

<b>Zeitschrift:</b>	Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe
<b>Band:</b>	56 (1978)
<b>Heft:</b>	6
<b>Artikel:</b>	Neue Strahleneinheit für PTT-Richtfunkantennen im 2,5-GHz-Band
<b>Autor:</b>	Hügli, Peter / Mutti, Martin
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-875206">https://doi.org/10.5169/seals-875206</a>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.01.2026

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

# Neue Strahleinheit für PTT-Richtfunkantennen im 2,5-GHz-Band

Peter HÜGLI und Martin MUTTI, Bern

621.396.674.3.029.63:621.396.677.833.029.63

**Zusammenfassung.** Dieser Artikel beschreibt die Entwicklung einer doppelt polarisierten Strahleinheit für Kreisparabolantennen im Frequenzbereich 2,3...2,7 GHz. Die einzelnen Bauteile sind in Koaxialtechnik ausgeführt; als Primärstrahler wird ein kurzer Dipol verwendet. Dank dieser Lösung liess sich eine handliche Strahleinheit mit koaxialem Anschluss-Stecker bauen. Wie die Messresultate zeigen, konnten die geforderten Spezifikationen erfüllt werden.

## Nouvel ensemble d'alimentation pour antennes à faisceaux hertziens des PTT opérant dans la bande de 2,5 GHz

**Résumé.** Cet article décrit le développement d'un nouvel ensemble d'alimentation à double polarisation, utilisé avec une antenne parabolique dans la bande de fréquences de 2,3...2,7 GHz. Les composants sont construits en technique coaxiale; un dipôle court a été choisi comme source primaire. Ce principe a permis d'obtenir un nouvel ensemble d'alimentation aux dimensions considérablement réduites, équipé de connecteurs coaxiaux. Les résultats de mesures obtenus montrent que les spécifications exigées sont satisfaites.

## Nuovo complesso d'alimentazione per antenna a fasci hertziani PTT nella banda dei 2,5 GHz

**Riassunto.** Questo articolo descrive lo sviluppo di un complesso d'alimentazione a doppia polarizzazione per antenne paraboliche nella banda di frequenze da 2,3...2,7 GHz. I singoli componenti sono costruiti applicando la tecnica coassiale; quale illuminatore primario viene utilizzato un dipolo raccorciato. Grazie a questa soluzione si può disporre di un complesso d'alimentazione maneggevole con spina di congiunzione coassiale. I risultati delle misurazioni dimostrano che le specificazioni richieste sono soddisfatte.

## 1 Veranlassung und Ziel

Für das Richtfunknetz der PTT ist ein neues Frequenzband von 2,3...2,7 GHz freigegeben worden. Die Entwicklung der Sende- und Empfangsgeräte wurde bei einer Schweizer Firma in Auftrag gegeben. Da auch die Antennen für dieses Band auf dem Markt fehlten, wurden bei der Abteilung Forschung und Entwicklung der PTT doppelt polarisierte Strahler für bestehende Reflektoren von 3 m und 4,3 m Durchmesser entwickelt und in kleinen Serien hergestellt. Die Antennen sollen folgende Spezifikationen erfüllen:

	2,3...2,7 GHz
- Frequenzbereich	2,3...2,7 GHz
- Antennengewinn in Bandmitte bei 3 m ø	34 dBi
Antennengewinn in Bandmitte bei 4,3 m ø	37 dBi
- Polarisationsentkopplung im Hauptstrahlungsbereich	≥ 25 dB
- Entkopplung zwischen beiden Anschlüssen	≥ 30 dB
- Rückflussdämpfung	≥ 26 dB
- Anschlussstecker 169-5 IEC 50-17	
- die Strahleinheit muss luftdicht sein	
- Einbau von der Rückseite in den Parabolreflektor	
- Einstellmöglichkeit der Polarisationsebene	

