

Meßverfahren für Geräte in digitalen Mikrowellen-Funkübertragungssystemen

Teil 3: Messungen an Satelliten-Erdfunkstellen
Hauptabschnitt 2: Antenne
(IEC 835-3-2 : 1995) Deutsche Fassung EN 60835-3-2 : 1996

DIN**EN 60835-3-2**

Diese Norm enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm

IEC 835-3-2

ICS 33.060.30

Deskriptoren: Antenne, Messung, Mikrowellenfunkverbindung, Erdfunkstelle, Nachrichtenübertragung

Methods of measurement for equipment used in digital microwave radio transmission systems – Part 3: Measurements on satellite earth stations; Section 2: Antenna (IEC 835-3-2 : 1995); German version EN 60835-3-2 : 1996

Méthodes de mesure applicables au matériel utilisé pour les systèmes de transmission numérique en hyperfréquence – Partie 3: Mesures applicables aux stations terriennes de télécommunications par satellite; Section 2: Antenne (CEI 835-3-2 : 1995); Version allemande EN 60835-3-2 : 1996

Die Europäische Norm EN 60835-3-2 : 1996 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 737, "Mikrowellen-Funksysteme zur Nachrichtenübertragung", der DKE zuständig.

Der Zusammenhang zwischen den in dieser Norm zitierten IEC-Publikationen und den entsprechenden Deutschen Normen, soweit im Deutschen Normenwerk vorhanden, ist nachstehend wiedergegeben.

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm
–	IEC 50(60) : 1970	–
–	IEC 50(712) : 1992	DIN IEC 50-712 : 1996-01
EN 60835-1-2 : 1993	IEC 835-1-2 : 1992	DIN EN 60835-1-2 : 1993-12
EN 60835-3-4 : 1995	IEC 835-3-4 : 1993	DIN EN 60835-3-4 : 1995-06
EN 60835-3-7 : 1995	IEC 835-3-7 : 1995	DIN EN 60835-3-7 : 1996-02

Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN IEC 12E(Sec)218 : 1994-06.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60835-1-2

Meßverfahren für Geräte in digitalen Mikrowellen-Funkübertragungssystemen – Teil 1: Messungen an terrestrischen Richtfunkssystemen und Satelliten-Erdfunkstellen; Hauptabschnitt 2: Grundlegende Eigenschaften (IEC 835-1-2 : 1992); Deutsche Fassung EN 60835-1-2 : 1993

DIN EN 60835-3-4

Meßverfahren für Geräte in digitalen Mikrowellen-Funkübertragungssystemen – Teil 3: Messungen an Satelliten-Erdfunkstellen; Hauptabschnitt 4: Rauscharme Verstärker (IEC 835-3-4 : 1993); Deutsche Fassung EN 60835-3-4 : 1995

DIN EN 60835-3-7

Meßverfahren für Geräte in digitalen Mikrowellen-Funkübertragungssystemen – Teil 3: Messungen an Satelliten-Erdfunkstellen; Hauptabschnitt 7: Gütezahl des Empfangssystems (IEC 835-3-7 : 1995); Deutsche Fassung EN 60835-3-7 : 1995

E DIN IEC 50-712

Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Kapitel 712: Antennen (IEC 50(712) : 1992)

Fortsetzung 33 Seiten EN

Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)

ICS 33.060.30

Deskriptoren: Nachrichtenübertragung, Funkübertragung, Kommunikationsgeräte, Antenne, Erdfunkstellen, Mikrowellenfrequenzen, digitale Techniken, Messungen, Kennwerte

Deutsche Fassung

Meßverfahren für Geräte in digitalen Mikrowellen- Funkübertragungssystemen

Teil 3: Messungen an Satelliten-Erdfunkstellen
Hauptabschnitt 2: Antenne
(IEC 835-3-2 : 1995)

Methods of measurement for equipment
used in digital microwave radio transmission
systems – Part 3: Measurements on satellite
earth stations; Section 2: Antenna
(IEC 835-3-2 : 1995)

Méthodes de mesure applicables au matériel
utilisé pour les systèmes de transmission
numérique en hyperfréquence – Partie 3:
Mesures applicables aux stations terriennes de
télécommunications par satellite – Section 2:
Antenne
(CEI 835-3-2 : 1995)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 1996-03-05 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, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR ELEKTROTECHNISCHE NORMUNG

European Committee for Electrotechnical Standardization

Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 12E/247/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 835-3-2, ausgearbeitet von dem SC 12E "Radio-relay and fixed satellite communication systems" des IEC TC 12 "Radiocommunications", wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 1996-03-05 als EN 60835-3-2 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): 1996-12-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 1996-12-01

Anhänge, die als "normativ" bezeichnet sind, gehören zum Norm-Inhalt.

Anhänge, die als "informativ" bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.

In dieser Norm ist Anhang ZA normativ und Anhang A informativ. Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 835-3-2 : 1995 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	2	7.3 Zweitordämpfung von dualpolarisierten Frequenz-Wiederbenutzungsantennen	14
2 Normative Verweisungen	2	7.4 Darstellung der Ergebnisse	16
3 Begriffe	3	7.5 Festzulegende Einzelheiten	16
4 Meßbedingungen	5	8 Empfangsgütezahl (G/T)	17
5 Antennengewinn	5	9 Antennen-Rauschtemperatur	17
5.1 Allgemeines	5	9.1 Allgemeines	17
5.2 Meßverfahren	6	9.2 Meßverfahren	17
5.3 Darstellung der Ergebnisse	8	9.3 Darstellung der Ergebnisse	17
5.4 Festzulegende Einzelheiten	8	9.4 Festzulegende Einzelheiten	17
6 Antennendiagramm	8	10 Antennen-Rückflußdämpfung	17
6.1 Allgemeines	8	10.1 Meßverfahren	17
6.2 Terrestrische Antennendiagramm-Messungen in Hauptstrahlrichtung	9	10.2 Darstellung der Ergebnisse	17
6.3 Messung des Antennendiagramms über Satellit	10	10.3 Festzulegende Einzelheiten	17
6.4 Antennen-Monopuls-Diagramm	11	11 Sende-Empfangsentkopplung	18
6.5 Meßgenauigkeit	11	11.1 Meßverfahren	18
6.6 Darstellung der Ergebnisse	12	11.2 Darstellung der Ergebnisse	18
6.7 Festzulegende Einzelheiten	12	11.3 Festzulegende Einzelheiten	18
7 Polarisation	12	Anhang A (informativ) Literaturhinweise	33
7.1 Berechnung des Polarisationswirkungsgrads	12	Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	33
7.2 Kreuzpolarisationsdämpfung (XPD)	12		

1 Anwendungsbereich

Dieser Hauptabschnitt der IEC 835-3 gibt Definitionen und Meßverfahren für die elektrischen Kennwerte von Satelliten-Erdfunkstellen-Antennen für Frequenzen oberhalb etwa 1 GHz. Die Verfahren sind auf Antennen des Reflektortyps für digitale sowie analoge Signalübertragung anwendbar.

Der Zweck der Messungen ist hauptsächlich, das Betriebsverhalten der Erdfunkstellen-Antenne als übereinstimmend mit den im allgemeinen vom Satelliten-Systembetreiber gegebenen Anforderungen, basierend auf der Vollzugsordnung für den Funkdienst und anwendbaren internationalen Normen wie ITU-R-Empfehlung S. 733-1 und die CCIR-Empfehlungen 465-4, 580-3, 731 und 732, nachzuweisen. Die Meßverfahren sind oft von internationalen Satelliten-Betreiber-Organisationen vorgeschrieben.

