

**Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur
Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit –
Teil 1-4: Geräte und Einrichtungen zur Messung der hochfrequenten
Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit –
Antennen und Messplätze für Messungen der gestrahlten Störaussendung**

Inhalt		Seite
1	Anwendungsbereich.....	8
2	Normative Verweisungen	8
3	Begriffe und Abkürzungen.....	8
3.1	Begriffe	9
3.2	Abkürzungen	14
4	Antennen für die Messung von gestrahlten Störaussendungen (Funkstörfeldstärken).....	14
4.1	Allgemeines	14
4.2	Physikalischer Parameter (Messgröße) für Messungen von abgestrahlten Störaussendungen	15
4.3	Antennen für den Frequenzbereich 9 kHz bis 150 kHz	15
4.3.1	Allgemeines.....	15
4.3.2	Antenne zur Messung des magnetischen Felds	15
4.3.3	Schirmung der Rahmenantenne	16
4.4	Antennen für den Frequenzbereich 150 kHz bis 30 MHz	16
4.4.1	Antenne zur Messung des elektrischen Felds	16
4.4.2	Antenne zur Messung des magnetischen Felds	16
4.4.3	Kreuzpolarisationsverhalten der Antennen	17
4.5	Antennen für den Frequenzbereich 30 MHz bis 1 000 MHz.....	17
4.5.1	Allgemeines.....	17
4.5.2	Antenne mit geringer Unsicherheit zur Verwendung bei angenommener Nichteinhaltung des Störaussendungsgrenzwerts für die elektrische Feldstärke	17
4.5.3	Eigenschaften der Antenne.....	17
4.5.4	Symmetrie der Antenne	19
4.5.5	Kreuzpolarisationsverhalten der Antenne	21
4.6	Antennen für den Frequenzbereich 1 GHz bis 18 GHz	22
4.6.1	Allgemeines.....	22
4.6.2	Empfangsantenne	23
4.7	Besondere Antennenanordnungen – großes Rahmenantennensystem.....	25
5	Messplätze für die Messung von Funkstörfeldstärken im Frequenzbereich 9 MHz bis 30 MHz	25
6	Messplätze für die Messung von Funkstörfeldstärken im Frequenzbereich 30 MHz bis 1 000 MHz.....	25
6.1	Allgemeines.....	25

	Seite
6.2	Freifeldmessplatz 25
6.2.1	Allgemeines 25
6.2.2	Wetterschutz..... 26
6.2.3	Hindernisfreier Bereich..... 26
6.2.4	Auf dem Messplatz vorhandene hochfrequente Umgebungsstörgrößen..... 27
6.2.5	Bodenfläche..... 28
6.3	Eignung von anderen Messplätzen 28
6.3.1	Andere Messplätze mit leitfähiger Bodenfläche 28
6.3.2	Messplätze ohne leitfähige Bodenfläche (Vollabsorberräume)..... 28
6.4	Validierung von Messplätzen 29
6.4.1	Allgemeines 29
6.4.2	Übersicht über Eignungsprüfungen für Messplätze 30
6.5	Grundlegende Kennwerte des Verfahrens der normierten Messplatzdämpfung für Freifeldmessplätze und Halbabsorberkammern 30
6.5.1	Allgemeine Gleichung und Tabelle mit theoretischen Werten der normierten Messplatzdämpfung 30
6.5.2	Antennenkalibrierung 34
6.6	Referenzmessplatz-Verfahren für Freifeldmessplätze und Halbabsorberkammern 34
6.6.1	Allgemeines 34
6.6.2	Antennen, die für Referenz-Messplatz-Messungen nicht zugelassen sind 35
6.6.3	Bestimmung der Referenz-Messplatzdämpfung für Messungen mit dem Antennenpaar auf einem Messplatz für Bezugsmessungen 36
6.6.4	Bestimmung der Referenz-Messplatzdämpfung für Messungen mit dem Antennenpaar unter Verwendung eines Mittelungsverfahrens auf einem großen Freifeldmessplatz 37
6.7	Validierung von Freifeldmessplätzen mit Hilfe des Verfahrens der normierten Messplatzdämpfung 40
6.7.1	Verfahren mit Einzelfrequenzen 40
