

	Grundnorm zur Messung der spezifischen Absorptionsrate (SAR) in Bezug auf die Sicherheit von Personen in elektromagnetischen Feldern von Mobiltelefonen (300 MHz bis 3 GHz) Deutsche Fassung EN 50361:2001	DIN EN 50361
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 361
ICS 33.070.01; 33.100.01 Basic Standard for the measurement of Specific Absorption Rate related to human exposure to electromagnetic fields from mobile phones (300 MHz – 3 GHz); German version EN 50361:2001 Norme de base relative à la mesure du Débit d’Absorption Spécifique relatif à l’exposition des personnes aux champs électromagnétiques émis par les téléphones mobiles (300 MHz – 3 GHz); Version allemande EN 50361:2001 Die Europäische Norm EN 50361:2001 hat den Status einer Deutschen Norm. Beginn der Gültigkeit Die EN 50361 wurde am 2001-07-03 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 50361 (VDE 0848 Teil 361):2001-02. Fortsetzung Seite 2 und 53 Seiten EN DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE NA Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG) im DIN		

Ref. Nr. DIN EN 50361

VDE 0848 Teil 361:2002-06

Platzg.

VDE-Vertr.-Nr.

Normen-Nr. 338



Documents

Document Sharing Hub

DIN EN 50361 (VDE 0848 Teil 361):2002-06

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 Basisgrenz- und Referenzwerte von Mobiltelefonen (Mobilfunkgeräten) eingehalten werden.

Die diesbezüglichen Anforderungen (Grenzwerte) für die in den Anwendungsbereich dieser Norm fallenden Geräte (Einrichtungen) sind in der EN 50360:2001 festgelegt. Deren Deutsche Fassung wurde als **DIN EN 50360 (VDE 0848 Teil 360):2002-05** veröffentlicht.

Auf dem Gebiet dieser Norm wird zum Zeitpunkt ihrer Veröffentlichung auf internationaler Ebene die IEC 62209 „Procedure to determine the Specific Absorption Rate (SAR) for hand-held mobile telephones“ vom TC 106 „Methods for the assessment of electric, magnetic and electromagnetic fields associated with human exposure“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bearbeitet.

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.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist nachstehend wiedergegeben. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig.

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 50360:2001	Entwurf IEC 62209	DIN EN 50360 (VDE 0848 Teil 360):2002-05	VDE 0848 Teil 360

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 50360 (VDE 0848 Teil 360) *Begrenzung der Exposition von Personen gegenüber elektromagnetischen Feldern von Geräten, die im Frequenzbereich von 0 Hz bis 10 GHz betrieben und in der elektronischen Artikelüberwachung (en: EAS), Hochfrequenz-Identifizierung (en: RFID) und ähnlichen Anwendungen verwendet werden; Deutsche Fassung EN 50360:2001*

Grundnorm zur Messung der spezifischen Absorptionsrate (SAR) in Bezug auf
die Sicherheit von Personen in elektromagnetischen Feldern von
Mobiltelefonen (300 MHz bis 3 GHz)

Basic standard for the measurement of Specific
Absorption Rate related to human exposure to
electromagnetic fields from mobile phones
(300 MHz - 3 GHz)

Norme de base relative à la mesure du Débit
d'Absorption Spécifique relatif à l'exposition des
personnes aux champs électromagnétiques
émis par les téléphones mobiles
(300 MHz - 3 GHz)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2001-07-03 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, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik 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

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde von dem Technischen Komitee CENELEC TC 211 ^{N1)} „Einwirkung elektromagnetischer Felder auf den Menschen“ ausgearbeitet.

Der Text des Entwurfs wurde dem Einstufigen Annahmeverfahren unterworfen und von CENELEC am 2001-07-03 als EN 50361 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): 2002-03-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2003-03-01