## 2 Beschreibung der Strahleinheit

### 2.1 Primärstrahlungssystem

Für die Ausleuchtung eines Kreisparabolreflektors kann grundsätzlich ein Dipol oder ein Horn verwendet werden. Wegen der relativ grossen Wellenlänge von 12 cm würde ein Horn entsprechend gross ausfallen. Das Horn wird am einfachsten mit einem Hohlleiter angeregt. Die Antenne muss aber einen koaxialen Anschluss aufweisen, was ein entsprechendes Übergangsstück erfordern würde. Aus diesen Gründen haben wir uns entschlossen, einen Dipol zu verwenden. Dieser wird durch eine am Ende einseitig kurzgeschlossene, mit Längsschlitten im Außenmantel versehene koaxiale Leitung angeregt [1, 2]. Das Prinzip ist aus *Figur 1* ersichtlich.

Durch zwei parallel angeordnete, gleichphasig gespeiste Leitungen, die je eine Dipolhälfte tragen, wird annä-

hernd die gleiche Strahlungseigenschaft erreicht wie beim Aufbau nach *Figur 1*. Wie *Figur 2* zeigt, lässt sich bei dieser Anordnung ein zweiter, um 90° gedrehter Dipol anbringen. Aus Symmetriegründen fallen dabei die Phasenzentren beider Dipole zusammen.

Diesem so entstandenen, doppelt linear polarisierten Dipolstrahler wird noch eine ebene Reflektorplatte beigefügt, die eine Bündelung in Richtung des Parabolreflektors bewirkt.

### 2.2 Leistungsteiler

Wie aus *Figur 3* deutlich hervorgeht, werden mit dem Leistungsteiler die zwei Anschlusskabel auf die vier Dipolhälften aufgeteilt. Der Leistungsteiler ist gleichzeitig elektrisches und mechanisches Verbindungsstück. Bei der Formgebung wurde darauf geachtet, dass er schlank wird und sich in das Halterohr einschieben lässt, um eine zusätzliche Schattenwirkung in der Ausleuchtung des Parabolreflektors zu verhindern.

In *Figur 4* sind Aufbau und Wirkungsweise des Leistungsteilers für eine Polarisation dargestellt. Die Koaxialkomponenten befinden sich in Längslöchern und die Streifenleiterverbindungen an den Stirnseiten des zylinderförmigen Leistungsteilers.