Die Messungen werden unter der Voraussetzung durchgeführt, daß alle Geräte des Antennen-Untersystems angeschlossen sind, wenn nicht anders festgelegt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil der vorliegenden Internationalen Norm sind. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Internationalen Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig. Alle normativen Dokumente unterliegen der Überarbeitung. Vertragspartner, deren Vereinbarungen auf dieser Internationalen Norm basieren, werden gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, ob die jeweils neuesten Ausgaben der im folgenden genannten Normen angewendet werden können. Die Mitglieder von IEC und ISO führen Verzeichnisse der gegenwärtig gültigen Internationalen Normen.

- IEC 50(60) : 1970
International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 60: Radiocommunications
- IEC 50(712) : 1992
International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 712: Antennas
- IEC 835-1-2 : 1992
Methods of measurement for equipment used in digital microwave radio transmission systems – Part 1: Measurements common to terrestrial radio-relay systems and satellite earth stations – Section 2: Basic characteristics
- IEC 835-3-4 : 1993
Methods of measurement for equipment used in digital microwave radio transmission systems – Part 3: Measurements on satellite earth stations – Section 4: Low noise amplifier
- IEC 835-3-7 : 1995
Methods of measurement for equipment used in digital microwave radio transmission systems – Part 3: Measurements on satellite earth stations – Section 7: Figure-of-merit of receiving system
- ITU-R S.465-5 : 1993
Reference earth-station radiation pattern for use in coordination and interference assessment in the frequency range from 2 to about 30 GHz
- ITU-R S.580-4 : 1993
Radiation diagrams for use as design objectives for antennas of earth stations operating with geostationary satellites
- ITU-R S.731 : 1992
Reference earth-stations cross-polarized radiation pattern for use in frequency coordination and interference assessment in the frequency range from 2 to about 30 GHz
- ITU-R S.732 : 1992
Method for statistical processing of earth-station antenna side-lobe peaks
- ITU-R S.733-1 : 1993
Determination of the G/T ratio for earth stations operating in the fixed-satellite service

3 Begriffe

Für diesen Hauptabschnitt der IEC 835-3 sind die folgenden Definitionen anwendbar.

Für die Definition von allgemeinen, in diesem Hauptabschnitt verwendeten Begriffen sollte auf IEC 60 und IEC 50(712) Bezug genommen werden. Im Zweifelsfall haben die hier gegebenen Definitionen Vorrang.

3.1 Antennen-Untersystem

Ein Antennen-Untersystem ist der Teil eines Erdfunkstellen-Fernmeldegeräts, welches die Antenne und das Speisennetzwerk enthält, wie in Bild 1 gezeigt. Die in diesem Hauptabschnitt behandelte Antenne ist eine Reflektorantenne, bestehend aus dem Hauptreflektor, den Sekundärreflektoren, wenn vorhanden, und dem Primärstrahler. Das Speisennetzwerk darf üblicherweise Frequenztrennweichen, Sendesperrfilter, Gabelschaltungen und eine Polarisationstrennweiche (Polarisationsentkoppler) oder einen Polarisator enthalten, an den die Speisehohlleiter zum Sende- und Empfangsmultiplexer und den Umschaltern sowie zum Nachführempfänger angeschlossen sind. Das Antennen-Untersystem darf auch Vorrichtungen zur Ausrichtung der Antenne enthalten. Die Schnittstellen des Antennen-Untersystems sollten für eine vorgegebene Messung festgelegt sein.

3.2 Antennenanschluß (Antennenschnittstelle)

Ein Antennenanschluß darf als irgendeine Schnittstelle des Speisennetzwerks definiert werden, wo üblicherweise RF-Messungen gemacht werden. Um die Eigenschaften von Antenne und Speisennetzwerk zu trennen, wird häufig der Speisehorn-Hohlleiterflansch als Antennenanschluß definiert, aber dann können zusätzliche Messungen, die das gesamte Speisennetzwerk einschließen, wichtig sein.

3.3 Antennengewinn

Der Gewinn einer Sendeantenne ist das Verhältnis der Leistungsflußdichte, die im Fernfeld in gegebener Richtung und Entfernung von der Antenne erzeugt wird, zu der Leistungsflußdichte, die in der gleichen Entfernung durch eine verlustfreie isotropische Antenne erzeugt würde, die die gleiche Leistung aus der gleichen Quelle aufnimmt, wie die zu prüfende Antenne.

Für die Empfangsantenne kann eine Definition des Gewinns aus der effektiven Fläche A_e abgeleitet werden (siehe 3.5) mit der Beziehung:

$$G = \frac{4\pi A_e}{\lambda^2} \quad (3-1)$$

Dabei ist:

λ die Wellenlänge.

Für dieselbe Antenne zum Senden und Empfangen bei gleicher Frequenz und gleichen Schnittstellen ist der oben definierte Gewinn beim Senden und beim Empfangen wegen der Reziprozität der Antenne gleich.

Theoretisch schließt der Gewinn an der Gewinn-Bezugsebene des Speisesystems die Verluste aufgrund von Polarisations- und Impedanz-Fehlanpassungen nicht ein. Jedoch sind bei praktischen Messungen diese Effekte üblicherweise sehr klein und dürfen dann vernachlässigt werden. Nichtsdestoweniger kann es manchmal notwendig sein, den Teil des Antennengewinns (Teilgewinn, wie in IEC 712-02-44 definiert) anzugeben, der zu einer festgelegten Polarisation gehört. In diesem Fall sollte die Bezugspolarisation angegeben werden, z. B. durch "rechte Hand zirkularer Polarisationsgewinn" oder "horizontal linearer Polarisationsgewinn". Der Teilgewinn ist der Gewinn multipliziert mit dem Polarisationswirkungsgrad, der zur festgelegten Polarisation gehört. Er darf z. B. mit einer Antenne in Hauptstrahlrichtung, die mit der festgelegten Polarisation auf die zu prüfende Antenne strahlt, gemessen werden. Wenn die Antennenpolarisation in zwei orthogonale Komponenten aufgespalten wird (was immer möglich ist), dann ist der Antennengewinn die Summe der Teilgewinne nach den Polarisierungen der Teile.

ANMERKUNG: Wenn nicht anders festgelegt, wird der Gewinn als Gewinn in Hauptstrahlrichtung definiert (maximaler Gewinn).

3.4 Antennendiagramm

Das Antennen-(Strahlungs-)diagramm ist eine Winkeldarstellung der Signalstärke, abgestrahlt oder empfangen durch die Antenne, bezogen auf einen bestimmten Anschluß. Es gehört üblicherweise zur Ko- oder Kreuzpolarisation.

3.5 Wirkfläche einer Antenne

Für eine festgelegte Richtung ist die wirksame (aktive) Fläche einer Antenne das Verhältnis zwischen der an eine angepaßte Last an den Antennenanschluß abgegebenen Leistung und der Leistungsflußdichte in einer polarisationsangepaßten ebenen Welle, die auf die Antenne auftrifft.

ANMERKUNG: Die Wirkfläche wird üblicherweise durch eine Gewinnmessung unter Verwendung von Gleichung (3-1) bestimmt.

