

## Inhalt

	Seite
Vorwort .....	2
Europäisches Vorwort zur Änderung A1 .....	3
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen .....	4
Einleitung .....	10
1 Anwendungsbereich .....	12
2 Normative Verweisungen .....	12
3 Begriffe und Abkürzungen .....	12
3.1 Begriffe .....	12
3.1.1 Antennenbegriffe .....	12
3.1.2 Auf den Messplatz bezogene Begriffe .....	15
3.1.3 Andere Begriffe .....	16
3.2 Abkürzungen .....	17
4 Festlegungen und Validierungsverfahren für Kalibrier- und Referenz-Messplätze für den Frequenzbereich von 5 MHz bis 1 000 MHz .....	18
4.1 Allgemeines .....	18
4.2 Festlegungen für den Antennenkalibriermessplatz .....	19
4.2.1 Allgemeines .....	19
4.2.2 Normative Festlegungen .....	19
4.3 Festlegung für die Messantennen .....	20
4.3.1 Allgemeines .....	20
4.3.2 Einzelheiten der erforderlichen Eigenschaften der Messantenne .....	21
4.4 Validierungsverfahren für den Antennenkalibriermessplatz .....	23
4.4.1 Allgemeines .....	23
4.4.2 Messaufbau .....	24
4.4.3 Messfrequenzen und Höhen der Empfangsantenne .....	25
4.4.4 Messungen der Einfügungsdämpfung des Messplatzes .....	26
4.4.5 Messungen der Einfügungsdämpfung des Messplatzes mit Frequenzsuchlauf .....	29
4.4.6 Identifikation und Verringerung von Reflexionen von Antennenteilen .....	32
4.5 Eignungskriterien für Antennenkalibriermessplätze .....	32
4.5.1 Allgemeines .....	32
4.5.2 Messunsicherheiten .....	33
4.5.3 Eignungskriterien .....	33
4.6 Kalibrierplatz mit metallischer Bodenfläche zur Kalibrierung von bikonischen Antennen und abgestimmten Dipolantennen im Frequenzbereich von 30 MHz bis 300 MHz .....	34
4.7 Eignungsprüfung eines Messplatzes für Bezugsmessungen (Referenz-Messplatzes) .....	36
4.7.1 Allgemeines .....	36
4.7.2 Eignungsprüfung (des Messplatzes) für horizontale Polarisierung .....	36
4.7.3 Eignungsprüfung (des Messplatzes) für vertikale Polarisierung .....	37

