

**Zeitschrift:** Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

**Herausgeber:** Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

**Band:** 69 (1991)

**Heft:** 1

**Artikel:** Schräggespeiste Doppelreflektorantenne für 20/30-GHz-Erdfunkstellen

**Autor:** Ansorge, Harald

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-876275>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 29.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Schräggespeiste Doppelreflektorantenne für 20/30-GHz-Erdfunkstellen

Harald ANSORGE, Backnang

## 1 Einleitung

Der wachsende Bedarf an Telekommunikationsdiensten, die über Satellit abgewickelt werden, erfordert eine effiziente Nutzung der geostationären Orbitpositionen. Die grösser werdende Zahl von Satelliten führt zwangsläufig zu kleiner werdenden Abständen zwischen benachbarten Satelliten.

Um in diesem Zusammenhang möglichen Interferenzproblemen benachbarter Satellitenfunkstrecken zu begegnen, hat die CCIR die Anforderungen an die Nebenzipfeldämpfung der Sendestrahlungsdiagramme von Erdfunkstellen auf folgende Hüllkurvenspezifikationen verschärft [1]:

$$\begin{aligned} 29 - 25 \log \Theta \text{ dBi}, & \quad 1^\circ < \Theta < 20^\circ \\ 32 - 25 \log \Theta \text{ dBi}, & \quad 20^\circ < \Theta < 48^\circ \\ -10 \text{ dBi}, & \quad \Theta > 48^\circ \end{aligned}$$

Des Weiteren wurden neue Übertragungsbänder im 20/30-GHz-Frequenzbereich auf Kommunikationssatelliten wie dem deutschen Fernmelde-Satelliten Kopernikus und dem Olympus-Satelliten installiert, die zunächst für Fernsehübertragungen und Ausbreitungsversuche genutzt werden sollen.

In diesem Zusammenhang hat *ANT-Nachrichtentechnik* eine neue Reflektorantenne mit einem 20/30-GHz-Speisesystem entwickelt, die den verschärften Hüllkurvenanforderungen gerecht wird. Mit einem Aperturdurchmesser von 2,4 m eignet sich die Antenne ausser für den ortsfesten Betrieb auch für die Montage auf der Ladefläche eines Fahrzeuges und kann so zusammen mit einem Gerätecontainer als mobile Erdfunkstelle dienen.

## 2 Doppelreflektorantennen

Die neue Antenne ist als Doppelreflektorantenne nach dem *Gregory*-Prinzip ausgeführt. Über eine besondere Formgebung der Reflektorkonturen erlaubt die Verwendung eines Doppelreflektorsystems eine gezielte Verteilung der Hochfrequenzleistung in der Antennenapertur.

Mit der Wahl der Aperturleistungsverteilung steht dem Antennenentwickler ein zusätzliches Mittel zur Beeinflussung des Antennenwirkungsgrades und der Strahlungscharakteristik zur Verfügung. Die Strahlungsintensität am Sub- und Hauptreflektorrand kann so eingestellt werden, dass die Reflektorüberstrahlung sehr gering gehalten werden kann.

Figur 1 zeigt eine Auswahl möglicher Lösungen für Doppelreflektorsysteme. Im Gegensatz zu konventionellen rotationsymmetrischen Antennen (Fig. 1a) vermeidet eine schräggespeiste Reflektoranordnung nach Figuren 1b oder 1c eine Abschattung der Antennenapertur durch den Subreflektor und seine Haltestreben.

Die Aperturabschattung bei rotationsymmetrischen Antennen verursacht eine Verschlechterung der Nebenzipfeldämpfung, was besonders im Falle elektrisch kleiner Antennen (Apertur kleiner als 100 Wellenlängen) zu Problemen mit den spezifizierten Nebenzipfelhüllkurven führen könnte.

Bei schräggespeisten Antennen erweist sich eine Reflektoranordnung nach Gregory gegenüber der Cassegrain-Anordnung als vorteilhafter, weil der Primärstrahler sehr dicht an der Symmetrieachse des Hauptreflektors und gleichzeitig dicht am Subreflektor angeordnet werden kann, so dass das Reflektorsystem sehr kompakt aufgebaut werden kann. Für den Subreflektorrandwinkel, der vom Phasenzentrum des Primärstrahlers aus gesehen wird, können leicht Werte zwischen  $25^\circ$  und  $30^\circ$  eingestellt werden, was wiederum den Einsatz eines kompakten Ringgrillenhorns mit verhältnismässig kleiner Apertur als Primärstrahler ermöglicht.

