

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: 58 (1980)

Heft: 6

Artikel: 4- und 11-GHz-Multibandstrahler für PTT-Richtfunkantennen

Autor: Hügli, Peter / Mutti, Martin

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-875879>

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: 23.01.2026

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

4- und 11-GHz-Multibandstrahler für PTT-Richtfunkantennen

Peter HÜGLI und Martin MUTTI, Bern

396.43:621.396.677.029.64

Zusammenfassung. Bei der Übertragung von zwei unterschiedlichen Frequenzbändern auf einer Richtfunkstrecke ist es zweckmässig, Multibandantennen einzusetzen. Für die Kombination von 4 GHz mit 11 GHz in einer PTT-Antenne wurde die dafür benötigte Strahleinheit entwickelt. Das 4-GHz-Band wird dabei mit einem Primärfokusstrahler, das 11-GHz-Band mit einem Cassegrainsystem eingekoppelt. Beide Bänder lassen sich gleichzeitig vertikal und horizontal polarisiert übertragen.

Rayonneur multibande 4 et 11 GHz pour des antennes d'installations à faisceaux dirigés des PTT

Résumé. Pour transmettre deux bandes de fréquences différentes sur une liaison donnée, il est judicieux d'utiliser des antennes multibande. Un rayonneur nécessaire pour transmettre, par des antennes PTT, à la fois les bandes de 4 et 11 GHz a été développé. Le couplage pour la bande de 4 GHz s'effectue au moyen d'un radiateur focal primaire et pour la bande de 11 GHz par un système Cassegrain. Les deux bandes peuvent être transmises simultanément en polarisation verticale et horizontale.

Radiatore a multibanda 4 e 11 GHz per impianti d'antenna direttive delle PTT

Riassunto. In caso di trasmissione di due bande di frequenza differenti su di una tratta ponte radio, è consigliabile l'impiego di un'antenna multibanda. Per la combinazione di 4 GHz con 11 GHz per un'antenna delle PTT, è stata sviluppata una unità direzionale adatta a questo scopo. La banda di 4 GHz viene inserita sull'unità focale primaria, mentre la banda degli 11 GHz è addotta con il sistema Cassegrain. Le due bande possono essere trasmesse contemporaneamente con polarizzazione verticale e orizzontale.

1 Veranlassung und Ziel

Die Ursache eines Unterbruchs in einer Richtfunkverbindung liegt entweder bei einem Gerätedefekt oder in der Veränderung der Wellenausbreitung. Besonders sei in diesem Zusammenhang auf die Niederschlagsdämpfung hingewiesen, die bei starken Regenfällen für Frequenzen bis etwa 6 GHz unbedeutend ist, oberhalb von 10 GHz jedoch zu gelegentlichen Unterbrüchen führen kann [1, 2]. Eine optimale Ausnutzung der bevorzugten tiefen Frequenzbänder wird möglich, wenn die zur Erhöhung der Verfügbarkeit von Richtstrahlverbindungen benötigten Schutzkanäle in oberen Frequenzbändern liegen [3]. Diese Massnahme entspricht primär einem Geräteschutz, gleichzeitig hilft sie aber auch mit, die Schwunderscheinungen infolge von Mehrwegausbreitung als Frequenzband-Diversitysystem zu reduzieren.

Die Antenne ist erfahrungsgemäss ein zuverlässiges Glied in der Richtfunk-Übertragungskette. Die Terrassen und Tragkonstruktionen für die Befestigung der Antennen sind kostspielig und aus Gründen der Architektur oder der Statik oft nur in beschränktem Umfang verwirklichtbar. Die gleichzeitige Übertragung von zwei Frequenzbändern stark unterschiedlicher Wellenlänge mit einer einzigen Antenne ist demnach von wesentlicher Bedeutung für die Erstellung wirtschaftlicher Richtfunknetze. Die beschriebene Strahleinheit wurde für einen konkreten Fall entwickelt und gestattet, die 4- und 11-GHz-Bänder zu kombinieren. Sie lässt sich von hinten her in die normierten PTT-Parabolreflektoren von 1,75 m, 3 m und 4,3 m Durchmesser einschieben.

