

## **Inhalt**

	Seite
Europäisches Vorwort.....	2
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen .....	3
Einleitung .....	16
1 Anwendungsbereich .....	17
2 Normative Verweisungen .....	17
3 Begriffe .....	18
4 Symbole und Abkürzungen .....	25
4.1 Physikalische Größen.....	25
4.2 Konstanten .....	25
4.3 Abkürzungen .....	26
5 Kurzanleitung und wie dieses Dokument anzuwenden ist.....	27
5.1 Übersicht .....	27
5.2 Kurzanleitung.....	27
5.3 Wie dieses Dokument zu verwenden ist .....	30
5.4 Ausgearbeitete Fallstudien.....	30
6 Evaluierungsvorgänge für die Produktkonformität, die Konformität der Produktinstallation und die Bewertung der HF-Exposition am Aufstell- und Betriebsort.....	30
6.1 Evaluierungsvorgang für die Produktkonformität .....	30
6.1.1 Allgemeines .....	30
6.1.2 Einrichtung von Konformitätsgrenzen .....	31
6.1.3 Definition der Iso-Oberflächen-Konformitätsgrenze .....	31
6.1.4 Einfache Konformitätsgrenzen .....	31
6.1.5 Verfahren für die Einrichtung der Konformitätsgrenze .....	33
6.1.6 Unsicherheit.....	35
6.1.7 Berichterstattung .....	35
6.2 Evaluierungsvorgang verwendet für die Konformität der Produktinstallation.....	36
6.2.1 Allgemeines .....	36
6.2.2 Allgemeines Evaluierungsverfahren für Produktinstallationen .....	36
6.2.3 Sammlung von Daten der Produktinstallation .....	38
6.2.4 Vereinfachter Evaluierungsvorgang für die Produktinstallation .....	38
6.2.5 Auswahl des Bewertungsbereichs .....	41
6.2.6 Messungen .....	43
6.2.7 Rechnergestützte Berechnungen.....	44
6.2.8 Unsicherheit.....	45
6.2.9 Berichterstattung .....	45
6.3 Evaluierungsvorgänge für die Bewertung der HF-Exposition am Aufstell- und Betriebsort.....	46
6.3.1 Allgemeine Anforderungen, Bestimmung der Quelle und Analyse des Standorts.....	46
6.3.2 Messverfahren.....	48

	Seite
6.3.3	Unsicherheit ..... 50
6.3.4	Berichterstattung ..... 50
6.4	Mittelungsverfahren ..... 50
6.4.1	Räumliche Mittelung (Volumenmittelung) ..... 50
6.4.2	Zeitliche Mittelung ..... 50
7	Bestimmung des Evaluierungsverfahrens ..... 51
7.1	Übersicht ..... 51
7.2	Vorgang zur Bestimmung des Evaluierungsverfahrens ..... 51
7.2.1	Allgemeines ..... 51
7.2.2	Einrichtung der Evaluierungspunkte bezogen auf die aus der Quelle und der Umgebung gebildete Ebene ..... 51
7.2.3	Auswahl der Evaluierungsgröße(n) ..... 53
8	Evaluierungsverfahren ..... 54
8.1	Übersicht ..... 54
8.2	Messverfahren ..... 54
8.2.1	Allgemeines ..... 54
8.2.2	Messungen der HF-Feldstärke ..... 55
8.2.3	Messungen der spezifischen Absorptionsrate ..... 56
8.3	Rechnergestützte Berechnungen ..... 57
9	Unsicherheit ..... 58
10	Berichterstattung ..... 59
10.1	Allgemeine Anforderungen ..... 59
10.2	Berichtsformat ..... 59
10.3	Meinungen und Interpretationen ..... 61
Anhang A (informativ) Aus der Quelle und der Umgebung gebildete Ebene und Anleitung für die Auswahl des Evaluierungsverfahrens ..... 62	
A.1	Leitfaden für die aus der Quelle und der Umgebung gebildete Ebene ..... 62
A.1.1	Allgemeines ..... 62
A.1.2	Beispiel für eine aus der Quelle und der Umgebung gebildete Ebene ..... 62
A.1.3	Quellenregionen ..... 63
A.2	Auswahl zwischen rechnergestützten und messtechnischen Lösungsansätzen ..... 69
A.3	Auswahl eines messtechnischen Verfahrens ..... 70
A.3.1	Auswahlstufen ..... 70
A.3.2	Auswahl zwischen Ansätzen der Messung der Feldstärke und der spezifischen Absorptionsrate ( <i>SAR</i> ) ..... 70
A.3.3	Auswahl zwischen breitbandigen und frequenzselektiven Messungen ..... 70
A.3.4	Auswahl von Verfahren zur Messung der HF-Feldstärke ..... 72
A.4	Auswahl von rechnergestützten Berechnungsverfahren ..... 72
A.5	Zusätzliche Betrachtungen ..... 74
A.5.1	Einfachheit ..... 74

	Seite
A.5.2 Rangfolge der Evaluierungsverfahren .....	75
A.5.3 Anwendung von mehreren Verfahren für die Evaluierung der HF-Exposition .....	75