6.7.2	Verfahren mit Frequenzsuchlauf 41
6.8	Validierung eines wettergeschützten Freifeldmessplatzes oder einer Halbabsorberkammer 42
6.9	Mögliche Ursachen für das Überschreiten der Grenzwerte für die Eignung des Messplatzes..... 45
6.10	Validierung von Vollabsorberräumen 46
6.10.1	Allgemeines 46
6.10.2	Referenz-Messplatz-Verfahren für Vollabsorberräume..... 49
6.10.3	Verfahren der normierten Messplatzdämpfung für Vollabsorberräume 51
6.10.4	Kriterien für den Eignungsnachweis von Vollabsorberräumen 54
6.11	Ermittlung der Einflüsse des Tisches für den Prüfaufbau und des Antennenmastes 54
6.11.1	Allgemeines 54
6.11.2	Verfahren zur Ermittlung des Einflusses des Tisches für den Prüfaufbau..... 54
7	Messplätze zur Messung von Funkstörfeldstärken im Frequenzbereich 1 GHz bis 18 GHz..... 56
7.1	Allgemeines 56

	Seite
7.2 Messplatz für Bezugsmessungen (Referenz-Messplatz).....	56
7.3 Validierung des Messplatzes	57
7.3.1 Allgemeines.....	57
7.3.2 Akzeptanzkriterium für die Eignung des Messplatzes	58
7.4 Antennenanforderungen für das Standard- S_{VSWR} -Prüfverfahren.....	59
7.4.1 Allgemeines.....	59
7.4.2 Sendeantenne.....	59
7.4.3 Antennen und Messeinrichtungen für das reziproke S_{VSWR} -Prüfverfahren.....	62
7.5 Geforderte Positionen für die Prüfung der Eignung des Messplatzes	62
7.5.1 Allgemeines.....	62
7.5.2 Beschreibung der S_{VSWR} -Messpositionen in einer horizontaler Ebene (Bild 23)	63
7.5.3 Beschreibung der zusätzlichen S_{VSWR} -Messpositionen (Bild 24).....	64
7.5.4 Zusammenfassung der S_{VSWR} -Messpositionen	65
7.6 Validierung des S_{VSWR} des Messplatzes – Standardprüfverfahren.....	67
7.7 Validierung des S_{VSWR} des Messplatzes – Reziprokes Verfahren unter Verwendung einer isotropen Feldsonde.....	68
7.8 Anforderungen an bedingt erforderliche Prüfpositionen bei S_{VSWR} -Messungen	69
7.9 Prüfbericht zum S_{VSWR} -Validierungsverfahren für Messplätze.....	70
7.10 Begrenzungen des S_{VSWR} -Validierungsverfahren für Messplätze.....	70
7.11 Alternative Messplätze	70
8 Vorrichtungen zur Absorption von Gleichtaktstörgrößen	71
8.1 Allgemeines.....	71
8.2 Messung der S -Parameter von Vorrichtungen zur Absorption von Gleichtaktstörgrößen (CMAD)	71
8.3 Prüfhalterung für Vorrichtungen zur Absorption von Gleichtaktstörgrößen (CMAD).....	71
8.4 Messverfahren unter Verwendung der TRL-Kalibrierung	72
8.5 Spezifikation von Vorrichtungen des Ferritzagentyps zur Absorption von Gleichtaktstörgrößen	74
8.6 Überprüfung des Betriebsverhaltens (und dessen Minderung) der Vorrichtung zur Absorption von Gleichtaktstörgrößen unter Verwendung eines Spektrumanalysators und eines Mitlaufgenerators	75
9 Modenverwirbelungskammer zur Messung der Gesamtstrahlungsleistung	77
9.1 Allgemeines.....	77
9.2 Kammer.....	77
9.2.1 Größe und Form der Kammer.....	77
9.2.2 Tür, Öffnungen in den Wänden und Montage-Klammern.....	77
9.2.3 (Rotierende) Reflektoren („Tuner“/Rührer)	78
9.2.4 Prüfung der Wirksamkeit der (rotierenden) Reflektoren („Tuner“/Rührer).....	78
9.2.5 Kopplungsdämpfung	79

	Seite
10 TEM-Wellenleiter zur Messung der Störfestigkeit gegen gestrahlte Störgrößen	79
Anhang A (normativ) Kennwerte von Antennen	80
A.1 Allgemeines	80