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

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

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

^{N1)} Inzwischen umgetauft in CENELEC TC 106X

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Physikalische Größen, Einheiten und Konstanten	6
3.1 Physikalische Größen	6
3.2 Konstanten	7
4 Begriffe	7
5 Festlegungen zum Messsystem	11
5.1 Allgemeine Anforderungen	11
5.2 Festlegungen zum Messphantom (Schale und Flüssigkeit)	11
5.3 Festlegungen zur SAR-Messeinrichtung	13
5.4 Festlegungen zum Abtastsystem	13
5.5 Festlegungen für die Mobilfunkgerätehalterung	14
5.6 Weitere Einrichtungen	14
6 Protokoll für die SAR-Bewertung	14
6.1 Vorbereitung der Messung	14
6.2 Durchzuführende Prüfungen	16
6.3 Messverfahren	17
6.4 Nachbearbeitung	18
7 Bewertung der Unsicherheit	19
7.1 Allgemeine Anforderungen	19
7.2 Komponenten, die zur Unsicherheit beitragen	19
7.3 Unsicherheitsbewertung	24
8 Prüfbericht	26
8.1 Allgemeines	26
8.2 Angaben, die im Messbericht festgehalten werden müssen	26
Anhang A (informativ) Messphantom-Spezifikationen	27
A.1 Begründung für die Form des Messphantoms	27
A.2 Gewebesimulierende Flüssigkeiten	29
A.3 Vorbereitung des gewebesimulierenden Materials	29
A.4 Messung der dielektrischen Eigenschaften von Flüssigkeiten und Unsicherheitsbewertung	30
A.4.1 Messverfahren	30
A.4.2 Messleitung	30
A.4.3 Kontaktsonde	31
A.4.4 TEM-Wellenleiter	32
Anhang B (informativ) Kalibrierung der Messeinrichtung (Linearität, Isotropie, Empfindlichkeit) und Unsicherheitsbewertung	34
B.1 Einleitung	34
B.2 Bewertung der Empfindlichkeit der Dipolsensoren	34

	Seite
B.2.1 Zwei-Schritte-Verfahren	34
B.2.2 Ein-Schritt-Verfahren	39
B.3 Isotropie	41
B.3.1 Isotropie mit Dipol und flachem Messphantom	42
B.3.2 Isotropie mit Bezugsantennen	43
B.4 Linearität	44
B.5 Untere Messgrenze	44
B.6 Grenzeffekte	44
B.7 Reaktionszeit	44
Anhang C (informativ) Nachbearbeitungsverfahren und Unsicherheitsbewertung	45
C.1 Extrapolations- und Interpolationsverfahren	45
C.1.1 Einleitung	45
C.1.2 Interpolationsverfahren	45
C.1.3 Extrapolationsverfahren	45
C.1.4 Extrapolations- und Interpolations-Unsicherheitsbewertung	45
C.2 Mittelungsverfahren und Höchstwertermittlung	46
C.2.1 Einleitung	46
C.2.2 Auswahl des Würfels	46
C.2.3 Mittelung durch Verschiebung	47
C.2.4 Mittelungsverfahren und Bewertung der Unsicherheit bei der Ermittlung des Höchstwertes	48
Anhang D (normativ) Validierung des Messsystems	50
D.1 Vereinfachte Funktionsprüfung	50
D.1.1 Aufbau des Messphantoms	50
D.1.2 Dipolquelle	50
D.1.3 Messung der Dipoleingangsleistung	50
D.1.4 Systemprüfverfahren	52
D.2 Systemvalidierung	52
D.2.1 Zweck	52
D.2.3 Bezugs-Mobilfunkgeräte	52
D.2.4 Leistungsanordnung	53
D.2.5 Vergleichsverfahren	53
D.2.6 Unsicherheitsberechnungen	53
Bild 1 – Darstellung des Messphantoms	12
Bild 2 – Definition der Bezugslinien und -punkte am Mobilfunkgerät und am Messphantom und der Ausgangslage	16
Bild 3 – „Wangenlage“ und „Kipplage“ des Mobilfunkgeräts auf der linken Seite	16
Bild 4 – Blockschaltbild der durchzuführenden Prüfungen	17
Bild A.1 – Darstellung der in Tabelle A.1 enthaltenen Abmessungen	28
Bild B.1 – Experimentelle Anordnung für die Bewertung des Umrechnungsfaktors bei Verwendung	