2 Bestimmung des verwendeten Systems

Die zu kombinierenden Frequenzbänder sind jene von 3,4...4,2 GHz und 10,7...11,7 GHz. Es ist zudem gefordert, beide Bänder gleichzeitig doppelt linear polarisiert zu übertragen. Die gegenseitige Beeinflussung der Frequenzbänder und/oder der orthogonalen Polarisationen soll so gering als möglich sein.

Der verhältnismässig grosse Frequenzabstand beider Bänder von etwa 3:1 führte schon zu Beginn des Projektes zur Idee, zwei nach Frequenzen getrennte, doppelt polarisierte Strahler zu entwickeln, die sich zu einer

Kombistrahleinheit vereinigen lassen. Für das 4-GHz-Band soll nach Möglichkeit kein Cassegrainsystem angewandt werden, weil dessen Hilfsreflektor erfahrungsgemäss grösser sein müsste als das bestehende Montageloch in der Scheitelplatte des Parabolreflektors. Dadurch entstünden Schwierigkeiten beim Bau des Strahlers und bei dessen Einsetzen in der Antenne. Deshalb wurde das Prinzip des Kreuzdipols mit Schlitzübertrager, wie es bei den 2-GHz- und 2,5-GHz-Strahlern verwendet wird, für das 4-GHz-Band weiterentwickelt. Auf diese Weise entstand ein kompaktes, doppelt polarisiertes Primärfokus-Strahlsystem. Zuführungsleitungen sind Koaxialkabel, die den Strahlengang in der Umgebung des Brennpunktes wenig stören und den coaxialen Anschlüssen des Primärstrahlers entsprechen.

Zu diesem 4-GHz-Strahler musste ein Cassegrainsystem für 11 GHz gefunden werden. Vorest war ein hyperbolischer Hilfsreflektor erforderlich, der das 11-GHz-Band möglichst vollständig reflektiert, für 4 GHz jedoch durchlässig ist. Auf der Rückseite dieses Hilfsreflektors liess sich das 4-GHz-System bequem anbringen und ist dort gegen störende Einflüsse durch den 11-GHz-Primärstrahler gut geschützt.

Aus dem *Titelbild* ist der fertige Strahler, dessen Innenteile in *Figur 1* gezeigt sind, ersichtlich. Aus *Figur 2*