Anhang B (normativ) Evaluierungsverfahren.....	76
B.1 Übersicht .....	76
B.2 Evaluierungsparameter .....	76
B.2.1 Übersicht .....	76
B.2.2 Koordinatensysteme.....	76
B.2.3 Bezugspunkte.....	77
B.2.4 Variablen .....	77
B.3 Messverfahren.....	80
B.3.1 Messungen der HF-Feldstärke.....	80
B.3.2 Messungen der spezifischen Absorptionsrate .....	112
B.4 Berechnungsverfahren .....	123
B.4.1 Übersicht und allgemeine Anforderungen.....	123
B.4.2 Gleichungen .....	124
B.4.3 Basisalgorithmen.....	133
B.4.4 Fortgeschrittene rechnergestützte Verfahren.....	138
B.5 Extrapolation von den ermittelten Werten für die spezifische Absorptionsrate bzw. der Feldstärke auf die geforderte Bewertungsbedingung .....	160
B.5.1 Extrapolationsverfahren.....	160
B.5.2 Extrapolation auf die maximale Feldstärke bei breitbandigen Messungen.....	161
B.5.3 Extrapolation auf die maximale Feldstärke bei frequenz- und codeselektiven Messungen .....	161
B.5.4 Einfluss des Verkehrs in tatsächlich betriebenen Netzen .....	162
B.6 Summation von mehreren HF-Feldern.....	163
B.6.1 Anwendbarkeit.....	163
B.6.2 Unkorrelierte Felder.....	163
B.6.3 Korrelierte Felder.....	164
B.6.4 Umgebungsfelder .....	164
Anhang C (informativ) Begründung, die die vereinfachten Kriterien für die Produktinstallation stützt.....	165
C.1 Allgemeines .....	165
C.2 Klasse E2 .....	165
C.3 Klasse E10 .....	166
C.4 Klasse E100 .....	167
C.5 Klasse E+ .....	169
Anhang D (informativ) Anleitung für den Vergleich von evaluierten Kennwerten mit einem Grenzwert.....	171
D.1 Übersicht .....	171
D.2 Informationen, die für den Vergleich eines evaluierten Werts mit einem Grenzwert erforderlich sind .....	171
D.3 Durchführung eines Vergleichs mit einem Grenzwert mit einem gegebenen Vertrauenspegel .....	171

	Seite
D.4 Durchführung eines Vergleichs mit einem Grenzwert unter Verwendung eines prozessbasierten Beurteilungsschemas .....	172
Anhang E (informativ) Unsicherheit.....	174
E.1 Hintergrund.....	174
E.2 Anforderungen an die Abschätzung der Unsicherheit .....	174
E.3 Wie die Unsicherheit abgeschätzt wird .....	175
E.4 Leitfaden für Unsicherheits- und Beurteilungsschemata .....	175
E.4.1 Allgemeines.....	175
E.4.2 Übersicht über Beurteilungsschemata .....	175
E.4.3 Beispiele für Beurteilungsschemata.....	176
E.4.4 Beurteilungsschemata und Wahrscheinlichkeit für die Übereinstimmung (mit den Anforderungen) .....	179
E.5 Leitfaden zur Unsicherheit .....	183
E.5.1 Übersicht .....	183
E.5.2 Messunsicherheit und Vertrauenspegel.....	183
E.6 Anwendung der Unsicherheit bei Konformitätsmessungen .....	184
E.7 Beispielhafte Einflussgrößen bei Feldmessungen .....	185
E.7.1 Allgemeines.....	185
E.7.2 Kalibrierunsicherheit der Messantenne oder Feldsonde .....	185
E.7.3 Frequenzantwort (Frequenzgang) der Messantenne oder Feldsonde .....	185
E.7.4 Isotropie der Messantenne oder Feldsonde .....	187
E.7.5 Frequenzantwort des Spektrumanalysators .....	187
E.7.6 Temperaturverhalten einer breitbandigen Feldsonde.....	187
E.7.7 Linearitätsabweichung einer breitbandigen Feldsonde .....	187
E.7.8 Unsicherheit aufgrund von Fehlanpassung .....	188
E.7.9 Abweichung der experimentellen Quelle von der numerischen Quelle .....	188
E.7.10 Unsicherheit aufgrund von Messgeräteschwankungen bei zeitveränderlichen Signalen.....	188
E.7.11 Unsicherheit aufgrund von Leistungsschwankungen der HF-Quelle.....	189
E.7.12 Unsicherheit aufgrund von Feldgradienten.....	189
E.7.13 Gegenseitige Verkopplung zwischen der Messantenne oder isotropen Sonde und dem Objekt.....	190
E.7.14 Unsicherheit aufgrund der durch den Körper des Begutachters verursachten Streuung des Felds.....	191
E.7.15 Messgeräte.....	193
E.7.16 Felder, die außerhalb des Messbereichs liegen .....	193
E.7.17 Rauschen .....	193
E.7.18 Integrationszeit.....	193
E.7.19 Leistungskette .....	194