## 3 Gewinn und Verteilung der Aperturleistung

Mit einem Kreisaperturdurchmesser von 2,4 m erreicht die Antenne einen Gewinn von 56,3 dB bei 29,75 GHz und 52,9 dB bei 19,95 GHz, bezogen auf die Schnittstelle

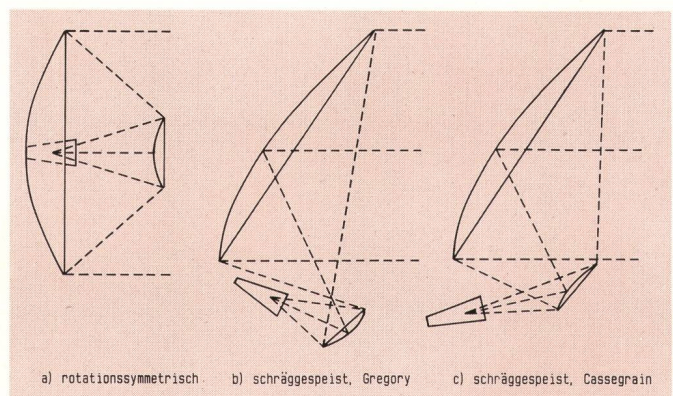


Fig. 1 Doppelreflektorsysteme



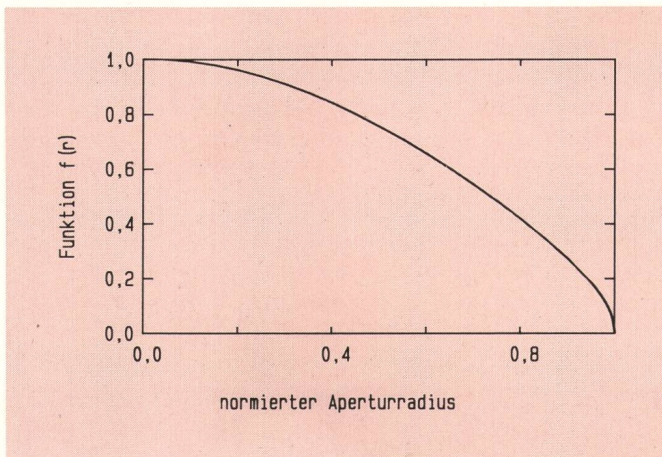


Fig. 2 Aperturleistungsverteilung

Erregerhorneingang. Dies entspricht einem Antennenwirkungsgrad von etwa 76 % im Sendeband und 78 % im Empfangsband.

Der Antennenwirkungsgrad setzt sich aus mehreren Bestandteilen zusammen, darunter der Aperturwirkungsgrad. Dieser beschreibt die Verteilung der Hochfrequenzleistung in der Antennenapertur. Er beträgt 100 % im Falle einer gleichförmig über die gesamte Aperturfläche verteilten Leistung.

Die Verwendung von konturkorrigierten Doppelreflektorantennen gestattet es, die Aperturleistungsverteilung zu wählen. Mit Blick auf eine hohe Nebenzipfelunterdrückung ist die gleichförmige Aperturleistungsverteilung nicht die beste. Der Abfall der Nebenzipfel mit wachsendem Winkelabstand von der Hauptabstrahlrichtung hängt von dem Verhalten der Aperturleistungsverteilung am Aperturrand ab. Bezüglich der Nebenzipfelunterdrückung erweisen sich Verteilungen mit einem allmählichen Abfall zum Aperturrand hin der gleichförmigen Verteilung als überlegen. Für den Entwurf der 2,4-m-Antenne wurde folgende Aperturleistungsverteilung gewählt:

$$f(r) = I_{1/2}(2\sqrt{1-r^2}) \cdot 2 \cdot \sqrt{1-r^2}$$

Die Funktion  $f(r)$  ist in Fig. 2 dargestellt.  $I_\nu(x)$  ist die modifizierte Besselfunktion der Ordnung  $\nu$  und  $r$  ist der normierte Aperturradius. Mit einem Aperturwirkungsgrad von 81,1 % und einem ersten Nebenzipfel von 24,6 dB unterhalb des Maximalwertes stellt diese Aperturleistungsverteilung einen guten Kompromiss zwischen Gewinn- und Nebenzipfelanforderungen dar.

#### 4 Haupt- und Subreflektorüberstrahlung

Die Nebenzipfeldämpfung der Antenne wird, bis zu einem Winkel von 10° entfernt von der Hauptabstrahlrichtung, vom Beugungsspektrum der Aperturleistungsverteilung bestimmt. Für grössere Winkel wird die Antennenstrahlungscharakteristik in erster Linie durch die Reflektorüberstrahlung beeinflusst.

Für die Frequenzen des Sendebandes ist die Erregerhornstrahlungscharakteristik am Subreflektorrand auf Werte von 5 dB unter dem Kugelstrahlerniveau von 0 dBi eingestellt, so dass die Subreflektorüberstrahlung sicher unterhalb der spezifizierten Nebenzipelhüllkurve gehalten werden kann. Die Aperturgrösse und der Steigungswinkel des Erregerhornes sowie der Subreflektorrandwinkel sind entsprechend dieser Forderung festgelegt.

Fig. 3 zeigt die Strahlungscharakteristik des Primärstrahlers nach Amplitude und Phase bei 19,7 und 29,6 GHz. Der Primärstrahler ist als Ringrippenhorn mit einem Aperturdurchmesser von 66 mm und einem Steigungswinkel von 12,5° ausgeführt.

Fig. 4 zeigt die berechnete Strahlungscharakteristik der Erreger/Subreflektoreinheit in der Hauptabstrahlrichtung der Antenne bei 29,6 GHz. Offensichtlich wird die spezifizierte Nebenzipfelhüllkurve in allen Raumrichtungen eingehalten.