3.6 Antennenwirkungsgrad

Der Antennenwirkungsgrad η ist das Verhältnis der maximalen Wirkfläche zu der projizierten Fläche A der Antenne in einer Ebene senkrecht zu der Richtung maximaler Strahlung. Die maximale Wirkfläche hängt mit dem maximalen Gewinn G zusammen, wie in 3.3 definiert. Also:

$$\eta = \frac{A_e}{A} = \frac{G\lambda^2}{4\pi A} \quad (3-2)$$

Dabei ist:

λ die Wellenlänge.

ANMERKUNG: Die Bezugsebene für den Wirkungsgrad sollte die gleiche sein wie für den Gewinn.

3.7 Gewinn-Bezugsantenne

Eine Antenne mit exakt bekanntem Gewinn. Der Gewinn einer zu prüfenden Antenne darf mit dem Gewinn einer Bezugsantenne verglichen werden, indem zwischen diesen Antennen umgeschaltet wird. Die Bezugsantenne ist oft sehr viel kleiner als die zu prüfende Antenne.

3.8 Hauptstrahlrichtung

Für Nachführantennen ist die Hauptstrahlrichtung die Richtung der Nachführung Null. Für Nicht-Nachführ-Antennen ist die Hauptstrahlrichtung die Richtung des Strahlmaximums.

ANMERKUNG: Hauptstrahlmessungen sind Messungen mit einer Hilfsantenne (Hauptstrahlrichtungsantenne), üblicherweise montiert auf einem Turm (Hauptstrahlturm), gelegen in der Hauptstrahlrichtung.

3.9 Antennenpolarisation

Die Antennenpolarisation ist die Polarisation des elektrischen Fernfelds in einer festgelegten Richtung einer strahlenden Antenne. Sie ist auch die Polarisation einer ebenen Welle, einfallend aus einer vorgegebenen Richtung und mit einer vorgegebenen Flußdichte, die maximal verfügbare Leistung am Antennenanschluß ergibt.

ANMERKUNG: Wenn nicht anders definiert, ist die festgelegte Richtung die Hauptstrahlrichtung. Die Polarisation ist durch die Polarisationsellipse oder durch eine Summe einer Ko- und einer Kreuzpolarisationskomponente gekennzeichnet. Daher sind die Polarisations-eigenschaften für alle Richtungen auch durch Ko- und Kreuzpolarisationsantennendiagramme gegeben.

3.10 Axialverhältnis

Das Axialverhältnis (oder Elliptizitätsverhältnis) r ist definiert als das Verhältnis der größeren Achse zur kleineren Achse der Polarisationsellipse (lineare Polarisation ist gegeben durch $r = \infty$, zirkulare Polarisation durch $r = 1$).

3.11 Kopolarisation (Nennpolarisation)

Kopolarisation (einer Antenne) ist die Polarisation, in der die Antenne abstrahlt (oder empfängt) soll.

In Hinblick auf maximale Leistungsübertragung unter Betriebsbedingungen ist die beabsichtigte Polarisation für Erdfunkstellen-Antennen die Kopolarisation der Satellitenantenne in Richtung auf diese Erdfunkstellen-Antenne. Für lineare Polarisation hängt die Richtung der Satellitenpolarisation von der Lage der Erdfunkstelle und des Satelliten und zu einem kleinen Teil von der Polarisationscharakteristik und Richtungsstabilität der Satellitenantenne ab.

ANMERKUNG: Die Kopolarisation ist üblicherweise exakt zirkular oder linear. Lineare Kopolarisation ist üblicherweise in bezug auf den Erdboden oder die Ebene des Erdmeridians, der zur Satellitenposition gehört, festgelegt. In der Praxis wird eine Antenne auch kopolarisiert genannt, wenn sie auch nur angenähert kopolarisiert mit der beabsichtigten Polarisation ist (z. B. kann sich der elektrische Fernfeldvektor leicht mit der Frequenz verschieben).

3.12 Kreuzpolarisation

Kreuzpolarisation (zu einer gegebenen Kopolarisation) ist die Polarisation rechtwinklig zu der Kopolarisation (mit gleicher Ausbreitungsrichtung beider Wellen). Es werden zwei Polarisationen orthogonal genannt, wenn die Polarisationsellipsen entgegengesetzten Rotationssinn, die gleichen Axialverhältnisse und rechtwinklige Hauptachsen haben.

Es werden zwei Antennen kreuzpolarisiert genannt, wenn ihre Polarisationen rechtwinklig zueinander sind. Zwei Antennen gelten als nominell kreuzpolarisiert, wenn ihre Kopolarisationen (Nennpolarisationen) rechtwinklig zueinander sind.

ANMERKUNG: In der Praxis werden zwei Antennen auch manchmal kreuzpolarisiert genannt, wenn sie nur angenähert orthogonal sind.

3.13 Kreuzpolarisationsdämpfung (XPD)

Für eine gegebene Richtung und einen festgelegten Anschluß ist die Kreuzpolarisationsdämpfung XPD einer Antenne das Leistungsverhältnis der kopolarisierten zur kreuzpolarisierten Komponente der Antennenpolarisation. Die Kreuzpolarisationsdämpfung in dB ist durch $x = 10 \log X$ gegeben. Im Empfangsfall z. B. darf dieses Verhältnis durch Beobachtung des Leistungsverhältnisses gemessen werden, wenn die Polarisation der Sendeantenne von Kopolarisation auf orthogonale Kreuzpolarisation bei konstant gehaltener Sendeleistung umgeschaltet wird.

ANMERKUNG: Wenn nicht anders festgelegt, wird die Hauptstrahlrichtung angenommen. Die Kreuzpolarisation wird für jeden Anschluß einer Vieltoran-tenne definiert.

3.14 Polarisationswirkungsgrad

Der Polarisationswirkungsgrad η ist ein Faktor 1 oder weniger, der in der folgenden Gleichung vorkommt:

$$P_r(\Phi, \Theta) = A_e(\Phi, \Theta) \cdot S \cdot \eta \quad (3-3)$$

Dabei ist:

$A_e(\Phi, \Theta)$ die Wirkfläche der Empfangsantenne in vorgegebener Einfallrichtung (Φ, Θ) ;

S die Leistungsflußdichte einer einfallenden ebenen Welle aus der Richtung (Φ, Θ) ;

$P_r(\Phi, \Theta)$ die aus einem festgelegten Anschluß der Empfangsantenne an einen angepaßten Abschluß gelieferte Leistung.

3.15 Dualpolarisierte Antenne

Eine dualpolarisierte Antenne ist eine für gleichzeitiges Senden und/oder Empfangen von Signalen mit zwei orthogonalen Polarisationen (kreuzpolarisiert) ausgelegte Antenne. Wenn sie einen Empfangs- und einen Sendeanschluß hat, dann sind die Kopolarisationen dieser Anschlüsse orthogonal. Wenn sie mit Frequenz-Wiederbenutzung arbeitet und daher vier Nachrichten-Signalanschlüsse hat, dann sind die Kopolarisationen der zwei Empfangs- und der zwei Sendeanschlüsse in jedem Fall orthogonal.

ANMERKUNG: Wenn nur einer der zwei empfangenen oder gesendeten Betriebspolarisationen betrachtet wird, werden manchmal die zur selben Signal-Ausbreitungsrichtung gehörenden Anschlüsse

„kopolare“ und „kreuzpolare“ Anschlüsse genannt. Aber die zu diesen Anschlüssen gehörenden Antennenpolarisationen sollten, obwohl sie die beabsichtigten Ko- und Kreuzpolarisationen annähern, von diesen Polarisationen unterschieden werden.

