

DIN EN 62431

ICS 33.120.10

Verfahren zur Messung des Reflexionsvermögens von Absorbern für elektromagnetische Wellen im Millimeterwellen-Frequenzbereich (IEC 62431:2008);**Deutsche Fassung EN 62431:2008**

Reflectivity of electromagnetic wave absorbers in millimetre wave frequency –
Measurement methods (IEC 62431:2008);
German version EN 62431:2008

Réflexivité des absorbeurs d'ondes électromagnétiques dans la plage des fréquences millimétriques –
Méthodes de mesure (CEI 62431:2008);
Version allemande EN 62431:2008

Gesamtumfang 55 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2008-11-01 angenommene EN 62431 gilt als DIN-Norm ab 2009-07-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 62431:2007-06.

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium UK 412.4 „Passive HF- und Mikrowellenbauelemente“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom SC 46F „RF and microwave passive components“ erarbeitet.

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

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

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

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

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Verfahren zur Messung des Reflexionsvermögens von Absorbern für
elektromagnetische Wellen im Millimeterwellen-Frequenzbereich
(IEC 62431:2008)

Reflectivity of electromagnetic wave absorbers
in millimetre wave frequency –
Measurement methods
(IEC 62431:2008)

Réflexivité des absorbeurs d'ondes
électromagnétiques dans la plage des
fréquences millimétriques –
Méthodes de mesure
(CEI 62431:2008)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2008-11-01 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, Bulgarien, 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: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 46F/65/CDV, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 62431, ausgearbeitet von dem SC 46F „R.F. and microwave passive components“ des IEC/TC 46 „Cables, wires, waveguides, R.F. connectors, R.F. and microwave passive components and accessories“, wurde dem IEC-CENELEC Parallelen Einstufigen Annahmeverfahren unterworfen und von CENELEC am 2008-11-01 als EN 62431 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2009-08-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2011-11-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62431:2008 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe und Akronyme	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Akronyme und Symbole	10
4 Prüfling	13
4.1 Prüflingsspezifikation	13
4.2 Referenzmetallplatte	13
4.2.1 Material und Dicke	13
4.2.2 Oberflächenrauheit	13
4.2.3 Ebenheit	13
4.2.4 Größe und Form	13
4.3 Referenzprüfling für die Kalibrierung	13
5 Prüflingshalter	13
6 Messapparatur	14
6.1 Typ des Netzwerkanalysators	14
6.2 Antennen bzw. Strahler	14
6.2.1 Hornstrahler	14
6.2.2 Linsenantenne	14
6.3 Verstärker	14
6.4 Kabel	14
7 Messbedingungen	15
7.1 Temperatur und Umgebung	15
7.2 Warmlaufen der Messapparatur	15
7.3 Elektromagnetische Umgebung	15
8 Kalibrierung des Messsystems und Messbedingungen	15
8.1 Kalibrierung des Messsystems	15
8.2 Messbedingungen	15
8.2.1 Dynamikbereich	15
8.2.2 Einrichtung des Netzwerkanalysators zur Beibehaltung eines angemessenen Dynamikbereichs	15
9 Hornstrahlerv Verfahren	16
9.1 Messsystem	16
9.1.1 Konfiguration des Messsystems	16
9.1.2 Hornstrahler	17
9.1.3 Prüflingshalter	17
9.1.4 Fixierung des Prüflings	18

	Seite
9.1.5 Antennenfuß	19
9.2 Messbedingungen	19
9.2.1 Messumgebung	19
9.2.2 Messabstand	19
9.2.3 Größe des Prüflings	19
9.3 Messverfahren	19
10 Verfahren mit dielektrischer Linsenantenne – Verfahren mit fokussiertem Strahl	21
10.1 Kurzbeschreibung	21
10.2 Messsystem	21
10.2.1 Sendeantenne und Empfangsantenne	21
10.2.2 Hornstrahler mit fokussiertem Strahl	22
10.2.3 Prüflingsgröße	23
10.2.4 Größe der Referenzmetallplatte	23
10.2.5 Prüflingshalter	23
10.2.6 Verfahren zur Fixierung von Prüfling und Referenzmetallplatte	24
10.3 Messverfahren	24
11 Verfahren mit dielektrischer Linsenantenne – Verfahren mit parallelem Strahl	26
11.1 Prinzip	26
11.1.1 Kurzbeschreibung	26
11.1.2 Formung eines parallelen elektromagnetischen Wellenstrahls mit Hilfe einer Linse für elektromagnetische Wellen	26
11.2 Messsystem	27
11.2.1 Zusammensetzung des Messsystems	27
11.2.2 Dielektrische Linsenantenne	29
11.3 Prüfling	29
11.3.1 Allgemeines	29
11.3.2 Referenzmetallplatte	29
11.3.3 Größe des Prüflings	30
11.4 Messverfahren	30
11.4.1 Senkrechter Einfall	30
11.4.2 Schräger Einfall	30
12 Prüfbericht	31
Anhang A (informativ) Reflexion und Streuung durch die Metallplatte – Hornstrahlverfahren	33
A.1 Reflexionskennwerte	33
A.2 Streuungskennwerte $\theta = 0^\circ$	34
Anhang B (informativ) Bestimmung des Reflexionsvermögens von Referenzprüflingen nach dem Hornstrahlverfahren	37
B.1 Referenzmaterial	37
B.2 Reflexionsvermögen des Referenzmaterials	37
Anhang C (informativ) Spezifikationen von handelsüblichen Antennen bzw. Strahlern	38