E.7.20 Positionierungssystem .....	194
E.7.21 Anpassung zwischen Sonde und Prüfling.....	194

	Seite
E.7.22 Drift bei der Ausgangsleistung des Prüflings, der Sonde, der Temperatur und der Luftfeuchte .....	194
E.7.23 Störung durch die Umgebung .....	194
E.8 Beispielhafte Einflussgrößen bei rechnergestützten Berechnungen der HF-Feldstärke durch Strahlverfolgungs- oder Vollwellenverfahren .....	194
E.8.1 Allgemeines .....	194
E.8.2 System .....	194
E.8.3 Verfahrensbedingte Unsicherheit .....	196
E.8.4 Umgebungsbedingte Unsicherheiten .....	196
E.9 Einflussgrößen bei Messungen der spezifischen Absorptionsrate .....	196
E.9.1 Allgemeines .....	196
E.9.2 Nachbearbeitung .....	197
E.9.3 Gerätehalterung .....	197
E.9.4 Positionierung des Prüfloses .....	198
E.9.5 Unsicherheit der Schale des Messphantoms .....	200
E.9.6 SAR-Korrektur / Zielwerte der Permittivität und Leitfähigkeit der Flüssigkeit .....	200
E.9.7 Messungen der Permittivität und Leitfähigkeit der Flüssigkeit .....	200
E.9.8 Flüssigkeitstemperatur .....	200
E.10 Einflussgrößen bei Berechnungen der spezifischen Absorptionsrate .....	200
E.11 Volumenmittelung .....	201
E.11.1 Allgemeines .....	201
E.11.2 Schwankungen aufgrund von Small-Scale-Fading .....	202
E.11.3 Fehler bei der Abschätzung der mittleren lokalen Leistungsdichte .....	202
E.11.4 Fehler bei der Abschätzung der mittleren lokalen Leistungsdichte .....	202
E.11.5 Charakterisierung der statistischen Eigenschaften der Umgebung .....	203
E.11.6 Charakterisierung der verschiedenen Mittelungsverfahren .....	203
E.12 Einfluss des menschlichen Körpers auf Messungen der elektrischen Feldstärke mit der Sonde .....	208
E.12.1 Simulation des Einflusses des menschlichen Körpers auf Sondenmessungen mit Hilfe der Momentenmethode (Oberflächen-Äquivalenz-Prinzip) .....	208
E.12.2 Vergleich mit Messungen .....	210
E.12.3 Schlussfolgerungen .....	211
Anhang F (informativ) Technologiespezifischer Leitfaden .....	212
F.1 Übersicht über den Leitfaden für besondere Technologien .....	212
F.2 Zusammenfassung der technologiespezifischen Informationen .....	212
F.3 Leitfaden für die Einstellung des Spektrumanalysators .....	217
F.3.1 Übersicht über die Einstellungen von Spektrumanalysatoren .....	217
F.3.2 Detektionsalgorithmus .....	217
F.3.3 Auflösungsbandbreite und Kanalleistungs-Verarbeitung .....	218
F.3.4 Integration pro Dienst .....	220

	Seite
F.4	Komponenten konstanter Leistung ..... 221
F.4.1	TDMA-/FDMA-Technologie ..... 221
F.4.2	WCDMA-/UMTS-Technologie ..... 221
F.4.3	OFDM-Technologie ..... 222
F.5	WCDMA-Messung und Kalibrierung unter Verwendung eines Code-Domain-Analysators ..... 222
F.5.1	WCDMA-Messungen – Allgemeines ..... 222
F.5.2	Anforderungen an einen Code-Domain-Analysator ..... 222
F.5.3	Kalibrierung ..... 223
F.6	WiFi-Messungen ..... 225
F.6.1	Allgemeines ..... 225
F.6.2	Integrationszeit für reproduzierbare Messungen ..... 225
F.6.3	Kanalbelegung ..... 226
F.6.4	Verschiedene Betrachtungen ..... 227
F.6.5	Skalierbarkeit durch Kanalbelegung ..... 227
F.6.6	Einfluss der Anwendungslayer ..... 227
F.7	LTE-Messungen für Frequenz-Vielfachzugriff (FDD) ..... 227
F.7.1	Übersicht ..... 227
F.7.2	Ermittlung der maximalen LTE-Exposition ..... 229
F.7.3	Ermittlung der momentanen LTE-Exposition ..... 231
F.7.4	MIMO-Multiplexing bei LTE-Basisstationen ..... 231
F.8	LTE-Messungen für Zeit-Vielfachzugriff (TDD) ..... 232
F.8.1	Übersicht ..... 232
F.8.2	Definitionen und Übertragungsarten ..... 232
F.8.3	TDD-Rahmenstruktur ..... 234
F.8.4	Ermittlung der maximalen LTE-Exposition ..... 236
F.9	Einrichtung der Konformitätsgrenzen unter Verwendung von numerischen Simulationen von MIMO-Gruppenantennen, die korrelierte Wellenformen abstrahlen ..... 239
F.9.1	Übersicht ..... 239