A.2 Bevorzugte Antennen	80
A.2.1 Allgemeines	80
A.2.2 Berechenbare Antenne	80
A.2.3 Antennen mit geringer Unsicherheit	81
A.3 Einfache Dipolantennen	82
A.3.1 Allgemeines	82
A.3.2 Abgestimmter Dipol	82
A.3.3 Verkürzter Dipol	82
A.4 Kennwerte von Breitbandantennen	84
A.4.1 Allgemeines	84
A.4.2 Antennenart	84
A.4.3 Festlegung der Antenne	85
A.4.4 Antennenkalibrierung	85
A.4.5 Information für den Benutzer der Antenne	86
Anhang B (XXX) (Leer)	87
Anhang C (normativ) Großes Rahmenantennensystem zur Messung des vom Magnetfeld in der Antenne induzierten Stroms im Frequenzbereich von 9 kHz bis 30 MHz	88
C.1 Allgemeines	88
C.2 Konstruktion des großen Rahmenantennensystems	88
C.3 Aufbau einer großen Rahmenantenne	88
C.4 Validierung einer großen Rahmenantenne	93
C.5 Aufbau der Verifizierungs-Dipolantenne für das große Rahmenantennensystem	94
C.6 Konversionsfaktoren	95
Anhang D (normativ) Konstruktionseinzelheiten eines Freifeldmessplatzes für den Frequenzbereich von 30 MHz bis 1 000 MHz (siehe Abschnitt 5)	98
D.1 Allgemeines	98
D.2 Aufbau der reflektierenden Grundfläche	98
D.2.1 Material	98
D.2.2 Rauheit	98
D.3 Versorgungsanschlüsse für den Prüfling	99
D.4 Aufbau des Wetterschutzes	99
D.4.1 Material und Befestigungen	99
D.4.2 Innere Anordnung	100
D.4.3 Größe	100
D.4.4 Unabhängigkeit von Zeit und Wetter	100
D.5 Drehtisch (Drehscheibe) und Tisch für den Prüfaufbau	100

	Seite
D.6 Montage der Empfangsantennen am Mast.....	101
Anhang E (XXX) (Leer).....	102
Anhang F (informativ) Grundlage des Eignungskriteriums ± 4 dB für Messplätze (siehe Abschnitt 6)	103
F.1 Allgemeines.....	103
F.2 Fehleranalyse.....	103
Anhang G (informativ) Beispiele für Unsicherheitsbilanzen bei der Messplatzvalidierung eines Messplatzes für Konformitätsmessungen (COMTS) unter Verwendung der Messung auf einem Referenz-Messplatz mit einem kalibrierten Antennenpaar (siehe 6.6)	105
G.1 Eingangsgrößen, die bei der Kalibrierung der Referenz-Messplatzdämpfung für ein Antennenpaar unter Verwendung des Mittelungsverfahrens zu betrachten sind	105
G.2 Eingangsgrößen, die bei der Kalibrierung der Referenz-Messplatzdämpfung für ein Antennenpaar auf einem Messplatz für Bezugsmessungen (REFTS) zu betrachten sind.....	106
G.3 Eingangsgrößen, die bei der Validierung eines Messplatzes für Konformitätsmessungen (COMTS) unter Verwendung der Referenz-Messplatzdämpfung für ein Antennenpaar zu betrachten sind.....	107
Literaturhinweise	108
Bilder	
Bild 1 – Darstellung der Abstrahlung eines Prüflings auf einem 3-m-Messplatz, die die LPDA-Antenne auf direktem Wege und über die Bodenreflexion erreicht, wobei für den reflektierten Strahl die halbe Hauptstrahlbreite φ gezeigt wird	18
Bild 2 – Beispiel für das Strahlungsdiagramm einer Empfangsantenne in der Ebene des E -Felds mit schattiertem Begrenzungsbereich für eine Messentfernung von 3 m und eine Breite des Prüflings von 2 m.....	23
Bild 3 – Bestimmung der maximal nutzbaren Breite des Prüflings unter Verwendung der Halbwertsbreite	24
Bild 4 – Bestimmung der maximal nutzbaren Höhe des Prüflings unter Verwendung der Halbwertsbreite	24
Bild 5 – Hindernisfreier Bereich eines Messplatzes mit Drehtisch (siehe 6.2.3).....	27