	Seite
4.8	Eignungs-Prüfprotokoll (Abnahmeprotokoll) für Antennenkalibrier- und Referenz-Messplätze..... 38
4.8.1	Allgemeines ..... 38
4.8.2	Anforderungen an das Eignungs-Prüfprotokoll (Abnahmeprotokoll)..... 38
4.9	Validierung von Messplätzen für die Kalibrierung von bikonischen und Dipolantennen sowie den bikonischen Teil von Hybridantennen für die vertikale Polarisation ..... 40
4.10	Validierung von Antennenkalibriermessplätzen für die Kalibrierung von Monopolen (Stabantennen) im Frequenzbereich von 5 MHz bis 30 MHz unter Verwendung der vertikalen Polarisation ..... 41
4.10.1	Allgemeines ..... 41
4.10.2	Ermittlung der Unsicherheit ..... 42
5	Verfahren für die Validierung von Vollabsorberräumen für den Frequenzbereich von 30 MHz bis 18 GHz ..... 43
5.1	Allgemeines ..... 43
5.2	Verfahren für die Validierung von 1 GHz bis 18 GHz..... 43
5.2.1	Leistungsübertragung zwischen zwei Antennen ..... 43
5.2.2	Messverfahren für die Validierung von 1 GHz bis 18 GHz ..... 44
5.2.3	Auswertung der Ergebnisse ..... 46
5.2.4	Eignungskriterium..... 48
5.2.5	Leistungsmerkmale der Kammer in Abhängigkeit von der Polarisation..... 48
5.2.6	Unsicherheit..... 49
5.3	Validierung von Vollabsorberräumen für die Kalibrierung von Antennen mit Hilfe von alternativen Verfahren ..... 50
5.3.1	Allgemeines ..... 50
5.3.2	Validierung von Vollabsorberräumen von 30 MHz bis 1 GHz..... 50
5.3.3	Alternative Validierung von Vollabsorberräumen für die Kalibrierung von LPDA-Antennen oberhalb 1 GHz ..... 51
5.3.4	Alternative Validierung von Vollabsorberräumen oberhalb 500 MHz unter Verwendung von Messungen im Zeitbereich ..... 51
5.4	Validierung von Vollabsorberräumen für Messungen der Strahlungsdiagramme von Antennen oberhalb 1 GHz..... 52
6	Verfahren der Validierung von Messplätzen, die für die Kalibrierung von Antennen mit Richtwirkung benutzt werden ..... 52
6.1	Validierung von Kalibrierplätzen, bei denen die Bodenreflexion durch die Verwendung einer Höhe $\geq 4$ m möglichst klein ist..... 52
6.1.1	Messverfahren..... 52
6.1.2	Unsicherheiten..... 54
6.2	Validierung von Kalibrierplätzen, bei denen die Bodenreflexion durch die Verwendung von Absorberräumen möglichst klein ist..... 56
7	Validierung von Messplätzen durch Vergleich der Antennenfaktoren und Anwendung des Referenz-Messplatz-Verfahrens zur Ermittlung des Unsicherheitsbeitrags eines Halbabsorberräum-Messplatzes ..... 56
7.1	Verwendung des Standardantennen-Verfahrens für die Validierung von Messplätzen durch Vergleich der Antennenfaktoren..... 56
7.2	Anwendung des Referenz-Messplatz-Verfahrens zur Ermittlung des

	Seite
Messunsicherheitsbeitrags von Kalibrierplätzen, die aus einer Halbabsorberkammer bestehen.....	57
Anhang A (informativ) Eigenschaften und Validierung von Antennenkalibriermessplätzen (en: CALTS) .....	60
A.1 Allgemeines.....	60
A.2 Die reflektierende Ebene.....	60
A.2.1 Der Aufbau der reflektierenden Ebene .....	60
A.2.2 Kanteneffekte der Ebene und Einfluss der Umgebung.....	61
A.3 Hilfs-/Zusatzeinrichtung.....	62
A.4 Zusätzliche strengere Eignungsprüfung von Antennenkalibriermessplätzen .....	62
A.4.1 Allgemeines.....	62
A.4.2 Messungen mit Höhenvariation der Antenne.....	62
A.4.3 Messungen mit Frequenzsuchlauf.....	64
Anhang B (informativ) Betrachtungen über Messantennen .....	66
B.1 Allgemeines.....	66
B.2 Beispiel einer Messantenne und ihre Verifizierung.....	66
B.3 Bestimmung der Eigenschaften des Symmetrierübertragers (Balun).....	68
B.3.1 Der ideale verlustlose Symmetrierübertrager (Balun).....	68
B.3.2 Beziehungen zwischen den Eigenschaften des Symmetrierübertragers (Balun) und den S-Parametern.....	69
B.3.3 Messungen der Einfügungsdämpfung .....	71
Anhang C (informativ) Theorie zu Antennen und zur Einfügungsdämpfung des Messplatzes.....	73
C.1 Analytische Zusammenhänge.....	73
C.1.1 Allgemeines.....	73
C.1.2 Gesamtlänge der Messantenne .....	74
C.1.3 Theoretische Einfügungsdämpfung des Messplatzes .....	75
C.1.4 Rechenbeispiel.....	79
C.2 Rechnergestützte Berechnungen mit Hilfe der Momentenmethode.....	82
C.2.1 Allgemeines.....	82
C.2.2 Antennen-Eingangsimpedanz.....	83
C.2.3 Gesamtlänge der Messantenne .....	83
C.2.4 Rechnergestützte Berechnungen der Einfügungsdämpfung des Messplatzes .....	84
C.2.5 Rechnergestützte Berechnungen des Antennenfaktors .....	90
Anhang D (informativ) PASCAL-Programm, das in C.1.4 verwendet wird .....	95
Anhang E (informativ) Checkliste für das Validierungsverfahren.....	99
Anhang F (informativ) Augenscheinlichkeit, dass Feldüberhöhungen beim Validierungsverfahren für Messplätze für die vertikale Polarisierung einen vernachlässigbaren Einfluss auf den gemessenen Antennenfaktor haben .....	101
F.1 Untersuchung der vertikalen Feldüberhöhung.....	101
F.2 Kalibrierung von bikonischen Antennen unter Verwendung der vertikalen Polarisierung .....	101
Literaturhinweise .....	103