F.9.2	Feldkombination in der Nähe von Funk-Basisstationen für korrelierte Exposition für den Zweck der Einrichtung der Konformitätsgrenzen ..... 240
F.9.3	Numerische Simulationen von MIMO-Gruppenantennen mit dicht gepackten Elementen ..... 241
F.9.4	Numerische Simulationen von großen MIMO-Gruppenantennen ..... 241
F.10	Smart-Antennen ..... 242
F.10.1	Übersicht ..... 242
F.10.2	Deterministischer konservativer Ansatz ..... 242
F.10.3	Statistischer konservativer Ansatz ..... 242
F.10.4	Beispiele für Ansätze ..... 243
F.10.5	Smart-Antenne (TD-LTE) ..... 254
F.11	Ermittlung der Konformitätsgrenze bei Systemen, die Parabolantennen benutzen ..... 254

	Seite
F.11.1 Allgemeines .....	254
F.11.2 Übersicht .....	254
F.11.3 Konformitätsgrenze einer Parabolantenne.....	255
Literaturhinweise.....	257
<b>Bilder</b>	
Bild 1 – Kurzanleitung für den Evaluierungsvorgang.....	28
Bild 2 – Beispiel einer komplexen Konformitätsgrenze .....	31
Bild 3 – Beispiele für kreisförmige zylindrische Konformitätsgrenzen .....	32
Bild 4 – Beispiel für eine kastenförmige Konformitätsgrenze .....	32
Bild 5 – Beispiel für eine angeschnittene kastenförmige Konformitätsgrenze .....	33
Bild 6 – Beispiel für eine Konformitätsgrenze für Parabolantennen (aus [11]) .....	33
Bild 7 – Beispiel zur Verdeutlichung des linearen Skalierungsverfahrens .....	34
Bild 8 – Flussdiagramm, das den Evaluierungsvorgang für die Produktinstallation beschreibt.....	37
Bild 9 – Grenze eines quadratisch geformten Bewertungsbereichs (ADB) mit der Abmessung $D_{ad}$ .....	43
Bild 10 – Alternative Wege für die Evaluierung der HF-Exposition am Aufstell- und Betriebsort .....	47
Bild 11 – Konzept der aus der Quelle und der Umgebung gebildeten Ebene.....	52
Bild 12 – Flussdiagramm für die Messverfahren .....	55
Bild 13 – Flussdiagramm für die relevanten rechnergestützten Berechnungsverfahren.....	57
Bild A.1 – Beispiel für Regionen in den aus der Quelle und der Umgebung gebildeten Ebenen nahe einer Antenne einer Funk-Basisstation auf einem Mast, die eine schmale vertikale (angehobene Ebene) Strahlungskeule besitzt (nicht maßstäblich).....	62
Bild A.2 – Beispiel für Regionen in den aus der Quelle und der Umgebung gebildeten Ebenen nahe einer Antenne auf einem Dach, die eine schmale vertikale (angehobene Ebene) Strahlungskeule besitzt (nicht maßstäblich).....	63
Bild A.3 – Geometrie einer Antenne mit größter linearer Abmessung $L_{eff}$ und größter Endabmessung $L_{end}$ .....	64
Bild A.4 – Maximaler Wegunterschied für eine Antenne mit größter linearer Abmessung $L$ .....	68
Bild B.1 – Zylindrische, kartesische und sphärische Koordinaten bezogen auf die Antenne der Funkkommunikations-Basisstation .....	77
Bild B.2 – Evaluierungsorte .....	88
Bild B.3 – Zusammenhang des Abstands zwischen entfernter Funkquelle und Evaluierungsbereich zum Abstand zwischen Evaluierungspunkten .....	89
Bild B.4 – Abriss des Verfahrens der Oberflächenabtastung .....	91
Bild B.5 – Blockdiagramm des Nahfeldantennen-Messsystems .....	92
Bild B.6 – Minimale Radiusbeschränkung, wobei $a$ den minimalen Radius einer um den Bezugspunkt zentrierten Kugel bezeichnet, die den Prüfling umfasst .....	93
Bild B.7 – Obergrenze für den Winkelabstand beim Sampling .....	93
Bild B.8 – Abriss des Verfahrens der Volumen- bzw. Oberflächenabtastung .....	97
Bild B.9 – Blockdiagramm eines typischen Messsystems für Nahfeldmessungen an einem Prüfling .....	98
Bild B.10 – Verfahren der räumlichen Mittelung relativ zum Niveau der Fußunterlage und in der vertikalen Ebene, ausgerichtet, um einen maximalen Bereich in Richtung der zu evaluierenden Quelle anzubieten.....	104

	Seite
Bild B.11 – Räumliche Mittelung relativ zur Höhe des Punkts des räumlichen Spitzenwerts der Feldstärke.....	104
Bild B.12 – Positionierung des Prüflings gegenüber dem relevanten Messphantom .....	113