Bild 6 – Hindernisfreier Bereich mit stationärem Prüfling (siehe 6.2.3).....	27
Bild 7 – Lage der Messpunkte bei Messabständen von 3 m und 10 m	36
Bild 8 – Positionen der Messpunktpaare für alle Messabstände	39
Bild 9 – Beispiel für die Auswahl von Messpunktpaaren für einen Messabstand von 10 m	39
Bild 10 – Veranschaulichung einer Untersuchung des Einflusses des Antennenmastes auf A_{APR}	40
Bild 11 – Typische Antennenpositionen für wettergeschützte Freifeldmessplätze und/oder Halbabsorberkammern – Messungen bei vertikaler Polarisation für den Nachweis der Eignung des Messplatzes	43
Bild 12 – Typische Antennenpositionen für wettergeschützte Freifeldmessplätze und/oder Halbabsorberkammern – Messungen bei horizontaler Polarisation für den Nachweis der Eignung des Messplatzes	44
Bild 13 – Typische Antennenpositionen für wettergeschützte Freifeldmessplätze und/oder Halbabsorberkammern – Messungen bei vertikaler Polarisation für den Nachweis der Eignung des Messplatzes für kleinere Prüflinge	44
Bild 14 – Typische Antennenpositionen für wettergeschützte Freifeldmessplätze und/oder Halbabsorberkammern – Messungen bei horizontaler Polarisation für den Nachweis der Eignung des Messplatzes für kleinere Prüflinge	45

	Seite
Bild 15 – Messpositionen für die Validierung des Vollabsorberrausms	47
Bild 16 – Beispiel für eine Messposition und Antennenneigung für die Validierung des Vollabsorberrausms	49
Bild 17 – Typischer Aufbau zur Messung der Referenz-Messplatzdämpfung von Quasi-Freiraum-Messplätzen	51
Bild 18 – Theoretische Freiraum- A_N als Funktion der Frequenz für verschiedene Messentfernungen	53
Bild 19 – Position der Antenne relativ zur Kante oberhalb eines rechteckigen Tisches für den Prüfaufbau (Draufsicht)	56
Bild 20 – Antennenposition oberhalb des Tisches für den Prüfaufbau (Seitensicht)	56
Bild 21 – Beispiel für die Strahlungscharakteristik in der Ebene des E -Felds für eine Sendeantenne (dieses Beispiel dient nur der Information).....	60
Bild 22 – Strahlungscharakteristik in der Ebene des H -Felds für eine Sendeantenne (dieses Beispiel dient nur der Information)	62
Bild 23 – S_{VSWR} -Messpositionen in einer horizontaler Ebene (zur Beschreibung siehe 7.5.2)	63
Bild 24 – S_{VSWR} -Messpositionen (Höhenanforderungen)	64
Bild 25 – Anforderung an bedingt erforderliche Prüfpositionen bei S_{VSWR} -Messungen	69
Bild 26 – Definition der Bezugsebenen innerhalb der Prüfhalterung.....	72
Bild 27a – Anordnung für die Kalibriermessung „Reflexion Anschluss A“	74
Bild 27b – Anordnung für die Kalibriermessung „Reflexion Anschluss B“	74
Bild 27c – Anordnung für die Kalibriermessung „Durchgang“	74
Bild 27d – Anordnung für die Kalibriermessung „Leitung“	74
Bild 27 – Die vier Anordnungen für die TRL-Kalibrierung	74
Bild 28 – Grenzwerte für die Höhe von S_{11} , gemessen entsprechend den Festlegungen von 8.1 bis 8.3.....	75
Bild 29 – Beispiel für den Aufbau eines 50- Ω -Adapters in der vertikalen Arretierung der Prüfhalterung	76
Bild 30 – Beispiel für einen Anpassadapter mit Symmetrierübertrager (Balun) oder Übertrager.....	76
Bild 31 – Beispiel für einen Anpassadapter mit ohmschem Anpassungsnetzwerk.....	77
Bild 32 – Beispiel eines typischen Schaufelrad-„Tuners“/Rührers	78