	Seite
C.1 Hornstrahler.....	38
C.2 Antennen bzw. Strahler, die aus einer dielektrischen Linse bestehen	39
Anhang D (normativ) Kalibrierung mit VNA.....	41
D.1 Art der Kalibrierung	41
D.1.1 Für den Fall senkrechten Einfalls.....	41
D.1.2 Für den Fall schrägen Einfalls.....	42
D.2 Kalibrierverfahren	42
D.2.1 S_{11} - und S_{21} -Antwortkalibrierung.....	42
D.2.2 S_{11} - und S_{21} -Antwort- und Isolierkalibrierung	43
D.2.3 Vollständige S_{11} -Eintorkalibrierung (Kalibrierung „Short – A quarter wavelength Offset Short – Load“).....	44
D.2.4 TRL-Zweitorkalibrierung.....	45
Anhang E (informativ) Dynamikbereich und Messfehler	48
E.1 Dynamikbereich.....	48
E.2 Dynamikbereich und Messfehler.....	48
Anhang F (informativ) Vergrößerung des Dynamikbereichs – Kalibrierung durch Isolierung.....	50
Anhang G (informativ) Relative Dielektrizitätskonstante von Styropor und geschäumtem Polyäthylen basierend auf dem Schäumungsgrad	51
Anhang H (informativ) Berechnung der Fraunhofer Region – Hornstrahlerverfahren	52
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	53
 Bild 1 – Definition des Reflexionsvermögens	 10
Bild 2 – Konfiguration des Messsystems für senkrechten Einfall (S_{11})	16
Bild 3 – Konfiguration des Messsystems für schrägen Einfall (S_{21})	17
Bild 4 – Fixierung des Prüflings	18
Bild 5 – Mechanismus zur Einstellung von Azimut- und Elevationswinkel.....	18
Bild 6 – Messsystem für senkrechten Einfall (Seitenansicht).....	21
Bild 7 – Messsystem für schrägen Einfall.....	22
Bild 8 – Aufbau einer dielektrischen Linsenantenne	23
Bild 9 – Aufbau des Prüflingshalters	24
Bild 10 – Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen bei Verwendung eines Hornstrahlers und einer dielektrischen Linse.....	27
Bild 11 – Blockdiagramm des Messsystems	27
Bild 12 – Messsystem für senkrechten Einfall.....	28
Bild 13 – Messsystem für schrägen Einfall.....	28
Bild 14 – Position einer Abschirmungsplatte	29
Bild 15 – Im Prüfbericht anzugebende Elemente.....	32
Bild A.1 – Reflexion der Referenzmetallplatte in Abhängigkeit vom Messabstand zwischen Antenne bzw. Strahler und Metallplatte	33

