

	DIN EN 62209-1 (VDE 0848-209-1)	
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	
ICS 33.050.10	Ersatz für DIN EN 50361 (VDE 0848-361):2002-06 Siehe jedoch Beginn der Gültigkeit Sicherheit von Personen in hochfrequenten Feldern von handgehaltenen und am Körper getragenen schnurlosen Kommunikationsgeräten – Körpermodelle, Messgeräte und Verfahren – Teil 1: Verfahren zur Bestimmung der spezifischen Absorptionsrate (SAR) von handgehaltenen Geräten, die in enger Nachbarschaft zum Ohr benutzt werden (Frequenzbereich von 300 MHz bis 3 GHz) (IEC 62209-1:2005); Deutsche Fassung EN 62209-1:2006 Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices – Human models, instrumentation, and procedures – Part 1: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity to the ear (frequency range of 300 MHz to 3 GHz) (IEC 62209-1:2005); German version EN 62209-1:2006 Exposition humaine aux champs radiofréquence produits par les dispositifs de communications sans fils tenus à la main ou portés près du corps – Modèles de corps humain, instrumentation et procédures – Partie 1: Détermination du débit d'absorption spécifique (DAS) produit par les appareils tenus à la main et utilisés près de l'oreille (plage de fréquence de 300 MHz à 3 GHz) (CEI 62209-1:2005); Version allemande EN 62209-1:2006	
		Gesamtumfang 114 Seiten
	DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE	

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2006-03-01 angenommene EN 62209-1 gilt als DIN-Norm ab 2007-03-01.

Daneben darf **DIN EN 50361 (VDE 0848-361):2002-06** noch bis 2009-03-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 62209-1 (VDE 0848-209-1):2006-05.

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 764 „Sicherheit in elektromagnetischen Feldern“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (<http://www.dke.de>) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 106 „Testing instrumentation and methods for measuring electric and magnetic fields associated with human exposure“ erarbeitet.

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

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

Diese Europäische Norm beschreibt Mess- und Berechnungsverfahren für den Nachweis, dass für die Sicherheit von Personen in elektromagnetischen Feldern festgelegte Basisgrenzwerte der spezifischen Absorptionsrate von handgehaltenen und am Körper getragenen schnurlosen Kommunikationsgeräten, die im Frequenzbereich 300 MHz bis 3 GHz betrieben werden, eingehalten werden. Dieser Nachweis kann entweder durch direkten Nachweis oder indirekt durch den Nachweis der Einhaltung von abgeleiteten Werten erfolgen.

Für den europäischen Bereich sind entsprechende Anforderungen (Grenzwerte) für die in den Anwendungsbereich dieser Norm fallenden Einrichtungen in der Europäischen Norm EN 50360:2001 festgelegt. Die EN 50360:2001 verwies bezüglich der Mess- und Berechnungsverfahren ursprünglich auf die EN 50361:2001, die nun durch die EN 62209-1:2006 ersetzt wird. Die Verweisung in der EN 50360:2001 wurde durch das Corrigendum: Juli 2006 zur EN 50360:2001 auf die EN 62209-1:2006 umgestellt. Die Deutsche Fassung der EN 50360:2001 wurde als **DIN EN 50360 (VDE 0848-360):2002-05** veröffentlicht.

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 50361 (VDE 0848-361):2002-06** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Ersatz der Bezeichnung „Mobilfunkgerät“ durch die allgemeinere Bezeichnung „schnurloses Gerät“;
- b) Ergänzung weiterer Begriffe (3.1, 3.7, 3.14, 3.26, 3.30, 3.40, 3.41) im Abschnitt 3 „Begriffe“ (vorher Abschnitt 4);
- c) Vertauschung der Reihenfolge der Abschnitte 3 und 4 und Ergänzung eines Abkürzungsverzeichnisses (neuer Abschnitt 4.3);
- d) Einengung der Umgebungstemperaturangabe in 5.1 in 18 °C bis 25 °C; Ergänzung einer Grenze für die Beeinflussung der Messung durch Reflektionen, HF-Sender usw. sowie von Festlegungen zur Systemvalidierung;
- e) Ergänzung weiterer Angaben über die dielektrischen Eigenschaften der gewebeäquivalenten Flüssigkeit in 5.2.4 und Ergänzung eines Anhangs I mit Beispielen für solche Flüssigkeiten;
- f) detailliertere Darstellung der Messanordnungen des Prüflings und Aufnahme eines Hinweises auf alternative Messlagen, wenn die festgelegten Messanordnungen nicht möglich sind;
- g) Ergänzung von 6.1.5 mit Festlegungen zur Auswahl der Prüffrequenzen;
- h) genauere Beschreibung der einzelnen Prüfschritte, die nach 6.2 durchzuführen sind;

- i) genauere Beschreibung des Messverfahrens in 6.3;
- j) Überarbeitung des Abschnitts 7 zur Abschätzung der Messunsicherheit, darunter:
- k) Ergänzung in 7.1.1 bezüglich des Konzepts der Abschätzung der Messunsicherheit;
- l) Ergänzung in 7.1.2 bezüglich der Messunsicherheit bei Wiederholungsmessungen;
- m) Ergänzung von 7.1.3 mit Festlegungen zu den Freiheitsgraden und zum Abdeckungsfaktor;
- n) Ergänzung einer Einleitung nach 7.2.3 (neuer Abschnitt 7.2.3.1) und Anpassung der Nummern der nachfolgenden Abschnitte;
- o) Ergänzung einer Einleitung nach 7.2.4 (neuer Abschnitt 7.2.4.1) und Anpassung der Nummern der nachfolgenden Abschnitte;
- p) Umstellung der Anhänge und Ergänzung weiterer Anhänge;
- q) Änderung der Anhänge A und B in normative Anhänge;
- r) Transferierung der Abschnitte A.3 und A.4 in die neuen Anhänge I und J und deren Überarbeitung;
- s) Ergänzung des Abschnittes C.3 in Anhang C;
- t) Ergänzung der informativen Anhänge E, F, G, H, I und J;
- u) Zusammenfassung der Literaturhinweise am Ende der Norm anstelle der bisherigen dezentralen Wiedergabe bei den entsprechenden Abschnitten;
- v) redaktionelle Überarbeitung der Norm.

Frühere Ausgaben

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

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

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

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

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
ENV 13005:1999	ISO/IEC Guide to the expression of uncertainty in measurement:1995	DIN V ENV 13005:1999-06	—
EN ISO/IEC 17025:2000	ISO/IEC 17025:1999	DIN EN ISO/IEC 17025:2000-04	—

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 50360:2001 + Corrigendum: Juli 2006	–	DIN EN 50360 (VDE 0848-360):2002-05 + DIN EN 50360 Ber 1 (VDE 0848-360 Ber 1):2007-02	VDE 0848-360 + VDE 0848-360 Ber 1
–	ISO/IEC 43-1:1997	–	–
–	IEC 60050	–	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN V ENV 13005:1999-06, *Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen*; Deutsche Fassung ENV 13005:1999.

DIN EN ISO/IEC 17025:2000-04, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien* (ISO/IEC 17025:1999); Dreisprachige Fassung EN ISO/IEC 17025:2000

DIN EN 50360 (VDE 0848-360):2002:05, *Produktnorm zum Nachweis der Übereinstimmung von Mobiltelefonen mit den Basisgrenzwerten hinsichtlich der Sicherheit von Personen in elektromagnetischen Feldern (300 MHz bis 3 GHz)*; Deutsche Fassung EN 50360:2001

DIN EN 50360 Ber 1 (VDE 0848-360 Ber 1):2007:02, *Produktnorm zum Nachweis der Übereinstimmung von Mobiltelefonen mit den Basisgrenzwerten hinsichtlich der Sicherheit von Personen in elektromagnetischen Feldern (300 MHz bis 3 GHz)*; Berichtigungen zu DIN EN 50360 (VDE 0848-360):2002-05

**Sicherheit von Personen in hochfrequenten Feldern von handgehaltenen und am Körper getragenen schnurlosen Kommunikationsgeräten –
Körpermodelle, Messgeräte und Verfahren –
Teil 1: Verfahren zur Bestimmung der spezifischen Absorptionsrate (SAR) von handgehaltenen Geräten, die in enger Nachbarschaft zum Ohr benutzt werden
(Frequenzbereich von 300 MHz bis 3 GHz)
(IEC 62209-1:2005)**

Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices –
Human models, instrumentation, and procedures –
Part 1: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity to the ear (frequency range of 300 MHz to 3 GHz)
(IEC 62209-1:2005)

Exposition humaine aux champs radiofréquence produits par les dispositifs de communications sans fils tenus à la main ou portés près du corps –
Modèles de corps humain, instrumentation et procédures –
Partie 1: Détermination du débit d'absorption spécifique (DAS) produit par les appareils tenus à la main et utilisés près de l'oreille (plage de fréquence de 300 MHz à 3 GHz)
(CEI 62209-1:2005)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2006-03-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

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

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

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

CENELEC

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

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

© 2006 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 62209-1:2006 D

Vorwort

Der Text der Internationalen Norm IEC 62209-1:2005, ausgearbeitet von dem IEC/TC 106 „Methods for the assessment of electric, magnetic and electromagnetic fields associated with human exposure“, wurde der formellen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2006-03-01 ohne irgendeine Abänderung als EN 62209-1 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 50361:2001.

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): 2007-03-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2009-03-01

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62209-1:2005 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
Einleitung	8
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe	9
4 Formelzeichen und Abkürzungen.....	17
4.1 Physikalische Größen.....	17
4.2 Konstanten.....	18
4.3 Abkürzungen	18
5 Festlegungen zum Messsystem.....	18
5.1 Allgemeine Anforderungen	18
5.2 Festlegungen zum Messphantom (Schale und Flüssigkeit).....	19
5.3 Festlegungen zur SAR-Messeinrichtung	24
5.4 Festlegungen zum Abtastsystem (Aufnahmesystem).....	24
5.5 Festlegungen für die Gerätehalterung.....	25
5.6 Messung der dielektrischen Eigenschaften der Flüssigkeit	25
6 Protokoll für die Bewertung der spezifischen Absorptionsrate.....	25
6.1 Vorbereitung der Messung	25
6.2 Durchzuführende Prüfungen	31
6.3 Messverfahren.....	32
6.4 Nachbearbeitung von Daten aus Messungen der spezifischen Absorptionsrate.....	34
7 Abschätzung der Unsicherheit	35
7.1 Allgemeine Anforderungen	35
7.2 Komponenten, die zur Unsicherheit beitragen	37
7.3 Abschätzung der Unsicherheit	49
8 Messbericht	52
8.1 Allgemeines	52
8.2 Angaben, die im Messbericht festgehalten werden müssen.....	52
Anhang A (normativ) Messphantom-Spezifikationen	53
A.1 Begründung für die Form des Messphantoms	53
A.2 Spezifikation des SAM-Messphantoms.....	53
A.3 Gewebeäquivalente Flüssigkeiten.....	57
Anhang B (normativ) Kalibrierung der Messeinrichtung (Linearität, Isotropie, Empfindlichkeit) und Abschätzung der Unsicherheit	59
B.1 Einleitung	59
B.2 Bewertung der Empfindlichkeit der Dipolsensoren	59
B.2.1 Zwei-Schritte-Kalibrierungsverfahren	59
B.2.2 Ein-Schritt-Verfahren	63