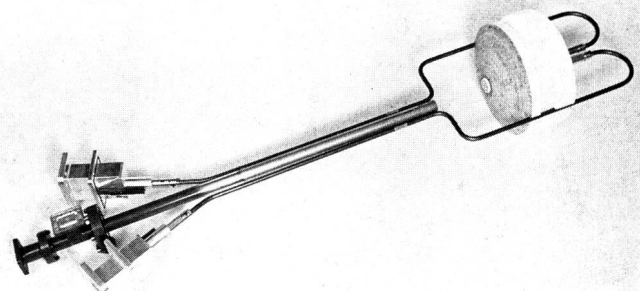


Fig. 1
Originalaufbau im Innern des Strahlers

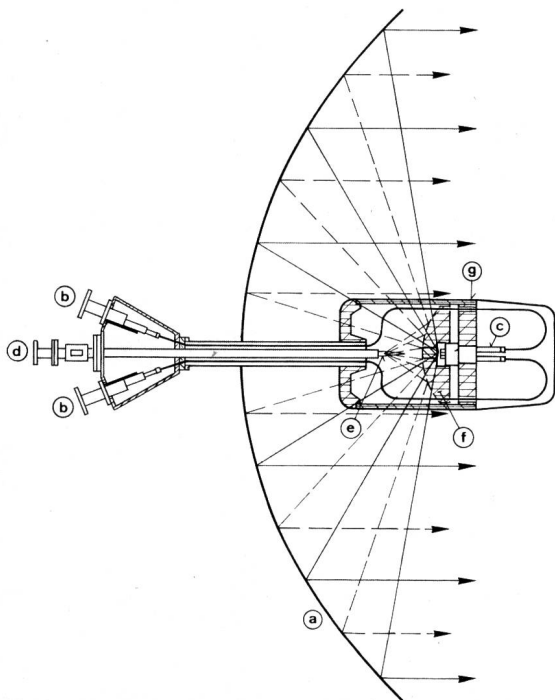


Fig. 3
Innerer Aufbau des koaxialen, zweifachen Leistungsteilers

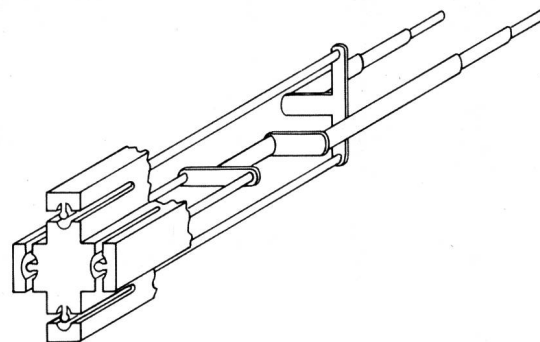


Fig. 2
Funktionsweise des Strahlers
a Parabolreflektor
b Anschlüsse für 4 GHz
c 4-GHz-Strahler mit Koaxialleitungen
d Anschlüsse für 11 GHz
e 11-GHz-Strahler
f Frequenzselektiver Cassegrainreflektor
g Halterung und Abdeckhaube aus Hartschaum
—→ 4-GHz-Strahlengang
---→ 11-GHz-Strahlengang

geht die Arbeitsweise der Multibandantenne hervor, deren Einzelelemente nachfolgend beschrieben sind.

3 4-GHz-Primärfokus-Speisesystem

Das Prinzip, kreuzweise angeordnete Dipolhälften mit koaxialen Schlitzübertragern anzuregen, wurde bereits bei 2-GHz- und 2,5-GHz-Strahlern angewandt [4]. Für das 4-GHz-System wird nun anstelle des Dipolfeldes ein Feld in einem kurzen, nach vorne offenen Rundhohlleiterstück angeregt. Die Vorteile gegenüber dem Dipol sind eine bessere Amplitudenverteilung über der Öffnungsebene der Antenne und eine gute Annäherung der Diagramme in der Ebene des magnetischen (H) und des elektrischen (E) Feldes.

Der zweifache Leistungsteiler, der die Anschlüsse für horizontale und vertikale Polarisation in die zugehörigen symmetrisch angeordneten Schlitzübertrager aufteilt, wurde neu konzipiert. Anstelle der früheren 2,5-GHz-Anordnung in kombinierter Streifenleiter- und Koaxialtechnik gelangt nun eine reine Koaxialtechnik zur Anwendung. In *Figur 3* ist der Aufbau dieses Leistungsteilers angedeutet, und *Figur 4* zeigt den fertigen Strahler mit den beiden Koaxialanschlüssen. Für den Abgleich des Leistungsteilers werden die Schlitzübertrager durch koaxiale Abschlusswiderstände ersetzt. Mit Abstimm-schrauben lässt sich so eine Rückflusdämpfung von mindestens 36 dB erreichen. Mit einem entsprechenden Impedanztransformator 25/50 Ω ist der Teiler für ein beliebiges Band bis zu etwa 5 GHz verwendbar.

Die koaxialen Zuführungsleitungen sind Semirigidkabel SR7. Ihr Durchmesser beträgt 8,3 mm und der Abstand vom Parabolbrennpunkt 100...150 mm. Dadurch entstehen praktisch keine Schattenwirkung und keine störende Streustrahlung in beiden Bändern. Für den Strahler einer Antenne mit 4,3 m Durchmesser belaufen sich die Kabelverluste bei 4 GHz auf 0,9 dB.