	Seite
Bild A.2 – Reflexionsvermögen der Referenzmetallplatte in Abhängigkeit von ihrer Größe	34
Bild A.3 – Reflexionsvermögen einer Referenzmetallplatte bei 40 GHz	35
Bild A.4 – Reflexionsvermögen einer Referenzmetallplatte der Größe 200 mm × 200 mm bei 40 GHz	35
Bild A.5 – Analyse des Reflexionsvermögens einer Metallplatte	36
Bild B.1 – Reflexionsvermögen einer Quarzglasplatte von 200 mm × 200 mm im Millimeterwellen-Frequenzbereich	37
Bild C.1 – Typische Spezifikationen eines Hornstrahlers	38
Bild C.2 – Aufbau des in Tabelle C.2 unter Typ A angegebenen Zylinderhornstrahlers mit dielektrischer Linse für den Einsatz bei 50 GHz bis 75 GHz	39
Bild C.3 – Aufbau der in Tabelle C.2 unter Typ D angegebenen dielektrischen Linse und des Hornstrahlers	40
Bild D.1 – Eine Messkonfiguration für den Fall senkrechten Einfalls mit einem direkt an den Hornstrahler angeschlossenen Richtkoppler	41
Bild D.2 – Konfiguration für die Antwortkalibrierung mit Verwendung einer Referenzmetallplatte im Falle senkrechten Einfalls	42
Bild D.3 – Konfiguration für die Antwortkalibrierung mit Verwendung einer Referenzmetallplatte im Falle schrägen Einfalls	43
Bild D.4 – Konfiguration für die Antwort- und Isolierkalibrierung im Falle senkrechten Einfalls	43
Bild D.5 – Konfiguration für die Antwort- und Isolierkalibrierung im Falle schrägen Einfalls	44
Bild D.6 – Konfiguration für die vollständige S_{11} -Eintorkalibrierung im Fall senkrechten Einfalls	45
Bild D.7 – Genaue Antennenpositionierer-Konfiguration	46
Bild D.8 – TRL-Kalibrierverfahren	47
Bild D.9 – Messung und TRL-Kalibrierung der Übertragungsleitung	47
Bild E.1 – Beispiel für den Empfangspegel einer Referenzmetallplatte und den Empfangspegel ohne den Prüfling	48
Bild E.2 – Dynamikbereich und Messfehler des Reflexionsvermögens	49
Bild F.1 – Verfahren zur Eliminierung störender Wellen	50
Bild H.1 – Fraunhofer-Region und Antennengewinn	52
 Tabelle 1 – Akronyme	 11
Tabelle 2 – Symbole	12
Tabelle C.1 – Antennengewinn 24 dB (Beispiel A)	38
Tabelle C.2 – Einige Spezifikationen von Antennen bzw. Strahlern mit dielektrischen Linsen	39
Tabelle G.1 – Relative Dielektrizitätskonstante und Schäumungsgrad von Styropor	51
Tabelle G.2 – Relative Dielektrizitätskonstante und Schäumungsgrad von Polyäthylen	51

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt die Verfahren zur Messung des Reflexionsvermögens von Absorbern für elektromagnetische Wellen (en: Electromagnetic Wave Absorbers, EMA) bei senkrechtem Einfall, schrägem Einfall und für alle polarisierten Wellen im Millimeterwellenbereich fest. Diese Verfahren sind darüber hinaus auf die Messung des Reflexionsvermögens anderer Materialien anwendbar:

- Messfrequenzbereich: 30 GHz bis 300 GHz;
- Reflexionsvermögen: 0 dB bis –50 dB;
- Einfallswinkel: 0° bis 80°.

ANMERKUNG Diese Norm ist nicht nur auf EMA anwendbar, wie sie häufig als Gegenmaßnahmen gegen Kommunikationsfehler, Funkstörungen usw. verwendet werden, sondern auch auf solche, wie sie in einigen Fällen in schalltoten Räumen eingesetzt werden. EMA können aus beliebigen Materialien bestehen und jede beliebige Form oder Konfiguration oder einen Mehrschichtaufbau, wie nachfolgend beschrieben, haben.

Material: leitfähiges Material, dielektrisches Material, magnetisches Material;

Form: plan, pyramidenförmig, keilförmig oder sonstige Spezialformen;

Schichtaufbau: einschichtig, mehrschichtig oder Gradientenmaterial.

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 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

3 Begriffe und Akronyme

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Begriffe

3.1.1

Umgebungspegel

Wert der Strahlungsleistung oder des Rauschens, die bzw. das vorliegt, wenn am Versuchsstandort keine Messung vorgenommen wird

3.1.2

zugehöriges Betriebsmittel

Gerät oder Produkt, das zur leichteren Bedienung oder zum Betrieb des Betriebsmittels angeschlossen wird

3.1.3

Strahldurchmesser

Durchmesser, bei dem die elektrische Feldstärke von der Mitte des fokussierten Strahls aus um 3 dB abnimmt

3.1.4

Strahleinschnürung

Teil des Strahls, bei dem der Durchmesser des fokussierten Strahls seinen Mindestwert erreicht, wenn die von einer Sendeantenne abgestrahlten elektromagnetischen Wellen mit Hilfe einer dielektrischen Linse gebündelt werden

3.1.5

Durchmesser der Strahleinschnürung

Strahldurchmesser an der Strahleinschnürung

3.1.6

bistatische Messung

Messung, bei der der Einfallswinkel gleich dem Reflexionswinkel ist

3.1.7

dielektrische Linse

aus dielektrischem Material bestehende Linse für elektromagnetische Wellen.