Bild B.13 – Für Messungen der Ganzkörper-SAR unter Verwendung des kastenförmigen Messphantoms benutztes Volumen der Flüssigkeit im Messphantom und benutztes Messvolumen .....	120
Bild B.14 – Reflexion aufgrund des Vorhandenseins einer (leitenden) Bodenfläche .....	125
Bild B.15 – Umschlossener Zylinder entlang ko-linearer Gruppenantennen, mit und ohne elektrischem Neigungswinkel.....	125
Bild B.16 – Geometrie eines leckenden Speisekabels.....	127
Bild B.17 – Richtungen, für die die Ausdrücke zur Abschätzung der spezifischen Absorptionsrate gegeben werden .....	128
Bild B.18 – Bezugsrahmen, der bei den zylindrischen Gleichungen für die rechnergestützte Darstellung der Feldstärke in einem Punkt P (links) und auf einer Linie, die senkrecht zur Hauptstrahlrichtung der Antenne verläuft (rechts), benutzt wird.....	133
Bild B.19 – Ansichten zur Verdeutlichung der drei gültigen Bereiche für rechnergestützte Berechnungen der Feldstärken um eine Antenne herum .....	134
Bild B.20 – Bezugsergebnisse bei zylindrischen Gleichungen .....	137
Bild B.21 – Bezugsergebnisse bei kugelförmigen (sphärischen) Gleichungen.....	138
Bild B.22 – Geometrie und Parameter für die synthetischen Modell- und Strahlverfolgungsalgorithmen .....	141
Bild B.23 – Fernfeldpositionen entlang der Linie 4 für das Validierungsbeispiel für die synthetischen Modell- und Strahlverfolgungsalgorithmen .....	143
Bild B.24 – Antennenparameter für das Validierungsbeispiel für die synthetischen Modell- und Strahlverfolgungsalgorithmen .....	144
Bild B.25 – Generische 900-MHz-FBS-Antenne mit neun Dipolstrahlern.....	151
Bild B.26 – Nahfeldpositionen entlang der Linie 1, Linie 2 und Linie 3 für die Vollwellen- und Strahlverfolgungs-Validierung.....	152
Bild B.27 – Generische 1 800-MHz-FBS-Antenne mit fünf Schlitzstrahlern .....	153
Bild B.28 – Vor einem aus mehreren Schichten bestehenden verlustbehafteten Zylinder angeordnete FBS-Antenne .....	159
Bild B.29 – Jeweils auf den Mittelwert normalisierte zeitliche Schwankung der von GSM 1 800 MHz (links) und FM (rechts) verursachten Exposition über einen Zeitraum von 24 h .....	163
Bild C.1 – Gemessenes $ER$ in Abhängigkeit vom Abstand bei einer Basisstation mit niedriger Leistung ( $G = 5$ dBi, $f = 2\,100$ MHz), die mit einem $EIRP$ von 2 W (Klasse E2) und 10 W (Klasse E10) sendet.....	166
Bild C.2 – Minimale Installationshöhe in Abhängigkeit von der Sendeleistung korrespondierend zu Klasse E10 .....	167
Bild C.3 – Konformitätsabstand in Richtung der Hauptkeule in Abhängigkeit von der $EIRP$ , eingerichtet entsprechend den Fernfeldgleichungen korrespondierend zu Klasse E100.....	167
Bild C.4 – Minimale Installationshöhe in Abhängigkeit von der Sendeleistung korrespondierend zu Klasse E100 .....	168
Bild C.5 – Mittlere Leistungsdichte auf Bodenniveau für verschiedene Installationskonfigurationen von Einrichtungen mit 100 W $EIRP$ (Klasse E100).....	169
Bild C.6 – Konformitätsabstände in Richtung der Hauptkeule in Abhängigkeit von der $EIRP$ , eingerichtet entsprechend den Fernfeldgleichungen korrespondierend zur Klasse E+ .....	169



	Seite
Bild C.7 – Minimale Installationshöhe in Abhängigkeit von der Sendeleistung korrespondierend zu Klasse E+ .....	170
Bild E.1 – Beispiele für allgemeine Beurteilungsschemata .....	177
Bild E.2 – Übersicht über das auf einem Zielwert der Unsicherheit beruhenden Verfahren.....	178
Bild E.3 – Wahrscheinlichkeit, dass der wahre Wert in Abhängigkeit vom Vertrauensintervall über (oder unter) dem evaluierten Wert liegt, wobei eine Normalverteilung der Unsicherheit angenommen wird .....	183
Bild E.4 – Plot der Kalibrierfaktoren für $E$ (nicht $E^2$ ), die durch einen beispielhaften Kalibrierbericht für eine elektrische Feldsonde bereitgestellt wurden .....	186
Bild E.5 – Rechnermodell, das für die Variationsanalyse von durch die Vorderseite eines Begutachters reflektierte Felder verwendet wird.....	192