eines vertikalen Rechteck-Hohlleiters.....	Seite 38
Bild B.2 – Darstellung der Anordnung.....	39
Bild B.3 – Anordnung für die Bewertung der Abweichung von der sphärischen Isotropie in gewebesimulierender Flüssigkeit.....	42
Bild B.4 – Messung der axialen Isotropie mit einer Bezugsantenne.....	43
Bild D.1 – Vereinfachte Funktionsprüfungsanordnung	51
 Tabelle 1 – Dielektrische Eigenschaften der Flüssigkeit.....	 13
Tabelle 2 25	
Tabelle A.1 – Für das Messphantom bedeutsame Kopfabmessungen: großer männlicher Kopf, 90. Perzentil	27
Tabelle A.2 – Dielektrische Eigenschaften einer äquivalenten Flüssigkeit für eine Mittelung über 10 g und 1 g und der jeweilige harmonisierte Wert	29
Tabelle B.1 – Unsicherheitsanalyse für eine Transferkalibrierung mit Temperatursonden	37
Tabelle B.2 – Unsicherheitsanalyse des Verfahrens, das die analytische Feldverteilung innerhalb von Hohlleitern verwendet	39
Tabelle B.3 – Unsicherheitsanalyse für die Ermittlung des Bezugsantennengewinns	40
Tabelle B.4 – Unsicherheits-Bewertung für das Verfahren mit Bezugsantennen.....	41

1 Anwendungsbereich

Diese Grundnorm gilt für jedes elektromagnetische Felder (EMF) aussendende Gerät, das zur Verwendung mit der abstrahlenden Struktur der Einrichtung vorgesehen ist und hierzu in unmittelbarer Nähe des menschlichen Ohres gehalten wird, wie z. B. Mobilfunkgeräte, Schnurlostelefone usw. Der abgedeckte Frequenzbereich umfasst 300 MHz bis 3 GHz.

Zweck dieser Norm ist, das Verfahren zum Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte für die spezifische Absorptionsrate (SAR) durch diese Geräte festzulegen.

2 Normative Verweisungen

Council Recommendation 1999/519/EG 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).

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.

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

IEC *Guide to the expression of uncertainty in measurement*, Ed. 1, 1995.

Phantom CAD files, SAM_in, SAM_out in 3D-IGES and DXF formats, and reference SAR distributions, öffentlich erhältlich auf CD-ROM.

3 Physikalische Größen, Einheiten und Konstanten

3.1 Physikalische Größen

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

<u>Größe</u>	<u>Formelzeichen</u>	<u>Einheit</u>	<u>Benennung</u>
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
Dielektrizitätskonstante	ϵ	Farad pro Meter	F/m
Spezifische Absorptionsrate	SAR	Watt pro Kilogramm	W/kg
Wellenlänge	λ	Meter	m
Temperatur	T	Kelvin	K
Wärmekapazität	c_i		J/kg K

ANMERKUNG In dieser Norm wird die Temperatur in Grad Celsius nach folgender Gleichung angegeben:

$$t = T - T_0$$

t = Temperatur in Celsius (°C)

T = Temperatur in Kelvin (K)

$T_0 = 273,16$ K

3.2 Konstanten

<u>Physikalische Konstante</u>	<u>Symbol</u>	<u>Größe</u>
Lichtgeschwindigkeit im Vakuum	c	$2,998 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$
Dielektrizitätskonstante des freien Raumes	ϵ_0	$8,854 \cdot 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$
Permeabilität des freien Raumes	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Hm}^{-1}$
Impedanz des freien Raumes	Z_0	$120 \text{ (oder } 377) \Omega$

4 Begriffe

4.1.1

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

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

$$P_{\text{avg}} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} P(t) dt \quad (4.1)$$

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

4.1.2

Mittelungsdauer t_{avg}

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

4.1.3

Basisgrenzwert

Grenzwert zur Begrenzung der Exposition mit zeitveränderlichen elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern, die unmittelbar auf anerkannten gesundheitlichen Wirkungen beruhen. In Anbetracht des von dieser Norm abgedeckten Frequenzbereichs wird als physikalische Größe die spezifische Absorptionsrate (SAR) angewandt

4.1.4

Grenzeffekt

für die Anwendung dieser Norm ist der Grenzeffekt der Einfluss der Grenzen zwischen zwei Medien des Phantoms auf die Empfindlichkeit der Sonde sowie der Einfluss der Sonde auf die Feldverteilung und Stromdichte bei Annäherung der Sonde an die Grenze zwischen zwei Medien

4.1.5

CAD

Abkürzung für Computerunterstütztes Entwerfen (en: Computer Aided Design). Standardformate sind IGES und DXF

4.1.6

Dauerexposition

Exposition über eine Zeitspanne, die die Mittelungsdauer überschreitet

4.1.7

Messgrenze

die untere (bzw. obere) Messgrenze ist definiert durch die minimal (bzw. maximal) quantifizierbare Reaktion der Messeinrichtung