Diese Linsen werden üblicherweise vor ein Pyramiden- oder Kegelhorn gesetzt.

3.1.8

Richtwirkungsmaß

Verhältnis der in einer bestimmten Richtung abgestrahlten Leistungsdichte zur durchschnittlichen Leistungsdichte, die in alle Richtungen abgestrahlt werden würde

3.1.9

Dynamikbereich

Differenz in Dezibel zwischen dem Empfangspegel des von einer Referenzmetallplatte kommenden Signals und dem nach Entfernung der Metallplatte gemessenen Empfangspegel

3.1.10

Absorber für elektromagnetische Wellen

Bestandteil aus einem Werkstoff, der die Energie elektromagnetischer Wellen absorbiert und in Form von Wärme ableitet

3.1.11

Brennweite

Abstand zwischen dem Mittelpunkt der dielektrischen Linse und dem Brennpunkt

3.1.12

Brennpunkt

Mitte der Strahleinschnürung, wenn die elektromagnetischen Wellen mit Hilfe einer dielektrischen Linse gebündelt werden

3.1.13

fokussierter Strahl

fokussierte elektromagnetische Welle, die von der vor den Hornstrahler gesetzten dielektrischen Linse gebündelt wird.

Der Durchmesser des fokussierten Strahls beträgt an der Strahleinschnürung, in Abhängigkeit von der Brennweite der Linse, ein kleines Vielfaches der Wellenlänge oder mehr.

3.1.14

Fraunhofer-Region

Region, in der die Richtcharakteristik eines Aperturstrahlers nahezu unabhängig vom Abstand ist

3.1.15

Freiraumverfahren

Messverfahren, bei dem einzelne oder paarweise angeordnete Hornstrahler verwendet werden und bei dem der Prüfling und die Strahler bzw. Antennen im Freiraum angeordnet sind

3.1.16

Fresnel-Region

Region, in der die Richtcharakteristik eines Aperturstrahlers mit Ausnahme des Bereichs in der unmittelbaren Nähe des Strahlers bzw. der Antenne vom Abstand abhängig ist

3.1.17

Hornstrahler

Aperturstrahler, bei dem die Impedanzanpassung von der Hohlleiterapertur zum Freiraum allmählich erfolgt

3.1.18

monostatische Messung

Messung, bei der die auftreffenden und die reflektierten Wellen in gleicher Richtung, und zwar unter einem beliebigen Winkel in Bezug auf die Senkrechte zur Prüflingsoberfläche, verlaufen

3.1.19

senkrechter Einfall

senkrechtetes Auftreffen einer elektromagnetischen Welle auf der Prüflingsoberfläche

Das Reflexionsvermögen bei senkrechtem Einfall wird üblicherweise in der Konfiguration gemessen, bei der der Einfallswinkel der Sendeantenne und der der Empfangsantenne in Bezug auf die Senkrechte zur Prüflingsoberfläche innerhalb von 0° bis 5° liegen.

3.1.20

schräger Einfall

Auftreffen einer elektromagnetischen Welle auf der Prüflingsoberfläche unter spitzem oder stumpfem Winkel.

Das Reflexionsvermögen bei schrägem Einfall wird üblicherweise mit einer Sende- und einer Empfangsantenne gemessen, die so aufgestellt sind, dass der Einfalls- und der Reflexionswinkel der elektromagnetischen Welle gleich sein können.

3.1.21

paralleler Strahl

elektromagnetische Welle, die eine nahezu ebene Phasenfront an der senkrecht zur Strahlerachse stehenden Oberfläche hat und mit Hilfe einer vor den Hornstrahler gesetzten dielektrischen Linse geformt wird

3.1.22

Referenzmetallplatte

Metallplatte, die die gleiche Form wie der Prüfling und die gleiche Projektionsfläche bei Projektion senkrecht zum Prüfling hat