	Seite
B.3 Isotropie	66
B.3.1 Axiale Isotropie	66
B.3.2 Sphärische und hemisphärische Isotropie.....	66
B.3.3 Isotropie mit flachem Messphantom und Dipol an der Seite	66
B.3.4 Isotropie mit flachem Messphantom und Dipol unterhalb.....	67
B.3.5 Isotropie mit Dipol und sphärischem Messphantom.....	68
B.3.6 Isotropie mit Bezugsantennen	70
B.4 Linearität	71
B.5 Untere Messgrenze.....	71
B.6 Grenzeffekte	71
B.7 Reaktionszeit	72
Anhang C (normativ) Nachbearbeitungsverfahren und Abschätzung der Unsicherheit.....	73
C.1 Extrapolations- und Interpolationsverfahren.....	73
C.1.1 Einleitung	73
C.1.2 Interpolationsverfahren	73
C.1.3 Extrapolationsverfahren.....	73
C.2 Mittelungsverfahren und Höchstwertermittlung	73
C.2.1 Einleitung	73
C.2.2 Auswahl des Würfels	73
C.2.3 Mittelung durch Verschiebung	75
C.2.4 Mittelungsverfahren und Abschätzung der Unsicherheit bei der Ermittlung des Höchstwertes.....	75
C.3 Beispiel für die Implementierung von Parametern für Aufnahme und Datenermittlung	75
C.3.1 Einleitung	75
C.3.2 Bereichsaufnahme zur Ermittlung des Höchstwertes.....	75
C.3.3 Zoom-Scan (Vergrößerungsaufnahme).....	76
C.3.4 Extrapolation	76
C.3.5 Interpolation	76
C.3.6 Integration.....	77
Anhang D (normativ) Validierung des Systems zur Messung der spezifischen Absorptionsrate.....	78
D.1 Einleitung	78
D.2 Systemprüfung.....	78
D.2.1 Zweck.....	78
D.2.2 Aufbau des Messphantoms	79
D.2.3 Standardquelle.....	79
D.2.4 Messung der Eingangsleistung der Standardquelle.....	79
D.2.5 Verfahren der Systemprüfung.....	81
D.3 Systemvalidierung.....	81
D.3.1 Zweck.....	81
D.3.2 Aufbau des Messphantoms	81

	Seite
D.3.3 Bezugsdipolquelle	82
D.3.4 Messung der Eingangsleistung des Bezugsdipols.....	82
D.3.5 Verfahren der Systemvalidierung	82
D.3.6 Bezugs-SAR-Werte	83
Anhang E (informativ) Vergleich von Laboratorien.....	85
E.1 Zweck	85
E.2 Aufbau des Messphantoms	85
E.3 Bezugs-Schnurlosgeräte	85
E.4 Leistungsanordnung	85
E.5 Vergleich von Laboratorien – Verfahren.....	86
Anhang F (informativ) Festlegung eines Koordinatensystems für das Messphantom und für das zu prüfende Gerät	87
Anhang G (informativ) Validierungsdipole	89
Anhang H (informativ) Flaches Messphantom	91
Anhang I (informativ) Empfohlene Zusammensetzungen von dem Kopfgewebe äquivalenten Flüssigkeiten für Messphantome.....	94
I.1 Einleitung	94
I.2 Bestandteile	94
I.3 Formeln für gewebeäquivalente Flüssigkeiten (Permittivität/Leitfähigkeit)	95
Anhang J (informativ) Messung der dielektrischen Eigenschaften von Flüssigkeiten und Abschätzung der Unsicherheit	96
J.1 Einleitung	96
J.2 Messverfahren.....	96
J.2.1 Messgeräte	96
J.2.2 Allgemeine Prinzipien	96
J.3 Geschlitzte Leitung	97
J.3.1 Geräteaufbau.....	97
J.3.2 Messverfahren.....	98
J.4 Kontaktsonde.....	98
J.4.1 Geräteaufbau.....	99
J.4.2 Messverfahren.....	100
J.5 TEM-Wellenleiter	100
J.5.1 Geräteaufbau.....	100
J.5.2 Messverfahren.....	101
J.6 Dielektrische Eigenschaften von Bezugsflüssigkeiten	102
J.7 Abschätzung der Unsicherheiten bei der Messung von dielektrischen Eigenschaften von Bezugsflüssigkeiten	103
Literaturhinweise.....	106
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	110

Bilder

Bild 1 – Abbildung des Messphantoms, wobei die Ohr-Bezugspunkte RE und LE, der Mund-Bezugspunkt M, die Bezugslinie N-F und der zentrale Streifen gezeigt werden	20
Bild 2 – Sagittal zweigeteiltes Messphantom mit erweitertem Umfang (für die Abbildung auf die Seite platziert, wie es für SAR-Messungen an Geräten verwendet wird)	20
Bild 3 – Sicht auf den Querschnitt von SAM in der Bezugsebene, die die Linie B-M enthält	22
Bild 4 – Seitenansicht des Messphantoms, wobei die relevanten Markierungen gezeigt werden	23
Bild 5a – Typischer Handapparat mit „festem“ Gehäuse	28
Bild 5b – Typischer Handapparat mit aufklappbarem Gehäuse	29
Bild 5 – Vertikale und horizontale Bezugslinien des Handapparats und Bezugspunkte A, B bei zwei beispielhaften Gerätearten	29
Bild 6 – Wangenlage des schnurlosen Geräts auf der linken Seite des SAM-Messphantoms	29
Bild 7 – Kipplage des schnurlosen Geräts auf der linken Seite des SAM-Messphantoms	30
Bild 8 – Blockdiagramm der durchzuführenden Prüfungen	32
Bild 9 – Ausrichtung der Sonde in Bezug auf die senkrecht zur Oberfläche stehende Linie, an zwei verschiedenen Stellen gezeigt	34
Bild 10 – Ausrichtung und Oberfläche des Mittelungsvolumens in Bezug auf die Oberfläche des Messphantoms	49
Bild A.1 – Darstellung der Abmessungen in Tabelle A.1	54
Bild A.2 – Nahaufnahme der Seitenansicht des Messphantoms, wobei die Ohrregion gezeigt wird	56
Bild A.3 – Seitenansicht des Messphantoms, wobei relevante Markierungen gezeigt werden	57
Bild B.1 – Experimenteller Aufbau für die Bewertung der Empfindlichkeit (des Umrechnungsfaktors) bei Verwendung eines vertikal ausgerichteten rechteckförmigen Hohlleiters	62
Bild B.2 – Darstellung des Messaufbaus zur Ermittlung des Antennengewinns	64
Bild B.3 – Aufbau für die Bewertung der Abweichung von der sphärischen Isotropie in der gewebeäquivalenten Flüssigkeit	67
Bild B.4 – Alternativer Aufbau für die Bewertung der Abweichung von der sphärischen Isotropie in der gewebeäquivalenten Flüssigkeit	68
Bild B.5 – Versuchsaufbau zur Bewertung der hemisphärischen Isotropie [11]	69
Bild B.6 – Vereinbarungen für die Position (ξ) und Polarisation (θ) des Dipols [11]	69
Bild B.7 – Messung der axialen Isotropie mit einer Bezugsantenne	70
Bild B.8 – Messung der hemisphärischen Isotropie mit einer Bezugsantenne	71
Bild C.1 – Drei-Punkte-Verfahren	74
Bild C.2 – Verfahren der tangential angelegten Vorderseite	74
Bild C.3 – Mittelungsverfahren	75
Bild C.4 – Verfahren der Mittelung durch Verschiebung	75
Bild C.5 – Extrapolation von SAR-Daten in Abhängigkeit vom Abstand zur inneren Oberfläche des Messphantoms auf der Grundlage einer Polynomlösung vierter Ordnung mit kleinsten Fehlerquadraten für die gemessenen Daten (Quadrate)	76
Bild D.1 – Messaufbau für die Systemprüfung	80
Bild F.1 – Beispiel eines Koordinatensystems für das SAM-Messphantom	87
Bild F.2 – Beispiel eines Koordinatensystems für das SAM-Messphantom	88
Bild G.1 – Mechanische Einzelheiten des Bezugsdipols	90

Bild H.1 – Zur Ableitung der Mindestmaße von W und L benutzte Abmessungen des flachen Messphantom-Aufbaus.....	91
Bild H.2 – Mit Hilfe des FDTD-Verfahrens vorausgesagte Unsicherheit des Spitzenwerts der über 10 g volumengemittelten SAR als Funktion der Abmessungen des flachen Messphantoms im Vergleich zu einem unendlichen flachen Messphantom	92
Bild J.1 – Aufbau mit geschlitzter Leitung.....	97
Bild J.2 – Eine an den Enden offene (leerlaufende) koaxiale Sonde mit den inneren und äußeren Radien a bzw. b	99
Bild J.3 – Dielektrischer Prüfaufbau mit TEM-Wellenleiter	101

Tabellen

Tabelle 1 – Dielektrische Eigenschaften der gewebeäquivalenten Flüssigkeit.....	24
Tabelle 2 – Zur Abschätzung von Unsicherheiten bei der Nachbearbeitung verwendete Bezugs- SAR -Werte in W/kg.....	45
Tabelle 3 – Tabellenschablone für die Erfassung der Messunsicherheit bei der SAR -Prüfung von handgehaltenen Geräten.....	50
Tabelle A.1 – Für die Form des Messphantoms bedeutsame Kopfabmessungen: Maße des SAM im Vergleich zum Kopf einer großen männlichen Person, 90. Perzentil, aus dem Gordon-Bericht [18]	55
Tabelle A.2 – Spezifische Leitlinien für den Entwurf des SAM-Messphantoms und CAD-Datei.....	56
Tabelle B.1 – Unsicherheitsanalyse für eine Transferkalibrierung mit Hilfe von Temperatursonden	61
Tabelle B.2 – Unsicherheits-Tabellenschablone für die Kalibrierung unter Verwendung der analytischen Feldverteilung in einem Hohlleiter	63
Tabelle B.3 – Unsicherheits-Tabellenschablone für die Ermittlung des Antennengewinns der Bezugsantenne.....	65
Tabelle B.4 – Unsicherheits-Tabellenschablone für die Kalibrierung unter Verwendung von Bezugsantennen.....	66
Tabelle D.1 – Numerische Bezugs- SAR -Werte für Bezugsdipol und flaches Messphantom.....	84
Tabelle G.1 – Mechanische Abmessungen des Bezugsdipols	89
Tabelle H.1 – Zur Berechnung von in Tabelle D.1 angegebenen Bezugs- SAR -Werten benutzte Parameter	93
Tabelle I.1 – Vorgeschlagene Zusammensetzungen, um die Zielwerte der dielektrischen Parameter zu erreichen	95
Tabelle J.1 – Parameter zur Berechnung der dielektrischen Eigenschaften von verschiedenen Bezugsflüssigkeiten.....	103
Tabelle J.2 – Dielektrische Eigenschaften von Bezugsflüssigkeiten bei 20 °C.....	103
Tabelle J.3 – Beispielhafte Unsicherheits-Tabellenschablone und beispielhafte numerische Werte für die Messung der Dielektrizitätskonstante (ϵ'_r) und Leitfähigkeit (σ)	105

Einleitung

Die internationalen bzw. europäischen Komitees IEC TC 106, CENELEC TC 106X/WG 1 und das IEEE Standards Coordinating Committee 34 (SCC 34) arbeiten auf informeller Grundlage über gegenseitige Mitgliedschaften zusammen, um das Ziel der Harmonisierung zu erreichen – insbesondere zwischen dem Projektteam 62209 des IEC TC 106 auf dem Gebiet des Dokuments „Verfahren zur Bestimmung der spezifischen Absorptionsrate (SAR) von handgehaltenen Mobiltelefonen im Frequenzbereich 300 MHz bis 3 GHz“ und dem TC 34 für das Dokument IEEE Std 1528 „IEEE Recommended Practice for Determining the Peak Spatial-Average Specific Absorption Rate (SAR) in the Human Head from Wireless Communications Devices Measurement Techniques“ [22].