4.1.8

Dielektrizitätskonstante (ϵ)

siehe 4.1.24

4.1.9

Tastverhältnis

Verhältnis von Impulsdauer zu Impulsperiodendauer einer periodischen Impulsfolge. Ein Tastverhältnis von 1 bedeutet, dass die Dauer der Impulsperiode gleich der Dauer des Impulses ist

4.1.10

elektrische Leitfähigkeit (σ)

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

4.1.11

elektrische Feldstärke (E)

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

$$E = \frac{F}{q} \quad (4.2)$$

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

4.1.12

elektrische Flussdichte (D)

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

$$D = \epsilon E \quad (4.3)$$

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

4.1.13

Feldwellenwiderstand (des freien Raums)

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)

4.1.14

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 Sonden Spitze 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 SAR 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 SAR 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

4.1.15

Linearität

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

4.1.16**Verlusttangens**

Verhältnis des Imaginärteils der komplexen Dielektrizitätskonstante eines Materials zu ihrem Realteil

4.1.17**magnetische Flussdichte (B)**

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

$$B = \mu H \quad (4.4)$$

Die magnetische Flussdichte wird in Tesla (T) ausgedrückt

4.1.18**magnetische Feldstärke (H)**

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

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \mu \vec{H}) \quad (4.5)$$

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

4.1.19**Messbereich**

Betriebszeitspanne des Messsystems, die durch die obere und untere Messgrenze abgegrenzt ist

4.1.20**Mobilfunkgerät**

für den Zweck dieser Norm umfasst die Bezeichnung „Mobilfunkgeräte“ alle Geräte, die in den Anwendungsbereich dieser Norm fallen

4.1.21**Mehrband**

ein Mehrband-Mobilfunkgerät wird innerhalb eines bestimmten Funksystems (Modus) in verschiedenen Frequenzbereichen betrieben, z. B. GSM 900 und GSM 1 800

4.1.22**Multimode**

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

4.1.23**Permeabilität (μ)**

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

$$\mu = \frac{B}{H} \quad (4.6)$$

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

4.1.24**Dielektrizitätskonstante (ϵ)**

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

$$\epsilon = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 = \frac{D}{E} \quad (4.7)$$

$$\epsilon_r = \epsilon'_r - j \cdot \epsilon''_r = |\epsilon_r| e^{-j\delta} = \epsilon'_r + \frac{\sigma}{j\omega\epsilon_0}$$

EN 50361:2001

Dabei ist

ε_r die komplexe relative Dielektrizitätskonstante;

ε' der Realteil der relativen Dielektrizitätskonstante;

ε'' der negative Imaginärteil der relativen Dielektrizitätskonstante;

δ der Winkel unter Verwendung der Eulerschen Darstellung der komplexen relativen Dielektrizitätskonstante;

σ die Leitfähigkeit.

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

4.1.25

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

4.1.26

Bezugs-SAR-Verteilung

die Bezugs-SAR-Verteilungen werden aus den Berechnungen mehrerer Konfigurationen, die für die Verwendung von Mobilfunkgeräten repräsentativ sind, abgeleitet. Sie werden für die Bewertung der Unsicherheiten verwendet, die sich aus der Nachbearbeitung und Fehlanpassungen der Sonden- und Messphantom-Bezugswerte ergeben

4.1.27

Reaktionszeit

Zeit, die von der Messeinrichtung benötigt wird, um nach einer schrittweisen Änderung des Expositionssignals 90 % des Endwerts zu erreichen

4.1.28

Abtastsystem

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

4.1.29

Empfindlichkeit (des Messsystems)

Verhältnis der Amplitude der Reaktion (z. B. Spannung) zum Wert der gemessenen Größe (z. B. Quadrat des elektrischen Feldes)

4.1.30

Hauttiefe

Entfernung von der Grenze eines Mediums zu dem Punkt, an dem die Feldstärke oder die induzierte Stromdichte auf 1/e ihrer Werte an der Grenzschicht verringert wurde. Die Hauttiefe wird in Metern (m) ausgedrückt

4.1.31

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

$$SAR = \frac{d}{dt} \left(\frac{dW}{dm} \right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{dW}{\rho dV} \right) \quad (4.8)$$