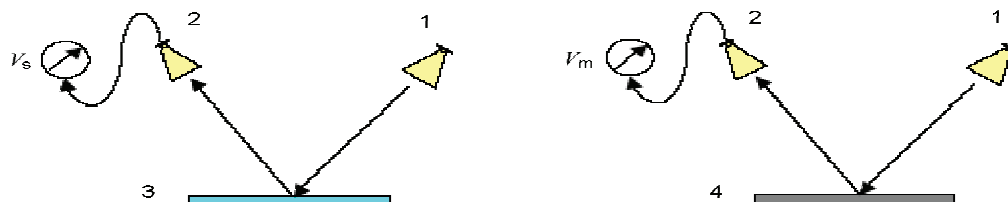
3.1.23

Reflexionsvermögen

Verhältnis der von der Empfangsantenne empfangenen Spannung der reflektierten elektromagnetischen Welle, wenn ein Prüfling mit der elektromagnetischen Welle bestrahlt wird, zur Spannung der elektromagnetischen Welle, die von einer Metallplatte reflektiert wird, deren Größe gleich der des Prüflings ist und die die gleiche Form der Projektionsfläche bei Projektion senkrecht zur Prüflingsoberfläche hat, welches in Dezibel wie folgt ausgedrückt wird:

$$\text{Reflexionsvermögen} = 20 \log_{10} \left| \frac{V_s}{V_m} \right| = 20 \log_{10} |V_s| - 20 \log_{10} |V_m| \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

Dabei ist V_s die von der Empfangsantenne empfangene Spannung der reflektierten elektromagnetischen Welle, wenn der Prüfling mit der elektromagnetischen Welle bestrahlt wird, und V_m ist die Spannung der elektromagnetischen Welle, die von einer Metallplatte reflektiert wird, deren Größe gleich der des Prüflings ist und die die gleiche Form der Projektionsfläche bei Projektion senkrecht zur Prüflingsoberfläche hat. Siehe Bild 1.



Legende

- 1 Sendeantenne
- 2 Empfangsantenne
- 3 EMA
- 4 Metallplatte

Bild 1 – Definition des Reflexionsvermögens

3.1.24

Zeitbereichsfunktion

ein VNA hat im Allgemeinen eine Funktion zur Umwandlung der gemessenen Frequenzbereichsdaten in Zeitentwicklungsdaten mittels inverser Fourier-Transformation, weil er sowohl die Amplitude als auch die Phase der elektromagnetischen Welle messen kann

Daher kann die ausschließlich vom Prüfling reflektierte Welle durch Anwendung geeigneter Zeitfensterung auf das Zeitentwicklungsausgangssignal und Fourier-Transformation extrahiert werden.

3.1.25

H-Welle (transversalelektrische Welle, TE-Welle)

elektromagnetische Welle, bei der das elektrische Feld senkrecht zur Einfallsebene steht, wenn die elektromagnetische Welle unter schrägem Winkel auf die Prüflingsoberfläche auftrifft

3.1.26

Leitungswelle (transversalelektromagnetische Welle, TEM-Welle)

elektromagnetische Welle, bei der sowohl das elektrische Feld als auch das Magnetfeld senkrecht zur Einfallsebene stehen, wenn eine elektromagnetische Welle senkrecht auf die Prüflingsoberfläche auftrifft

3.1.27

transversalmagnetische Welle (TM-Welle)

elektromagnetische Welle, bei der das Magnetfeld senkrecht zur Einfallsebene steht, wenn die elektromagnetische Welle unter schrägem Winkel auf die Prüflingsoberfläche auftrifft

3.2 Akronyme und Symbole

Die in diesem Dokument verwendeten Akronyme und Symbole sind in Tabelle 1 und Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 1 – Akronyme

Akronyme	
CW	Kontinuierliche Welle, Dauerstrich
EMA	Absorber für elektromagnetische Wellen
FFT	Schnelle Fourier-Transformation
IF	Zwischenfrequenz
NWA	Netzwerkanalysator
PTFE	Polytetrafluorethylen
SNA	Skalar-Netzwerkanalysator
TE	Transversalelektrisch
TEM	Transversalelektromagnetisch
TM	Transversalmagnetisch
TRL	Thru-Reflect-Line
VNA	Vektor-Netzwerkanalysator
VSWR	Spannungswelligkeitsfaktor