**Bilder**

Bild 1 – Prinzipschaltbild der Messantenne .....	21
Bild 2 – Einstellung einer Teleskopantenne auf die Länge $L_{we}$ .....	22
Bild 3 – Bestimmung von $U_{r1}(f)$ oder $U_{r2}(f)$ .....	26
Bild 4 – Bestimmung von $U_s(f)$ mit den Drahtantennen an ihren festgelegten Positionen .....	26
Bild 5 – Beispielhafte NSIL: horizontale Polarisation, Antennenhöhe 2 m, Abstand 10 m .....	30
Bild 6 – NSIL für die vier Paare von berechenbaren Dipolen in 10 m Abstand und bei Verwendung der alternativen Höhen für das 600-MHz- bis 1 000-MHz-Paar entsprechend Tabelle 5 .....	31
Bild 7 – Beziehung zwischen den Größen, die beim Eignungskriterium für die Einfügungsdämpfung des Messplatzes verwendet werden .....	34
Bild 8 – Aufbau für die Validierung eines Vollabsorberrahmens für die Kalibrierung von EMV-Messantennen oberhalb 1 GHz, wobei der Abstand zwischen den Phasenzentren der Antennen ebenfalls gezeigt wird .....	45
Bild 9 – Beispielhafte Plots von $[A_i(d) - A_i(d_{3\text{ m}})]$ in dB von 1 GHz bis 18 GHz in Schritten von 1 GHz, aufgetragen gegen den Abstand in m und korrigiert in Bezug auf die Phasenzentren der LPDA- und Hornantenne .....	48
Bild 10 – Beispiel eines Antennenaufbaus für die Kalibrierung von LPDA-Antennen im Frequenzbereich oberhalb 200 MHz .....	53
Bild 11 – Beispiel einer Einfügungsdämpfung des Messplatzes für zwei LPDA-Antennen in vertikaler Polarisation, gemessen über der reflektierenden Bodenfläche eines Freifeldmessplatzes in 2,5 m Abstand zwischen den Mittelpunkten der Antennen und aufgetragen gegen die Antennenhöhe .....	54
Bild 12 – Verdeutlichung der Abstände zwischen einer Sende-Hornantenne und einer rundstrahlenden Empfangsantenne sowie einem reflektierenden Gebäude und der Wegstrecken A und B des übertragenen Signals .....	54
Bild B.1 – Beispiel einer Messantenne .....	68
Bild B.2 – Schaltbild zur Messung von $S_{11}$ und $S_{12}$ sowie von $S_{22}$ und $S_{21}$ , wenn Generator (Messsender) und Last vertauscht werden .....	69
Bild B.3 – Prinzipschaltbild zur Bestimmung der Einfügungsdämpfung $A_1(f)$ .....	71
Bild B.4 – Prinzipschaltbild zur Bestimmung der Einfügungsdämpfung $A_2(f)$ .....	71
Bild C.1 – Netzwerkmodell für Berechnungen von $A_{ic}$ .....	76
Bild C.2 – Ersatzschaltung zum Netzwerk in Bild C.1 .....	76
Bild C.3 – Definitionen der gegenseitigen Verkopplungen, der Speisespannungen und der Antennenströme der Antennen über der reflektierenden Ebene und deren Spiegelbilder .....	77
Bild C.4 – Hintereinanderschaltung der Symmetrierglieder und des Messplatz-Zweiters .....	84
Bild C.5 – Flussdiagramm, das zeigt, wie die Einfügungsdämpfung des Messplatzes durch Kombination der gemessenen S-Parameter der Symmetrierglieder und der mit Hilfe des NEC-Programms berechneten S-Parameter des Messplatz-Zweiters erhalten wird .....	85
Bild F.1 – Gleichförmigkeit des Felds bei schrittweiser Höhenvariation von 1 m auf 2,6 m, auf das Feld in einer Höhe von 1,8 m normalisiert; Monokonusanterne in 15 m Abstand .....	101
Bild F.2 – Mittelung der Höhenschritte, Standardantennen-Verfahren, CISPR 16-1-6:2014, B.4.2 .....	102