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

ANMERKUNG Die SAR kann wie folgt berechnet werden:

$$SAR = \frac{\sigma E_i^2}{\rho} \quad (4.9)$$

$$\text{SAR} = c_i \left. \frac{dT}{dt} \right|_{t=0} \quad (4.10)$$

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

$\left. \frac{dT}{dt} \right|_{t=0}$ anfängliche Zeitableitung der Temperatur des Körpergewebes in K/s

4.1.32

Wellenlänge (λ)

die Wellenlänge (λ) einer elektromagnetischen Welle ist auf die Frequenz (f) und die Lichtgeschwindigkeit (c) durch die Gleichung $c = f \lambda$ bezogen. Im freien Raum ist die Geschwindigkeit einer elektromagnetischen Welle gleich der Lichtgeschwindigkeit

5 Festlegungen zum Messsystem

Das Messsystem besteht aus dem Messphantom, der SAR-Messeinrichtung, dem Abtastsystem und der Mobilfunkgerätehalterung.

5.1 Allgemeine Anforderungen

Die Messung muss mit einer Miniatursonde durchgeführt werden, die automatisch positioniert wird, um die interne E -Feld-Verteilung in einem den menschlichen Kopf nachbildenden Messphantom, das den von einem Mobilfunkgerät erzeugten E -Feldern ausgesetzt ist, zu messen. Aus den gemessenen E -Feld-Werten müssen die SAR-Verteilung und der maximale volumengemittelte SAR-Wert berechnet werden.

Die Messung muss in einem Prüflaboratorium durchgeführt werden, das folgende Umgebungsbedingungen aufweist:

- die Umgebungstemperatur muss im Bereich (15 bis 30) °C liegen und die Schwankung während der Messung darf ± 2 °C nicht überschreiten;
- das Mobilfunkgerät darf nicht mit lokalen Mobilfunknetzen zusammenwirken;
- es ist dafür Sorge zu tragen, dass die Beeinflussung der SAR-Messungen durch in der Umgebung vorhandene elektromagnetische Quellen vermieden wird;
- es ist dafür Sorge zu tragen, dass die Beeinflussung der SAR-Messungen durch Reflexionen in der Umgebung (wie Boden, Positioniereinrichtung usw.) vermieden wird.

Das System ist mindestens einmal jährlich nach dem in [Anhang D](#) festgelegten Protokoll zu validieren.

5.2 Festlegungen zum Messphantom (Schale und Flüssigkeit)

5.2.1 Allgemeine Anforderungen

Die physikalischen Eigenschaften des Messphantoms (Größe und Form) müssen dem Kopf und Hals eines Benutzers ähneln, da die Form einen wesentlichen Expositionsparameter darstellt. Das Phantommodell muss aus einem Material mit dielektrischen Eigenschaften bestehen, die denen des Kopfgewebes ähnlich sind. Um eine Feldabtastung innerhalb des Messphantoms vornehmen zu können, muss das Material flüssig und in einem dem Kopf und Hals nachgebildeten Schalenmodell enthalten sein. Das Schalenmodell fungiert als geformter Behälter und ist so unauffällig wie möglich zu gestalten. Die Hand ist nicht zu modellieren (siehe [Anhang A](#)).

5.2.2 Form und Größe des Messphantoms

Die Form des Phantoms beruht auf der Größe und den Abmessungen des 90. perzentilen großen, männlichen Erwachsenen in der im Jahre 1989 veröffentlichten anthropomorphischen Studie. Die Form wurde angepasst, um das angelegte Ohr des Telefonbenutzers zu berücksichtigen (siehe [Anhang A](#)). Eine physikalische Darstellung dieser Anforderungen ist in den Bildern 1a und 1b enthalten.