Tabelle 2 – Symbole

Symbol	Bedeutung
A	Halbe Größe der Öffnung bzw. Apertur einer idealen Absorberwand (eine Hälfte einer Metallplatte quadratischer Form (Anhang A))
a	Maß der längeren Seite an der Apertur einer Pyramidenhornantenne
b	Maß der kürzeren Seite an der Apertur einer Pyramidenhornantenne
c	Länge der Pyramidenhornantenne
$C(x)$	Fresnel-Integral
D	Durchmesser der Apertur einer Kegelhornantenne
d_1	Abstand vom Spiegelbild der Sendeantenne zur Apertur der idealen Absorberwand
d_2	Abstand von der Apertur der idealen Absorberwand zur Empfangsantenne
D_m	Effektives Größtmaß der Antennenapertur
E_0	Elektrische Feldstärke an der Position eines idealen Absorbers (Anhang A)
E_r	Elektrische Feldstärke des Empfangs im Falle, dass der ideale Absorber eine quadratische Apertur der Größe $2A$ hat (Anhang A)
E_{s0}	Elektrische Feldstärke des Empfangs im Falle, dass kein idealer Absorber vorliegt (Anhang A)
G_d	Richtwirkungsmaß des Hornstrahlers
R	Abstand der Apertur des Hornstrahlers zum Prüfling
R_a	Empfangspegel im Falle, dass der Prüfling auf dem Prüflingshalter montiert ist (dB)
R_m	Empfangspegel im Falle, dass die Referenzmetallplatte auf dem Prüflingshalter montiert ist (dB)
S_{11}	Reflexionsfaktor
S_{21}	Durchlässigkeitsfaktor
$S(x)$	Fresnel-Integral
V_a	Empfangsspannung im Falle, dass der Prüfling auf dem Prüflingshalter montiert ist
V_d	Empfangsspannung, die durch die direkt von der Sende- und der Empfangsantenne ausgehende Welle verursacht wird
V_m	Empfangsspannung, die durch die Welle verursacht wird, die von der Metallplatte reflektiert wird, deren Flächeninhalt und Form dem Prüfling entsprechen
V_r	Empfangsspannung, die durch die von allem außer dem Prüfling reflektierte Welle verursacht wird
V_s	Empfangsspannung, die ausschließlich durch die vom Prüfling reflektierte Welle verursacht wird
β	Phasenkonstante ($= 2\pi/\lambda$)
Γ_a	Empfangspegel im Falle, dass der Absorber für elektromagnetische Wellen auf dem Prüflingshalter montiert ist (Vektorgröße)
Γ_m	Empfangspegel im Falle, dass die Referenzmetallplatte auf dem Prüflingshalter montiert ist (Vektorgröße)
Γ_r	Empfangspegel im Falle, dass der Prüfling nicht auf dem Prüflingshalter montiert ist (Vektorgröße)
ε_a'	Realteil der relativen Dielektrizitätskonstante
θ	Einfallswinkel der elektromagnetischen Welle
λ	Wellenlänge der elektromagnetischen Welle im Freiraum

4 Prüfling

4.1 Prüflingsspezifikation

Als Empfehlung gilt, dass der Prüfling eine ebene Oberfläche haben und von starrem Gefüge sein sollte und dass seine Maße größer oder gleich $10 \lambda_1$ sein sollten, wobei λ_1 die Wellenlänge der elektromagnetischen Welle bei der niedrigsten Frequenz im Messfrequenzbereich ist. Die genauen Spezifikationen sind jedoch in den Abschnitten 9, 10 und 11 für die drei dort beschriebenen Arten von Messverfahren angegeben.

4.2 Referenzmetallplatte

4.2.1 Material und Dicke

Es ist vorzugsweise Aluminium, Kupfer, nichtrostender Stahl oder ein anderes Metall mit einer Dicke von etwa 1 mm bis 2 mm zu verwenden.

4.2.2 Oberflächenrauheit

Die Oberflächenrauheit der Referenzmetallplatte sollte weniger als $\lambda_m/10$ betragen, vorzuziehen ist jedoch eine Oberflächenrauheit von weniger als $\lambda_m/20$, wobei λ_m die der höchsten Frequenz im Messfrequenzbereich entsprechende Wellenlänge ist. Beträgt z. B. die höchste Frequenz 300 GHz, so ist λ gleich 1 mm und die bevorzugte Rauheit beträgt entsprechend 0,05 mm.

4.2.3 Ebenheit

Als Empfehlung gilt, dass eine Referenzmetallplatte von 1 m × 1 m mit einer Abweichung von weniger als 0,5 mm eben sein sollte.

4.2.4 Größe und Form

Die Referenzmetallplatte sollte die gleiche Größe und die gleiche Form der Projektionsfläche bei Projektion senkrecht zur Prüflingsoberfläche haben. Wünschenswert ist jedoch die Verwendung der für die einzelnen Verfahren in den Abschnitten 9, 10 und 11 angegebenen Größen. Bei der Wahl der Größe der Referenzmetallplatte sollte mit Sorgfalt vorgegangen werden, weil die Reflexions- und Streuungskennwerte aufgrund der Fresnelschen Brechung von dieser Größe abhängig sein können. Die Größenabhängigkeit der Reflexions- und Streuungskennwerte im Falle des Hornstrahlervorgangs wird in Anhang A näher erläutert.