Eine erste Anstrengung während dieses Prozesses stellte die Harmonisierung dieser beiden Dokumente dar.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm gilt für jedes elektromagnetische Felder (EMF) aussendende Gerät, das zur Verwendung mit der abstrahlenden Struktur des Gerätes vorgesehen ist und hierzu in unmittelbarer Nähe des menschlichen Kopfes betrieben und gegen das Ohr gehalten wird, einschließlich Mobiltelefone, Schnurlos-telefone 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

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

ISO/IEC Guide 1995, *Guide to the expression of uncertainty in measurement*.

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

3 Begriffe

3.1

Dämpfungskoeffizient

numerischer Faktor, der zur Bewertung der durch den menschlichen Kopf oder das Körpergewebe bewirkten Dämpfung zwischen der Quelle und einem festgelegten Punkt vorgesehen ist

3.2

(zeitlicher) Mittelwert der absorbierten Leistung

Wert der über die Zeit gemittelten Rate der übertragenen Energie, definiert durch:

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

Dabei ist

t_1	Zeitpunkt des Beginns der Exposition
t_2	Zeitpunkt des Endes der Exposition
$t_1 - t_2$	Expositionsdauer
$P(t)$	absorbierte Momentanleistung in W
$\bar{P}_{\text{avg}}$	mittlere Leistung in W

3.3

axiale Isotropie

maximale Abweichung der spezifischen Absorptionsrate, die auftritt, wenn die Sonde um ihre Hauptachse rotiert, wobei sie einer Bezugswelle, die senkrecht zur Hauptachse des Gehäuses der Sonde einfällt, ausgesetzt wird

3.4

Basisgrenzwert

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

ANMERKUNG Im Rahmen des von dieser Norm abgedeckten Frequenzbereichs wird als Basisgrenzwert die spezifische Absorptionsrate (SAR) angewandt.

3.5

Grenzeffekt

Änderung der Empfindlichkeit einer elektrischen Feldsonde, wenn die Sonde in der Nähe (in kleinerem Abstand als der Durchmesser der Sondenspitze) der Grenze zwischen zwei Medien angeordnet ist

3.6

komplexe Permittivitätszahl**komplexe relative Permittivität**

Verhältnis der elektrischen Flussdichte in einem Medium zur elektrischen Feldstärke in einem Punkt. Die Permittivität von biologischem Gewebe ist frequenzabhängig

$$\epsilon = \frac{\vec{D}}{\vec{E}} = \epsilon_r \epsilon_0$$

Dabei ist

$\vec{D}$ die elektrische Flussdichte in Coulomb pro Quadratmeter (C/m²);

$\vec{E}$ die elektrische Feldstärke in Volt pro Meter (V/m)

ϵ_0 die Permittivität des freien Raums in Farad pro Meter = $8,854 \times 10^{-12}$ F/m

ϵ_r die komplexe relative Permittivität: $\epsilon_r = \epsilon'_r - j\epsilon''_r = \epsilon'_r + \frac{\sigma}{j\omega\epsilon_0}$

ANMERKUNG Bei einem isotropen Medium ist die Permittivität eine skalare Größe, bei einem anisotropen Medium ist sie eine tensorielle Größe.

3.7

leitungsgeführte Ausgangsleistung

die unter üblichen Betriebsbedingungen ermittelte mittlere Leistung, die durch einen Sender an die Übertragungsleitung einer Antenne während einer Zeitspanne, die im Vergleich zur Periodendauer der niedrigsten, in der Modulation auftretenden Frequenz ausreichend lang ist, übermittelt wird.

3.8

Leitfähigkeit

Verhältnis der Stromdichte in einem Medium zur elektrischen Feldstärke

$$\sigma = \frac{\vec{J}}{\vec{E}}$$

Dabei ist

$\vec{E}$ die elektrische Feldstärke in Volt pro Meter (V/m)

$\vec{J}$ die elektrische Stromdichte in Ampere pro Quadratmeter (A/m²)

σ die elektrische Leitfähigkeit des Mediums in Siemens pro Meter (S/m)

ANMERKUNG Bei einem isotropen Medium ist die Permittivität eine skalare Größe, bei einem anisotropen Medium ist sie eine tensorielle Größe, wobei das Kreuzprodukt aus σ und $\vec{E}$ impliziert ist.

3.9

Erfassungsgrenze**Messgrenze**

unterer (bzw. oberer) Erfassungsgrenzwert, definiert durch die kleinste (bzw. größte) quantifizierbare Reaktion der Messeinrichtung

3.10**Tastverhältnis**

Verhältnis der Impulsdauer zur Impulsperiodendauer einer periodischen Impulsfolge

3.11**elektrische Leitfähigkeit**

siehe Leitfähigkeit

3.12**elektrisches Feld**

vektorielle Feldgröße $\vec{E}$, die eine Kraft $\vec{F}$ auf einen beliebigen ruhenden Ladungsträger ausübt, wobei die Kraft gleich dem Produkt aus $\vec{E}$ und der elektrischen Ladung q des Trägers ist

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

Dabei ist

$\vec{F}$ die auf den Ladungsträger wirkende vektorielle Kraft in Newton (N)

q die Ladung des Trägers in Coulomb (C)

$\vec{E}$ die elektrische Feldstärke in Volt pro Meter (V/m).

3.13**elektrische Flussdichte
Verschiebung**

vektorielle Größe, die sich in einem gegebenen Punkt durch Addition der elektrischen Polarisation $\vec{P}$ zum Produkt aus dem elektrischen Feld $\vec{E}$ und der Dielektrizitätskonstante ϵ_0 ergibt

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$$

Dabei ist

$\vec{D}$ die elektrische Flussdichte in Coulomb pro Quadratmeter (C/m²)

ϵ_0 die Permittivität des freien Raums in Farad pro Meter = $8,854 \times 10^{-12}$ F/m

$\vec{E}$ das elektrische Feld in Volt pro Meter (V/m)

$\vec{P}$ die elektrische Polarisation des Mediums in Coulomb pro Quadratmeter (C/m²)

ANMERKUNG Für die Anwendung dieser Norm ist die elektrische Flussdichte in allen Punkten gleich dem Produkt aus dem elektrischen Feld und der Dielektrizitätskonstante.

$$\vec{D} = \epsilon'_r \vec{E}$$

3.14**Handapparat**

handgehaltenes Gerät, das für den Betrieb seitlich in unmittelbarer Nähe zum Kopf vorgesehen ist, aus einem akustischen Ausgang oder Ohrhörer und einem Mikrofon besteht und einen Funksender und -empfänger besitzt

3.15**hemisphärische Isotropie**

maximale Abweichung der SAR, die auftritt, wenn die Sonde um ihre Hauptachse rotiert, wobei sie einer Bezugswelle mit unterschiedlichen Einfallswinkeln zur Sondenachse, die aus dem Halbraum vor der Sonde einfällt, ausgesetzt wird

3.16**Isotropie**

siehe axiale Isotropie, hemisphärische Isotropie und Sondenisotropie

3.17**Linearitätsfehler**

maximale Abweichung einer gemessenen Größe über den Messbereich von der nächsten linearen, innerhalb eines gegebenen Intervalles definierten Bezugskurve

3.18**Verlusttangens**

Verhältnis des Imaginärteils der komplexen Permittivitätszahl eines Materials zu ihrem Realteil

$$\tan \delta = \frac{\varepsilon_r''}{\varepsilon_r'} = \frac{\sigma}{\omega \varepsilon_r' \varepsilon_0}$$

Dabei ist

- $\tan \delta$ der Verlusttangens;
- ε_r'' der Imaginärteil der komplexen Permittivitätszahl
- ε_r' der Realteil der komplexen Permittivitätszahl
- ε_0 die Permittivität des freien Raums in Farad pro Meter = $8,854 \times 10^{-12}$ F/m
- ω die Kreisfrequenz ($\omega = 2 \pi f$) in Radian/s
- σ die elektrische Leitfähigkeit des Mediums in Siemens pro Meter (S/m).

3.19**magnetisches Feld**

vektorielle Größe, die sich an einem Punkt durch Subtraktion der Magnetisierung $\vec{M}$ von der magnetischen Flussdichte $\vec{B}$, geteilt durch die magnetische Feldkonstante (Permeabilität) μ , ergibt

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu} - \vec{M}$$

Dabei ist

- $\vec{H}$ das magnetische Feld in Ampere pro Meter (A/m)
- $\vec{B}$ die magnetische Flussdichte in Tesla (T)
- μ die magnetische Feldkonstante (Permeabilität) des Vakuums in Henry pro Meter (H/m)
- $\vec{M}$ die Magnetisierung in Ampere pro Meter (A/m).

ANMERKUNG Für die Anwendung dieser Norm ist in allen Punkten $\vec{M} = 0$.

3.20 magnetische Flussdichte

vektorielle Feldgröße $\vec{B}$, die eine Kraft $\vec{F}$ auf einen beliebigen mit der Geschwindigkeit $\vec{v}$ bewegten Ladungsträger ausübt, wobei die Kraft gleich dem Produkt aus dem Vektorprodukt $\vec{v} \times \vec{B}$ und der elektrischen Ladung q des Trägers ist

$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$$

Dabei ist

$\vec{F}$ die auf den Ladungsträger wirkende vektorielle Kraft in Newton (N)

q die Ladung des Trägers in Coulomb (C)

$\vec{v}$ die Geschwindigkeit des Ladungsträgers in Meter pro Sekunde (m/s)

$\vec{B}$ die magnetische Flussdichte in Tesla (T).

3.21 magnetische Feldkonstante magnetische Permeabilität

skalare oder tensorielle Größe μ , deren Produkt mit der magnetischen Feldstärke $\vec{H}$ in einem Medium gleich der magnetischen Flussdichte $\vec{B}$ ist

$$\vec{B} = \mu \times \vec{H}$$

Dabei ist

$\vec{H}$ das magnetische Feld in Ampere pro Meter (A/m)

μ die magnetische Feldkonstante (Permeabilität) des Vakuums in Henry pro Meter (H/m)

$\vec{B}$ die magnetische Flussdichte in Tesla (T).

ANMERKUNG Bei einem isotropen Medium ist die absolute Permeabilität eine skalare, bei einem anisotropen Medium eine tensorielle Größe.