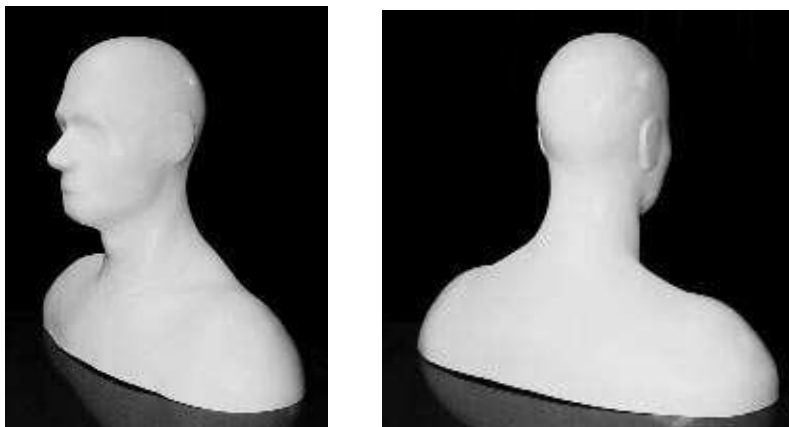


Bild 1a Bild 1b

Bild 1 – Darstellung des Messphantoms

Das „Specific Anthropomorphic Mannequin“ (en: SAM) muss für die SAR-Messungen verwendet werden. CAD-Dateien der inneren und äußeren Oberfläche (*SAM_in* bzw. *SAM_out*) des in dieser Norm verwendeten Bezugs-Messphantoms stehen der Allgemeinheit im 3D-CAD-Format, einschließlich 3D-IGES und DXF, auf CD-ROM zur Verfügung.

5.2.3 Schale des Messphantoms

Die Schale des Messphantoms muss aus einem Material mit niedrigem Verlusttangens und niedriger Dielektrizitätskonstante bestehen: $\tan(\delta) \leq 0,05$ und $\epsilon \leq 5$. Die Dicke des Messphantoms ist in den CAD-Dateien definiert. Deren Grenzabweichungen für den in den CAD-Dateien definierten Bereich (in dem das Mobilfunkgerät den Kopf berührt) muss $\pm 0,2$ mm sein.

Bezugspunkte am Messphantom:

Die Sondenposition muss in Bezug auf drei exakt definierte Punkte am Messphantom definiert werden. Diese Punkte R1, R2 und R3 müssen für die Kalibrierung des Positioniersystems verwendet werden. Drei weitere Punkte – M für den Mund, LO für das linke Ohr und/oder RO für das rechte Ohr (maximale akustische Kopplung) – sind am (an den) Phantom(en) festzulegen (siehe [Bild 2](#)). Diese Punkte müssen verwendet werden, um eine reproduzierbare Anordnung des Mobilfunkgeräts in Bezug auf das Messphantom zu ermöglichen.

Diese Punkte sind in den CAD-Dateien definiert.

5.2.4 Eigenschaften der Flüssigkeit

Die dielektrischen Eigenschaften der Flüssigkeit, mit der das Messphantom zu füllen ist, müssen sein:

$$\epsilon_r = 46,52 - 0,006 f[\text{MHz}] + 1,59 \cdot 10^{-6} f[\text{MHz}]^2 - 1,40 \cdot 10^{-10} f[\text{MHz}]^3 \quad (5.1)$$

$$\sigma [\text{S/m}] = 0,8054 + 0,00015 f[\text{MHz}] + 4,12 \cdot 10^{-8} f[\text{MHz}]^2 + 2,87 \cdot 10^{-11} f[\text{MHz}]^3 \quad (5.2)$$

Tabelle 1 – Dielektrische Eigenschaften der Flüssigkeit

Frequenz MHz	ϵ_r	σ S/m
300	45	0,85
450	44	0,88
900	42	0,99
1 450	41	1,20
1 800	40	1,38
2 450	39	1,84
3 000	39	2,40

Für die SAR-Berechnungen sind vorrangig die gemessenen dielektrischen Eigenschaften der Flüssigkeit anstelle der in Gleichung (11) und in Gleichung (12) und in Tabelle 1 enthaltenen theoretischen Werte zu verwenden. Beispiele für Rezepte für die in der Tabelle 1 festgelegten Flüssigkeiten, die bei Mobilfunkfrequenzen angewandt werden, sind in [Anhang A](#) enthalten.

5.3 Festlegungen zur SAR-Messeinrichtung

Die Messeinrichtung muss in ihrer Gesamtheit kalibriert werden. Die Sonde muss zusammen mit dem Verstärker, dem Messgerät und dem Datenerfassungssystem kalibriert werden. Die Messeinrichtung muss für jede gewebesimulierende Flüssigkeit bei der jeweiligen Betriebsfrequenz und Temperatur nach dem in [Anhang B](#) beschriebenen Verfahren kalibriert werden.

Die unterste Messgrenze muss weniger als 0,02 W/kg und die oberste Messgrenze mehr als 100 W/kg betragen. Die Linearität muss innerhalb von $\pm 0,5$ dB über den SAR-Wertebereich von 0,02 W/kg bis 100 W/kg liegen. Die Isotropie muss innerhalb ± 1 dB liegen. Die Empfindlichkeit, Linearität und Isotropie sind in der gewebesimulierenden Flüssigkeit zu ermitteln. Die Reaktionszeit muss angegeben werden.