4.3 Referenzprüfling für die Kalibrierung

Der Referenzprüfling für die Kalibrierung sollte eine Quarzglasplatte oder eine Platte aus einem Saphir-Einkristall (001) von gleichmäßiger Dicke und glatter Oberfläche (geringer Oberflächenrauheit) sein. Die relative Dielektrizitätskonstante sollte im Voraus bekannt sein. Falls ein dielektrisches Material gewählt wird, ist es erforderlich, das Reflexionsvermögen des Prüflings zu messen, ohne dass die Rückseite des Referenzprüflings mit irgendeinem Material belegt ist. Der Referenzprüfling sollte mit Hilfe von Schaumstoff oder ähnlichen Materialien fixiert werden, die eine relative Dielektrizitätskonstante nahe 1 haben und elektromagnetische Wellen nicht wie im Freiraum reflektiert. Es wird empfohlen, die Genauigkeit des Messsystems durch Vergleich des gemessenen Reflexionsvermögens mit dem theoretischen Reflexionsvermögen zu überprüfen. Das im Millimeterwellenbereich gemessene Reflexionsvermögen einer Quarzglasplatte ist in Anhang B angegeben.

5 Prüflingshalter

Der Prüflingshalter kann je nachdem, welches der in den Abschnitten 9, 10 und 11 beschriebenen Verfahren angewendet wird, anders beschaffen sein. Es gilt jedoch die Empfehlung, dass der Prüflingshalter über Funktionen zur Einstellung von Azimut und Elevation verfügen sollte.

6 Messapparatur

Die Ausrüstung muss nach dem Verfahren kalibriert werden, das von den Herstellern oder den nach ISO/IEC 17025 arbeitenden Kalibrierlaboratorien festgelegt wurde. Zu den zu kalibrierenden Werten gehören Frequenz, (elektrische) Spannung und Dämpfung, die von der Messgenauigkeit oder der Unsicherheit der Messgeräte abhängen. Um genaue Ergebnisse zu erhalten, ist es wichtig, die Messapparatur vorschriftsmäßig zu betreiben. Die Messung des Reflexionsvermögens von EMA ist mit Hilfe entweder eines VNA oder eines SNA durchzuführen. Falls die Messwerte voneinander abweichen, muss das Messsystem mit Hilfe eines Referenzprüflings kalibriert werden. Je nach den Erfordernissen der Art des angewendeten Messverfahrens sollten unterschiedliche Messgeräte, wie sie im Folgenden beschrieben sind, verwendet werden.

6.1 Typ des Netzwerkanalysators

Es wird empfohlen, VNA zu verwenden, weil diese Geräte sowohl die Größenordnung als auch die Phase von S_{11} und S_{21} messen können und eine Zeitbereichsfunktion haben.

Mit Hilfe von SNA kann nur die Größenordnung von S_{11} und S_{21} gemessen werden.

6.2 Antennen bzw. Strahler

6.2.1 Hornstrahler

Für die Messung des Reflexionsvermögens von EMA kann sowohl ein handelsüblicher als auch ein eingebauter Hornstrahler verwendet werden, es sei denn, es handelt sich um einen Sonderfall. Um die geforderte Messgenauigkeit sicherzustellen, wird jedoch die Verwendung von handelsüblichen Hornstrahlern empfohlen, deren Antennengewinn, Spannungswelligkeitsfaktor (VSWR) und Größe genau eingehalten werden. Der handelsübliche Koaxial-Hohlleiterwandler wird auch für den Fall empfohlen, dass der VSWR oder die Größen für jedes einzelne Frequenzband überprüft werden. Die Spezifikationen einiger handelsüblicher Hornstrahler sind in Anhang C angegeben.

6.2.2 Linsenantenne

Für die Messung des Reflexionsvermögens von EMA nach dieser Norm braucht nicht unbedingt eine dielektrische Linsenantenne verwendet zu werden, an deren Stelle kann auch eine Metallplatten-Linsenantenne oder eine Luneberg-Linsenantenne eingesetzt werden. Auch in diesem Falle gilt, dass entweder ein handelsübliches oder ein eingebautes Produkt verwendet werden darf. Jedoch wird auch hier die Verwendung einer handelsüblichen Linsenantenne empfohlen, deren Antennengewinn, VSWR und Größen festgelegt sind, um die geforderte Messgenauigkeit zu erreichen. Die Spezifikationen von handelsüblichen Hornstrahlern und dielektrischen Linsen sind in Anhang C erläutert.