3.22 Messbereich

Betriebsintervall des Messsystems, das durch die obere und untere Messgrenze abgegrenzt ist

3.23 Mobilfunkgerät (schnurloses Gerät)

ausschließlich für den Zweck dieser Norm ist ein schnurloses Kommunikationsgerät ein Gerät, das betrieben wird, während es in unmittelbarer Nähe zum Kopf gegen das Ohr gehalten wird

ANMERKUNG Die Begriffe „mobil (bzw. ortsveränderlich)“ und „tragbar“ besitzen spezifische, aber grundsätzliche Bedeutungen in IEC 60050 [21] – mobil: betriebsfähig während des Transports (IEV 151-16-46); tragbar: geeignet, von einer einzelnen Person getragen zu werden (IEV 151-16-47). Der Begriff „tragbar“ impliziert oft die Fähigkeit, während des Transports betrieben werden zu können. Diese Definitionen werden in verschiedenen Regulierungen zur schnurlosen Kommunikation und Herstellerspezifikationen oft austauschbar benutzt. In manchen Fällen beziehen sie sich auf schnurlose Geräte und in anderen Fällen auf die vorgesehene Nutzung.

3.24

Mehrband (schnurloses Gerät)

schnurloses Gerät, das in mehr als einem Frequenzband betrieben werden kann

3.25

Multimode (schnurloses Gerät)

schnurloses Gerät, das in mehr als einer Signalübertragungsart betrieben werden kann, z. B. analog, CDMA und TDMA

3.26

Spitzenwert der volumengemittelten SAR

Höchstwert der über eine festgelegte Masse gemittelten SAR

3.27

Eindringungstiefe

siehe Hauttiefe

3.28

Permittivität

siehe komplexe Permittivitätszahl (komplexe relative Permittivität), Permittivitätszahl (relative Permittivität)

3.29

Messphantom (Kopf)

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

3.30

Ohrmuschel

äußeres Ohr

Pinna

der große knorpelige Teil des äußeren Ohrs, bestehend aus Ohrschnecke (Helix), Ohrläppchen und Anti-Helix

3.31

Leistung

siehe mittlere (zeitweilige) absorbierte Leistung, leitungsgeführte Ausgangsleistung

3.32

Sondenisotropie

Grad, bis zu dem die Antwort einer elektrischen oder magnetischen Feldsonde von der Polarisierung und der Ausbreitungsrichtung der einfallenden Welle unabhängig ist

3.33

Permittivitätszahl

relative Permittivität

Verhältnis der komplexen Permittivitätszahl (komplexen relativen Permittivität) zur Permittivitätszahl des freien Raums. Die komplexe relative Permittivität

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$

eines isotropen dielektrischen Mediums mit linearen Verlusten ist gegeben durch

$$\epsilon_r = \epsilon_r' - j\epsilon_r'' = \epsilon_r' + \frac{\sigma}{j\omega\epsilon_0} = \epsilon_r' \left(1 - j \frac{\epsilon_r''}{\epsilon_r'} \right) = \epsilon_r' (1 - j \tan \delta)$$

Dabei ist

ϵ_0	die Permittivität oder Dielektrizitätskonstante des freien Raums in Farad pro Meter ($8,854 \times 10^{-12}$ F/m)
ϵ	die komplexe Permittivität in Farad pro Meter
ϵ_r	die komplexe relative Permittivität
ϵ'_r	der Realteil der komplexen relativen Permittivität, auch als Dielektrizitätskonstante bekannt
ϵ''	der Teil der komplexen relativen Permittivität, der Verluste des dielektrischen Mediums darstellt (dielektrischer Verlustindex)
σ	die elektrische Leitfähigkeit in Siemens pro Meter (S/m)
ω	die Kreisfrequenz in Radian pro Meter
$\tan \delta$	der Verlusttangens

3.34

Reaktionszeit

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

3.35

Abtastsystem

Aufnahmesystem

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

3.36

Empfindlichkeit (des Messsystems)

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

3.37

Eindringtiefe

Hauttiefe

Entfernung von der Grenze eines Mediums zu dem Punkt, an dem die Feldstärke oder die induzierte Stromdichte auf den $(1/e)$ -fachen Wert an der Grenzschicht gedämpft ist.

Die Eindringtiefe δ eines Mediums hängt von der Ausbreitungskonstante der elektromagnetischen Welle, γ , entlang der Ausbreitungsrichtung ab [56]. Die Ausbreitungskonstante hängt von den dielektrischen Eigenschaften des Materials und von den Eigenschaften der Ausbreitungsmoden ab.

Die Eindringtiefe ist definiert durch:

$$\delta = \frac{1}{\operatorname{Re}[\gamma]}$$

wobei $\gamma = \alpha - j\beta$ ist. α ist die Dämpfungskonstante und β die Phasenkonstante der sich ausbreitenden Welle und

$$\gamma^2 = -\omega^2 \mu \epsilon + k_c^2$$

wobei μ und ϵ die magnetische Permeabilität bzw. die komplexe Permittivitätszahl des Mediums sind und k_c die transversale Ausbreitungskonstante der Ausbreitungsmoden ist. Somit ist:

$$\delta = \frac{1}{\operatorname{Re}[\sqrt{-\omega^2 \mu \epsilon + k_c^2}]}$$

Bei einer Ausbreitung unter Freiraumbedingungen $k_c^2 = 0$ gilt für die Eindringtiefe:

$$\delta = \frac{1}{\omega} \left[\left(\frac{\mu_0 \epsilon_r' \epsilon_0}{2} \right) \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\omega \epsilon_r' \epsilon_0} \right)^2} - 1 \right) \right]^{-1/2}$$

Dabei ist

δ die Eindringtiefe in Meter

ω die Kreisfrequenz in Radian pro Meter

ϵ_r' der Realteil der komplexen relativen Permittivität, auch als Dielektrizitätskonstante bekannt

ϵ_0 die Permittivität des freien Raums in Farad pro Meter ($8,854 \times 10^{-12}$ F/m)

μ_0 die Permeabilität des freien Raums in Henry pro Meter (H/m)

σ die elektrische Leitfähigkeit in Siemens pro Meter (S/m).

ANMERKUNG Bei in einer TE₁₀-Ausbreitungsmode rechteckförmigem Wellenleiter mit dem größten Querschnitt a ist.

$$k_c^2 = \left(\frac{\pi}{a} \right)^2$$

3.38

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:

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

Die SAR kann aus einer der beiden folgenden Gleichungen ermittelt werden:

$$SAR = \frac{\sigma E^2}{\rho}$$

$$SAR = c_h \left. \frac{dT}{dt} \right|_{t=0}$$

Dabei ist

SAR die spezifische Absorptionsrate in Watt pro Kilogramm (W/kg)

E der Effektivwert der elektrischen Feldstärke im Gewebe in Volt pro Meter (V/m)

σ die elektrische Leitfähigkeit des Körpergewebes in Siemens pro Meter (S/m)

ρ die Körpergewebedichte in Kilogramm pro Kubikmeter (kg/m³)

c_h die Wärmekapazität des Körpergewebes in J/kg K

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

3.39

(kombinierte) Unsicherheit

Standardunsicherheit des Ergebnisses einer Messung, wenn sich dieses Ergebnis aus den Werten einer Anzahl von anderen Größen ergibt, gleich der positiven Quadratwurzel aus einer Summe von Termen; die Terme sind die Varianzen (Erwartungswerte) und/oder Co-Varianzen der Werte dieser anderen Größen, die in Übereinstimmung damit, wie sich das Messergebnis mit Änderungen dieser Größen ändert, gewichtet wurden.

3.40**(erweiterte) Unsicherheit**

Größe, die ein Intervall über das Ergebnis einer Messung definiert, von dem erwartet wird, dass es einen großen Anteil der Verteilung der Werte, die vernünftigerweise der Messgröße zugeordnet werden können, abdeckt

3.41**Standardunsicherheit**

abgeschätzte Standardabweichung eines Messergebnisses, gleich der positiven Quadratwurzel der abgeschätzten Varianz

3.42**Wellenlänge (λ)**

Abstand zwischen zwei phasengleichen Punkten zweier aufeinander folgender Zyklen einer Welle in der Ausbreitungsrichtung. Die Wellenlänge λ ist auf die Phasengeschwindigkeit v_p durch die Gleichung

$$\lambda = \frac{v_p}{f}$$

bezogen.

Die Wellenlänge λ einer elektromagnetischen Welle ist auf die Frequenz f und die Lichtgeschwindigkeit c durch die Gleichung

$$c = f \lambda$$

bezogen.

Dabei ist

f die Frequenz in Hertz (Hz);

c die Lichtgeschwindigkeit in Meter pro Sekunde (m/s);

v_p die Phasengeschwindigkeit;

λ die Wellenlänge in Meter (m).

ANMERKUNG Im freien Raum ist die Geschwindigkeit einer elektromagnetischen Welle gleich der Lichtgeschwindigkeit.

4 Formelzeichen und Abkürzungen

4.1 Physikalische Größen

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

Formelzeichen	Größe	Einheit	Benennung
a	Dämpfungskoeffizient	Umkehrwert von Meter	1/m
B	Magnetische Flussdichte	Tesla	T bzw. Vs/m ²
D	Elektrische Flussdichte	Coulomb pro Quadratmeter	C/m ²
c_h	Spezifische Wärmekapazität	Joule pro Kilogramm Kelvin	J/(kg K)
E	Elektrische Feldstärke	Volt pro Meter	V/m
f	Frequenz	Hertz	Hz
H	Magnetische Feldstärke	Ampere pro Meter	A/m
J	Stromdichte	Ampere pro Quadratmeter	A/m ²

$\bar{P}_{\text{avg}}$	Mittlere (zeitweilige) absorbierte Leistung	Watt	W
SAR	Spezifische Absorptionsrate	Watt pro Kilogramm	W/kg
T	Temperatur	Kelvin	K
ε	Permittivität	Farad pro Meter	F/m
λ	Wellenlänge	Meter	m
μ	Permeabilität	Henry pro Meter	H/m
ρ	Massedichte	Kilogramm pro Kubikmeter	kg/m ³
σ	Elektrische Leitfähigkeit	Siemens pro Meter	S/m

ANMERKUNG In dieser Norm wird die Temperatur in Grad Celsius angegeben, definiert durch:
 $T(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273,16$.

4.2 Konstanten

Formelzeichen	Physikalische Konstante	Wert
c	Lichtgeschwindigkeit im Vakuum	$2,998 \times 10^8 \text{ m/s}$
η	Impedanz des freien Raumes	$120 \pi \Omega$ oder 377Ω
ε_0	Permittivität des freien Raumes	$8,854 \times 10^{-12} \text{ F/m}$
μ_0	Permeabilität des freien Raumes	$4 \pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$

4.3 Abkürzungen

CAD	Computerunterstütztes Entwerfen (en: Computer Aided Design). Gebrauchliche Dateiformate sind IGES und DXF.
DXF	Digital exchange format
OBP	Ohr-Bezugspunkt
DUT	Prüfling, zu prüfendes Gerät
IGES	International graphics exchange standard
HF	Hochfrequenz; Funkfrequenz
RSS	Quadratwurzel über die Summe der Quadrate
SAM	Specific anthropomorphic mannequin

5 Festlegungen zum Messsystem

5.1 Allgemeine Anforderungen

Ein SAR -Messsystem besteht aus einem Messphantom, einer elektronischen Messeinrichtung, einem Abtastsystem (Aufnahmesystem) und einer Halterung für das (zu prüfende) Gerät.

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 (18 bis 25) °C liegen und die Schwankung der Flüssigkeitstemperatur während der Messung darf ± 2 °C nicht überschreiten.
- das Umgebungsrauschen muss innerhalb 0,012 W/kg liegen (3 % der unteren Detektionsgrenze 0,4 W/kg).
- das Schnurlosgerät darf nicht mit lokalen Netzen für schnurlose Geräte (z. B. Mobilfunknetzen) verbunden sein.
- die Beeinflussung durch Reflektionen, sekundäre HF-Sender usw. muss kleiner als 3 % der gemessenen SAR sein.

