen der Messeinrichtung zum sphärischen Messen des Nahfelds durchgeführt werden:

- Kalibrierung der Polarisierung;
- Kalibrierung von Amplitude und Phase (Gleichförmigkeit des Feldes zwischen der (den) Sonde(n));
- Kalibrierung des Gewinns;
- Ermittlung des elektrischen Rauschens.

Die Messeinrichtung muss als gesamtes System bei den geeigneten Frequenzen entsprechend dem im [Anhang B](#) festgelegten Verfahren kalibriert werden. Leitlinien zur Kalibrierung sind in [B.6](#) enthalten.

6.2.2.3.2 Durchzuführende Prüfung

Die Prüfung muss bei fester Leistung, die dem Erfassungsbereich der Messeinrichtung angepasst ist, durchgeführt werden.

Die Nachbearbeitung sorgt für die Ableitung der Ergebnisse für die gewünschten Werte der Eingangsleistung.

Bei Multimode- und Mehrband-Prüflingen (en: EUT) müssen alle vorhergehenden Prüfungen in jedem Betriebsübertragungsband durchgeführt werden (siehe [5.2](#)).

6.2.2.3.3 Allgemeine Anforderungen an den Prüfling (en: EUT)

Die Oberflächenabtastung muss verwendet werden, um die elektromagnetischen Feldparameter des Prüflings (en: EUT) zu definieren. Der Prüfling (en: EUT) muss mit Frequenzen, die denjenigen der üblichen Anordnungen vergleichbar sind, versorgt werden. Ein Generator kann den Sender ersetzen und die Eingangsleistung dem Prüfling (en: EUT) zuführen. Die Leistungsskalierung wird während der Nachbearbeitung nach [6.2.2.4](#) durchgeführt.

Bei einer Basisstation mit eingebauter Antenne muss sorgfältig auf die Phasenregelung des Systems geachtet werden.

6.2.2.3.4 Messverfahren

6.2.2.3.4.1 Grundlegende Prüfanordnung

Die grundlegende Prüfanordnung korrespondiert mit einem Ausgangswinkel $\Phi = \Phi_0$ (Azimuth). Die Winkelabtastung θ (Auslenkung) muss an einem der Kanten des kreisförmigen Pfades beginnen und um einen Wert $\delta\theta$ erhöht werden. Die Winkelabtastung durch Auslenkung muss entlang dem gesamten kreisförmigen Pfad durchgeführt werden.

Bei jeder $\theta_i = \theta_{i-1} + \delta\theta$ -Position der Sonde(n) muss das empfangene oder abgestrahlte Signal aufgezeichnet werden.

Die grundlegende Prüfanordnung muss für jede Azimutherhöhung $\delta\Phi$ wiederholt werden.

6.2.2.3.4.2 Verfahren vor der Prüfung (Prüfvorbereitung)

- Prüfe, ob die Erfassungssonde(n) die während der Messung abgestrahlten Leistungspegel verkraften kann.
- Kalibriere den Gewinn der elektrischen und/oder magnetischen Feldsonde(n).
- Bestätige anderenfalls, dass die Absolutwerte des elektromagnetischen Feldes aus den Messdaten über den gesamten Raum abgeleitet werden können.
- Prüfe die für die Messung ausgewählten Frequenzen. Eine Mindestanzahl von drei Frequenzen sind erforderlich: F_c , F_{min} und F_{max} , mit

F_c : Mittenfrequenz;

F_{min} : untere Grenzfrequenz;

F_{max} : obere Grenzfrequenz.

- Prüfe den Wert von $\delta\Phi$, Φ_{max} , $\delta\theta$, θ_{min} , θ_{max} , R_{max} mit

$\delta\Phi$: Azimutherhöhung;

Φ_{max} : Maximalwert des Azimuthwinkels des kreisförmigen Auslenkungspfads;

$\delta\theta$: Erhöhung der Auslenkung;

θ_{min} : unterer Kantenwinkel des kreisförmigen Auslenkungspfads;

θ_{max} : oberer Kantenwinkel des kreisförmigen Auslenkungspfads;

R_{mes} : Radius der Abtastung in der Auslenkung;

D_{max} : größte Abmessung des Prüflings (en: EUT) (= 2a, Bild 6.3);

λ : Wellenlänge.

- Bestätige, dass der gesamte Beitrag des Interferenz- und des reflektierten Strahls kleiner als das eintreffende Signal –30 dB ist.