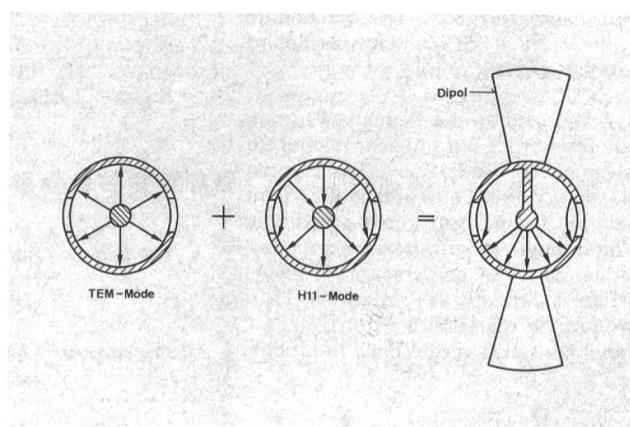


Fig. 1  
Feldverteilungen

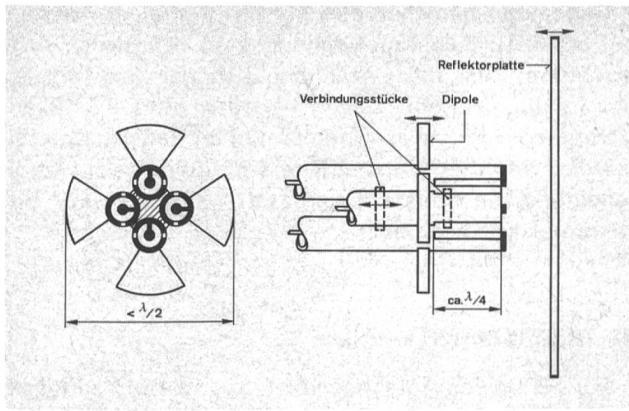


Fig. 2  
Anordnung von zwei Dipolen

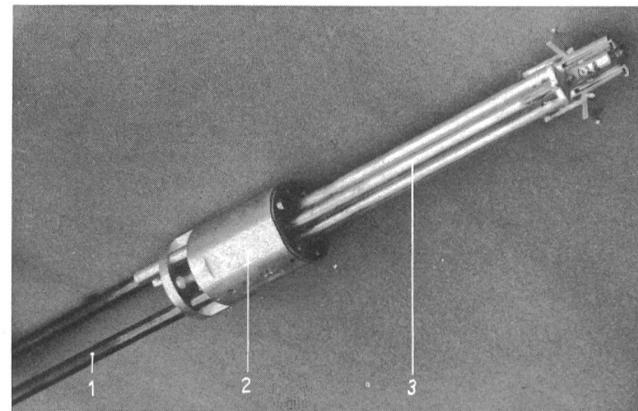


Fig. 3  
Das Bild zeigt links das Anschlusskabel, in der Mitte den Leistungsteiler und rechts die Dipole mit geschlitzten Koaxialleitungen  
1 Anschlusskabel  
2 Leistungsteiler  
3 Dipole mit geschlitzten Koaxialleitungen

Für den Abgleich des Leistungsteilers auf minimale Reflexionen werden von der Dipolseite her Absorptionselemente in die Koaxialleitungen eingeschoben (wie bei gleitbaren Koaxialabschlüssen). Der Abgleich selbst erfolgt auf den Streifenplättchen. Die Rückflussdämpfung muss mindestens 32 dB betragen.

### 23 Anschlussstecker

Der Anschlussstecker (Fig. 5) ist ein koaxialer Stufenübergang ohne Impedanztransformation. Am einen Ende wird das Anschlusskabel der Strahleinheit — ein 7-mm-Ø-Semirigid-Kabel mit Kupfermantel — eingeführt und verschraubt. Das andere Ende ist als Koaxialstecker vom Typ 169-5 IEC 50-17 ausgeführt. Sein Durchmesser beträgt 30 mm.

Im Blick auf die Verwendung im 2-GHz-Band wurden die Stufenhöhen und -längen für den Frequenzbereich von 1,65...2,7 GHz berechnet. Die Rückflussdämpfung des Anschlusssteckers einschließlich Kabelanschluss beträgt etwa 40 dB.

### 24 Zusammengebaute Strahleinheit

Der aktive Teil der Strahleinheit, bestehend aus den vorgängig beschriebenen Bauteilen, ist in Figur 6 oben dargestellt; unten sieht man die fertige Strahleinheit.

Der aktive Teil wird von hinten her in das Halterohr eingeschoben und die Steckerplatte luftdicht aufgeschraubt. Der Leistungsteiler wird bezüglich des Halterrohrs nur gegen Verdrehung gesichert. Temperaturbedingte Längendifferenzen zwischen Anticorodalrohr und Kupferkabel können demzufolge nicht als Kräfte auf den Kabelanschluss einwirken.

Die helle Schutzhaube, die luftdicht auf das vordere Rohrende aufgeschraubt ist, besteht aus etwa 10 mm starkem Polymetacrylimid-Hartschaum. Die Oberfläche ist mit einer 0,5...1 mm dicken Schicht aus Polyestervlies und Polyesterharz verstärkt und mit Radomlack angestrichen. Diese Haube beeinflusst die elektrischen Eigenschaften des Strahlers nicht.

Die in Figur 2 gezeigte Reflektorplatte befindet sich im Innern der Schutzhaube. Sie ist federnd montiert und wird über einen Distanzring aus Hartschaum gegen die Dipole gedrückt. Dadurch bleibt diese Distanz, die die Rückflussdämpfung des Strahlers stark beeinflusst, immer gleich.