Zur Erfüllung dieser Anforderungen sollte die Länge der einzelnen Sensoren in der *E*-Feld-Sonde 5 mm und die Außenabmessungen der Schutzhülle 8 mm nicht überschreiten.

Falls es sich beim gemessenen Signal um ein gepulstes Signal, z. B. einen TDMA-Rahmen, handelt, müssen die Integrationszeit und Mittelungsdauer der SAR-Messeinrichtung (die auf der Effektivwert-Messung beruhen) in der Lage sein, Ergebnisse zu liefern, die innerhalb eines Bereichs von ± 5 % reproduzierbar sind.

5.4 Festlegungen zum Abtastsystem

5.4.1 Allgemeine Anforderungen

Das die Sonde führende Abtastsystem muss das gesamte exponierte Volumen des Messphantoms abtasten können, um die dreidimensionale SAR-Verteilung ermitteln zu können. Der mechanische Aufbau des Abtastsystems darf die SAR-Messungen nicht beeinflussen.

5.4.2 Technische Anforderungen

Genauigkeit:

Die Unsicherheit der Positionierung der Sondenspitze über dem Messbereich muss kleiner als $\pm 0,2$ mm sein.

Abtastauflösung:

Die Abtastauflösung ist die Schrittweite, mit der das Messsystem Messungen durchführen kann. Die Abtastauflösung muss 1 mm oder weniger betragen.

5.5 Festlegungen für die Mobilfunkgerätehalterung

Die Mobilfunkgerätehalterung muss die Positionierung des Mobilfunkgeräts nach den in 6.1.4 enthaltenen Festlegungen mit einer Grenzabweichung des Absenkungswinkels von $\pm 1^\circ$ ermöglichen. Die Halterung muss aus einem Material (Materialien) mit niedriger Verlustrate und niedriger Dielektrizitätskonstante bestehen: $\tan \delta \leq 0,05$ und $\epsilon_r \leq 5$.

5.6 Weitere Einrichtungen

5.6.1 Messung der dielektrischen Eigenschaften der Flüssigkeit

Die dielektrischen Eigenschaften der gewebesimulierenden Flüssigkeit müssen bei der entsprechenden Frequenz und Temperatur gemessen werden. Diese Messung kann mit der Einrichtung und dem Verfahren durchgeführt werden, die in [Anhang A](#) beschrieben sind.

6 Protokoll für die SAR-Bewertung

6.1 Vorbereitung der Messung

6.1.1 Allgemeine Vorbereitungen

Die dielektrischen Eigenschaften der gewebesimulierenden Materialien sind vor den SAR-Messungen bei derselben Temperatur mit einer Messunsicherheit von $\pm 2^\circ \text{C}$ zu messen. Die gemessenen Werte müssen mit den für die betreffenden Frequenzen in 5.2.4 angegebenen Werten für die relative Dielektrizitätskonstante und die Leitfähigkeit unter Einhaltung einer Grenzabweichung von $\pm 5\%$ übereinstimmen. Die Messverfahren sind in [Anhang A](#) beschrieben.

Das Messphantom muss mit der gewebesimulierenden Flüssigkeit gefüllt werden. Dabei muss die Tiefe der Flüssigkeit innerhalb des Messphantoms bei vertikaler Lage des Gehörgangs mindestens 15 cm betragen. Die Flüssigkeit ist vor der Messung sorgfältig zu rühren und darf keine Luftblasen enthalten.

Das Koordinatensystem des Abtastsystems muss dem Koordinatensystem des Messphantoms mit einer Grenzabweichung von $\pm 0,2 \text{ mm}$ angeglichen werden.

6.1.2 Vereinfachte Funktionsprüfung

Bei Änderung einer der o. g. Parameter muss vor den Messungen eine vereinfachte Funktions- und Rauschpegelprüfung nach 7.2.1.7 durchgeführt werden.

