Zeitschrift: 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

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe

Band: 45 (1967)

Heft: 5

Artikel: Normalisierung und Mehrfachausnutzung der PTT-Richtstrahlantennen

Autor: Wilhelm, Richard

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-874866

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: 10.08.2025

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

Normalisierung und Mehrfachausnutzung der PTT-Richtstrahlantennen

Richard WILHELM, Bern

621.396.677.833:621.396.43(494)

Zusammenfassung. *Die Antenneneinheiten im schweizerischen PTT-Richtstrahlnetz machen etwa 20% der Anlagekosten aus. Es lohnt sich deshalb im Sinne einer Rationalisierung die verschiedenartigen in Betrieb stehenden Richtantennen für die Zukunft zu vereinheitlichen. Durch Mehrfachausnützung bereits montierter Antennenanlagen können parallel geführte, in verschiedenen Frequenzbändern arbeitende Verbindungen zusammengelegt werden. So wird es möglich, auf Richtstrahlstationen mit knapp bemessenen Antennenplätzen für den künftigen Ausbau des Netzes Raum zu gewinnen.*

Normalisation et utilisation multiple des antennes de faisceaux hertziens des PTT

Résumé. *Dans les réseaux à faisceaux hertziens des PTT suisses, les antennes représentent environ 20% des frais d'établissement. C'est pourquoi il est utile de chercher à rationaliser en établissant de manière uniforme les antennes directives, dont il existe différents types. L'utilisation multiple d'antennes déjà montées permet de réunir plusieurs communications parallèles empruntant différentes bandes de fréquences. On pourra ainsi, dans les stations de faisceaux hertziens ne disposant que d'un espace réduit pour les antennes, obtenir la place nécessaire à l'extension du réseau.*

Unificazione e utilizzazione multipla delle antenne per ponti radio delle PTT

Riassunto. *Nella rete di ponti radio delle PTT svizzere, le spese per le antenne rappresentano il 20% degli investimenti. È perciò utile in futuro, al fine di una razionalizzazione, cercare di unificare i diversi tipi di antenne direttive in servizio. L'utilizzazione multipla di antenne già montate permette la riunificazione di più comunicazioni parallele su differenti gamme di frequenza. Sarà così possibile avere a disposizione lo spazio necessario per ulteriori estensioni della rete anche in quelle stazioni per ponti radio che dispongono di poco posto per le antenne.*

1. Einleitung

Die fortschreitende Entwicklung der Richtstrahlverbindungen führt zu einer immer dichteren Besetzung der verfügbaren Frequenzbänder, zu mehr und mehr engmaschigen Netzen und zu einer wachsenden Belegung der Richtstrahlstationen mit Antenneneinheiten. Es kann aber meist nur eine beschränkte Zahl von Parabolspiegeln an einem Antennenmast oder Gestell montiert werden, ohne sehr kostspielige Neukonstruktionen vornehmen zu müssen. Demzufolge drängt sich eine optimale Ausnützung der zur Verfügung stehenden Plätze für Richtantennen auf. Durch eine Normalisierung der Antenneneinheiten kann in dieser Hinsicht viel gewonnen werden, abgesehen von einer Kostenreduktion für die Anschaffung von Parabolreflektoren und die Lagerhaltung von Reservematerial. Da die Industrie zur Zeit über keine für unsere Verhältnisse geeignete Antenneneinheiten verfügt, hat die Abteilung Forschung und Versuche PTT für eine Reihe von Parabolantennen Strahler entwickelt, die in beiden Polarisationsrichtungen ausnutzbar sind, und zum Teil auch solche, die zwei unabhängige Frequenzbänder abstrahlen oder empfangen können.

2. Zur Wahl des Antennentyps

Bevor eine gewisse Normierung der Antennen für das schweizerische Richtstrahlnetz in Betracht kommt, muss abgeklärt werden, welche Antennenart den Anforderungen der meisten Verbindungen gerecht wird, ohne jedoch zu kostspielig zu werden. Vorab seien die charakteristischen Grössen einer Richtantenne aufgezeigt:

- Der Gewinn oder die Energiebündelung in der Hauptstrahlrichtung ist ein Mass für den Wirkungsgrad bei gegebener Antennengrösse. Es ist ein Bezugsfaktor, meist in dB angegeben, gegenüber dem Isotropstrahler, der eine kugelförmige Strahlungscharakteristik hat, mit einem Gewinn von 0 dB.
- Die Grösse der Strahlung ausserhalb der Hauptstrahlrichtung (Nebenzipfel) wird durch das Strahlungsdiagramm der Antenne beschrieben. Nebenzipfel können zu Energiestreuungen im Vordergrund führen und auf diesem Umweg unerwünschte Kopplungen zwischen zwei Antennen verursachen.
- Die Polarisationsdämpfung in dB ist das Leistungsverhältnis der Kopplung zwischen den beiden senkrecht zu einander stehenden Polarisationsrichtungen, in denen eine Antenne Signale abstrahlen oder empfangen kann.
- Unter Querpolarisationsdämpfung ist die Polarisationsdämpfung ausserhalb der Hauptstrahlrichtung einer Antenne zu verstehen und wird am besten durch ein Richtdiagramm angegeben.
- Die Anpassung (Reflexionsfaktor) der Antenne an die Energieleitung ist ein wichtiger Faktor für die Vielkanaltelephonie-Richtstrahlverbindungen. Zu grosse Reflexionen verursachen Nebensprechen.

Die gebräuchlichste Bauform von Richtantennen für Mikrowellen sind: Rotationsparabol-, Muschel- und Hornparabolantenne.

- Der Rotationsparabol mit zentrischer Erregung im Brennpunkt ist die einfachste und wohl auch billigste Bauform von Richtantennen mit kontinuierlichem Reflektor.
- Die Muschelantenne verwendet nur einen Parabolausschnitt, der exzentrisch von einem Horn angestrahlt wird. Seitlich vom Reflektor sind metallische Wände angebracht. Auf diese Art lassen sich kleinere Nebenzipfel, vor allem im Winkelbereich von 30...90°, als bei der konventionellen Parabolantenne erreichen. Dagegen weist diese auf Grund ihrer vollkommenen Rotationssymmetrie bessere Querpolarisationseigenschaften auf, was bei Streckenkreuzungen und Streckenabzweigungen von erheblichem Vorteil ist.
- Die Hornparabolantenne besteht aus einem Paraboloidsektor, der in ein rechteckiges, pyramidenförmiges Horn eingebaut wird. Es ist die elektrisch sauberste Lösung der Wellenführung zur Speisung einer Richtantenne. Da der Horntrichter und Parabolausschnitt als in sich geschlossenes System zusammengebaut sind, treten unerwünschte Streuungen nur durch Beugung am Rand der Öffnungsebene auf. Die Nebenzipfeldämpfung ist bei verhältnismässig grossem Wirkungsgrad sehr gut. Die Kosten dieser Antennen betragen aber rund das dreifache eines im Gewinn vergleichbaren Rotationsparabols. Darüber hinaus stellt die Hornparabolantenne besondere Anforderungen an die Festigkeit und an die Abmessungen des Antennenturmes, der von vorneherein für den Aufbau solcher Antennen ausgelegt werden muss.
- Für die Wahl des Antennentyps, der für eine Normierung in Betracht kommt, sind nicht zuletzt auch mechanische Eigen-

schaften beziehungsweise die Bauart wegweisend. Da der Zugang zu einzelnen Richtstrahlstationen durch Stollen oder mit Seilbahnen erfolgt, dürfen die zu transportierenden Werkstücke nicht zu gross sein. Beispielsweise Parabolreflektoren, die grösser als 1,8 m sind, müssen teilbar ausgeführt werden.

3. Rotationsparabol als Normantenne

Seit mehr als zehn Jahren werden im PTT-Richtstrahlnetz für längere Strecken Parabolantennen mit 4,28 m (14 feet) Durchmesser verwendet. Es ist ein in fünf Teile zerlegbarer Parabolspiegel, der nur etwa 350 kg schwer ist. Bis heute steht eine Anzahl solcher Antennen in Betrieb und sie haben sich bestens bewährt. Von der gleichen Bauart sind auch vereinzelt Parabolspiegel von 1,75 m im Einsatz. Diese beiden haben den Brennpunkt in der Öffnungsebene des Reflektors; ferner besitzen sie gleiche Durchmesser der Zentrumsplatte, was für die Halterung der Erreger von Bedeutung ist. Es war nun naheliegend, dass man diese beiden Spiegel – machen sie doch mehr als 50% der im gesamten Netz eingesetzten Antennen aus – als Grundlage einer Normreihe betrachtete. Als geeignete Zwischengrösse wurde noch ein 3-m-Parabol (teilbar in zwei Hälften; Gewicht rund 120 kg) mit demselben Verhältnis Brennweite:Durchmesser = 0,25 beziehungsweise einem Öffnungswinkel $\Theta = 90°$ wie bei den andern beiden Typen gewählt. Dieses Verhältnis entspricht verhältnismässig tiefen Spiegeln, deren Flächenwirkungsgrad nur etwa bei 50...58% liegt. Dafür erhält man eine gute Rückendämpfung.