Am hinteren Strahlerende befindet sich außer den Anschlusssteckern noch ein Lufteinlassstutzen. Durch diesen wird trockene Luft mit leichtem Überdruck ins Innere der Strahleinheit eingeführt. Die Anschlussstecker werden mitbelüftet und sind deshalb luftdicht mit den Speisekabeln zu verbinden.

### 3 Elektrische Eigenschaften der Antenne

#### 31 Rückflussdämpfung

Der Anschlussstecker hat eine Rückflussdämpfung von etwa 40 dB, der Leistungsteiler eine solche von rund 32 dB. Die zusammengebaute Strahleinheit muss auf mindestens 26 dB Rückflussdämpfung abgeglichen werden. Dies geschieht durch Verstellen der Verbindungsstücke, der Dipole und der Reflektorplatte in den auf Figur 2 angegebenen Pfeilrichtungen.

Wird der Strahler in einen Parabolreflektor eingesetzt, so reduziert sich die Rückflussdämpfung auf ungefähr 20 dB. Die Ursache liegt darin, dass die reflektierte Strahlung vom Gebiet um den Parabolscheitelpunkt wieder zum Dipolstrahler zurückgelangt. Mit einer runden

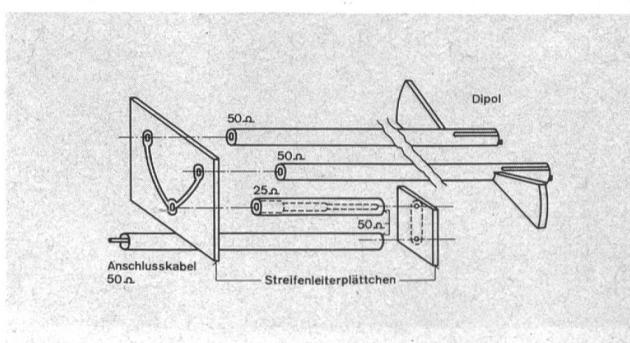


Fig. 4  
Leistungsteiler (nur eine Polarisation gezeichnet)

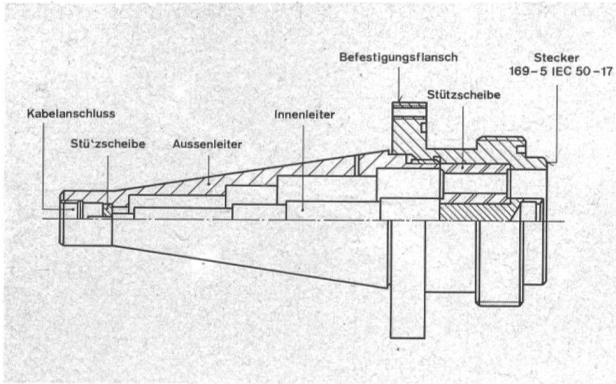


Fig. 5  
Anschlussstecker

Kompensationsplatte von 250 mm Ø wird die Weglänge und somit die Phasenlage dieser Störkomponente so eingestellt, dass ihr Einfluss auf die Rückflussdämpfung des Strahlers aufgehoben wird. Die Kompensationsplatte ist als Bestandteil der einbaufertigen Strahleinheit fest auf die Halteplatte aufgeschraubt (Fig. 6).

Die Figur 7 zeigt den typischen Verlauf der Rückflussdämpfung einer Antenne von 4,3 m Ø, ausgerüstet mit Kragen und Flattertuchradom.

## 32 Antennengewinn

Der Antennengewinn wurde aus dem Verhältnis Sendeleistung zu Empfangsleistung einer Richtfunkstrecke von 3,5 km Länge bestimmt. Beide Antennen waren je mit einem 2,5-GHz-Dipolstrahler bestückt. Aus der Leistungsbilanz erhält man das Produkt der Gewinne beider beteiligten Antennen. Bei gleicher Ausleuchtung und bekannten Öffnungsflächen lassen sich daraus die einzelnen Gewinne berechnen. Die Werte in Tabelle I wurden nach dieser Methode bestimmt.