6.2.2.3.4.3 Prüfung

- Bestätige die ordnungsgemäße Funktion der Sonde(n), des Messsystems und der Messgeräte.
- Montiere den Prüfling (en: EUT) in der Messanordnung.
- Konfiguriere den Prüfling (en: EUT) so, dass die maximale Ausgangsleistung bei der gewünschten Frequenz und den gewünschten Betriebsarten erzeugt wird.
- Platziere die Sonde(n) an der Stelle der Anfangsmessung (oder ordne sie entsprechend an).
- Führe eine einleitende Abtastung bei anfänglicher Auslenkung an der Bezugs-Azimuthposition durch und speichere die Daten.
- Die erfasste Amplitude und Phase des elektromagnetischen Feldes in beiden Polarisationen muss entsprechend den internationalen Einheiten (SI-Einheiten) (V/m für das elektrische Feld und A/m für das

magnetische Feld) angegeben werden. Jegliche Umwandlungen müssen unter Verwendung von geeigneten Faktoren, die aus der Kalibrierung abgeleitet wurden, durchgeführt werden.

- Messe und speichere bzw. bestätige die elektromagnetische Feldverteilung.
- Der Prüfling (en: EUT) oder die Sonde(n) werden um eine vertikale Achse in Winkelschritten von $\Delta\Phi$ in Richtung steigenden Azimuths bewegt, wobei die vertikale Achse auch mit einer Symmetrieachse für den abzutastenden Raum korrespondiert.
- Wiederhole die Messungen des elektromagnetischen Feldes, bis $\Phi_i = \Phi_{\max}$ ist (mit $\theta_i = \theta_{i-1} + \delta\theta$, mit $i_{\min} = 1$).
- Führe nach den Messungen eine abschließende Abtastung durch Auslenkung an der Bezugs-Azimuthposition durch und vergleiche die Daten mit denjenigen der anfänglichen Abtastung. Weise nach, dass die endgültigen Daten bei den maximalen Pegeln innerhalb 5 % der anfänglichen Werte liegen (Einfluss der Drift auf Grund der umgebenden Einrichtungen und der Umgebung).
- Wiederhole die Messungen, wenn die Drift größer als 5 % ist.

6.2.2.4 Nachbearbeitung

Die Werte des elektromagnetischen Feldes müssen durch Anwendung eines Nachbearbeitungsverfahrens auf den Satz von gemessenen Nahfelddaten ermittelt werden (siehe B.4 und B.5).

6.2.2.4.1 Bestimmung der Werte des elektromagnetischen Felds außerhalb der abgetasteten Oberfläche

Das elektromagnetische Feld des Prüflings (en: EUT) muss durch eine Anzahl von isotropen Quellen, die von der abgetasteten Oberfläche abstrahlen, nachgebildet werden. An einem Untersuchungspunkt ist die Vektorsumme der von diesen Quellen abgestrahlten Felder die gleiche wie diejenige des Prüflings (en: EUT). Die Eingangsgröße für dieses Modell ist das an der Oberfläche, die den Prüfling (en: EUT) umgibt, gemessene tangentielle elektromagnetische Feld. Die Werte des elektromagnetischen Felds müssen für Untersuchungspunkte außerhalb der abgetasteten Oberfläche für den Prüfling (en: EUT) berechnet werden, wie in B.4 beschrieben.

6.2.2.4.2 Bestimmung der Werte des elektromagnetischen Felds innerhalb der abgetasteten Oberfläche

Das elektromagnetische Feld des Prüflings (en: EUT) muss für Untersuchungspunkte innerhalb des Volumens, das durch die abgetastete Oberfläche umgeben wird, aber außerhalb der minimalen Kugel, die den Prüfling (en: EUT) umgibt, berechnet werden (siehe B.4 und B.5).

6.2.2.4.3 Skalierende Messungen für eine gegebene Eingangsleistung

Das berechnete E -Feld E_0 (bzw. H -Feld H_0) ergibt sich für eine gegebene Eingangsleistung P_0 . Da das E -Feld (bzw. H -Feld) proportional der Quadratwurzel der Eingangsleistung ist, ergibt sich das E -Feld E (bzw. H -Feld H) für eine andere Eingangsleistung P durch:

$$E = \sqrt{\frac{P}{P_0}} E_0 \quad H = \sqrt{\frac{P}{P_0}} H_0$$

wobei eine Anzahl von Frequenzen gleichzeitig in einem oder mehreren Bändern betrieben werden kann. Das Skalieren der E^2 -, H^2 - und S -Werte muss linear und für jedes Band getrennt entsprechend der Anzahl der gleichversorgten Sendefrequenzen in jedem Band erfolgen.

6.2.2.5 Abschätzung der Unsicherheit

6.2.2.5.1 Allgemeine Anforderungen

Die Bewertung der Unsicherheit bei der Messung der Werte des elektromagnetischen Felds muss auf den allgemeinen Regeln, die durch den IEC-„Guide to the expression of uncertainty in measurement“, Ausgabe 1, 1995 zur Verfügung gestellt werden. Es muss eine Ermittlung nach Typ A sowie nach Typ B der Standardunsicherheit durchgeführt werden.