Das System ist mindestens einmal jährlich oder wenn ein neues System in Betrieb genommen wird oder wenn Änderungen an dem System, z. B. Aufspielen einer neuen Softwareversion, Implementieren unterschiedlicher Ausleseelektroniken oder Verwenden unterschiedlicher Feldsonden, vorgenommen wurden, nach dem in [Anhang D](#) festgelegten Protokoll zu validieren. Der Hersteller der Messeinrichtung sollte die Übereinstimmung seines Produkts mit der vorliegenden Norm erklären.

5.2 Festlegungen zum Messphantom (Schale und Flüssigkeit)

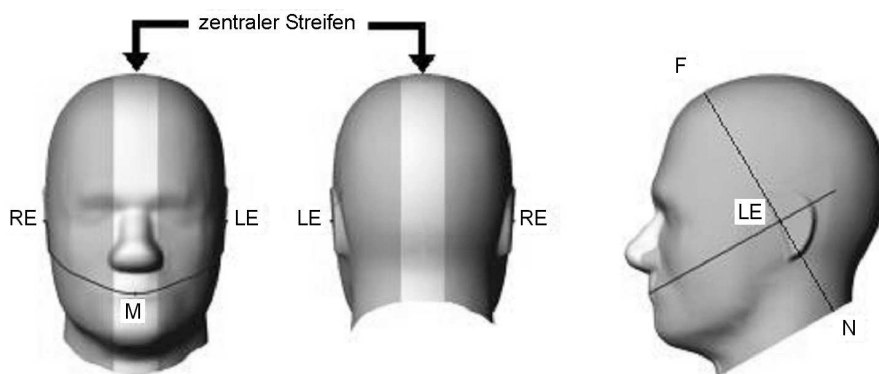
5.2.1 Allgemeine Anforderungen

Die Aufnahme mit einer *E*-Feldsonde geschieht innerhalb zweier zweigeteilter Phantomhälften oder in einem vollständigen Kopfphantom, das eine Öffnung in der Schädeloberseite besitzt. Die physikalischen Eigenschaften des für die Prüfung eines Handapparats verwendeten Messphantoms (Größe und Form) müssen den Kopf eines Benutzers nachbilden, da die Kopfform einen wesentlichen Parameter bei Expositionsuntersuchungen darstellt. Das Phantommodell muss aus Materialien mit dielektrischen Eigenschaften bestehen, die denen des Kopfgewebes ähnlich sind. Um eine Feldaufnahme innerhalb des Messphantoms durchführen zu können, muss das Material in dem Phantom flüssig und in einer Schale enthalten sein. Das Schalenmaterial darf die Einstrahlung des (zu messenden) Gerätes so wenig wie möglich behindern, wie nachfolgend beschrieben. Der Hersteller des Messphantoms muss mindestens drei Bezugspunkte auf dem Messphantom festlegen, die zur Korrelation des Abtastsystems (Aufnahmesystems) mit dem Messphantom verwendet werden. Diese Punkte müssen für den Benutzer sichtbar sein und dürfen nicht weniger als 10 cm voneinander entfernt sein. Die Hand, die das Gerät hält, ist nicht zu modellieren (siehe [Anhang A](#)).

5.2.2 Standardform und Größe des Messphantoms

Die Standardphantomform ist von der Größe und den Abmessungen des 90. Perzentils des Kopfes eines männlichen Erwachsenen, über die in einer anthropometrischen Studie [\[18\]](#) berichtet wurde, abgeleitet. Hierbei wurden die Ohren so gestaltet, dass die angelegten Ohren eines Telefonbenutzers nachgebildet werden (siehe [Anhang A](#)). [Bild 1](#) zeigt die Umsetzung dieser Anforderungen.

Das in [Bild 2](#) gezeigte „Specific Anthropomorphic Mannequin“ (SAM) muss für die SAR-Messungen an einem Handapparat nach dieser Norm verwendet werden. CAD-Dateien der inneren und äußeren Oberfläche (*SAM_in* bzw. *SAM_out*) des (in dieser Norm verwendeten) Standard-Messphantoms stehen der Allgemeinheit im 3D-CAD-Format (3D-IGES und DXF) auf CD-ROM zur Verfügung. Der Hersteller des Messphantoms sollte die Übereinstimmung seines Produkts mit den Festlegungen der vorliegenden Norm zur Form und Dicke erklären.



Legende

RE rechter Ohr-Bezugspunkt (OBP)

LE linker Ohr-Bezugspunkt (OBP)

M Mund-Bezugspunkt

F Gesichts-Endpunkt der Linie N-F (nur zur Information – eine Markierung auf dem Messphantom ist nicht erforderlich)

N Hals-Endpunkt der Linie N-F (nur zur Information – eine Markierung auf dem Messphantom ist nicht erforderlich).

ANMERKUNG Modell des vollständigen Kopfes nur zum Zweck der Verdeutlichung – die Verfahren nach dieser Norm wurden in erster Linie unter Zugrundelegung des in Bild 2 gezeigten Messphantoms abgeleitet. Die Region des zentralen Streifens einschließlich der Nase besitzt eine größere Grenzabweichung in Bezug auf die Dicke.

Bild 1 – Abbildung des Messphantoms, wobei die Ohr-Bezugspunkte RE und LE, der Mund-Bezugspunkt M, die Bezugslinie N-F und der zentrale Streifen gezeigt werden

5.2.3 Schale des Messphantoms

Das Material der Schale des Messphantoms muss gegen alle Bestandteile resistent sein, die in der Zusammensetzung der gewebeäquivalenten Flüssigkeit vorhanden sind. Die Schale des Messphantoms einschließlich Ohr-Abstandhalter muss aus einem Material mit niedriger Permittivität und niedrigem Verlust bestehen, wobei die relative Permittivität ≤ 5 und der Verlusttangens $\leq 0,05$ sein muss. Die Abweichung der Form des Messphantoms gegenüber den CAD-Daten des SAM-Phantoms muss eine Grenzabweichung haben, die kleiner als $\pm 0,2$ mm ist. In jedem beliebigen Bereich innerhalb der Projektion des Handapparats muss die Dicke der Schale $(2 \pm 0,2)$ mm sein, außer bei den Ohren und den erweiterten Außenwänden (wie in Bild 2 gezeigt). Die mit niedrigem Verlust behafteten Ohr-Abstandhalter (aus gleichem Material wie die Kopfschale) müssen einen Abstand von 6 mm mit einer kleineren Grenzabweichung als $\pm 0,2$ mm von der Grenze der gewebeäquivalenten Flüssigkeit an den Ohr-Bezugspunkten (OBP) bewirken. Im Bereich des zentralen Streifens innerhalb $\pm 1,0$ cm von der zentralen sagittalen Ebene (Bild 1) muss die Grenzabweichung $\pm 1,0$ mm betragen.

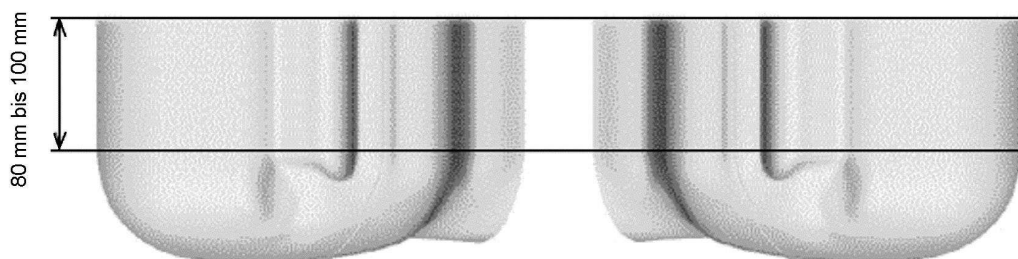


Bild 2 – Sagittal zweigeteiltes Messphantom mit erweitertem Umfang (für die Abbildung auf die Seite platziert, wie es für SAR-Messungen an Geräten verwendet wird)

In [Bild 1](#) bildet „M“ den Mund-Bezugspunkt, „LE“ den linken Ohr-Bezugspunkt (OBP) und „RE“ den rechten Ohr-Bezugspunkt (OBP). Diese Punkte müssen auf der Außenseite des Messphantoms markiert werden, um eine reproduzierbare Positionierung des schnurlosen Gerätes in Bezug auf das Messphantom zu ermöglichen. Die durch die beiden Ohr-Bezugspunkte und den Mund-Bezugspunkt M aufgespannte Ebene wird als Bezugsebene definiert und enthält die Linie B-M (Hinterkopf-Mund). Der aus den CAD-Daten entnommene Querschnitt der Bezugsebene ist in [Bild 3](#) gezeigt. Die Ansicht wurde gegenüber der tatsächlichen Größe von $26\text{ cm} \times 18\text{ cm}$ mit einem Faktor 1,3 herunterskaliert. Zur Erleichterung der Anordnung des Gerätes muss die Linie B-M (Hinterkopf-Mund) eine gerade Linie sein, die durch die beiden Ohr-Bezugspunkte entlang der vorne gestutzten Kante des jeweiligen Ohres gezogen wird. Die Projektion sowohl der Linie B-M als auch der Linie N-F muss auf der Außenseite des Messphantoms angezeigt sein, um die Anordnung des Gerätes zu erleichtern (siehe [Bild 4](#)). Die Lage des Mittelpunkts der akustischen Ausgangsseite des Handapparats muss gegen den Ohr-Bezugspunkt (OBP) des Messphantoms festgelegt werden. Die Positionen sämtlicher Bezugspunkte sind in den CAD-Dateien festgelegt.