Bild E.6 – Positionierungsgerät und unterschiedliche Positionierungsfehler .....	199
Bild E.7 – Physikalisches Modell der Schwankungen des „Small-Scale-Fading“ nach a) Rayleigh und b) Rice .....	201
Bild E.8 – Beispiel für Schwankungen der elektrischen Feldstärke in der Hauptstrahlrichtung einer Antenne, die bei 2,2 GHz betrieben wird.....	201
Bild E.9 – Fehler bei 95 % der Abschätzung der mittleren Leistungsdichte.....	203
Bild E.10 – 343 Messpositionen, die einen Würfel bilden (Zentrum), und unterschiedliche Schablonen, die aus einer unterschiedlichen Anzahl an Positionen bestehen.....	204
Bild E.11 – Bewegung einer Schablone (Linie 3) durch den Würfel.....	205
Bild E.12 – Standardabweichungen bei GSM 900, DCS 1 800 und UMTS .....	207
Bild E.13 – Simulationsanordnung.....	209
Bild E.14 – Einfluss des Körpers .....	209
Bild E.15 – Simulationsanordnung.....	210
Bild F.1 – Spektrale Belegung bei GSMK.....	218
Bild F.2 – Spektrale Belegung bei CDMA.....	219
Bild F.3 – Kanalzuweisung bei einem WCDMA-Signal .....	222
Bild F.4 – Beispiel für WiFi-Rahmen.....	225
Bild F.5 – Kanalbelegung in Abhängigkeit von der Integrationszeit beim IEEE 802.11b-Standard .....	226
Bild F.6 – Kanalbelegung in Abhängigkeit von der Nenn-Durchsatzrate beim IEEE 802.11b- und IEEE 802.11g-Standard.....	226
Bild F.7 – Momentaufnahme des WiFi-Spektrums.....	227
Bild F.8 – Rahmenstruktur der übertragenen Signale beim LTE-Downlink.....	228
Bild F.9 – Beispiele für empfangene Wellen des LTE-Downlink-Signals unter Verwendung eines Spektrumanalysators mit Einstellung auf eine Spanne von null .....	231
Bild F.10 – Rahmenstruktur Typ 2 (für eine Schaltpunkt-Periodizität von 5 ms).....	235
Bild F.11 – Rahmenstruktur des Übertragungssignals für TDD-LTE .....	235
Bild F.12 – PBCH-Messbeispiel.....	237
Bild F.13 – PBCH-Messbeispiel unter Verwendung eines Spektrumanalysators, der auf eine Spanne von null eingestellt wurde.....	239
Bild F.14 – MIMO-Gruppenantenne mit dicht gepackten Elementen .....	240
Bild F.15 – Ebene-Ansicht-Repräsentation des statistischen konservativen Modells.....	244

	Seite
Bild F.16 – Binomiale kumulative Wahrscheinlichkeitsverteilungsfunktion für $N = 24$ , $PR = 0,125$ .....	253
Bild F.17 – Binomiale kumulative Wahrscheinlichkeitsverteilungsfunktion für $N = 18$ , $PR = 2/7$ .....	253
Bild F.18 – Flussdiagramm für die Bewertung der EMF-Konformitätsgrenze in der Hauptstrahlrichtung von Parabolantennen (nach [11]).....	256
<b>Tabellen</b>	
Tabelle 1 – Kurzanleitung für die Schritte bei der Evaluierung .....	29
Tabelle 2 – Beispiele für Produktinstallationsklassen, bei denen ein vereinfachter Evaluierungsvorgang anwendbar ist (auf der Grundlage der ICNIRP-Grenzwerte für die Allgemeinbevölkerung [13]) .....	39
Tabelle 3 – Gültigkeit der Expositionsgrößen für die Evaluierungspunkte in jeder Quellenregion .....	53
Tabelle 4 – Anforderungen an HF-Feldstärkemessungen .....	55
Tabelle 5 – Ausschluss der Ganzkörper-SAR auf der Grundlage der HF-Leistungspegel .....	56
Tabelle 6 – Anforderungen an Messungen der spezifischen Absorptionsrate (SAR).....	56
Tabelle 7 – Anwendbarkeit von rechnergestützten Berechnungsverfahren in Regionen in der aus der Quelle und der Umgebung gebildeten Ebene in Bild 10.....	58
Tabelle 8 – Anforderungen an rechnergestützte Berechnungsverfahren .....	58
Tabelle A.1 – Definition von Quellenregionen .....	65
Tabelle A.2 – Grenzen von voreingestellten Quellenregionen.....	65
Tabelle A.3 – Grenzen von Quellenregionen für Antennen, deren größte Abmessung kleiner als $2,5 \lambda$ ist.....	66
Tabelle A.4 – Grenzen von Quellenregionen für Linear-/Planar-Gruppenantennen, deren größte Abmessung größer als oder gleich $2,5 \lambda$ ist.....	66