3.16 Zweitordämpfung (TPD)

Die Zweitordämpfung (Tor-zu-Tor-Dämpfung, Entkopplung) einer dualpolarisierten Frequenz-Wiederbenutzungserdfunkstellen-Antenne wird für die zwei Empfangsanschlüsse und die zwei Sendeanschlüsse definiert.

Wenn die Satellitenantenne mit einer der zwei Betriebspolarisationen strahlt, dann ist die Empfangs-Zweitordämpfung der zu prüfenden Antenne in bezug auf diese Polarisation das Verhältnis der am entsprechenden Empfangsanschluß empfangenen Leistung zu der am anderen Empfangsanschluß empfangenen Leistung (mit beiden Anschlüssen angepaßt abgeschlossen).

Wenn die zu prüfende Antenne mit einer der zwei Betriebspolarisationen zum Satelliten strahlt, dann ist die Sende-Zweitordämpfung der zu prüfenden Antenne in bezug auf diese Polarisation das Verhältnis der am entsprechenden Anschluß der Satellitenantenne empfangenen Leistung zu der am selben Anschluß empfangenen Leistung, wenn die Leistung bei der zu prüfenden Antenne von einem zum anderen Sendeanschluß umgeschaltet wird (die Satelliten-Antennen-Anschlüsse angepaßt abgeschlossen).

Die TPD hängt davon ab, welche der beiden Betriebspolarisationen jeweils gesendet oder empfangen wird. Sie wird auch durch die Eigenschaften der Satelliten- oder der bei der Messung benutzten Hauptstrahlrichtungsantenne beeinflusst und durch den Übertragungsweg. Daher ist sie oft ein nicht ausreichendes Qualitätsmaß der zu prüfenden Antenne, aber sie darf in einigen praktischen Fällen die einzig meßbare Qualität sein.

ANMERKUNG: Die Zweitordämpfung muß üblicherweise sowohl von der Sende-Empfangsentkopplung einer Vektorantenne unterschieden werden (siehe 3.17) als auch von der Kreuzpolarisationsdämpfung (siehe 3.13, 7.2), definiert für jeden Antennenanschluß. Gleiche oder ähnliche Werte für diese Größen dürfen nur bei bestimmten Frequenzen oder für idealisierte Antenneneigenschaften bestehen.

3.17 Sende-Empfangsentkopplung (TRI)

Die Sende-Empfangsentkopplung einer Antenne ist das Verhältnis der gesendeten Leistung am Sendeanschluß der Antenne zu der empfangenen Leistung am Empfangsanschluß der Antenne (durch Kopplung).

ANMERKUNG: Die Sende-Empfangsentkopplung darf den Beitrag des Sendesperrfilters im Empfangsweg einschließen.

3.18 Fernfeld (Fernzone, Fraunhofer-Zone)

Das Fernfeld einer Antenne beginnt bei der Entfernung L von der Antenne, von der an das Antennendiagramm nahezu unabhängig von der Entfernung ist, wo es gemessen wird. Die Fernfeldentfernung L wird üblicherweise definiert durch:

$$L = \frac{2D^2}{\lambda} \quad (3-4)$$

Dabei ist:

D die maximale Aperturabmessung der Antenne;

λ die Wellenlänge.

Für Fernfeldmessungen wird die Meßentfernung größer als die maximale Fernfeldentfernung, die sich aus der kleinsten Betriebswellenlänge ergibt, sein.

ANMERKUNG 1: Wenn die maximale Aperturabmessung d der Antenne gegenüber größer als näherungsweise $0,64 D$ ist, kann die folgende Mindestentfernung für die Messung erforderlich sein:

$$L = \frac{Dd}{0,32\lambda} \quad (3-5)$$

Wenn $D < 0,64 d$ ist, sollte Gleichung (3-4) mit d statt D benutzt werden.

ANMERKUNG 2: Für Antennen mit kleinen Nebenzipfeln können größere Meßentfernungen als die nach Gleichung (3-4) erforderlich sein.

3.19 Rauschtemperatur einer Antenne

Die Rauschtemperatur einer Antenne ist die Temperatur eines Widerstandes mit einer verfügbaren Leistung je Bandbreiteneinheit gleich der am Antennenausgang bei einer festgelegten Frequenz.

ANMERKUNG: Die Rauschtemperatur einer Antenne hängt sowohl von ihrer Verkopplung mit allen Rauschquellen in ihrer Umgebung, als auch von dem in der Antenne erzeugten Rauschen (z.B. durch ohmsche Verluste) ab.

4 Meßbedingungen

Die in dieser Norm beschriebenen Messungen müssen soweit wie möglich unter realistischen Betriebsbedingungen gemacht werden. Sie müssen in allen in der ausführlichen Gerätespezifikation enthaltenen Frequenzbändern durchgeführt werden. Die Messungen dürfen unter verschiedenen Umweltbedingungen innerhalb der Grenzwerte durchgeführt werden, welche zwischen den betreffenden Parteien vereinbart wurden, z. B.:

- Windgeschwindigkeit
- Hagel
- Eis
- Regen
- Schnee
- Sonneneinstrahlung
- Temperaturbereich

Es sollte zur Kenntnis genommen werden, daß mechanische Verformungen der Antennengeometrie aufgrund von Schwerkraft, Wind und Antennenausrichtungswinkel die Meßergebnisse beeinflussen können, besonders die von Gewinn, Nebenzipfel, Kreuzpolarisation und Zweitordämpfung.

5 Antennengewinn

5.1 Allgemeines

Der Antennengewinn einer Satelliten-Erdfunkstelle darf mit einem der folgenden vier Verfahren gemessen werden:

- a) Vergleich mit einer Gewinn-Bezugsantenne;
- b) Satellit-Ersatz-Verfahren (Empfangsband);
- c) Satellitenstrecke-Leistungsverfahren (Sendeband);
- d) Radiostern-Verfahren.

Der Vergleich mit einer Gewinn-Bezugsantenne (Normhorn-Gewinn-Verfahren) ist anwendbar, wenn ein terrestrischer Hauptstrahlrichtungsbereich verfügbar ist. Der Bereich sollte hinreichende Länge und genügend wenig Bodenreflexion für die Messung haben. Das Verfahren darf angewendet werden, wenn die Länge des Bereichs größer als die Fernfeldentfernung ist (siehe 3.18).

Das Satellit-Ersatz-Verfahren und das Satellitenstrecke-Leistungsverfahren sind praktische und bequeme Verfahren für

Antennen jeder Größe, aber sie sind im allgemeinen nicht sehr genau. Diese Verfahren sind anwendbar, wenn der Hauptstrahlrichtungsbereich nicht verfügbar ist und wenn die zu prüfende Antenne nicht groß genug für das Radiostern-Verfahren ist.

Das Radiostern-Verfahren ist anwendbar für große Antennen. Die Anwendbarkeit des Verfahrens hängt von der Radiostern-Fluiddichte, dem Antennengewinn, der System-Rauschtemperatur und der Sichtbarkeit des Radiosterns ab. Dieses Verfahren ist anwendbar, wenn der Y-Faktor (das Verhältnis der vom Radiostern empfangenen Leistung zu der Rauschleistung des Himmels) größer als 2 dB ist (siehe IEC 835-3-7). Die Messung wird durchgeführt durch gleichzeitige Messung von G/T und der System-Rauschtemperatur.