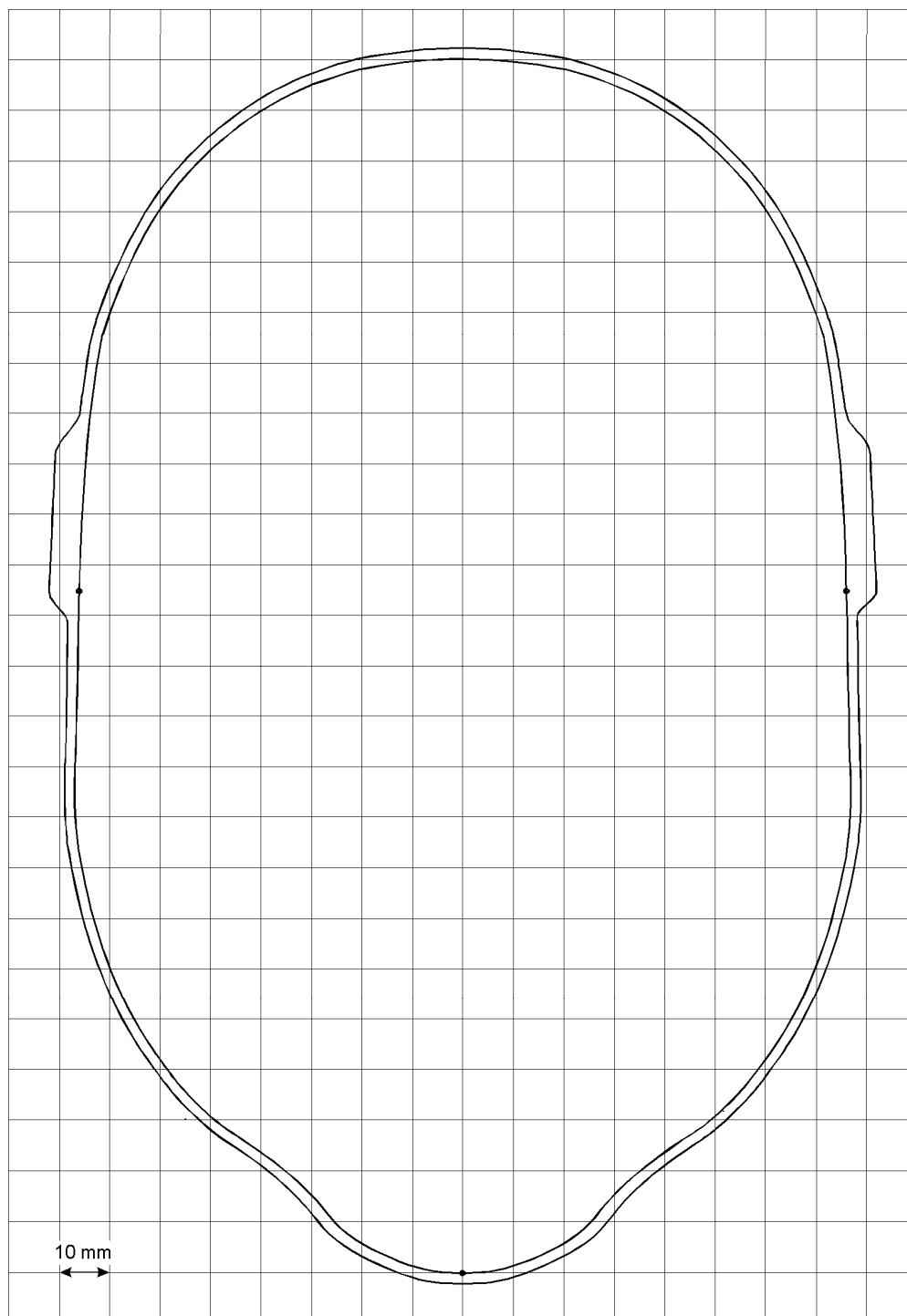
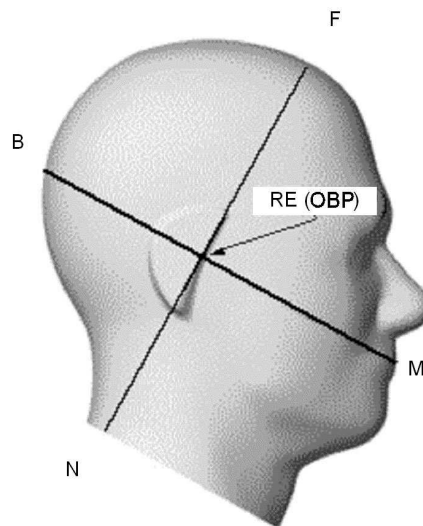


Bild 3 – Sicht auf den Querschnitt von SAM in der Bezugsebene, die die Linie B-M enthält



Legende

- B Hinterkopf-Endpunkt der Linie B-M (nur zur Information – eine Markierung auf dem Messphantom ist nicht erforderlich)
- F Gesichts-Endpunkt der Linie N-F (nur zur Information – eine Markierung auf dem Messphantom ist nicht erforderlich)
- N Hals-Endpunkt der Linie N-F (nur zur Information – eine Markierung auf dem Messphantom ist nicht erforderlich)
- M Mund-Bezugspunkt
- RE rechter Ohr-Bezugspunkt (OBP).

ANMERKUNG Modell des vollständigen Kopfes nur zum Zweck der Verdeutlichung – die Verfahren nach dieser Norm wurden in erster Linie unter Zugrundelegung des in [Bild 2](#) gezeigten Messphantoms abgeleitet. Die Region des zentralen Streifens einschließlich der Nase besitzt eine größere Grenzabweichung in Bezug auf die Dicke.

Bild 4 – Seitenansicht des Messphantoms, wobei die relevanten Markierungen gezeigt werden

5.2.4 Eigenschaften der gewebeäquivalenten Flüssigkeit

Die dielektrischen Eigenschaften der in dem Messphantom verwendeten Flüssigkeit müssen den Angaben der [Tabelle 1](#) entsprechen. Die dielektrischen Eigenschaften der dem Kopfgewebe äquivalenten Flüssigkeit bei anderen Frequenzen innerhalb des Frequenzbereichs müssen mit Hilfe eines linearen Interpolationsverfahrens bestimmt werden. Beispiele für Zusammensetzungen von Flüssigkeiten, deren Eigenschaften den Angaben der [Tabelle 1](#) entsprechen, sind im [Anhang I](#) gegeben.

Tabelle 1 – Dielektrische Eigenschaften der gewebeäquivalenten Flüssigkeit

Frequenz (MHz)	Relative Dielektrizitätskonstante (ϵ_r)	Leitfähigkeit σ (S/m)
300	45,3	0,87
450	43,5	0,87
835	41,5	0,90
900	41,5	0,97
1 450	40,5	1,20
1 800	40,0	1,40
1 900	40,0	1,40
1 950	40,0	1,40
2 000	40,0	1,40
2 450	39,2	1,80
3 000	38,5	2,40

5.3 Festlegungen zur SAR-Messeinrichtung

Die Messeinrichtung muss in ihrer Gesamtheit kalibriert werden. Die Sonde muss zusammen mit einem identischen oder technisch äquivalenten Verstärker, Messgerät und Datenerfassungssystem kalibriert werden. Die Messeinrichtung muss für jede gewebeäquivalente Flüssigkeit bei der jeweiligen Betriebsfrequenz und Temperatur nach dem in [Anhang B](#) beschriebenen Verfahren kalibriert werden. Die vom System unabhängige (getrennte) Kalibrierung der Sonde ist unter der Voraussetzung zulässig, dass die Lastbedingungen am Anschluss der Sonde festgelegt sind und während der Messungen eingehalten 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 $\pm 0,5$ dB im SAR -Wertebereich von 0,01 W/kg bis 100 W/kg liegen. Die Empfindlichkeit und Isotropie müssen in der gewebeäquivalenten Flüssigkeit ermittelt werden. Die Reaktionszeit muss angegeben werden. Die Außenabmessungen (Durchmesser) der Hülle/des Gehäuses der Sonde sollten 8 mm in der Nähe der Dipolelemente nicht überschreiten.

5.4 Festlegungen zum Abtastsystem (Aufnahmesystem)

5.4.1 Allgemeine Anforderungen

Das die Sonde führende Abtastsystem (Aufnahmesystem) muss das gesamte exponierte Volumen des Messphantoms aufnehmen können, um die dreidimensionale SAR-Verteilung ermitteln zu können. Der mechanische Aufbau des Abtastsystems (Aufnahmesystems) darf die SAR-Messungen nicht beeinflussen. Das Abtastsystem (Aufnahmesystem) muss mit dem Messphantom unter Zuhilfenahme von mindestens drei auf dem Messphantom markierten Bezugspunkten korreliert werden, wobei diese drei Bezugspunkte vom Nutzer oder Hersteller des Systems festgelegt werden müssen.

5.4.2 Technische Anforderungen

5.4.2.1 Genauigkeit

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

5.4.2.2 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 Gerätehalterung

Es muss sorgfältig darauf geachtet werden, dass bedeutsame Beeinflussungen der *SAR*-Messungen durch jegliche Reflektion oder Absorption durch die Umgebung (wie z. B. Boden, Gerätehalterung, Oberfläche der Flüssigkeit) vermieden werden.

Die Gerätehalterung muss die Positionierung des (zu messenden) Geräts 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 niedrigem Verlust und niedriger Permittivität bestehen: Verlustwinkel $\tan \delta \leq 0,05$ und relative Permittivität $\epsilon_r \leq 5$. Die Unsicherheiten der Positionierung müssen nach den in 7.2.2.4.2 beschriebenen Festlegungen abgeschätzt werden.

Zum Nachweis, dass die Gerätehalterung die *SAR*-Messungen nicht stört, sollte eine Substitutionsprüfung durchgeführt werden, bei der z. B. die Gerätehalterung durch Schaumblöcke mit niedrigem Verlust und niedriger Permittivität ersetzt wird oder der Handapparat mit Hilfe eines Klebebands oder -streifens an dem Messphantom befestigt wird (siehe 7.2.2.4.1).

5.6 Messung der dielektrischen Eigenschaften der Flüssigkeit

Die dielektrischen Eigenschaften der gewebeäquivalenten Flüssigkeit müssen bei der relevanten Temperatur und der relevanten Frequenz gemessen werden. Die dielektrischen Eigenschaften sollten ermittelt und mit den Werten in der Tabelle 1 verglichen werden, wobei lineare Interpolation anzuwenden ist. Die gemessenen dielektrischen Eigenschaften und nicht die Werte der Tabelle 1 müssen bei den *SAR*-Berechnungen verwendet werden. Diese Messung kann mit der Einrichtung und dem Verfahren durchgeführt werden, die/das in Anhang J beschrieben sind.

ANMERKUNG Siehe 6.1.1 hinsichtlich zulässiger Schwankungen zwischen den gemessenen und den in der Tabelle 1 angegebenen dielektrischen Eigenschaften, wie sie für die Anwendung dieser Norm festgelegt wurden.

6 Protokoll für die Bewertung der spezifischen Absorptionsrate

6.1 Vorbereitung der Messung

6.1.1 Allgemeine Vorbereitungen

Die dielektrischen Eigenschaften der gewebeäquivalenten Flüssigkeit müssen innerhalb 24 h vor den *SAR*-Messungen gemessen werden, es sei denn, dass das Labor in der Lage ist, die Übereinstimmung (mit den Anforderungen) für längere Zeiträume, z. B. für wöchentliche Messungen, zu zeigen. Die dielektrischen Eigenschaften der gewebeäquivalenten Flüssigkeit müssen bei derselben Temperatur wie bei den *SAR*-Messungen gemessen werden, wobei die Messunsicherheit innerhalb $\pm 2^\circ\text{C}$ liegen muss.

Wenn für die Flüssigkeit, die Kopfgewebe simuliert, keine Zusammensetzungen verfügbar sind, für die nachgewiesen wurde, dass sie dielektrische Eigenschaften im Bereich von 2 GHz bis 3 GHz ergeben, die die Werte der Tabelle 1 mit einer Unsicherheit von $\pm 5\%$ erfüllen, sollte Folgendes erfüllt werden:

- Für Frequenzen, die oberhalb 300 MHz liegen, aber kleiner als 2 GHz sind, müssen die gemessene Leitfähigkeit und Dielektrizitätskonstante die Zielwerte der Tabelle 1 mit einer Unsicherheit von $\pm 5\%$ erfüllen (die Unsicherheit der Messung der Flüssigkeitsparameter wird getrennt (separat) behandelt – siehe 7.2.3).

- b) Für Frequenzen im Bereich von 2 GHz bis 3 GHz muss die gemessene Leitfähigkeit die Zielwerte der [Tabelle 1](#) mit einer Unsicherheit von $\pm 5\%$ erfüllen. Die Grenzabweichung der gemessenen relativen Permittivität kann auf einen Wert, der nicht größer als $\pm 10\%$ ist, erleichtert werden, muss aber – bei Verwendung von verfügbaren Zusammensetzungen – den Werten der [Tabelle 1](#) so nahe wie möglich kommen. Beeinflussungen des Messergebnisses aufgrund von Abweichungen der Dielektrizitätskonstante von den Zielwerten müssen in die Abschätzung der Unsicherheit einbezogen werden.