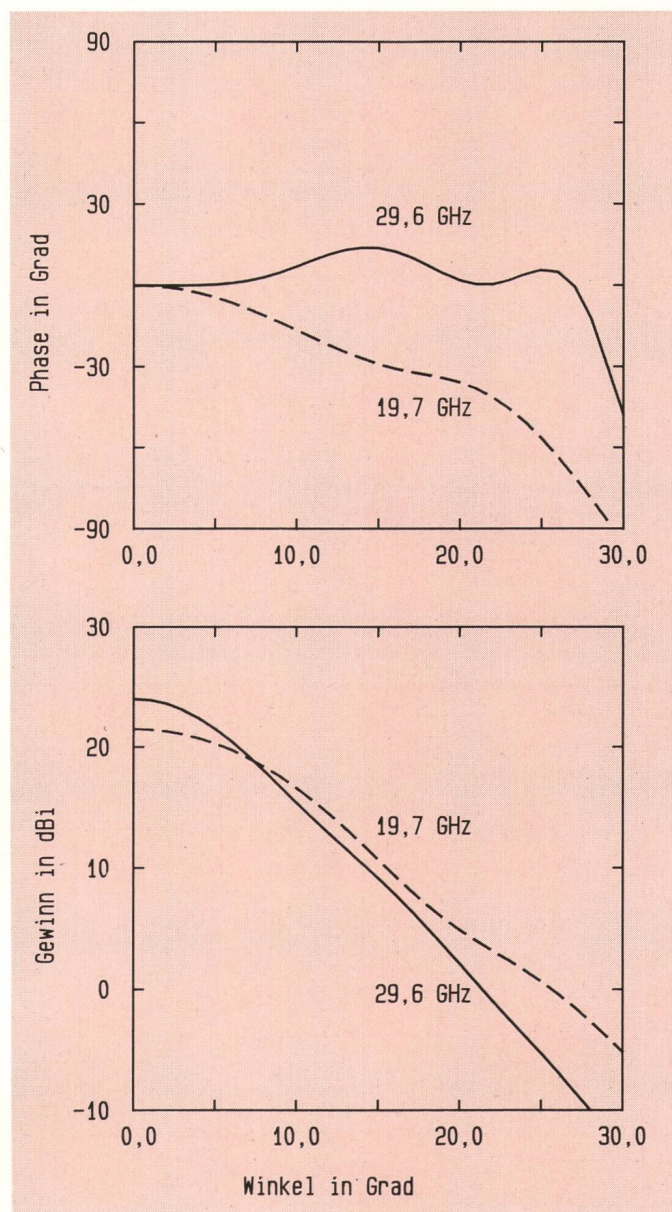


Fig. 3 Strahlungscharakteristik des Primärstrahlers bei 19,7 GHz und 29,6 GHz in einem Abstand von 500 mm



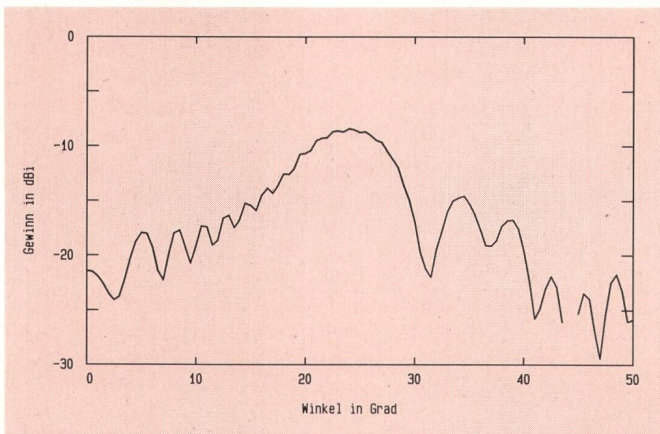


Fig. 4 Fernfeldstrahlungscharakteristik der Erreger/Subreflektoreinheit

Die Hauptreflektorüberstrahlung hängt von dem Strahlungspegel und dem Pegelabfall der Subreflektorstrahlungscharakteristik am Hauptreflektorrand ab. Bei 29,6 GHz liegt dieser Pegel bei  $-10$  dBi mit einem starken Abfall zu grösseren Winkelwerten hin, so dass eine Verletzung der Nebenzipfelhüllkurve durch die Hauptreflektorüberstrahlung ausgeschlossen ist.