Es gibt einige kleine Antennen, deren Speiseleitung einen nicht abtrennbaren Empfänger geringen Rauschens oder einen Sende-Leistungsverstärker enthält. Für diese Antennen kann ein gleichwertiges alternatives Speisesystem für die Messung benutzt werden. Das passende Verfahren ist das Normhorn-Gewinn-Verfahren mit einem terrestrischen Hauptstrahlrichtungsbereich.

Die Bezugspunkte im Antennen-Untersystem, an denen die Sende- und Empfangsgewinne gemessen und auf die sie bezogen werden sollen, müssen festgelegt werden. Auch sollte die Anzahl von Filtern, Kopplern, Schaltern und anderen Baugruppen im Übertragungsweg, deren Verluste in der Gewinnberechnung und -messung eingeschlossen werden sollen, festgelegt werden.

5.2 Meßverfahren

5.2.1 Vergleich mit der Gewinn-Bezugsantenne

5.2.1.1 Allgemeines

Gewinnmessung durch Vergleich mit einer Gewinn-Bezugsantenne schließt den Vergleich des Signalpegels, der von der Gewinn-Bezugsantenne empfangen wurde, und dem von der zu prüfenden Antenne empfangenen ein, wobei die strahlende Quelle die gleiche Entfernung hat (Hauptstrahlrichtungsentfernung).

Vorzugsweise sollte die Art der Polarisierung (z. B. linear oder zirkular) der Quellantenne und der Gewinn-Bezugsantenne die gleiche sein, wie die der zu prüfenden Antenne. Jedoch ist es möglich, eine linear polarisierte Quellantenne und/oder Gewinn-Bezugsantenne für die Messung einer zirkular polarisierten Antenne mit Korrektur zu benutzen (siehe 5.2.1.3).

ANMERKUNG: Im allgemeinen sind die physikalischen Abmessungen und damit der Gewinn der zu prüfenden Antenne größer als die der Gewinn-Bezugsantenne.

5.2.1.2 Meßverfahren

Bild 2 zeigt die Blockschaltbilder zweier ähnlicher Anordnungen, wie sie üblicherweise für die Messung des Antennengewinns durch Gewinnvergleich benutzt werden.

Der RF-Empfänger wird nacheinander mit der zu prüfenden Antenne und mit der Gewinn-Bezugsantenne verbunden, indem entweder ein flexibles Koaxialkabel, abgeschlossen mit einem Koaxial-Hohlleiter-Übergang und einem Isolator, oder ein Hohlleiterumschalter und zwei Hohlleiterverbindungen mit bekannten Verlusten benutzt wird.

Zu Beginn der Messungen müssen beide Antennen, die Gewinn-Bezugsantenne und die zu prüfende Antenne, um einen Bruchteil der Strahlbreite leicht fehlausgerichtet werden, abwechselnd in Azimut und Elevation. Die Antennen werden dann geschwenkt oder gedreht in Azimut und/oder Elevation durch den Punkt maximaler Signalstärke und dann auf diesen Punkt zurückgesetzt, um die Hauptstrahlrichtung in Azimut und Elevation für maximale Empfangsleistung einzustellen, abwechselnd für jede Antenne. Die Azimut- und Elevations-Einstellungen beider, der Gewinn-Bezugs-

antenne und der zu prüfenden Antenne, werden dann während der Dauer der Messungen beibehalten. Zusätzlich sollte die exakte Polarisierung der Antennen geprüft werden und, wenn nötig, auf maximalen Empfangspegel eingestellt werden.

Schritt 1: Verbinde das Empfangsgerät mit der Gewinn-Bezugsantenne, und notiere oder zeichne die angezeigte Empfangsleistung P_r auf.

Schritt 2: Verbinde das Empfangsgerät mit der zu prüfenden Antenne, erhöhe die Dämpfung des einstellbaren Dämpfungsglieds, um die gleiche Größenordnung der angezeigten Empfangsleistung zu empfangen, und notiere oder zeichne die empfangene Leistung P_a auf sowie die Differenz der in den Schritten 1 und 2 aufgeschriebenen Ablesungen auf dem einstellbaren Dämpfungsglied.

Schritt 3: Wiederhole die Schritte 1 und 2, bis eine annehmbare Wiederholbarkeit in der Messung von P_r und P_a erreicht ist. Ein Mangel an Wiederholbarkeit darf von einer Unstabilität der Sendequelle oder dem Empfangsgerät herrühren oder von den Ausbreitungsbedingungen im Prüffeld.

Der Gewinn der zu prüfenden Antenne kann mit der folgenden allgemeinen Gleichung berechnet werden:

$$G_a \text{ (dB)} = 10 \log (P_a/P_r) + L_{eq} + G_r \quad (5-1)$$

Dabei ist:

G_a der errechnete Gewinn der zu prüfenden Antenne am Gewinn-Bezugspunkt;

G_r der Gewinn der Gewinn-Bezugsantenne;

L_{eq} der Unterschied in den Ablesungen des einstellbaren Dämpfungsglieds bei den Schritten 1 und 2 (allgemein, $L_{eq} > 0$ dB).

ANMERKUNG 1: Um den Einfluß von Bodenreflexionen zu beseitigen, sollte die von der Gewinn-Bezugsantenne empfangene Leistung für verschiedene Höhen der Gewinn-Bezugsantenne über dem Boden aufgeschrieben werden. Interferenz durch Bodenreflexionen mit der direkt empfangenen Welle ergibt eine nahezu periodische Pegelschwankung über der Höhe. Der Betrag der Änderung der Höhe der Gewinn-Bezugsantenne sollte groß genug sein, um eine oder mehrere dieser Schwankungen aufzuzeichnen. (Eine getrennte Vorrichtung für genaue Bewegung der Gewinn-Bezugsantenne wird empfohlen). Der durch die Gewinn-Bezugsantenne empfangene Durchschnittspegel sollte bestimmt und für die Berechnung benutzt werden. Für ein gutes Prüffeld darf die Spitze-Spitze-Pegelschwankung über der Höhe kleiner als 0,4 dB sein.

ANMERKUNG 2: Meist wird eine Wobelfrequenzmessung für die Messung von P_r und P_a als Funktion der Frequenz benutzt. Jedoch ergibt sich im Fall einer Messung mit fester Frequenz eine geringere Schwierigkeit, P_a auf den exakt gleichen Wert wie P_r abzugleichen, was dann die obige Gleichung und damit die Berechnung von G_a vereinfacht.

5.2.1.3 Korrektur für eine zirkular polarisierte Antenne, gemessen unter Verwendung einer linear polarisierten Quelle und/oder einer Gewinn-Bezugsantenne

Fall 1: Für eine zu prüfende Antenne mit einem guten Axialverhältnis

Wenn das Axialverhältnis der zu prüfenden Antenne kleiner als 2 dB ist, dann kann die unten beschriebene einfache Korrektur angewendet werden:

a) Eine linear polarisierte Quellantenne und eine linear polarisierte Gewinn-Bezugsantenne. Der gemessene Gewinn der zu prüfenden Antenne ist 3 dB geringer als der wirkliche Gewinn. Deshalb müssen 3 dB zu dem gemessenen Gewinn addiert werden.

b) Eine zirkular polarisierte Quellantenne und eine linear polarisierte Gewinn-Bezugsantenne. Der von der Gewinn-Bezugsantenne empfangene Pegel ist 3 dB geringer, als der einer zirkular polarisierten Antenne gleichen Gewinns. Daher müssen 3 dB von dem gemessenen Gewinn abgezogen werden.