Bei den zu erwartenden Temperaturunterschieden von -20°C ... $+30^{\circ}\text{C}$ sind Längenausdehnungen des Dielektrikums am Kabelende von $\pm 2\text{ mm}$ möglich. Dadurch können Reflexionen bis zu 4 % auftreten. Mit einem

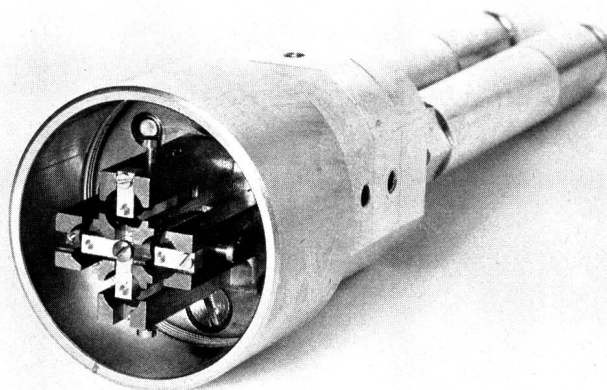


Fig. 4
Doppelt polarisierter 4-GHz-Strahler. Von links nach rechts: Schlitzübertrager im Rundhohlleiterstück, zweifacher Leistungsteiler, Impedanztransformatoren 25/50 Ω , Kabelanschlussstücke für SR7

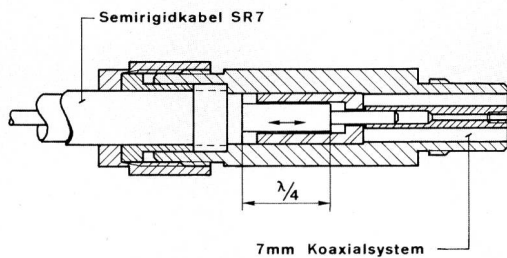


Fig. 5
Kompensiertes Kabelanschlussstück für Semirigidkabel SR7

kompensierten Kabelanschlussstück gemäss *Figur 5*, bei dem sich zwei gleich grosse Reflexionen aufheben, wird der temperaturbedingte Reflexionsanteil für das 4-GHz-Band auf 1 % herabgesetzt.

Das für den Anschluss des Hohlleiters R40 notwendige Übergangsstück auf das Koaxialkabel SR7 wurde von der Gruppe «Mikrowellentechnik» der Abteilung Forschung und Entwicklung der Generaldirektion PTT entwickelt. Dieser Bauteil ist mechanisch – und damit auch elektrisch – sehr stabil. Er wird mit Abstimm-schrauben auf etwa 36 dB Rückflussdämpfung abgeglichen.

4 11-GHz-Cassegrainsystem

Das Zusammenführen der beiden orthogonalen Polarisationen geschieht mit einer Polarisationsweiche. An dieser wird ein Rundhohlleiter C104 angeschlossen. Bei einem Durchmesser von 20,2 mm und einer Länge von 1300 mm – für eine Antenne mit 4,3 m Durchmesser – ist der Querschnitt nicht überall kreisrund und verringert die Dämpfung zwischen beiden Polarisierungen. Durch örtliches leichtes Quetschen unter gleichzeitigem Messen ist ein Wert von 36 dB erreichbar. Am vorderen offenen Ende dieses Hohlleiters wird ein schlanker, konischer dielektrischer Stielstrahler eingesetzt, der mit einem Stufentransformator reflexionsarm angepasst wird. Die Richtdiagramme dieses Strahlers in der E- und der H-Ebene sind einander angeglichen. Wie *Figur 6* zeigt, entsteht dadurch eine hohe Polarisationsentkopplung in der dafür kritischen, zwischenliegenden 45°-Ebene. Auch die Seitenlappendämpfung ergibt gute Werte. Dank seinem geringen Querschnitt und günstigen Profil entstehen an diesem 11-GHz-Strahler keine Reflexionen durch den 4-GHz-Strahler. Ein entsprechendes konisches Horn erwies sich als unbrauchbar.

Das Grundmaterial für den Hilfsreflektor ist eine 0,5 mm dicke mit Kupfer beschichtete Epoxyharzplatte. Durch Foto- und Ätzverfahren wird auf der Platte eine bestimmte Struktur von kreuzförmigen Reflektorelementen erzeugt [5]. Dann wird die Platte in Ringsektoren

geschnitten, zu Kegelstümpfen geformt und auf einen Hartschaumträger geklebt. So entsteht ein angenähert hyperbolischer Hilfsreflektor, bestehend aus 466 einzelnen, radial ausgerichteten Elementen, der das Band 10,7...11,7 GHz zu 95...99 % reflektiert. Die Durchlassdämpfung im 4-GHz-Band beträgt etwa 0,1 dB. Die radiale Struktur wirkt sich auf die Polarisationsentkopplung nicht störend aus. Somit ist es möglich, durch Drehen der Polarisationsweiche, bei feststehendem Hilfsreflektor, die orthogonalen Polarisations Ebenen zu verstellen.