Tabelle I. Antennen-Messergebnisse

Antennendurchmesser	Gewinn bei 2,5 GHz	Mess-toleranz	Frequenz-gang im Nutzband
3 m	34 dBi	± 0,5 dB	± 0,5 dB
4,3 m	37 dBi	± 0,5 dB	± 0,5 dB

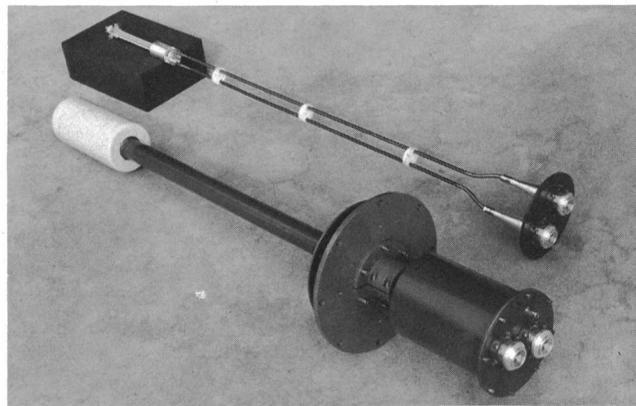


Fig. 6  
Oben ist der aktive Teil, unten die einbaufertige Strahleinheit dargestellt

Gegenüber den theoretischen Werten einer Antenne mit 56 % Ausleuchtungswirkungsgrad (klassische Ausleuchtung) sind die Gewinnangaben gemäss Tabelle I um 1,5 dB niedriger. Davon entfallen etwa 0,5 dB auf Dämpfungsverluste im Strahler und im Radom. Das Primärdiagramm des Dipolstrahlers ist dem Kreisparabolreflektor nicht optimal angepasst, was etwa 1 dB Gewinnreduktion ausmacht.

## 33 Richtcharakteristik

Für die beiden Antennen von 3 m und 4,3 m Ø, ausgerüstet mit Kragen und Radom, sind die Hüllkurven der Richtdiagramme in den Figuren 8 und 9 dargestellt. Diese Kurven sind Maximalwerte, die beim Ausmessen von 6 Strahleinheiten bei 2,3, 2,5 und 2,7 GHz nie überschritten wurden.

Im Winkelbereich 0° bis etwa 70° wird die Richtwirkung durch den Kragen nicht beeinflusst. Von etwa 70° bis etwa 180° verhindert der mit absorbierenden Matten ausgekleidete Kragen die Überstrahlung des Hauptreflektors durch die Primärquelle. Dank dieser Massnahme konnte die geforderte Seitenzipfeldämpfung von  $\geq 60$  dB erreicht werden.

Damit die Polarisationsentkopplung in der Hauptstrahlungsrichtung  $\geq 25$  dB beträgt, müssen die Polarisationsebenen beider Antennen aufeinander eingestellt sein. Diese Einstellung ist für den übrigen Winkelbereich der Richtcharakteristik unkritisch.

## 34 Entkopplung zwischen den Anschlusssteckern

Die Dämpfung zwischen den Anschlüssen der beiden Polarisationsen wird hauptsächlich durch die gegenseitige Lage der Längsschlüsse in den Koaxialleitungen und durch den Ort der Verbindungsstücke bestimmt (Fig. 2). Die Schlüsse werden mit einer Lehre orthogonal zueinander eingestellt. Die Verbindungsstücke sind eigentliche Abgleichelemente für die Rückflussdämpfung. Der Ort, den sie von dieser Einstellung her einnehmen, ist auch der beste für die gegenseitige Entkopplung beider Polarisationsen.