## 5 Formgebung der Reflektoren

Die Formgebung der Reflektoren geschah mit Hilfe eines Rechnerprogrammes, das von Prof. Westcott und Mitar-

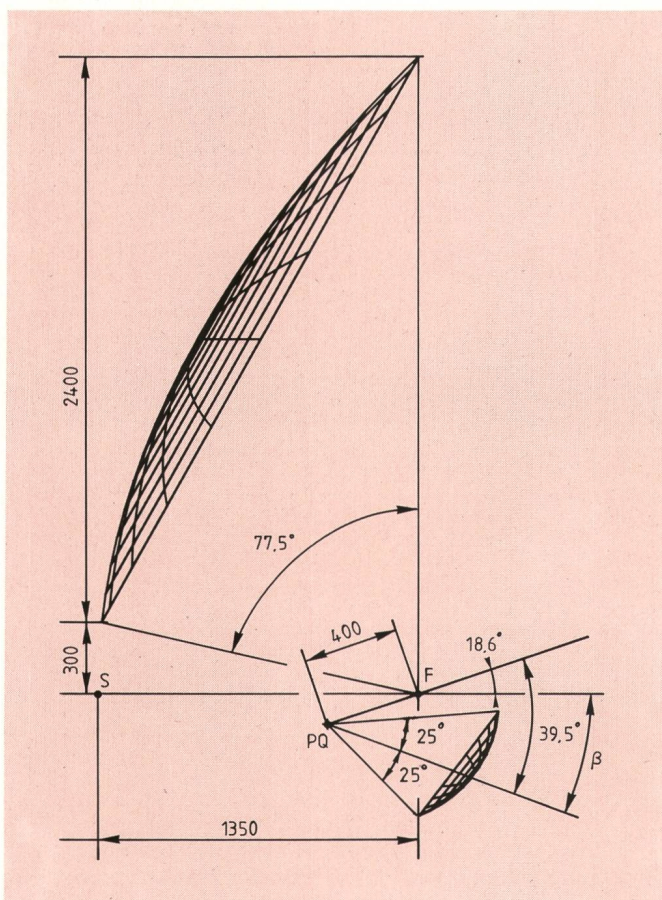


Fig. 5 Nach Mizugutch optimierte Startgeometrie

beitern an der Universität von Southampton entwickelt wurde. Die dem Programm zugrunde liegende Theorie wird in [2] beschrieben. Mit Hilfe der geometrischen Optik berechnet das Programm die Haupt- und Subreflektorkontur, die eine vorgegebene, vom Erregerhorn abgestrahlte Leistungsverteilung in die gewünschte Aperturleistungsverteilung transformiert.

Neben der Erregerstrahlungscharakteristik und der gewünschten Aperturleistungsverteilung benötigt das Rechenprogramm eine Startgeometrie mit unkorrigierten

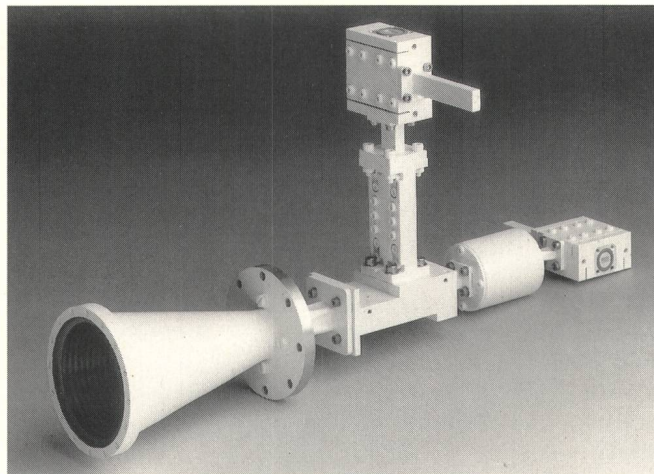


Fig. 6 20/30-GHz-Speisesystem

Reflektorkonturen bestehend aus Kegelschnitten von Rotationsparaboloiden und -ellipsoiden bzw. -hyperboloiden als Eingabe. Fig. 5 zeigt die nach Mizugutch optimierte Startgeometrie der 2,4-m-Antenne mit dem Kippwinkel  $\beta$  zwischen der Hauptabstrahlrichtung und der Erregerachse.

Für den Fall, dass der Primärstrahler als ideale kreuzpolarisationsfreie Huygensquelle angesehen werden kann, liefert ein nach Mizugutch optimiertes, nicht konturkorrigiertes Reflektorsystem im geometrisch optischen Sinne ein kreuzpolarisationsfreies Feldlinienbild in der Apertur [3].

In [4] wird gezeigt, dass diese vorteilhafte Eigenschaft der nach Mizugutch optimierten Startgeometrie durch die Konturkorrektur verlorengeht. Um sie zurückzugewinnen, ist eine Anordnung von Haupt-, Subreflektor und Erregerachse nötig, die das Feldlinienbild des unkorrigierten Reflektorsystems so vorverzerrt, dass die durch die Konturkorrektur bedingten Verzerrungen so weit wie möglich kompensiert werden.

Mit dem auf niedrige Kreuzpolarisation optimierten Ringrillenerreger sind für die Kreuzpolarisationsentkopplung der Antenne innerhalb der 1-dB-Breite des entsprechenden kopolaren Signals Werte besser als 40 dB im Empfangsband und besser als 35 dB im Sendeband gemessen worden.

## 6 Speisesystem für 20/30 GHz

Fig. 6 zeigt das komplette Speisesystem, wie es in das Aufnahmegehäuse eingebaut wird.



Ein Hohlleiterübergang von Rund- auf Quaderschnitt verbindet das Ringrillenhorn mit der Frequenzpolweiche. Diese trennt die linear polarisierte Welle des 20-GHz-Empfangsbandes von der Welle des 30-GHz-Sendebandes, die senkrecht zur Empfangswelle polarisiert ist.