5 Übertragungseigenschaften des Multibandstrahlers

Alle wichtigen Daten sind in der *Tabelle 1* zusammengestellt. Die Hüllkurven der Richtcharakteristik von Antennen mit 1,75 und 4,28 m Durchmesser findet man in den *Figuren 7* und *8*. Alle Angaben beziehen sich jeweils auf Antennen, die mit Kragen und Flattertuchradom aus-

Tabelle 1. Radioelektrische Eigenschaften der 4- und 11-GHz-Multibandantenne

Frequenzbereich	3,4...4,2 GHz	10,7...11,7 GHz
Antennengewinn (Bandmitte)		
Ø 1,75 m	34 dBi	43 dBi
Ø 3,0 m	38 dBi	47 dBi
Ø 4,28 m	41 dBi	50 dBi
Polarisationsentkopplung im Hauptstrahlungsbereich	≥ 28 dB	≥ 28 dB
Entkopplung zwischen den orthogonalen Anschlüssen	≥ 35 dB	≥ 35 dB
Entkopplung 11 GHz → 4 GHz	–	≥ 30 dB
Rückflussdämpfung	≥ 26 dB	≥ 26 dB
Anschlussrohrlleiter	R 40	R 100

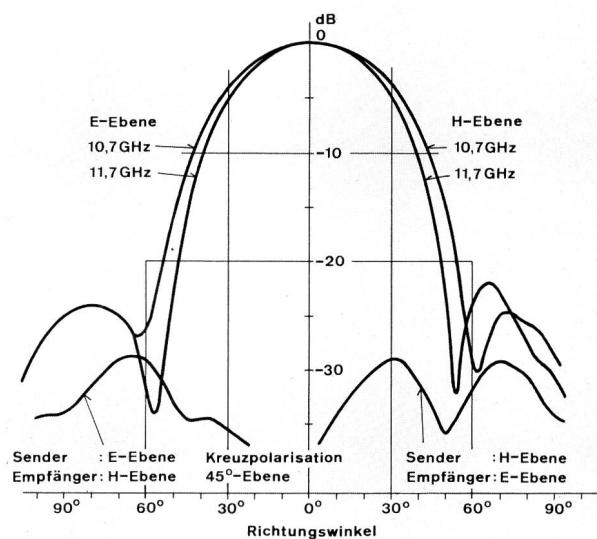


Fig. 6
Primärstrahlungsdiagramme des dielektrischen 11-GHz-Stielstrahlers

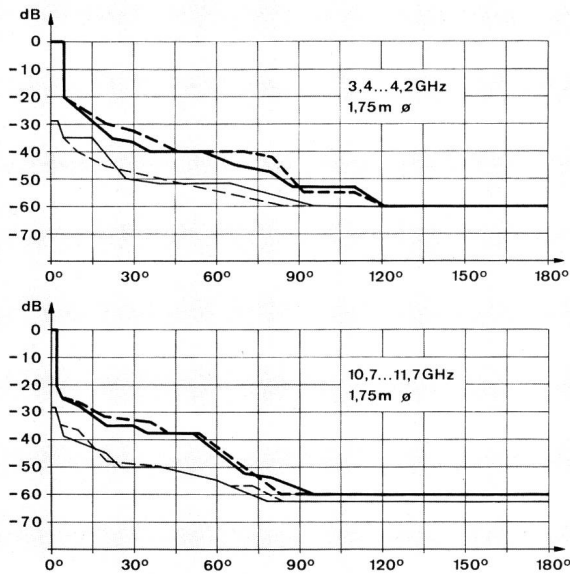


Fig. 7
Hüllkurve der Richtcharakteristik einer Antenne von 1,75 m Durchmesser mit Kragen und Radom

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

gerüstet sind. Die Gewinnangaben gelten für Bandmitte, wobei der Frequenzgang im 4-GHz-Band $\pm 0,9$ dB, im 11-GHz-Band $\pm 0,4$ dB beträgt. Die Messgenauigkeit beträgt für beide Bänder $\pm 0,5$ dB.