Tabelle A.5 – Grenzen von Quellenregionen für gleichphasige abstrahlende Aperturantennen (z. B. Parabolantennen), wobei die größte Abmessung des Reflektors wesentlich größer als eine Wellenlänge ist.....	67
Tabelle A.6 – Grenzen von Quellenregionen für Schlitzkabel.....	67
Tabelle A.7 – In Meter gemessener Fernfeldabstand $r$ in Abhängigkeit vom Winkel $\beta$ .....	69
Tabelle A.8 – Anleitung für die Auswahl zwischen rechnergestützten und messtechnischen Ansätzen .....	69
Tabelle A.9 – Anleitung für die Auswahl zwischen breitbandigen und frequenzselektiven Messungen.....	71
Tabelle A.10 – Anleitung für die Auswahl von Verfahren für die Messung der HF-Feldstärke.....	72
Tabelle A.11 – Anleitung für die Auswahl von rechnergestützten Berechnungsverfahren .....	73
Tabelle A.12 – Leitfaden für die Rangfolge der spezifischen Evaluierungsverfahren .....	75
Tabelle B.1 – Variablen für die Abmessungen .....	77
Tabelle B.2 – Auf die HF-Leistung bezogene Variablen .....	78
Tabelle B.3 – Antennenvariablen .....	79
Tabelle B.4 – Variablen für die Expositionsgrößen .....	79
Tabelle B.5 – Anforderungen an breitbandige Messsysteme .....	82
Tabelle B.6 – Anforderungen an frequenzselektive Messsysteme .....	82
Tabelle B.7 – Tabellenschablone für die Abschätzung der erweiterten Unsicherheit der Messung der HF-Feldstärke am Aufstell- und Betriebsort unter Verwendung eines frequenzselektiven Messgeräts .....	107

	Seite
Tabelle B.8 – Tabellenschablone für die Abschätzung der erweiterten Unsicherheit der Messung der HF-Feldstärke am Aufstell- und Betriebsort unter Verwendung eines breitbandigen Messgeräts .....	108
Tabelle B.9 – Tabellenschablone für die Abschätzung der erweiterten Unsicherheit der Messung der HF-Feldstärke im Labor unter Verwendung des Verfahrens der Oberflächenabtastung .....	110
Tabelle B.10 – Tabellenschablone für die Abschätzung der erweiterten Unsicherheit der Messung der HF-Feldstärke im Labor unter Verwendung des Verfahrens der Volumenabtastung .....	111
Tabelle B.11 – Numerische <i>SAR</i> -Bezugswerte für Bezugsdipole und flaches Messphantom – Sämtliche Werte sind auf eine Vorwärtsleistung von 1 W normalisiert.....	116
Tabelle B.12 – Für Messungen der Ganzkörper- <i>SAR</i> benutztes Volumen für die Flüssigkeit im Messphantom und benutztes Messvolumen [29], [35] .....	119
Tabelle B.13 – Korrekturfaktor zur Kompensation eines möglichen Bias bei der erhaltenen Ganzkörper- <i>SAR</i> für die Allgemeinbevölkerung, wenn die Bewertung unter Verwendung des großen kastenförmigen Messphantoms für Konfigurationen der Exposition von Kindern durchgeführt wird [36] .....	119
Tabelle B.14 – Evaluierungsschablone für die Unsicherheit der Messung der Ganzkörper- <i>SAR</i> des Prüflings .....	120
Tabelle B.15 – Evaluierungsschablone für die Unsicherheit der Validierung von Systemen zur Messung der Ganzkörper- <i>SAR</i> .....	122
Tabelle B.16 – Anwendbarkeit der Gleichungen zur Abschätzung der spezifischen Absorptionsrate.....	129
Tabelle B.17 – Definition von $C(f)$ .....	130
Tabelle B.18 – Eingangparameter für die Gleichungen zur Abschätzung der <i>SAR</i> .....	132
Tabelle B.19 – Bezugsergebnisse der $SAR_{10g}$ - und $SAR_{wb}$ -Abschätzungsgleichungen für die Parameter in Tabelle B.18 und eine Körpermasse von 46 kg.....	132
Tabelle B.20 – Definition der Grenzen für die Auswahl des Bereichs für die rechnergestützte Berechnung .....	135
Tabelle B.21 – Eingangsparmeters für die Validierung der zylindrischen und kugelförmigen (sphärischen) Gleichungen .....	137
Tabelle B.22 – Tabellenschablone für die Abschätzung der erweiterten Unsicherheit einer rechnergestützten Berechnung der HF-Feldstärke mit Hilfe der synthetischen Modell- und Strahlverfolgungsalgorithmen.....	142
Tabelle B.23 – Leistungsdichte beim synthetisches Modell und Strahlverfolgung – Bezugsergebnisse .....	145