Zweck der vereinfachten Funktionsprüfung ist es nachzuweisen, dass das System innerhalb seiner betrieblichen Festlegungen arbeitet. Bei der vereinfachten Funktionsprüfung handelt es sich um eine einfache Wiederholungsprüfung um sicherzustellen, dass das System während der Prüfung auf Einhaltung der Anforderungen ordnungsgemäß funktioniert. Die vereinfachte Funktionsprüfung muss durchgeführt werden, um eine mögliche Drift innerhalb kurzer Zeitabschnitte und andere Systemfehler zu erkennen, wie z. B.:

- Änderungen der Flüssigkeitsparameter, z. B. auf Grund von Wasserverdampfung oder Temperaturänderung;
- Komponentenausfälle;
- Komponentendrift;
- Bedienungsfehler im Aufbau oder in den Softwareparametern;
- Systembeeinträchtigungen, z. B. HF-Störungen.

Die vereinfachte Funktionsprüfung ist entsprechend [Anhang D](#) durchzuführen. Sie besteht aus einer Messung der SAR, gemittelt über 10 g Masse, mit Hilfe einer vereinfachten Anordnung mit einem Dipol als Quelle. Die Komponenten und Verfahren der vereinfachten Funktionsprüfung entsprechen denen der Prüfungen auf Einhaltung der Anforderungen. Die vereinfachte Funktionsprüfung ist vor diesen Messungen

durchzuführen. Das Ergebnis muss innerhalb von $\pm 10\%$ des Sollwertes liegen. Der Sollwert ist vom System selbst zu bestimmen, z. B. nach der Systemvalidierungsprüfung. Die vereinfachte Funktionsprüfung ist bei einer zentralen Frequenz jedes einzelnen Sendebereichs des Mobilfunkgeräts durchzuführen.

6.1.3 Vorbereitung des zu prüfenden Mobilfunkgeräts

Für die Prüfung ist der interne Sender des Mobilfunkgeräts zu verwenden. Die Antenne(n), Batterie und das Zusatzbehör müssen denen entsprechen, die vom Hersteller festgelegt wurden. Die Batterie ist vor jeder Messung aufzuladen. Das Mobilfunkgerät darf keine externen Verbindungen aufweisen.

Die Ausgangsleistung und die (der) Frequenz(kanal) sind mit einem internen Prüfprogramm oder mittels einer geeigneten Prüfeinrichtung (Basisstations-Simulator) zu steuern. Das Mobilfunkgerät muss auf dem höchsten, vom System zugelassenen Spitzen-Ausgangspegel senden. Bei Verwendung einer drahtlosen Verbindung (Funkverbindung) ist eine Antenne an den Ausgang des Basisstations-Simulators anzuschließen. Die Antenne ist mindestens 50 cm vom Mobilfunkgerät entfernt anzuordnen. Das vom Simulator am Antennenspeisepunkt abgegebene Signal muss mindestens 30 dB unter dem Ausgangspegel des Mobilfunkgeräts liegen.

6.1.4 Position des Mobilfunkgeräts in Bezug auf das Messphantom

Das Mobilfunkgerät muss auf der rechten und linken Seite des Messphantoms in der „Wangenlage“ und „Kipplage“ gemessen werden.

Definition der „Wangenlage“:

- a) Das Gerät muss so angeordnet werden, dass die vertikale Mittellinie des Geräts und die horizontale Linie die Mitte der Hörmuschel in einer Ebene parallel zur sagittalen Ebene des Messphantoms durchqueren („Anfangsposition“, siehe [Bild 2](#)). Während das Gerät in dieser Position gehalten wird, wird die vertikale Mittellinie mit der Bezugsebene, die die drei Ohren- und Mund-Bezugspunkte (M, RO und LO) enthält, ausgerichtet und der Mittelpunkt der Hörmuschel wird mit der Linie RO-LO ausgerichtet.
- b) Das Gerät ist an das Messphantom heranzuführen, wobei die Hörmuschel auf die LO-RO-Linie ausgerichtet wird, bis das Gerät das Ohr berührt. Während das Gerät in der Bezugsebene und die Hörmuschel am Ohr bleibt, muss der untere Teil des Geräts so lange bewegt werden, bis jeglicher beliebiger Punkt auf seiner Vorderseite die Wange berührt oder bis der Ohrkontakt verloren geht.

Definition der „Kipplage“:

- a) Das Gerät ist in der oben beschriebenen „Wangenlage“ anzuordnen.
- b) Während das Gerät in der oben beschriebenen Bezugsebene bleibt und zum Ohr hin gedreht wird, ist es um 15° vom Mund zu entfernen oder bis der Ohrkontakt verloren geht.