Die Bezeichnung «4-GHz-Band» umfasst nach neuer Aufteilung der Richtfunkbänder das 3,6-GHz-Band (3,4...3,8 GHz) und das 4-GHz-Band (3,8...4,2 GHz). Selbstverständlich können beide Bänder gleichzeitig benutzt werden. Weil aber 3,6 GHz für digitale und 4 GHz für analoge Übertragung vorgesehen sind, muss die gegenseitige Verträglichkeit beider Systeme gewährleistet sein.

Die Polarisationsentkopplung zwischen zwei genau gegeneinander gerichteten Antennen, über die Frequenzbereiche 3,4...4,2 GHz und 10,7...11,7 GHz gemessen, ist aus den Figuren 9 beziehungsweise 10 ersichtlich. Wie daraus zu entnehmen ist, sind bedeutend bessere als die in Tabelle I angegebenen 28 dB vorhanden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Tabellenwert auch die nahe der Hauptstrahlungsrichtung liegenden Maxima der Kreuzpolarisation in der E- und H-Ebene umfasst.

6 Wichtigste mechanische Eigenschaften des Multibandstrahlers

Die Belüftung des Strahlers ist über alle vier Hohlleiteranschlüsse möglich. Der vordere, halbkugelförmige Teil des Strahlerkopfes besteht aus glasfaserverstärk-

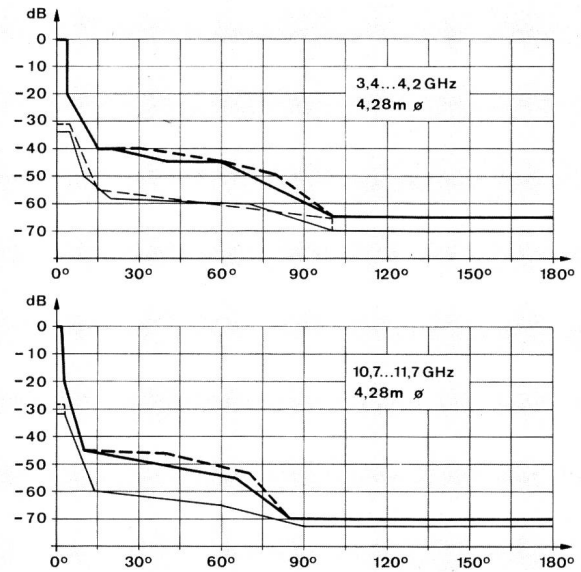


Fig. 8
Hüllkurve der Richtcharakteristik einer Antenne von 4,28 m Durchmesser mit Kragen und Radom

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

tem Polyester, der zylindrische Teil und der Übergang auf das Leichtmetallrohr aus Polymetacrylimid-Hartschaum, wobei die Oberfläche mit einer Polyesterharzschicht, verstärkt mit einem dünnen Polyestervlies, gegen Beschädigung und Verschleiß geschützt ist. Der ganze Kopf ist, wie alle Strahler für die gleichen PTT-Antennen, mit einem besonderen Radomlack beschichtet.

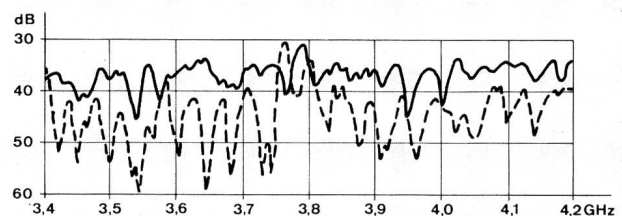


Fig. 9
Polarisationsentkopplung zwischen zwei gegeneinander gerichteten Antennen im 4-GHz-Band

— Sender 1,1 m \varnothing Antenne horizontal, Empfänger 4,28 m \varnothing Antenne vertikal polarisiert
 ---- Sender 1,1 m \varnothing Antenne vertikal, Empfänger 4,28 m \varnothing Antenne horizontal polarisiert

den. Alle diese Einstellungen sind an entsprechenden Skalen ablesbar und können für Nachkontrollen festgehalten werden.