Im Sendepfad folgt hinter der Frequenzpolweiche eine Drehkupplung, deren Achse mit der Erregerhornachse übereinstimmt und eine Drehung der Polarisation zwischen  $+110^\circ$  und  $-110^\circ$  erlaubt. Im Empfangspfad, der in Fig. 6 senkrecht orientiert ist, folgt hinter der Frequenzpolweiche ein Hohlleiterstück mit einer Tiefpassstruktur, die das 30-GHz-Signal um mehr als 100 dB dämpft.

Numerisch gesteuerte Fertigungsabläufe verleihen dem Erregersystem hervorragende elektrische Eigenschaften. Die Eingangsentkopplung beträgt mehr als 120 dB über den gesamten Frequenzbereich. Das maximale Stehwellenverhältnis ist besser als 1,2:1, und die Einfügungsdämpfung beträgt 0,6 dB im Empfangsband und 0,4 dB im Sendeband.

Tabelle 1. Elektrische Eigenschaften der 2,4-m-Antenne

	Empfangsband	Sendeband
Frequenz	18,8...20,2 GHz	27,9...30,0 GHz
Gewinn	52,9 dBi (bei 19,95 GHz)	56,3 dBi (bei 29,75 GHz)
Polarisation-Entkopplung (innerhalb 1-dB-Breite der Hauptkeule)	> 40 dB	> 35 dB
Nebenzipfelhüllkurve	26...25 log $\Theta$ dBi, $1^\circ < \Theta < 36,3^\circ$ -13 dBi	$\Theta > 36,3^\circ$

## 7 Elektrische Messungen

Tabelle 1 fasst die gemessenen elektrischen Eigenschaften der Antenne zusammen. Fig. 7 zeigt gemessene

Azimutstrahlungsdiagramme bei der Frequenz 29,75 GHz zusammen mit verschiedenen Hüllkurven. Es wird deutlich, dass die CCIR-Spezifikation mit grosser Sicherheit eingehalten wird.