Bild 33 – Bereich der Kopplungsdämpfung in Abhängigkeit von der Frequenz für eine Kammer mit dem in Bild 32 gezeigten Schaufelrad-„Tuner“/Rührer.....	79
Bild A.1 – Antennenfaktoren des verkürzten Dipols für $R_L = 50 \Omega$	83
Bild C.1 – Großes Rahmenantennensystem, bestehend aus drei großen Rahmenantennen, die gegenseitig aufeinander senkrecht stehen.....	90
Bild C.2 – Große Rahmenantenne, die zwei gegenüberliegende Schlitze enthält, die symmetrisch im Hinblick auf den Stromwandler C angeordnet sind	91
Bild C.3 – Ausführung des Schlitzes einer großen Rahmenantenne	91
Bild C.4 – Beispiel für die Konstruktion des Schlitzes einer großen Rahmenantenne unter Verwendung eines Kupferbands aus Leiterplattenmaterial, um eine steife Schlitzausführung zu erhalten.....	92
Bild C.5 – Ausführung des Metallkastens, der den Stromwandler enthält	92

	Seite
Bild C.6 – Beispiel, das die Verlegung von mehreren Kabeln eines Prüflings zeigt, um die kapazitive Einkopplung von den Leitungen in das große Rahmenantennensystem zu minimieren.....	93
Bild C.7 – Die acht Positionen des Verifizierungs-Dipols für das große Rahmenantennensystem während der Validierung einer großen Rahmenantenne.....	94
Bild C.8 – Eignungsmaß (Validierungsfaktor) für eine große Rahmenantenne mit 2 m Durchmesser.....	94
Bild C.9 – Ausführung des Verifizierungs-Dipols für das große Rahmenantennensystem.....	95
Bild C.10 – Konversionsfaktoren C_{dA} [für die Umwandlung in dB(μ A/m)] und C_{dV} [für die Umwandlung in dB(μ V/m)] für zwei genormte Messentfernungen d	97
Bild C.11 – Empfindlichkeit S_D einer großen Rahmenantenne mit Durchmesser D relativ zu einer großen Rahmenantenne mit einem Durchmesser von 2 m.....	97
Bild D.1 – Rayleigh-Kriterium für die Rauheit der reflektierenden Grundfläche.....	99
Tabellen	
Tabelle 1 – Validierungsverfahren für Messplätze, die auf Freifeldmessplätze, freifeldbasierte Messplätze, Halbabsorberkammern und Vollabsorberräume anwendbar sind.....	29
Tabelle 2 – Theoretische normierte Messplatzdämpfung A_N – Empfohlene geometrische Abmessungen für Breitbandantennen.....	32
Tabelle 3 – Beispielhafte Tabellenschablone für A_{APR} -Datensätze.....	35
Tabelle 4 – Frequenzschrittweite für Referenz-Messplatz-Messungen.....	35
Tabelle 5 – Maximale Abmessungen des Prüfvolumens in Abhängigkeit vom Messabstand.....	46
Tabelle 6 – Frequenzbereiche und Schrittweiten für die Validierung des Vollabsorberraums.....	49
Tabelle 7 – Messpositionsbezeichnungen für die Messung des Stehwellenverhältnisses S_{VSWR}	65
Tabelle 8 – S_{VSWR} -Berichtsanforderungen.....	70
Tabelle D.1 – Maximale Rauheit für Messentfernungen von 3 m, 10 m und 30 m.....	99
Tabelle F.1 – Fehlerbilanz.....	103
Tabelle G.1 – Kalibrierung der Referenz-Messplatzdämpfung für ein Antennenpaar unter Verwendung des Mittelungsverfahrens auf einem großen Freifeldmessplatz.....	105
Tabelle G.2 – Kalibrierung der Referenz-Messplatzdämpfung für ein Antennenpaar auf einem Messplatz für Bezugsmessungen (REFTS).....	106
Tabelle G.3 – Validierung eines Messplatzes für Konformitätsmessungen (COMTS) unter Verwendung der Referenz-Messplatzdämpfung für ein Antennenpaar.....	107