7 Schlussbemerkungen

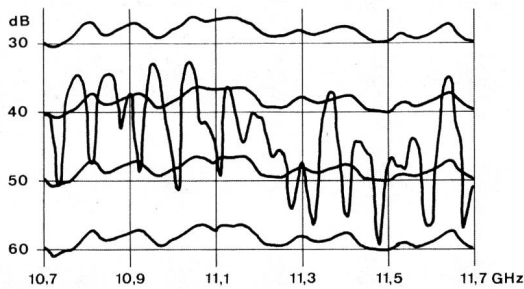
Mit dem 4- und 11-GHz-Multibandstrahler ist die Strahlerreihe für PTT-Richtfunkantennen um ein Element ergänzt worden, das erstmals die praktische Benutzung des neuen 3,6-GHz-Bandes ermöglicht. Dieser Strahler erlaubt die Einführung von 4- und 11-GHz-Frequenzband-Diversity mit minimaler Antennenzahl, da bei bereits bestehenden 4-GHz-Verbindungen nur der Strahler ausgewechselt werden muss.

Zwei Prototypen sind seit etwa einem Jahr in Betrieb und haben sich bewährt. Bei der Herstellung weiterer 10 Strahler zeigte sich, dass eine Serienanfertigung möglich ist.

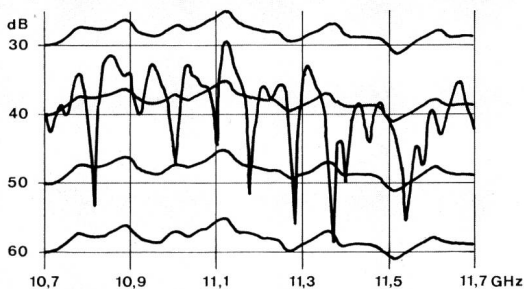
Die in diesem Artikel beschriebene Kombination von zwei verhältnismässig weit auseinanderliegenden Frequenzbändern ist allgemein anwendbar. Deshalb wird zurzeit versucht, weitere, im PTT-Richtfunknetz paarweise benutzte Frequenzbänder nach diesem Prinzip in einem Multibandstrahler zu vereinigen.

Bibliographie

- [1] *Liniger M.* Berechnung der Verfügbarkeit einer Richtfunkverbindung unter Berücksichtigung von Geräteausfällen und Schwunderscheinungen. NTG Fachtagung München, April 1980.
- [2] Mikrowellenausbreitung in der Atmosphäre. Nachrichtentechnisches Kolloquium 1978/79, Universität Bern.
Debrunner W. E. Niederschlagsdämpfungen auf Richtfunkstrecken.
- [3] *Fiechter M.* Einsatzkonzept 1979 für die Richtstrahlfrequenzbänder und Kriterien zur Wahl des Schutzschaltverfahrens. Bern, Generaldirektion PTT, Abt. Forschung und Entwicklung, Bericht VD 32.149A vom 28. 12. 1979.
- [4] *Hügli P.* und *Mutti M.* Neue Strahleinheit für PTT-Richtfunkantennen im 2,5-GHz-Band. Bern, Techn. Mitt. PTT 56 (1978) 6, S. 222...225.
- [5] *Bui-Hai N.* Antennes Micro-Ondes, applications aux faisceaux hertziens. Masson, Paris 1978.



Sender 1,1m ø Antenne horizontal,
Empfänger 4,28m ø Antenne vertikal polarisiert



Sender 1,1m ø Antenne vertikal,
Empfänger 4,28m ø Antenne horizontal polarisiert

Fig. 10
Polarisationsentkopplung zwischen zwei gegeneinander gerichteten Antennen im 11-GHz-Band

Die Strahlermontage geschieht in der üblichen Art mit einer Zentrumsplatte im Scheitelpunkt des Parabolreflektors. Mit Klemmbacken lassen sich die Eintauchtiefe im Parabol (Fokuspunkt) und die gewünschte Lage der orthogonalen Polarisationsebenen für 4 GHz einstellen. Davon ausgehend kann dann die Lage der orthogonalen Polarisationsebenen für 11 GHz um $\pm 15^\circ$ verstellt wer-