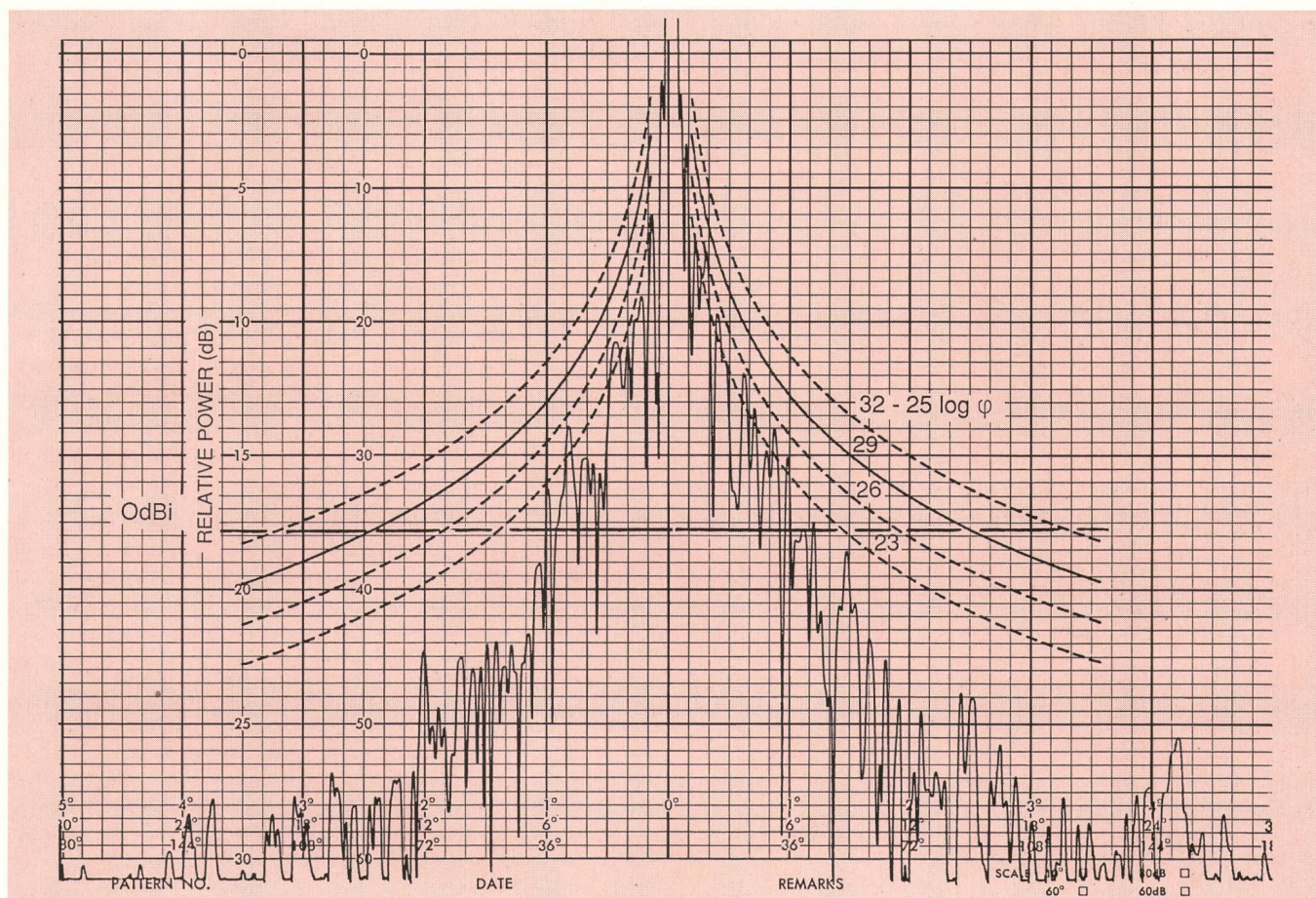


Fig. 7a Gemessene Strahlungscharakteristiken bei 29,75 GHz für vertikale Polarisation im Azimut-Bereich  $-30^\circ$  bis  $+30^\circ$   
 2,4-m-Offset-Antenne 20/30 GHz  
 Datum: 19. 10. 89  
 Frequenz: 29,75 GHz  
 Sendepolarisation: vertikal  
 Empfangspolarisation: vertikal  
 Azimut:  $-30^\circ / +30^\circ$   
 Elevation:  $0^\circ$   
 Bemerkung: 20 dB angehoben



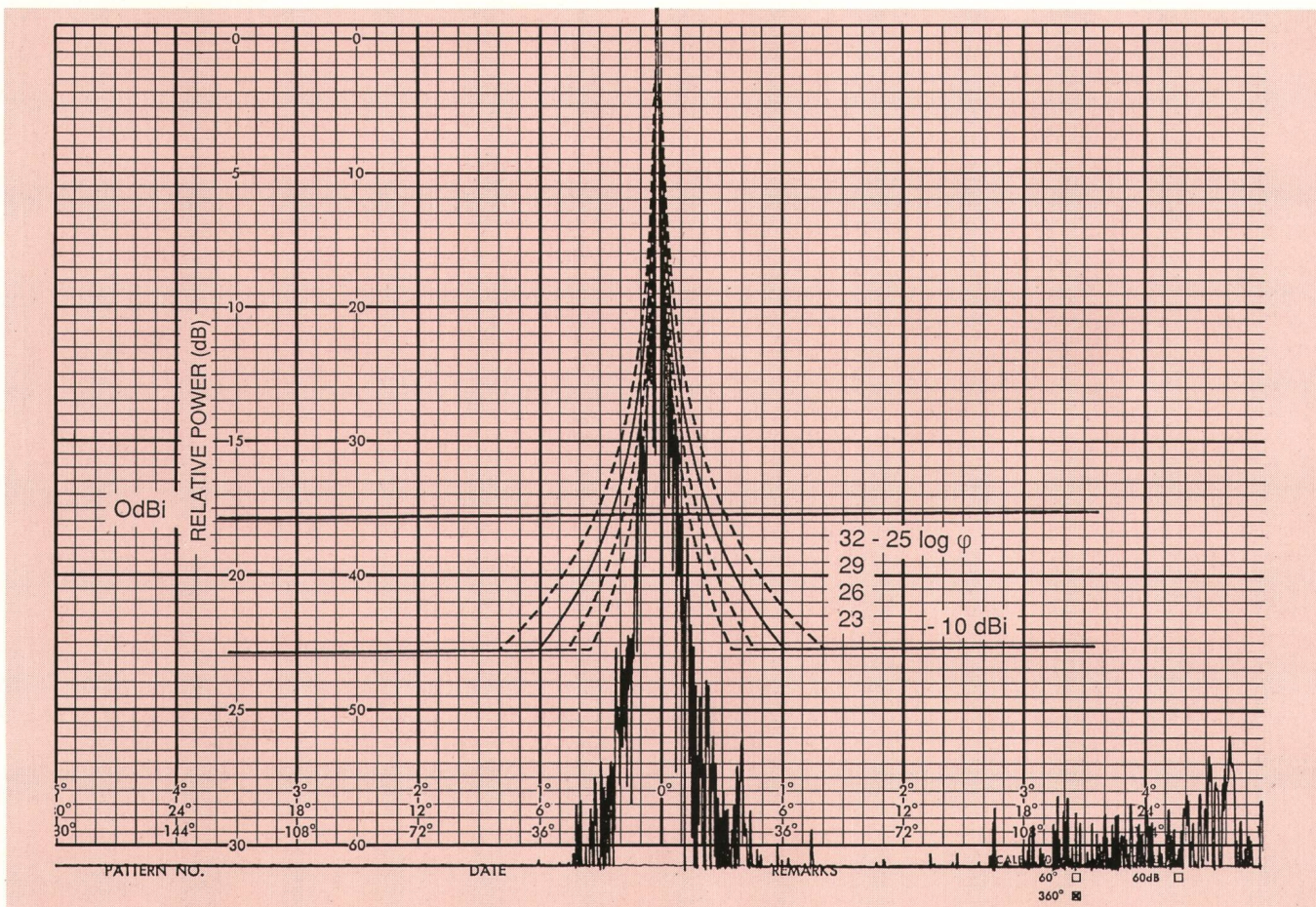


Fig. 7b

im Azimut-Bereich  $-180^\circ$  bis  $+180^\circ$   
 2,4-m-Offset-Antenne 20/30 GHz  
 Datum: 19. 10. 89  
 Frequenz: 29,75 GHz