Tabelle B.24 – Tabellenschablone für die Abschätzung der erweiterten Unsicherheit der Berechnung der HF-Feldstärke der vollen Welle .....	149
Tabelle B.25 – Vollwellen-Bezugsergebnisse für Validierungsverfahren 1 .....	152
Tabelle B.26 – Vollwellen-Bezugsergebnisse für Validierungsverfahren 2.....	153
Tabelle B.27 – Tabellenschablone für die Abschätzung der erweiterten Unsicherheit der Berechnung der Vollwellen- <i>SAR</i> .....	157
Tabelle B.28 – Bezugs- <i>SAR</i> -Ergebnisse für die Validierung des Rechenverfahrens .....	160
Tabelle E.1 – Bestimmung des Zielwerts der Unsicherheit .....	178
Tabelle E.2 – Monte-Carlo-Simulation von 10 000 Versuchen, wobei beide, der Begutachter und der Auditor, den besten Schätzwert verwendet haben.....	180
Tabelle E.3 – Monte-Carlo-Simulation von 10 000 Versuchen, wobei beide, der Begutachter und der Auditor, einen Zielwert der Unsicherheit von 4 dB verwendet haben .....	181

	Seite
Tabelle E.4 – Monte-Carlo-Simulation von 10 000 Versuchen, wobei der Begutachter das obere 95-%-Vertrauensintervall und der Auditor das untere 95-%-Vertrauensintervall verwendet hat .....	182
Tabelle E.5 – Anhaltswerte für Mindestabstände für einige Dipollängen, um sicherzustellen, dass die Unsicherheit einer Messung von $E$ 5 % oder 10 % nicht übersteigt .....	190
Tabelle E.6 – Anhaltswerte für Mindestabstände für einige Dipollängen, um sicherzustellen, dass die Unsicherheit einer Messung von $H$ 5 % oder 10 % nicht übersteigt.....	190
Tabelle E.7 – Beispielhafte Mindestabstands-Bedingungen für ausgewählte Dipollängen für eine Unsicherheit von 10 % bei $E$ -Feldmessungen .....	191
Tabelle E.8 – Standardabschätzung der dB-Variation für die Störungen vor einem Begutachter aufgrund der von seinem Körper reflektierten Felder wie in Bild E.5 beschrieben.....	192
Tabelle E.9 – Abschätzung der Standardunsicherheit ( $u$ ) für $E$ und $H$ aufgrund von Reflexionen vom Körper des Begutachters für gebräuchliche Funkdienste, abgeleitet aus den in Tabelle E.8 angegebenen Schätzwerten .....	193
Tabelle E.10 – Maximale Empfindlichkeitskoeffizienten für die Permittivität und Leitfähigkeit der Flüssigkeit über den Frequenzbereich 300 MHz bis 6 GHz .....	200
Tabelle E.11 – Unsicherheit bei 95 % für verschiedene Fading-Modelle .....	203
Tabelle E.12 – Korrelationskoeffizienten für GSM 900 und DCS 1 800 .....	206
Tabelle E.13 – Schwankungen der Standardabweichungen für die GSM-900-, DCS-1 800- und UMTS-Frequenzbänder .....	207
Tabelle E.14 – Beispiel für die Berechnung der Gesamtunsicherheit.....	208
Tabelle E.15 – Maximaler simulierter Fehler aufgrund des Einflusses eines menschlichen Körpers auf die Messwerte einer omnidirektionalen Feldsonde.....	210
Tabelle E.16 – Gemessener Einfluss eines menschlichen Körpers auf Messungen mit einer omnidirektionalen Feldsonde .....	210
Tabelle F.1 – Technologiespezifische Informationen .....	213
Tabelle F.2 – Beispiel für die Einstellungen des Spektrumanalysators für eine Integration pro Dienst.....	220
Tabelle F.3 – Beispielhafte Komponenten mit konstanter Leistungen für besondere TDMA-/FDMA-Technologien.....	221
Tabelle F.4 – Anforderungen an WCDMA-Dekoder.....	223
Tabelle F.5 – Signalkonfigurationen.....	223
Tabelle F.6 – Einstellung des WCDMA-Signalgenerators für Leistungslinearität .....	224
Tabelle F.7 – Einstellung des WCDMA-Signalgenerators für die Kalibrierung des Dekoders.....	224
Tabelle F.8 – Einstellung des WCDMA-Signalgenerators für die Messung des Reflexionskoeffizienten .....	225
Tabelle F.9 – Theoretischer Extrapolationsfaktor, $\eta_{RS}$ , basierend auf der in 3GPP TS 36.104 [10] gegebenen Rahmenstruktur.....	230
Tabelle F.10 – Konfiguration des besonderen Sub-Rahmens (Längen von DwPTS/GP/UpPTS).....	236
Tabelle F.11 – Uplink-Downlink-Konfigurationen .....	236