**Tabellen**

Tabelle 1 – Zusammenfassung der Validierungsverfahren für Messplätze anhand der Abschnittsnummern .....	11
---------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

	Seite
Tabelle 2 – Maximale Grenzabweichungen für $d = 10$ m .....	21
Tabelle 3 – Frequenzen und feste Höhen der Empfangsantenne für Messungen der Einfügungsdämpfung des Messplatzes, wobei $h_t = 2$ m und $d = 10$ m ist (siehe 4.4.2.3 und 4.4.2.4) .....	25
Tabelle 4 – Frequenzschritte beim Referenz-Messplatz-Verfahren .....	29
Tabelle 5 (informativ) – Antennenhöhen für Messungen der Einfügungsdämpfung des Messplatzes .....	30
Tabelle 6 – Antennenaufbau für Messungen der Einfügungsdämpfung von Kalibrierplätzen unter Verwendung von horizontal polarisierten resonanten Dipolantennen (siehe auch 4.4.4 in Bezug auf die Einfügungsdämpfung von Messplätzen bei 250 MHz und 300 MHz) .....	36
Tabelle 7 – Antennenhöhen .....	37
Tabelle 8 – Beispiel für eine Messunsicherheitsbilanz für die Einfügungsdämpfung des Messplatzes zwischen zwei Monopolantennen .....	42
Tabelle 9 – Beispiel für eine Messunsicherheitsbilanz für das Validierungsverfahren für Vollabsorberräume bei und oberhalb 1 GHz .....	49
Tabelle 10 – Beispiel für eine Messunsicherheitsbilanz für das Messplatz-Validierungsverfahren nach 6.1.1 .....	55
Tabelle 11 – Maximale Grenzabweichungen für den Validierungs-Messaufbau für $d = 10$ m .....	59
Tabelle A.1 – Beispiel von berechenbaren Dipolantennen mit fester Länge und Unterteilung des Frequenzbereichs von 30 MHz bis 1 000 MHz .....	61
Tabelle A.2 – Höhen der Empfangsantenne und Mittenfrequenzen .....	64
Tabelle C.1 – Numerisches Beispiel für die (analytische) Berechnung von $L_a$ , $A_{ic}$ (siehe C.1.4.2) .....	79
Tabelle C.2 – Numerisches Beispiel für die (analytische) Berechnung von $\Delta A_t$ (siehe C.1.4.3) .....	81
Tabelle C.3 – Numerisches Beispiel für die (analytische) Berechnung von $h_{rc}$ und $\Delta h_{rt}$ .....	82
Tabelle C.4 – Numerisches Beispiel für die (analytische) Berechnung von $f_c$ und $\Delta f_t$ .....	82
Tabelle C.5 – Beispiel für die numerische Berechnung von $A_{ic}$ mit Hilfe der Momentenmethode für vertikale Polarisation, $h_t = 2$ m mit der Ausnahme von $h_t = 2,75$ m bei 30 MHz, 35 MHz und 40 MHz .....	88