6.3 Verstärker

In der Regel wird zur Sicherstellung, dass das Messsystem einen ausreichend großen Dynamikbereich hat, ein Verstärker verwendet. Es ist zu beachten, dass dieser eine Warmlaufphase erfordert und dass die Temperatur so konstant wie möglich gehalten werden sollte, weil die Gesamtverstärkung durch den Verstärker aufgrund der Temperaturdrift wie in Abschnitt 7 beschrieben schwanken wird.

6.4 Kabel

Falls die Kabel direkt angeschlossen sind, müssen diese innerhalb des Messfrequenzbereichs auf Verschlechterung der Übertragungskennwerte überprüft werden.

7 Messbedingungen

7.1 Temperatur und Umgebung

Die Messung sollte bei einem Atmosphärendruck von 860 hPa bis 1 060 hPa in Innenräumen bei einer Temperatur von 5 °C bis 35 °C und einer relativen Luftfeuchte von 45 % bis 85 % durchgeführt werden. Falls der Betriebstemperatur- und -luftfeuchtebereich der Messgeräte enger ist als der oben genannte Bereich, sollten die Spezifikationen der Messgeräte befolgt werden. Es ist wünschenswert, die Messtemperatur so zu regeln, dass die Abweichung höchstens ± 3 °C beträgt, um den Einfluss der Temperaturdrift der Messgeräte auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Falls das Reflexionsvermögen von der Temperatur oder der Luftfeuchte abhängt, sollte die Messtemperatur oder -feuchte des Prüflings angegeben werden.

7.2 Warmlaufen der Messapparatur

Die in den Spezifikationen der Messapparatur oder der Messsysteme angegebene Warmlaufphase von üblicherweise 15 min bis 45 min muss eingehalten werden. Die gesamte Messapparatur ist so lange warm laufen zu lassen, wie für die längste Warmlaufphase der einzelnen Messgeräte gefordert ist.

7.3 Elektromagnetische Umgebung

Falls die Leistungsdichte der elektromagnetischen Welle in der Messumgebung die öffentlichen Bestimmungen überschreitet und falls die elektromagnetische Umgebung als nicht besonders günstig eingeschätzt wird, sollte die Messung in einem schalltoten Raum durchgeführt werden. Ist jedoch das Richtwirkungsmaß der Antenne bzw. des Strahlers groß, so ist ein schalltoter Raum nicht unbedingt erforderlich.

8 Kalibrierung des Messsystems und Messbedingungen

8.1 Kalibrierung des Messsystems

Die Kalibrierung des Messsystems muss mit Hilfe von NWA nach den empfohlenen Verfahren vorgenommen werden. Typische Kalibrierverfahren sind in Anhang D angegeben. Falls die Temperatur, bei der das Messsystem kalibriert wird, mit einer Abweichung von höchstens ± 3 °C der Messtemperatur entspricht, können die Messfehler auf ein Mindestmaß reduziert werden. Für den Fall jedoch, dass die Messtemperatur außerhalb des Bereichs von ± 3 °C liegt, wird empfohlen, die Kalibrierung zu wiederholen.

8.2 Messbedingungen

8.2.1 Dynamikbereich

Ist das Messsystem aufgebaut, so müssen als erstes die Empfangspegel sowohl mit der Referenzmetallplatte als auch ohne diese gemessen werden. Der Dynamikbereich ist als die Differenz der für diese beiden Pegel gemessenen Werte in Dezibel definiert. Anhang E erläutert die Beziehung zwischen dem Dynamikbereich und dem Messfehler. Hat das Messsystem einen Dynamikbereich von 40 dB und beträgt das Reflexionsvermögen des Prüflings -20 dB, so reicht der Fehlerbereich von -0,92 dB bis +0,83 dB.

8.2.2 Einrichtung des Netzwerkanalysators zur Beibehaltung eines angemessenen Dynamikbereichs

Der Dynamikbereich des Messsystems kann durch Modifizierung des IF-Bandes oder durch Anwendung der Mittelungsfunktion von NWA vergrößert werden, sofern der Dynamikbereich einen erforderlichen Wert nicht überschreitet. Der Dynamikbereich lässt sich durch Anwendung der Isolierkalibrierung von VNA vergrößern, wie in Anhang F gezeigt.