ANMERKUNG: Wenn eine zirkular polarisierte Gewinn-Bezugsantenne verwendet wird, ist keine Korrektur nötig.

Fall 2: Für eine zu prüfende Antenne mit einem geringen Axialverhältnis und unter Verwendung einer linear polarisierten Quellantenne

Messe zuerst den Antennengewinn, G_0 in dB, mit einem passenden Polarisationswinkel der Quellantenne. Dann drehe den Polarisationswinkel der Quellantenne um 90° , und messe wieder den Antennengewinn, G_{90} in dB. Verwende die gleiche Korrektur wie für Fall 1 a), wenn eine linear polarisierte Gewinn-Bezugsantenne benutzt wurde. Dann kann der Antennengewinn, G , abgeleitet werden als:

$$G = 10 \log ((10^{(G_0/10)} + 10^{(G_{90}/10)})/2) \text{ in dB} \quad (5-2)$$

ANMERKUNG: Wenn eine zirkular polarisierte Quellantenne benutzt wird, ist keine andere Korrektur nötig als die gleiche Korrektur wie für Fall 1b) oben.

5.2.1.4 Genauigkeit der Gewinnmessung

Weil das Verfahren nur den Vergleich zwischen zwei Antennen beinhaltet, ist die absolute Genauigkeit des Leistungsmeßgeräts nicht wichtig.

Um die Fehler klein zu halten, die mit den Gewinnunterschieden zwischen dem Empfangsgerät und anderen aktiven elektronischen Baugruppen, die bei der Messung beteiligt sind, verbunden sind, wie z. B. Schreiber, wird üblicherweise ein gemeinsamer Satz elektronischer Empfangsgeräte, Schreiber usw. sowohl für die Messungen mit der Gewinn-Bezugsantenne als auch für die Messungen mit der zu prüfenden Antenne benutzt. Sorgfalt muß auch aufgewendet werden, die Fehler klein zu halten, die sowohl mit Verstärkungsdrift der elektronischen Empfangsgeräte, Schreiber usw. zusammenhängen als auch mit Schwankungen der Ausgangsleistung und Frequenz der Sendequelle. Die Zeit zwischen den Messungen muß so kurz wie möglich gehalten werden, um die Wirkungen solcher Schwankungen zu vermeiden.

Um die mit den Signaldetektoren, elektronischen Empfangsgeräten, Schreibern usw. zusammenhängenden Nichtlinearitätsfehler klein zu halten, die dazu benutzt werden, Signale mit stark unterschiedlichen Pegeln zu empfangen und aufzuzeichnen, ist es wünschenswert, den empfangenen Signalpegel der in der Regel größeren zu prüfenden Antenne auf den gleichen Pegel, der von der kleineren Gewinn-Bezugsantenne empfangen wurde, mit Hilfe eines kalibrierten Dämpfungsglieds zu reduzieren.

Es ist wesentlich, für die Linearität des Empfängers im gesamten Bereich der bei den Messungen wahrscheinlich zu empfangenen Signalpegel zu sorgen.

Um Fehler klein zu halten, die von Ungleichförmigkeiten im ausgeleuchteten Bereich herrühren, müssen die Gewinn-Bezugsantenne und die zu prüfende Antenne so nah wie möglich beieinander angeordnet werden.

Sorgfalt muß aufgewendet werden, um sicherzustellen, daß der Mast der zu prüfenden Antenne, der groß sein darf, nicht die Eigenschaften der Gewinn-Bezugsantenne deutlich verändert.

In Fällen, wo das einstrahlende Feld, das die Apertur der zu prüfenden Antenne ausleuchtet, deutlich von einer ebenen Wellenfront mit gleichförmiger Amplitude und Phase abweicht, wird auch ein Korrekturfaktor für die Leistungsüber-

tragung für jede Antenne erforderlich, um den Gewinn der zu prüfenden Antenne genau zu ermitteln.

Andere Fehlerursachen sind folgende:

- die Kalibrierungsgenauigkeit der Gewinn-Bezugsantenne und des einstellbaren Dämpfungsglieds;
- ein Anwachsen oder Sinken der Prüffeld-Pfadverluste aufgrund von Ausbreitungsbedingungen einschließlich Umgebungseinflüssen;
- ein ungenügendes Signal-Rausch-Verhältnis;
- Meß-Ablesefehler;
- Boden- und/oder andere Reflexionen.

5.2.2 Satellit-Ersatz-Verfahren (Empfangsband)

Das Prinzip dieser Meßtechnik ist, den durch den LNA vom Satelliten empfangenen Signalpegel mit dem am Eingang des gleichen LNA eingespeisten, aus einer bekannten Quelle herrührenden, zu vergleichen (siehe Bild 3).

Als erster Schritt wird ein unmodulierter Träger von der Satellitensystem-Überwachungsstation (SSM) zum Satellit gesendet (oder von der zu prüfenden Antenne in Abstimmung mit der SSM). Die Abwärts-EIRP des Satellitensignals wird von der SSM gemessen. In Richtung auf die zu prüfende Antenne ist die Abwärts-Leistungsgleichung:

$$\text{EIRP} - L - a + G = P \quad (5-3)$$

Dabei ist:

- EIRP die effektive isotropisch abgestrahlte Leistung der Satellitenantenne in dBW in Richtung des Maximums des Satelliten-Strahlungsdiagramms;
- L der Abwärts-Pfadverlust vom Satelliten zu der zu prüfenden Antenne in dB (einschließlich der atmosphärischen Absorptionsverluste, falls erforderlich);
- a der Unterschied zwischen dem Maximum der Satelliten-Ausleuchtungscharakteristik oder des "Fußabdrucks" auf der Erde und der aktuellen Ausleuchtung in Richtung der Erdfunkstelle in dB;
- G der Gewinn der zu prüfenden Antenne in dB;
- P der Leistungspegel am Gewinn-Bezugspunkt der Antenne in dBW (d. h. am Eingang des LNA).

Der Leistungspegel P_0 am LNA-Ausgang wird auf einem Spektrumanalysator dargestellt und aufgezeichnet. Dann wird die Aussendung des Satelliten gestoppt, und ein unmodulierter Träger aus einem Signalgenerator wird mit Hilfe eines Kreuzkopplers dem Eingang des LNA zugeführt. Der Signalpegel wird so eingestellt, daß der Leistungspegel am Ausgang des LNA gleich P_0 ist. Die Ausgangsleistung des Signalgenerators wird notiert.

Jetzt ist:

$$P_{\text{gen}} - \alpha = P \quad (5-4)$$

Dabei ist:

- P_{gen} die Ausgangsleistung des Signalgenerators, eingestellt mit einem Präzisionsdämpfungsglied in dBW;
- α der Koppelfaktor des Kreuzkopplers, bezogen auf den Antennengewinn-Bezugspunkt in dB;
- P der äquivalente Leistungspegel am Antennengewinn-Bezugspunkt und gleich dem gemessenen, während der Betrachtung des Satellitensignals in dB.