Sendepolarisation: vertikal  
 Empfangspolarisation: vertikal  
 Azimut:  $-180^\circ + 180^\circ$   
 Elevation:  $0^\circ$   
 Bemerkung: 20 dB angehoben

## 8 Mechanischer Aufbau

Tabelle II zeigt die wichtigsten geometrischen Kenngrößen der Antenne. Figur 8 zeigt die Antenne auf dem Drehstand im Antennenmessgebäude des Herstellers.

Der Hauptreflektor besteht aus zwei Aluminiumblechschalen mit vertikalem Blechstoß, der auf einem ge-

Tabelle II. Geometrische Kenngrößen der 2,4-m-Antenne

Aperturdurchmesser	2400 mm
Hauptreflektorquerabmessung	2400 mm
Hauptreflektorlängsabmessung	2725 mm
Abstand Antennenachse — Aperturmitte	1500 mm
Hauptreflektorbrennweite	1350 mm
Winkel Erreger-/Subreflektorachse	$39,6^\circ$
Winkel Sup-/Hauptreflektorachse	$22,0^\circ$
Subreflektorbrennweite	426 mm
Subreflektordurchmesser	559 mm
Subreflektoröffnungswinkel	$25^\circ$
Erregerhornaperturdurchmesser	66 mm
Erregerhornsteigungswinkel	$12,5^\circ$
Strahlenöffnung Auslegergehäuse	300 mm

schweissten Aluminiumtraggerüst aus Rechteckrohren befestigt ist. An diesem Traggerüst ist auch der Ausleger angebracht, der den Subreflektor und das Speisesystem hält.

Die Oberflächengenauigkeit des Hauptreflektors ist besser als 0,2 mm rms, die des gefrästen Subreflektors besser als 0,05 mm rms.

Der Ausleger mit dem Subreflektor ist bis auf eine Strahlendurchtrittsöffnung an der Oberseite von einem wasserdichten belüfteten Aluminiumgehäuse ummantelt, das einerseits dem im Innern befindlichen Speisesystem und den sonstigen Hochfrequenzeinrichtungen einen hervorragenden Wetterschutz bietet, andererseits Personen in der Nähe der Antenne vor elektromagnetischer Streustrahlung schützt. Das Gehäuse ist so ausgelegt, dass Hochfrequenzkomponenten wie rauscharme Vorverstärker, Sendeverstärker usw. unmittelbar hinter dem Speisesystem angeordnet werden können, was gestattet, Dämpfungsverluste durch Speisehohlleiter zu vermeiden. Zur Justierung der Polarisationsrichtung kann der Teil des Speisesystems, der sich vor der Drehkupplung befindet, manuell um seine Längsachse gedreht werden. Der fest mit dem Speisesystem verbundene rauscharme Vorverstärker wird dabei mitbewegt. Die Sendeverstärker machen die Polarisationsdrehung nicht mit.



Bei Betrieb in europäischen Breitengraden ist der Hauptreflektor der Antenne nahezu senkrecht orientiert, was im Winter Schnee- und Eisansatz am Reflektor behindert. Zusätzlich ist hinter dem Hauptreflektor ein System aus Heizstrahlern installiert. Die Heizungs- und Belüftungssteuerung für das Gehäuse sind an der Rückseite des Hauptreflektors am Tragegerüst montiert.

Die Antenne ist dreh- und kippbar auf einer Grundplatte aufgebaut. Die Azimutverstellung in einem Winkelbereich von  $+180^\circ$  bis  $-180^\circ$  geschieht motorisch mit Hilfe eines Zahnkranzes, die Elevationsverstellung in einem Winkelbereich von  $+70^\circ$  bis  $-2^\circ$  mit Hilfe einer Spindel. Die Winkelstellungen werden über 17-Bit-Winkelgeber der Antennensteuerung mitgeteilt, was eine automatische Antennennachführung nach dem Step-Track-Verfahren ermöglicht.

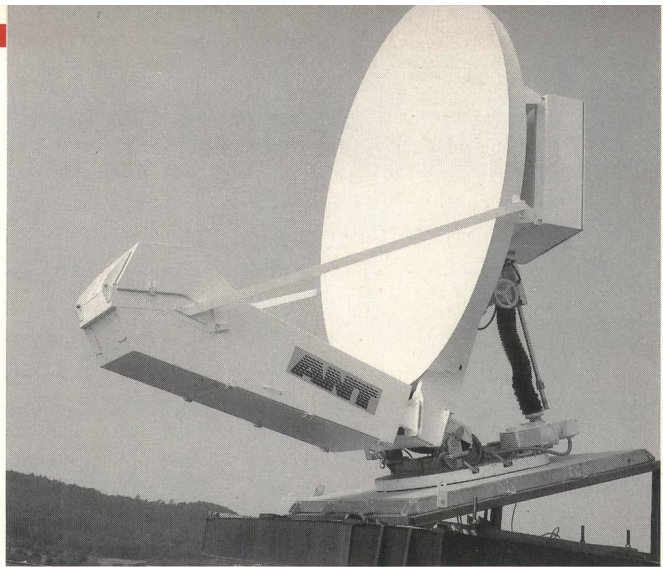


Fig. 8 2,4-m-Antenne während der Messungen in Allmersbach i. T.