Für die horizontale Anordnung muss das Messphantom mit der gewebeäquivalenten Flüssigkeit bis zu einer Tiefe von 15 cm über dem Ohr-Bezugspunkt gefüllt werden. Die Flüssigkeit muss vor der Messung sorgfältig umgerührt werden und darf keine Luftblasen enthalten. Es muss sorgfältig darauf geachtet werden, dass Reflektionen von der Flüssigkeitsoberfläche vermieden werden, was im Frequenzbereich von 300 MHz bis 3 GHz durch eine Tiefe von 15 cm erreicht wird. Die Viskosität der Flüssigkeit darf die Bewegung der Sonde nicht behindern.

6.1.2 Funktionsprüfung des Systems

Vor der Durchführung von SAR-Messungen muss eine Funktionsprüfung des Systems unter Anwendung des in [Anhang D](#) festgelegten Verfahrens durchgeführt werden.

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

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

Die *Funktionsprüfung des Systems* besteht aus einer vollständigen Messung der über 1 g oder 10 g gemittelten SAR. Der gemessene Wert der über 1 g oder 10 g gemittelten SAR wird auf die Ziel-Eingangleistung der Standardquelle normalisiert und mit dem vorher für die entsprechende Frequenz, Standardquelle und das spezifische flache Messphantom festgehaltenen Zielwert der über 1 g oder 10 g gemittelten SAR verglichen. Bei jeder *Funktionsprüfung des Systems* muss die akzeptable Grenzabweichung bestimmt werden, die innerhalb $\pm 10\%$ der zuvor festgehaltenen Zielwerte für die *Systemprüfung* liegen muss. Die *Funktionsprüfung des Systems* muss bei einer Frequenz durchgeführt werden, die innerhalb eines Bereichs von $\pm 10\%$ um die Frequenz des mittleren Bandes des Prüflings liegt.

ANMERKUNG Die Begriffe *Systemvalidierung* und *Funktionsprüfung des Systems* sind kursiv gedruckt, da sie auf spezifische Prüfprotokolle Bezug nehmen, beschrieben für die Anwendung dieser Norm.

6.1.3 Vorbereitung des zu prüfenden schnurlosen Geräts

Für die Prüfung ist der interne Sender des schnurlosen Geräts zu verwenden. Die Antenne(n), Batterie und das Zubehör müssen denen entsprechen, die vom Hersteller festgelegt wurden. Die Batterie muss vor jeder Messung vollständig aufgeladen sein und es dürfen keine externen Verbindungen oder Leitungen vorhanden sein.

Die Ausgangsleistung und der Frequenzkanal (die Frequenzkanäle) des Geräts sind mit einem internen Prüfprogramm oder mittels einer geeigneten Prüfeinrichtung (Basisstations-Simulator mit Antenne) zu steuern. Das schnurlose Gerät muss so eingestellt werden, dass es mit seinem höchsten Ausgangsleistungspegel unter Zugrundelegung der Gebrauchsbedingungen in der Nähe des Ohrs sendet. Die Expositionsprüfungen müssen auf den funktionalen und Expositionseigenschaften der Prüfgeräte, z. B. Betriebsbedingungen, Antennenkonfigurationen usw., beruhen.

Wann immer es möglich ist, müssen endgültige, auf dem Markt erhältliche Versionen des Produkts geprüft werden und es müssen alle üblichen Betriebskonfigurationen, z. B. ohne angeschlossene Leitungen, verwendet werden. Leitungen, die an ein Produkt angeschlossen sind, verändern sehr wahrscheinlich die HF-Stromverteilung in metallischen und leitenden Teilen des Produkts. Zusätzlich muss, wenn Prototypen geprüft werden, nachgewiesen werden, dass die auf dem Markt erhältliche Version exakt die gleichen mechanischen und elektrischen Eigenschaften wie der geprüfte Prototyp hat. Wenn dies nicht sichergestellt werden kann, muss die Prüfung an einer Stichprobe von unveränderten auf dem Markt erhältlichen Versionen des Produkts wiederholt werden.

ANMERKUNG Wenn der Betrieb des Prüflings mit der höchsten zeitlich gemittelten Ausgangsleistung erfolgt, darf die Prüfung mit niedrigerer Leistung durchgeführt und die Ergebnisse auf die höchste Ausgangsleistung skaliert (umgerechnet) werden, vorausgesetzt, die durch den Prüfling erzeugte spezifische Absorptionsrate ist linear (von der Leistung abhängig).

6.1.4 Lage des schnurlosen Geräts in Bezug auf das Messphantom

6.1.4.1 Allgemeine Betrachtungen

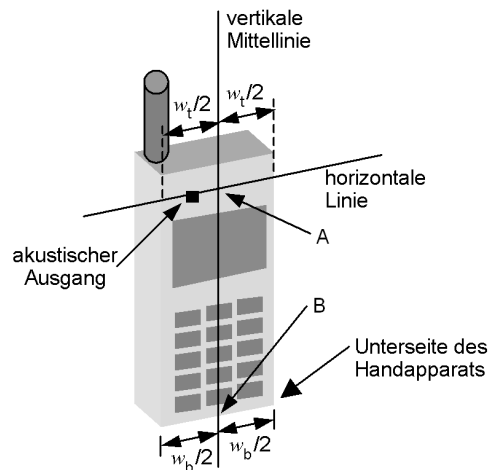
Diese Norm legt zwei Prüfanordnungen des Handapparats gegenüber dem Messphantom fest – die „Wangenlage“ und die „Kipplage“. Diese zwei Prüfanordnungen werden in den nachfolgenden Abschnitten definiert. Der Handapparat sollte in beiden Lagen sowohl auf der rechten als auch auf der linken Seite des SAM-Messphantoms gemessen werden. Wenn die Konstruktion des Handapparats so ist, dass die in 6.1.4.2 und 6.1.4.3 beschriebenen Verfahren zur Anordnung des Handapparats nicht verwendet werden können, um übliche Betriebsbedingungen zu repräsentieren, z. B. bei bestimmten asymmetrischen Handapparaten, sollten alternative Verfahren zur Ausrichtung (des Handapparats) verwendet werden, wobei deren Einzelheiten im Prüfbericht festzuhalten sind. Diese alternativen Verfahren sollten die vorgesehenen Gebrauchsbedingungen so gut wie möglich nachbilden und mit der Absicht der in diesem Abschnitt beschriebenen Verfahren in Einklang stehen.

6.1.4.2 Definition der „Wangenlage“

Die Wangenlage wird in der Reihenfolge der Punkte a) bis i) wie folgt eingestellt:

- Falls notwendig, bereite den Handapparat für Sprechbetrieb vor. Öffne z. B. den Deckel bei Handapparaten, die einen Deckel besitzen („Flipcover“). Wenn das Gerät auch mit geschlossenem Deckel benutzt werden kann, müssen beide Konfigurationen geprüft werden.
- Definiere zwei imaginäre Linien auf dem Handapparat: die vertikale und die horizontale Mittellinie bei vertikal ausgerichteten Handapparaten, wie sie in den Bildern 5a und 5b gezeigt werden. Die vertikale Mittellinie verläuft durch zwei Punkte auf der Vorderseite des Handapparats: den Mittelpunkt der Breite w_t des Handapparats in der Höhe des akustischen Ausgangs (Lautsprechers) (Punkt A in den Bildern 5a und 5b) und den Mittelpunkt der Breite w_b der Unterseite des Handapparats (Punkt B). Die horizontale Mittellinie steht senkrecht auf der vertikalen Mittellinie und verläuft durch den Mittelpunkt des akustischen Ausgangs (Lautsprechers) (siehe Bilder 5a und 5b). Die beiden Linien kreuzen sich im Punkt A. Beachte, dass bei vielen Handapparaten der Punkt A mit dem Mittelpunkt des akustischen Ausgangs (Lautsprechers) zusammenfällt. Jedoch kann sich der akustische Ausgang (Lautsprecher) irgendwo auf der horizontalen Mittellinie befinden. Beachte außerdem, dass die vertikale Mittellinie nicht notwendigerweise parallel zur Vorderseite des Handapparats verläuft (siehe Bild 5b), insbesondere bei Handapparaten mit aufklappbarem Gehäuse, Handapparaten mit Flipcovern und anderen unregelmäßig geformten Handapparaten.
- Ordne den Handapparat in der Nähe der Oberfläche des Messphantoms in einer solchen Weise an, dass sich der Punkt A auf der (gedachten) Verlängerung der Linie durch die Punkte RE und LE auf dem Messphantom befindet (siehe Bild 6). Die durch die vertikale Mittellinie und die horizontale Linie des Geräts gebildete Ebene muss parallel zur sagittalen Ebene des Messphantoms sein.
- Führe den Handapparat entlang der Linie, die durch die Punkte RE und LE verläuft, an das Messphantom heran, bis er das Ohr berührt.
- Drehe den Handapparat um die (gedachte) Linie durch die Punkte LE und RE, bis sich die vertikale Mittellinie des Prüflings in der Bezugsebene befindet.

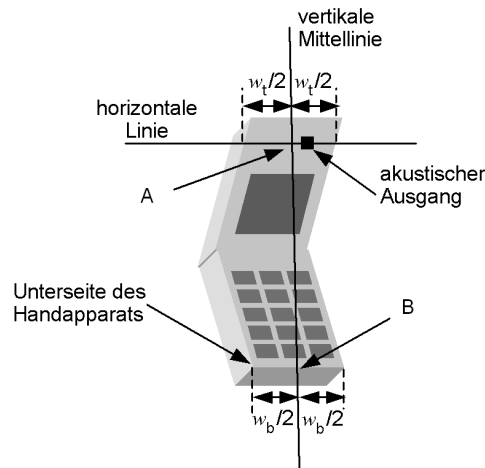
- f) Drehe das Gerät um seine vertikale Mittellinie, bis die durch die vertikale Mittellinie und die horizontale Linie des Geräts gebildete Ebene parallel zur Linie N-F ist. Führe anschließend den Handapparat entlang der Linie, die durch die Punkte LE und RE verläuft, an das Messphantom heran, bis der Punkt A des Prüflings das Ohr berührt.
- g) Während der Punkt A auf der Linie durch die Punkte RE und LE und der Handapparat in Kontakt mit der Ohrmuschel verbleibt, wird der Handapparat um die Linie N-F gedreht, bis jeder Punkt auf dem Handapparat einen Punkt des Messphantoms unterhalb der Ohrmuschel – der Wange – berührt (siehe Bild 6). Die physikalischen Rotationswinkel müssen dokumentiert werden.
- h) Während der Punkt A des Prüflings in Kontakt mit dem Ohr-Bezugspunkt verbleibt, wird der Handapparat um eine Linie gedreht, die senkrecht auf der durch die vertikale Mittellinie und die horizontale Linie des Prüflings gebildeten Ebene steht und durch den Punkt A des Prüflings verläuft, bis sich die vertikale Mittellinie des Prüflings in der Bezugsebene befindet.
- i) Weise nach, dass die Wangenlage korrekt ist, indem:
 - die Linie N-F sich in der Ebene, die durch die vertikale Mittellinie und die horizontale Linie des Prüflings gebildet wird, befindet,
 - der Punkt A des Prüflings die Ohrmuschel am Ohr-Bezugspunkt berührt und
 - die vertikale Mittellinie des Prüflings sich in der Bezugsebene befindet.