Bei Sichtverbindungen vermeidet man im allgemeinen Antennengewinne von mehr als 42...46 dB, da eine Hauptkeule von weniger als 1° Breite zwischen den 3-dB-Punkten grosse Anforderungen an die Festigkeit und Steifigkeit der Bauten und Antennentragkonstruktionen stellt. Antennen mit mehr als 46 dB Gewinn benutzt man, abgesehen von Satelliten- und Überhorizontverbindungen, unter Umständen in Verbindung mit einem Passivrelais, wo sie bei gegebenen Leistungsbedingungen unvermeidlich sind. Für solche Fälle wurde noch ein 10-m-Spiegel eingeführt mit einem $\Theta = 60°$; das heisst der Brennpunkt liegt weit ausserhalb der Öffnungsebene des Parabols, um mit hohem Wirkungsgrad arbeiten zu können.

Durch Kombination der vier verschiedenen Antennengrössen kann die Funkfelddämpfung den gegebenen Richtstrahlstrecken angepasst werden. In *Figur 1* sind diese Kombinationsmöglichkeiten mit den Kostenaufwendungen in Zusammenhang gebracht.

Machen wir einmal folgende Annahme: Für eine bestimmte Strecke in 6-GHz-Band wurde der totale Antennengewinn mit 91 dB bestimmt. Die nächstliegende Kombination wird nach Figur 1 mit zweimal 4,28 m Parabolspiegel angegeben. Wenn wir für den Antennengewinn der betreffenden Strecke eine Einbusse von etwa 1,8 dB zugestehen, erkennt man, dass durch Kombination eines 3-m- mit einem 4,28-m-Parabol die Antennenanlage rund einen Drittel billiger wird. Es muss allerdings erwähnt werden, dass nicht immer nach der preisgünstigsten Kombination entschieden werden kann, da kleine Spiegel die Entkopplungsbedingungen für einen bestimmten Verzweigungspunkt des Richtstrahlnetzes unter Umständen nicht erfüllen.

4. Strahleinheiten für die normierten Richtstrahlantennen

Nach dem CCIR-Frequenzplan ist es wünschenswert, dass eine Antenne horizontale wie vertikale Signale gleichzeitig abstrahlen kann. Erst der Betrieb von Richtstrahlstrecken in zwei Polarisationsrichtungen erlaubt eine dichte Belegung der zur Verfügung stehenden Frequenzbänder. Um in beiden Polarisationsebenen gleich gute Richtdiagramme zu erlangen, ist das aus der Optik bekannte *Cassegrain*-Prinzip für Erreger von Parabolspiegeln sehr geeignet. Der Brennpunkt des Parabols wird mit Hilfe eines zusätzlichen Reflektors in den Bereich des Parabolscheitels übertragen. Wie aus *Figur 2* ersichtlich, können Erregerhorn und Hilfsreflektor zu einer sogenannten Strahleinheit zusammenge-