Dann kann durch Substitution der Gewinn der zu prüfenden Antenne berechnet werden aus:

$$G = (P_{\text{gen}} - \alpha) - (\text{EIRP} - L - a) \quad (5-5)$$

wobei P_{gen} und EIRP gemessene Werte sind und die anderen Parameter von vorherigen Messungen oder durch Rechnung bekannt sind.

Die Meßgenauigkeit hängt hauptsächlich von derjenigen der Satelliten-EIRP ab, die von der SSM gemessen wird. Der Gesamtfehler darf typisch in der Größenordnung von 1 dB bis 2 dB liegen.

Bei dieser Messung muß im Fall linearer Polarisation die Polarisation der Satellitenantenne und die der zu prüfenden Antenne angepaßt werden. Der Fehler aufgrund eines Fehlabgleichs des Polarisationswinkels von z. B. 8 Grad ist ungefähr 0,08 dB.

5.2.3 Satellitenstrecke-Leistungsverfahren (Sendeband)

Die Messung des Sendeband-Antennengewinns (siehe Bild 4) hängt von der Kenntnis des Antennengewinns der Satellitensystem-Überwachungsstation (SSM) ab.

Beim ersten Schritt der Messung sendet die SSM einen unmodulierten Träger mit einer EIRP unterhalb der Sättigung des aktiven Satellitentransponders. Die Aufwärtsstrecke-Leistungsbeziehung ist:

$$G_m + P_m - L_m - a_m = S_m \quad (5-6)$$

Dabei ist:

- G_m der Antennengewinn in dB;
- P_m die Aufwärtsstrecke-Leistung, gemessen am Gewinn-Bezugspunkt der Antenne in dBW;
- L_m der Aufwärtspfad-Verlust von der Erdfunkstelle zum Satelliten in dB (einschließlich der atmosphärischen Absorptionsdämpfung, falls erforderlich);
- a_m der Unterschied zwischen dem Maximum der Ausleuchtungscharakteristik oder des "Fußabdrucks" auf der Erde und der aktuellen Ausleuchtung in Richtung der Erdfunkstelle;
- S_m die am Satelliten ankommende Signalleistung in dBW.

Der Index "m" bezieht sich auf die SSM. Die SSM zeichnet die Sendeleistung P_m auf.

Unter diesen Bedingungen wird der Satellit eine bestimmte EIRP erzeugen. Die SSM mißt den Abwärtsstrecke-Leistungspegel, P_{SSM} , bei Rückschleifen seines eigenen Aufwärtsstrecke-Signals. Die zu prüfende Antenne sendet dann einen unmodulierten Träger mit einer EIRP, für die die SSM den gleichen Wert P_{SSM} mißt wie vorher. Dafür ist die Aufwärtsstrecke-Leistungsgleichung:

$$G_t + P_t - L_t - a_t = S_t = S_m \quad (5-7)$$

wobei sich der Index "t" auf die zu prüfende Antenne bezieht. Die Sendeleistung der zu prüfenden Antenne, P_t , wird aufgezeichnet.

Aus Obenstehendem kann der Gewinn der zu prüfenden Antenne berechnet werden als:

$$G_t = (G_m + P_m) + (L_t - L_m) + (a_t - a_m) - P_t \quad (5-8)$$

wobei P_m und P_t gemessene Werte sind und die Werte der anderen Parameter bekannt sind (von früheren Messungen oder durch Rechnung).

Die Meßgenauigkeit hängt hauptsächlich von der des Antennengewinns der SSM und der Meßgenauigkeit der Sendeleistung aus der SSM-Antenne und der zu prüfenden Antenne ab. Der Fehler liegt typisch in der Größenordnung von 1 dB bis 2 dB.

Bei dieser Messung muß im Fall linearer Polarisation die Polarisation der Satellitenantenne und die der zu prüfenden Antenne angepaßt werden. Der Fehler aufgrund Fehlabgleichs des Polarisationswinkels von z. B. 8 Grad ist ungefähr 0,08 dB.

5.2.4 Radiostern-Verfahren

Die Gewinnmessung unter Verwendung eines Radiosterns wird durch Messung von G/T und der System-Rauschtemperatur am gleichen Bezugspunkt der Antenne durchgeführt. Der Antennengewinn wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$G = (G/T) + 10 \log T_s \quad (5-9)$$

Dabei ist:

- G der Gewinn der zu prüfenden Antenne in dB;
- G/T die mittels des Radiostern-Verfahrens gemessene Empfangsgütezahl in dB/K;
- T_s die gemessene System-Rauschtemperatur in K.

Die Messungen von System-Rauschtemperatur und G/T sind jeweils in den Abschnitten 8 und 9 beschrieben.

5.3 Darstellung der Ergebnisse

Der Antennengewinn am Gewinn-Bezugspunkt muß in dB relativ zu einer isotropischen Quelle bei festgelegten Frequenzen und Polarisationen ausgedrückt werden. Vorzugsweise sollten die Messungen bei mindestens drei Frequenzen innerhalb des festgelegten Frequenzbandes durchgeführt und die Frequenzabhängigkeit des Gewinns graphisch dargestellt werden.

5.4 Festzulegende Einzelheiten

Folgende Angaben müssen, soweit erforderlich, in der ausführlichen Gerätespezifikation enthalten sein:

- a) Meßverfahren;
- b) Meßfrequenz;
- c) Polarisation;
- d) die Schnittstelle im Antennensystem, an der der Gewinn zu messen ist;
- e) Wetterbedingungen;
- f) minimal erforderlicher Antennengewinn;
- g) zu benutzender Radiostern (im Fall des Radiostern-Verfahrens).

6 Antennendiagramm

6.1 Allgemeines

Wenn die Antenne getrennte Anschlüsse hat (für verschiedene Frequenzbänder, Polarisationen oder Nachführsignale), müssen die Diagramme an jedem der Anschlüsse gemessen werden. Diagramme dürfen auch für jede Betriebspolarisation gemessen werden. Für einen gegebenen Anschluß und Frequenz sind Sende- und Empfangsdiagramm gleich. Der an einem festgelegten Antennenanschluß gemessene Signalpegel wird typisch in dB ausgedrückt, bezogen auf das kopolarisierte Strahlmaximum oder in dB, bezogen auf einen isotropischen Strahler.

Antennendiagramme müssen üblicherweise unter Fernfeldbedingungen gemessen werden. Dies darf durch eine entfernte terrestrische Hauptstrahlrichtungsantenne erreicht werden, die im Fernfeld aufgestellt wurde, oder durch eine Satellitenantenne als die zweite Antenne. Die zu prüfende Antenne darf als Sende- oder Empfangsantenne benutzt werden. Ko- und Kreuzpolarisationsantennendiagramme beider grundsätzlicher Achsen müssen gemessen werden. Falls unzulässig große Nebenzipfel in den $\pm 45^\circ$ -Ebenen auftreten können, können Diagramm-Messungen in diesen Ebenen auch nützlich sein.

Kleinere Antennen sind manchmal auf einem Stunden-Deklinationswinkel-Positionierer montiert (Polarsockel). In diesem Fall müssen bei Satellitenmessungen Umlaufbahn-Ebenen-Diagramme (konstante Deklination) anstatt Azimutdiagramme (konstante Elevation) gemessen werden. Alter-

nativ dürfen Messungen in Hauptstrahlrichtung gemacht werden, indem die Antennen-Positionier-Einheit in einer separaten Elevation über dem Azimutpositionierer angebracht wird.