Legende

- w_t Breite des Handapparats in der Höhe des akustischen Ausganges (Lautsprechers)
- w_b Breite der Unterseite des Handapparats
- A Mittelpunkt der Breite w_t des Handapparats in der Höhe des akustischen Ausganges (Lautsprechers)
- B Mittelpunkt der Breite w_b der Unterseite des Handapparats

Bild 5a – Typischer Handapparat mit „festem“ Gehäuse

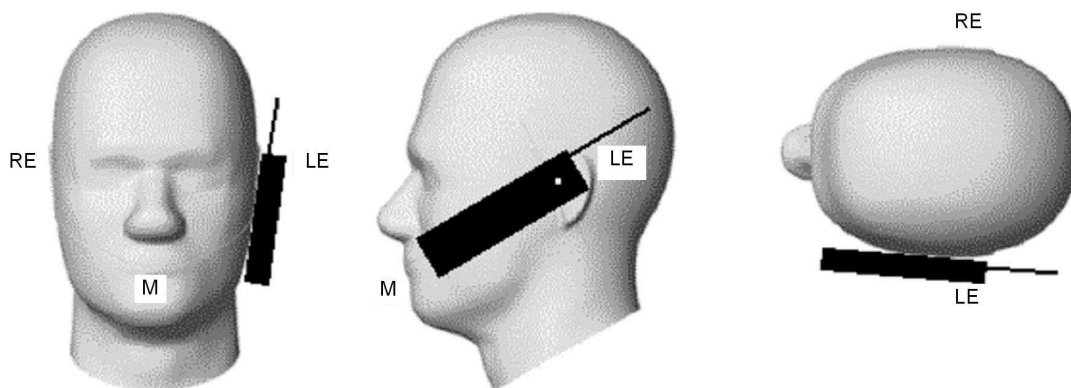


Legende

- w_t Breite des Handapparats in der Höhe des akustischen Ausgangs (Lautsprechers)
- w_b Breite der Unterseite des Handapparats
- A Mittelpunkt der Breite w_t des Handapparats in der Höhe des akustischen Ausgangs (Lautsprechers)
- B Mittelpunkt der Breite w_b der Unterseite des Handapparats

Bild 5b – Typischer Handapparat mit aufklappbarem Gehäuse

Bild 5 – Vertikale und horizontale Bezugslinien des Handapparats und Bezugspunkte A, B bei zwei beispielhaften Gerätearten



Legende

- M Mund-Bezugspunkt
- LE linker Ohr-Bezugspunkt (OBP)
- RE rechter Ohr-Bezugspunkt (OBP)

ANMERKUNG Diese Position des Geräts muss bei dem in Bild 2 gezeigten Messphantom-Prüfaufbau beibehalten werden.

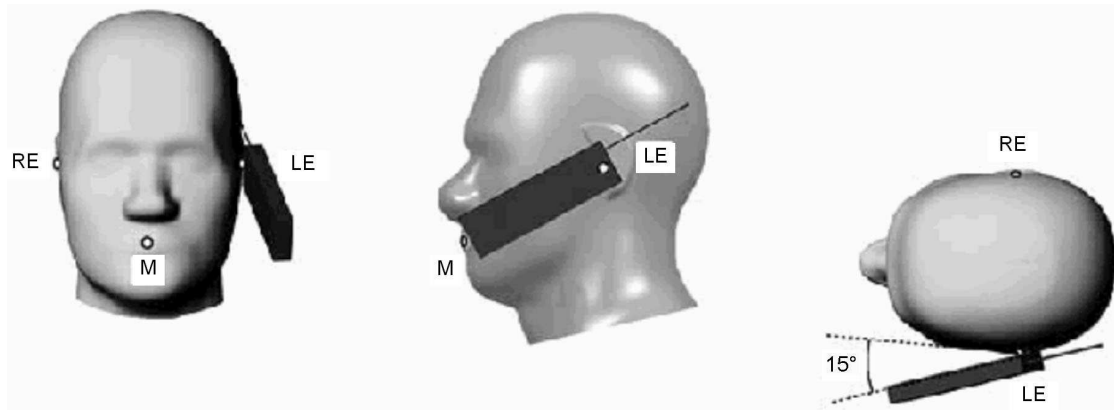
Bild 6 – Wangenlage des schnurlosen Geräts auf der linken Seite des SAM-Messphantoms

6.1.4.3 Definition der „Kipplage“

Die Kipplage wird in der Reihenfolge der Punkte a) bis d) wie folgt eingestellt:

- a) Wiederhole die Schritte a) bis i) aus 6.1.4.2, um das Gerät in die Wangenlage zu bringen (siehe Bild 6).

- b) Während die Ausrichtung des Geräts beibehalten wird, wird es parallel zur Bezugsebene in eine Position zurückgesetzt, die weit genug vom Messphantom entfernt ist, um eine Rotation des Geräts um 15° zu ermöglichen.
- c) Drehe das Gerät um die horizontale Linie um 15° (siehe Bild 7).
- d) Während die Ausrichtung des Geräts beibehalten wird, wird es auf einer Linie, die durch die Punkte RE und LE verläuft, zum Phantom hin bewegt, bis jeder Teil des Handapparats das Ohr berührt. Die Kipplage ist hergestellt, wenn Kontakt mit der Ohrmuschel besteht. Wenn Kontakt mit jeder beliebigen anderen Stelle des Messphantoms als der Ohrmuschel besteht, z. B., wenn die Antenne den hinteren Teil des Phantomkopfes berührt, muss der Winkel des Handapparats verringert werden. In diesem Fall ergibt sich die Kipplage, wenn jeder beliebige Teil des Handapparats Kontakt mit der Ohrmuschel besitzt sowie ein zweiter Teil des Handapparats Kontakt mit dem Messphantom besitzt, z. B., wenn die Antenne den hinteren Teil des Phantomkopfes berührt.



Legende

- M Mund-Bezugspunkt
- LE linker Ohr-Bezugspunkt (OBP)
- RE rechter Ohr-Bezugspunkt (OBP)

ANMERKUNG Diese Position des Geräts muss bei dem in Bild 2 gezeigten Messphantom-Prüfaufbau beibehalten werden.

Bild 7 – Kipplage des schnurlosen Geräts auf der linken Seite des SAM-Messphantoms

6.1.5 Prüffrequenzen

Sämtliche Übertragungskanäle eines Geräts sollten mit den verfügbaren Normen oder Standards zur Sicherheit von Personen in elektromagnetischen Feldern (Expositionsnormen oder -standards) übereinstimmen. Jedoch ist die Prüfung jedes einzelnen Kanals unpraktisch und unnötig. Zweck dieses Abschnitts ist, eine praktische Untermenge von Kanälen festzulegen, in denen SAR-Messungen durchgeführt werden müssen. Diese Untermenge von Kanälen wird so ausgewählt, dass sie eine Charakterisierung der Übereinstimmung eines Handapparats mit jeder anwendbaren Norm (jedem anwendbaren Standard) zur Sicherheit von Personen in elektromagnetischen Feldern (Expositionsnorm oder -standard) ergibt.

Für jeden Betriebszustand des Handapparats sollten Prüfungen in dem Kanal durchgeführt werden, der am nächsten zur Mittelfrequenz jedes Übertragungs-Frequenzbandes liegt. Wenn die Breite des Frequenzbandes ($\Delta f = f_{\text{hoch}} - f_{\text{tief}}$) 1 % der zugehörigen Mittelfrequenz f_c überschreitet, sollten die Kanäle bei den niedrigsten und höchsten Frequenzen des Übertragungsbandes ebenfalls geprüft werden. Ferner sollte die nachfolgende Gleichung zur Bestimmung der Anzahl der zu prüfenden Kanäle N_c verwendet werden, wenn die Breite des Frequenzbandes 10 % der zugehörigen Mittelfrequenz überschreitet:

$$N_c = 2 \times \text{Aufrundung} \llbracket 10 \times (f_{\text{hoch}} - f_{\text{tief}}) / f_c \rrbracket + 1$$

Dabei ist

- f_c die Mittelfrequenz des Bandes in Hz
- f_{hoch} die höchste Frequenz des Bandes in Hz
- f_{tief} die tiefste Frequenz des Bandes in Hz
- N_c die Anzahl der Kanäle
- Δf die Breite des Frequenzbandes in Hz

ANMERKUNG Die Funktion Aufrundung ($\lceil x \rceil$) rundet ihr Argument x auf den nächst höheren ganzzahligen Wert auf. Somit ist die Anzahl N_c der Kanäle stets ungeradzahlig. Die geprüften Kanäle sollten (soweit wie möglich) gleiche Frequenzabstände zueinander besitzen und die Kanäle bei den niedrigsten und höchsten Frequenzen einschließen.

6.2 Durchzuführende Prüfungen

Zur Bestimmung des höchsten Spitzenwerts der volumengemittelten *SAR* eines Handapparats müssen alle Positionen, Konfigurationen und Betriebsarten des Geräts in jedem Frequenzband in Übereinstimmung mit den nachfolgenden Schritte 1 bis 3 geprüft werden. Ein Flussdiagramm des Prüfablaufs ist in [Bild 8](#) dargestellt.

Schritt 1: Die in [6.3](#) beschriebenen Prüfungen müssen in jedem Kanal, der am nächsten zur Mittelfrequenz jedes Übertragungs-Frequenzbandes (f_c) liegt, durchgeführt werden für:

- a) alle Positionen des Geräts (Wangenlage und Kipplage, sowohl auf der linken als auch rechten Seite des SAM-Messphantoms, wie in [6.1.4](#) beschrieben);
- b) alle Konfigurationen bei jeder unter a) aufgeführten Position des Geräts, z. B. ausgezogene und eingezogene Antenne; und
- c) alle Betriebsarten, z. B. analog und digital, bei jeder Kombination der unter a) aufgeführten Positionen und der unter b) aufgeführten Konfigurationen des Geräts in jedem Frequenzband.

Wenn mehr als drei Frequenzen (d. h. $N_c > 3$) entsprechend [6.1.5](#) geprüft werden müssen, dann müssen alle Frequenzen, Konfigurationen und Betriebsarten unter allen vorstehend beschriebenen Prüfbedingungen geprüft werden.

Schritt 2: Führe unter Anwendung der Bedingung, bei der im Schritt 1 der höchste Spitzenwert der volumengemittelten *SAR* bestimmt wurde, alle in [6.3](#) beschriebenen Prüfungen bei allen anderen Prüffrequenzen durch, z. B. bei den niedrigsten und höchsten Frequenzen (siehe [6.1.5](#)). Zusätzlich sollten unter Anwendung aller anderen Bedingungen (Position, Konfiguration und Betriebsart des Geräts), bei denen der im Schritt 1 bestimmte höchste Spitzenwert der volumengemittelten *SAR* innerhalb 3 dB des zutreffenden Grenzwerts der spezifischen Absorptionsrate liegt, alle anderen Prüffrequenzen ebenfalls geprüft werden.

Schritt 3: Untersuche alle Daten, um den Höchstwert der in den Schritten 1 und 2 gefundenen Spitzenwerte der volumengemittelten *SAR* zu bestimmen.