## 9 Schlussbemerkung

Bei der Entwicklung der neuen Antenne für den Einsatz im 20/30-GHz-Frequenzbereich ist bei ANT erstmalig ein rechnerunterstütztes Optimierungsverfahren angewendet worden, bei dem die üblicherweise aus Kegelschnitten mit Flächen zweiter Ordnung bestehenden Reflektoroberflächen einer schräggespeisten Doppelreflektorantenne konturkorrigiert wurden, um die Strahlungseigenschaften der Antenne zu verbessern.

Eine Antenne wurde verwirklicht, ohne den üblichen Einsatz von Reflektorkragen oder Seitenblenden zur Vermeidung der Reflektorüberstrahlung. Ihre Strahlungscharakteristiken weisen eine hervorragende Nebenzipfeldämpfung auf, ohne dass man Abstriche an die Gewinnereigenschaften der Antenne machen musste.

## Bibliographie

- [1] Recommendation 580-1, CCIR Recommendations and Reports, Volume IV part I, p. 136-137, 1986.
- [2] Westcott B.S. «Shaped reflector antenna design», Research Studies Press Ltd., 1983.
- [3] Mizugutch Y. et al. «Offset dual reflector antenna», Proc. of AP-S Symp., Amherst, Mass., USA, 1976.
- [4] Ansoerge H. «Cross-Polarization optimization of a shaped offset dual reflector antenna», Proc. of JINA' 88 Int. Symp. on Antennas, Nice, France, 1988.
- [5] Schlaubitz A. Die Satellitenbodenstation der PTT für Versuche und Messungen im Frequenzband von 20/30 GHz. Techn. Mitt. PTT Bern 68 (1990) 9.

## Zusammenfassung Résumé

*Schräggespeiste Doppelreflektorantenne für 20/30-GHz-Erdfunkstellen*

Der Autor beschreibt eine neue schräggespeiste Doppelreflektorantenne für 20/30-GHz-Erdfunkstellen, die sowohl für ortsfesten Einsatz als auch für transportable Anwendungen entwickelt wurde. Mit einem vorgegebenen Kreisaperturdurchmesser von 2,4 m wurde mit Hilfe bewährter Rechnerprogramme die Form der Haupt- und Subreflektorkontur optimiert. Dabei war neben einem hohen Antennenwirkungsgrad eine besonders hohe Nebenzipfeldämpfung das Entwurfsziel, so dass die neuen CCIR-Spezifikationen mit einem grossen Sicherheitsabstand eingehalten werden. Eine Antenne dieses Typs ist in der in [5] beschriebenen Erdfunkstelle eingesetzt.

*Antenne à réflecteur double avec source primaire décalée pour stations terrestres 20/30 GHz*

L'auteur décrit une nouvelle antenne à réflecteur double avec source primaire décalée pour stations terrestres 20/30 GHz, développée tant pour un emploi fixe que pour des applications mobiles. Compte tenu d'une ouverture circulaire d'un diamètre de 2,4 m, on a optimisé au moyen de programmes informatiques éprouvés le profil du réflecteur principal et du réflecteur secondaire. Le but du développement était non seulement d'accroître l'efficacité de l'antenne, mais aussi d'obtenir une atténuation très élevée des lobes secondaires, de manière que les spécifications du CCIR soient largement respectées. Une antenne de ce type est implantée dans la station terrestre décrite dans [5].

## Riassunto

*Antenna a doppio riflettore con alimentazione speciale per stazioni terrestri a 20/30 GHz*

L'autore descrive una nuova antenna a doppio riflettore con alimentazione speciale per stazioni terrestri a 20/30 GHz, sviluppata sia per impiego fisso che per impiego mobile. Con un diametro di apertura circolare di 2,4 m è stata ottimizzata, mediante programmi di elaboratore già sperimentati, la forma del contorno del riflettore principale e del subriflettore. L'obiettivo del progetto, oltre a un elevato grado di rendimento dell'antenna, è l'attenuazione particolarmente elevata dei lobi secondari, in modo che siano osservate le nuove specifiche CCIR con una grande distanza di sicurezza. Un impianto di questo tipo è impiegato nella stazione terrestre descritta in [5].

## Summary

*Offset Dual Reflector Antenna for 20/30 GHz Earth Stations*

The author describes a new offset dual reflector antenna for 20/30 GHz earth stations which was developed for stationary as well as transportable use. With a given aperture diameter of 2.4 meters the form of the main reflector and subreflector contours was optimized with the help of reliable computer programmes. In addition to a high antenna efficiency, a particularly high side lobe attenuation was envisaged so that the new CCIR specifications were fulfilled with a large margin. An antenna of this type is used in an earth station described in [5].