Wenn nur ein Azimutpositionierer benutzt werden kann, dürfen auch Elevationsdiagramme gemessen werden, vorausgesetzt, es ist möglich, die zu prüfende Antenne um 90° um die Hauptstrahlachse zu verdrehen. (Wenn die Antenne symmetrisch ist, darf die Speisung alleine verdreht werden.)

Wegen der begrenzten Auflösungsgenauigkeit dürfen Diagramme von Antennen hoher Richtwirkung üblicherweise nicht nur in einem großen Winkelbereich, sondern auch in einem gedehnten, engen Winkelbereich um den Hauptstrahl einschließlich einiger der ersten Nebenzüpfel gemessen werden. Das kreuzpolarisierte Diagramm wird üblicherweise nur im engen Winkelbereich gemessen. Der Weitwinkel-Kreuzpolarisationspegel kann interessant sein, wenn er über dem Kopolarisationspegel liegt. Beachte, daß das Weitwinkel-Kreuzpolarisationsdiagramm von den möglichen Antennen-ausrichtungen entsprechend dem Antennen-Montage-System und der Winkellage der Quellantenne abhängt.

Das Kreuzpolarisationsmaximum wird üblicherweise in der Null-Weite des Antennenstrahls gefunden. Mit linearer Vertikal- oder Horizontal-Kopolarisation wird dieses Maximum oft durch das Speisehorn bestimmt und liegt dann üblicherweise in den $\pm 45^\circ$ -Ebenen.

ANMERKUNG 1: Antennennebenzüpfel verursachen nur in Richtung anderer Nachrichtensatelliten Interferenzen (für geostationäre Satelliten sind dies Richtungen fast parallel zur Äquatorialebene) oder in horizontale Richtungen (zu terrestrischen Richtfunkstationen).

ANMERKUNG 2: Gemessene Antennendiagramme sollten nicht, aber dürfen auch Eigenschaften der Hauptstrahlrichtungs- oder Satellitenantenne und – abhängig vom Prüffeld – vom Erdboden und der Atmosphäre als auch den Einfluß äußerer Rausch- und Interferenzquellen widerspiegeln.

ANMERKUNG 3: Bei der Messung des Antennendiagramms unter Verwendung des Signals vom Satelliten (siehe 6.3) ist es manchmal schwierig, die niedrigen Nebenzüpfel-Pegel von Antennen mit sehr großem Gewinn (z. B. bei 32 m Durchmesser) über einen großen Winkelbereich genau zu messen aufgrund von Rauschen und unerwünschten Signalen, die von der Hauptkeule der zu prüfenden Antenne aufgefangan wurden. Messungen mit einem großen Dynamikbereich für einen solchen Fall dürfen möglich sein, indem eine zweite Antenne mit angemessenem Gewinn benutzt wird, die für die Messung im Prüffeld zur Verfügung steht. Das von der zweiten Antenne empfangene Signal wird als Bezugssignal benutzt, um das von der zu prüfenden Antenne empfangene Signal kohärent in einer sehr kleinen Bandbreite gleichzurichten, so daß Rauschen und unerwünschte Signale wirksam ausgeblendet werden (siehe CCIR-Bericht 390-6 und CCIR-Schriftstück 4/304).

ANMERKUNG 4: Diagramm-Messungen sind oft auch für die Steuerung der anfänglichen Antennen-ausrichtung wichtig.

ANMERKUNG 5: Kosekans-Korrektur für das Diagramm mit Azimutachse: Der Winkel des maximalen Antennendiagramms sollte korrigiert werden (siehe 6.6).

6.2 Terrestrische Antennendiagramm-Messungen in Hauptstrahlrichtung

6.2.1 Allgemeines

Antennendiagramm-Messungen mit einer terrestrischen Antenne in Hauptstrahlrichtung können interessant oder notwendig sein,

- wenn geeignete Meß-Satelliten oder Frequenzen noch nicht zur Verfügung stehen;
- wenn der Dynamikbereich bei Satellitenmessungen die Messung kleiner Nebenzüpfel nicht erlaubt;
- wenn die Kreuzpolarisation des Satellitensignals so groß ist, daß keine genaue Messung der Antennen-Polarisationseigenschaften möglich ist.

Weitere Vorteile der Messung in Hauptstrahlrichtung sind:

- keine Koordination mit der Satelliten-Kontrollstation ist nötig;
- die Eliminierung des Einflusses der Hauptstrahlrichtungsantennen-Kreuzpolarisation ist möglich;
- keine Azimutkorrektur oder mit 45° -Schnitten zusammenhängende Korrektur ist nötig.

Nachteile der Messungen in Hauptstrahlrichtung sind:

- Hauptstrahlrichtungsantennen sind manchmal nicht im Fernfeld der zu prüfenden Antenne nutzbar;
- nicht operationelle Antennenposition (z. B. Reflektor-Formverzerrungen aufgrund der Schwerkraft);
- Reflexionen vom Boden und von Hindernissen wegen der geringen Elevation der Hauptstrahlrichtungsantenne;
- zeitvariable Beugungseffekte, verursacht z. B. durch sonnenerhitzte Luftschichten über dem Boden.

Der Hauptstrahlrichtungsturm sollte im Fernfeld stehen und so hoch wie möglich sein (z. B. platziert auf einem Hügel oder Berg). Die Richtwirkung der Hauptstrahlrichtungsantenne muß groß genug sein, um starke Bodenreflexionen zu vermeiden. Wenigstens die ersten zwei Fresnelzonen zwischen der zu prüfenden Antenne und der Hauptstrahlrichtungsantenne müssen frei von Hindernissen sein. Im gemessenen Azimut- und Elevationsbereich sollte zusätzlich die Hauptkeule der zu prüfenden Antenne auf keine Hindernisse treffen. Wenn dies nicht vermeidbar ist, sollte die Winkelposition der Hindernisse in den Darstellungen des Antennendiagramms markiert werden. (Wegen des Wechsels im Polarisationsinn bei zirkularer Polarisation dürfen Reflexionen nur im Kreuzpolarisationsdiagramm gesehen werden können). Der Elevationsschnitt sollte nur den unteren Teil abdecken, wo die Hauptkeule nicht auf den Erdboden zeigt.

6.2.2 Meßverfahren

Der Prüfaufbau und das Prüfverfahren für Diagramm-Messungen im Empfangs- und Sendeband sind die gleichen, wie in Bild 5 gezeigt und in 6.3 für die Empfangsbandmessung über Satellit beschrieben. Für Sendemessungen werden die Sendeanlüsse T_{x1} , T_{x2} anstelle von R_{x1} , R_{x2} verbunden. Die Satellitenantenne muß durch die Hauptstrahlrichtungsantenne ersetzt werden. Die Hauptstrahlrichtungsantenne sendet üblicherweise sowohl die Sende- als auch die Empfangsfrequenzen der Erdfunkstelle. Dann empfängt die zu prüfende Antenne nur Signale.

Pegelschwankungen aufgrund thermischer Effekte im Prüffeld sind manchmal durch Messungen bei Nacht vermeidbar.

Wenn die Hauptstrahlrichtungselevation außerhalb des für Antennenausrichtung und Hauptreflektor-Oberflächengenauigkeit festgelegten Elevationsbereichs ist, dann kann sich ein Güteverlust in der Nebenzüpfelstruktur ergeben.

ANMERKUNG: Gemessene Kreuzpolarisationsdiagramme beschreiben nur dann die charakteristischen