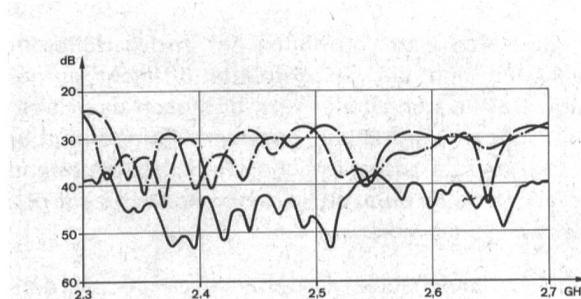


Fig. 7  
Typische Werte, gemessen bei einer Antenne von 4,3 m Ø mit Kragen und Radom  
 — Rückflussdämpfung beider Polarisierungen  
 - - - - Entkopplung zwischen beiden Polarisierungen

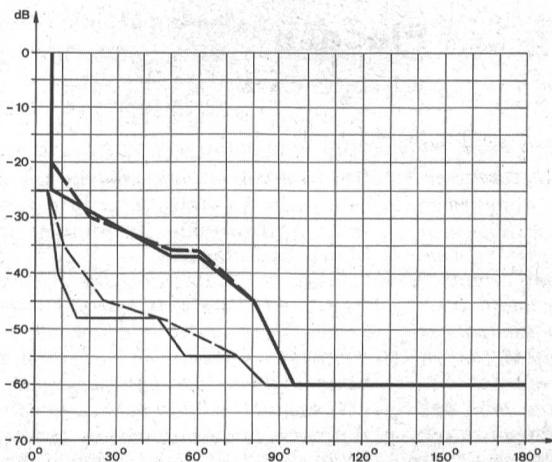


Fig. 8  
Hüllkurve der Richtcharakteristik einer Antenne von 3 m Ø mit Kragen und Radom

— Gleiche Polarisation, Diagramm gemessen in E-Ebene  
- - - Gleiche Polarisation, Diagramm gemessen in H-Ebene  
- · - - Gekreuzte Polarisation, Diagramm gemessen in E-Ebene  
- - - - Gekreuzte Polarisation, Diagramm gemessen in H-Ebene

In Figur 7 ist die zwischen den beiden Anschlussstekern gemessene Entkopplung einer Antenne aufgezeichnet. Von den sechs untersuchten Strahleinheiten liegen die Werte in jedem Fall über 35 dB.

### 35 Temperaturverhalten

Das Temperaturverhalten der Strahleinheit wurde anhand der Veränderung der Rückflussdämpfung im Bereich  $-20^\circ \dots +55^\circ$  C untersucht. An den Wänden des Klimaversuchsräumes entstanden Reflexionen, die die Rückflussdämpfung der Strahleinheit im Mittel um 6 dB verschlechterten. Ein absoluter Vergleich der Messwerte wurde dadurch verunmöglicht. Die Veränderungen waren im Temperaturbereich  $0^\circ \dots +30^\circ$  C so gering, dass man sie vernachlässigen darf. Im Bereich  $-20^\circ \dots +55^\circ$  C können einzelne Maxima um etwa  $\pm 2$  dB variieren. Die Struktur der Kurve über den gesamten Frequenzbereich bleibt aber unverändert. Anhand mehrerer Temperaturdurchgänge wurde die Reproduzierbarkeit der Messungen bestätigt.

Die Rückflussdämpfung ist die Eigenschaft, die durch Temperaturschwankungen am stärksten beeinflusst wird. Bei den übrigen ist ein Temperaturversuch nicht gut möglich und unseres Erachtens auch nicht nötig.

### 4 Schlussbemerkungen

Die Messergebnisse zeigen, dass es möglich ist, einen Dipolstrahler herzustellen, der innerhalb einer relativen Bandbreite von 16 % eine Rückflussdämpfung von  $\geq 26$  dB aufweist ( $\cong 5$  % Spannungs-Reflexionskoeffizient).

In Figur 10 sind die Richtdiagramme von Kreisparabolantennen mit verschiedenen Strahleinheiten aufgetragen. Die Bezugsgröße ist dabei nicht das Hauptstrah-

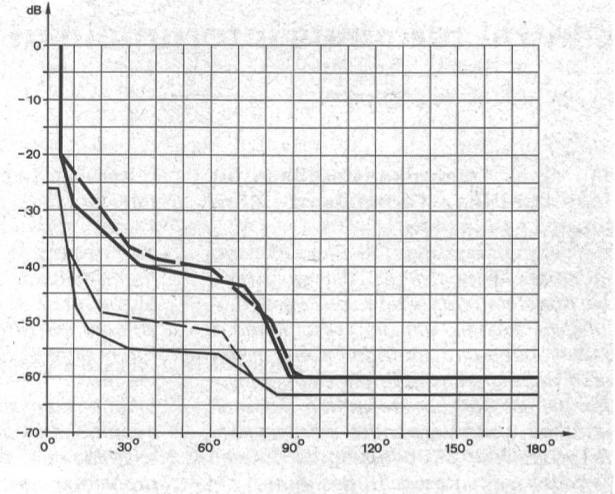


Fig. 9  
Hüllkurve der Richtcharakteristik einer Antenne von 4,3 m Ø mit Kragen und Radom

— Gleiche Polarisation, Diagramm gemessen in E-Ebene  
- - - Gleiche Polarisation, Diagramm gemessen in H-Ebene  
- · - - Gekreuzte Polarisation, Diagramm gemessen in E-Ebene  
- - - - Gekreuzte Polarisation, Diagramm gemessen in H-Ebene

lungsmaximum, sondern das Niveau des isotropen Strahlers. Im Winkelbereich von etwa  $10^\circ \dots$  etwa  $70^\circ$  stellen diese Diagramme in erster Näherung die Richtcharakteristik der Primärquellen dar. Wie der Vergleich zeigt, liegen die Kurven für verschiedene Frequenzen und Antennendurchmesser sehr nahe beieinander.

### Bibliographie

- [1] Silver S. Microwave Antenna Theory and Design. New York, Mc Graw Hill (1949), pp. 239...248.
- [2] Hollman H. Mikrowellenantennen kleiner Abmessungen mit Rundstrahldiagramm. Darmstadt, Fernmeldetechn. Zentralamt (Februar 1969), 454 T Br 6.

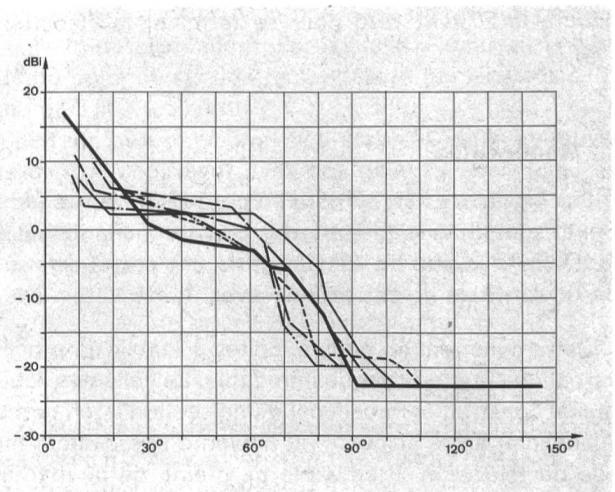


Fig. 10  
Richtdiagramme verschiedener Antennen, bezogen auf den isotropen Strahler

— 2,5 GHz Dipolstrahler 4,3 m Ø  
- - - 4 GHz Cassegrainstrahler 4,3 m Ø  
- · - - 6 GHz Cassegrainstrahler 4,3 m Ø  
- - - - 11 GHz Cassegrainstrahler 4,3 m Ø  
- - - - - 7 GHz Cassegrainstrahler 1,75 m Ø  
- - - - - - 11 GHz Cassegrainstrahler 1,75 m Ø