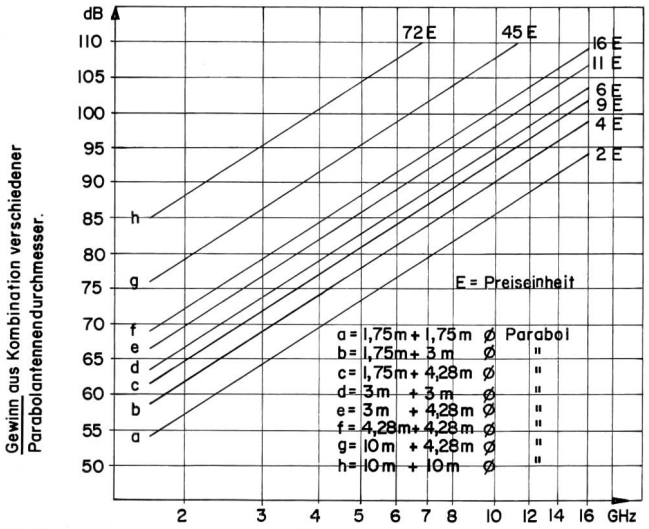

Fig. 1

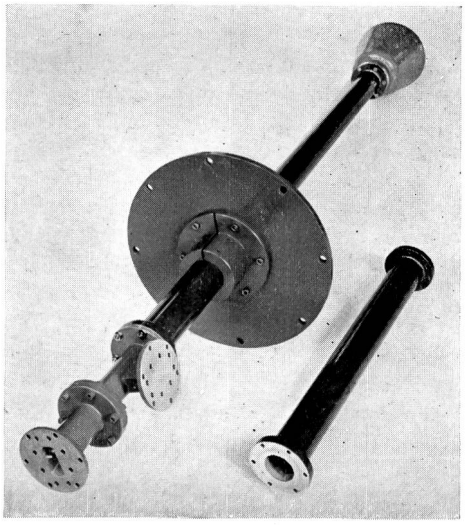

Fig. 2
7-GHz-Strahleinheit für die normierten Parabolantennen

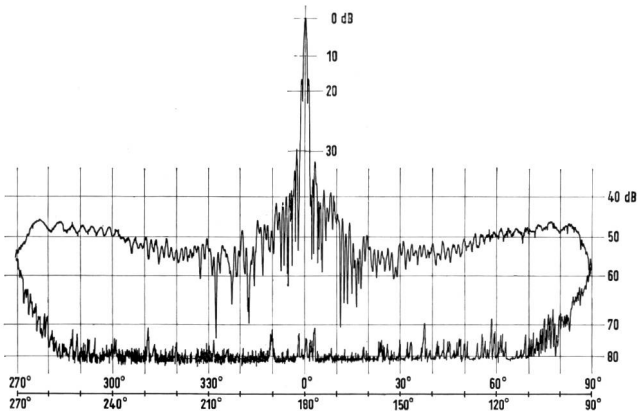

Fig. 3
Richtdiagramm einer 4,28-Parabolantenne mit der 7-GHz-Strahleinheit
f = 7500 MHz
Polarisation vertikal gemessen in H-Ebene
3-dB-Punkt: 0,6°

baut werden. Der Hilfsreflektor ist eine hyperbolische Fläche, die man wegen Abschattungsverlusten möglichst klein halten möchte; anderseits bringt ein gegenüber der Wellenlänge zu kleiner Reflektor durch Beugung am Rand einen Gewinnverlust.

Der Strahlerkopf wird über einen runden Hohlleiter gespeist, der zugleich als tragendes Element wirkt, so dass die Strahleinheit nicht noch besonders abgespannt zu werden braucht. Grundsätzlich kann der runde Hohlleiter als Energieleitung mit zwei Polarisationsebenen von der Strahleinheit bis zu den Sende- und Empfangsanlagen geführt werden. In den meisten Fällen benötigt man auf solchen Zuleitungen mehrere Krümmer. Es ist aber nicht einfach, solche Bogen bei kleinem Radius mit genügender Genauigkeit herzustellen. Kleine Abweichungen in den mechanischen Toleranzen kann die Polarisationsdämpfung erheblich verschlechtern. Demzufolge ist es besser, die Signale mit verschiedener Polarisation in getrennten, normalen Rechteckhohlleitern zu führen und unmittelbar hinter der Antenne mit einem Polarisationsfilter auf den Rundhohlleiter zusammenzuschliessen. Die erreichbare Dämpfung der beiden Polarisationsrichtungen mit der Strahleinheit zusammen liegt bei 30...35 dB. Dank der normalisierten Konstruktion der Parabolreflektoren lassen sich für ein bestimmtes Frequenzband immer die gleichen Strahlereinsätze verwenden; es muss lediglich die Länge des runden Hohlleiterstückes von Strahlerkopf bis Polarisationsfilter der Parabolgrösse beziehungsweise Fokaldistanz angepasst werden. Für die Einstellung der optimalen Polarisationsdämpfung auf einer Richtstrahlstrecke lässt sich der Strahler beliebig verdrehen. In axialer Richtung ist ebenfalls eine Verschiebung möglich; durch Defokussierung kann damit eine Verbreiterung der Hauptkeule erreicht werden, um beispielsweise das Richten der Parabolspiegel über ein Passivrelais zu erleichtern.

Es wurden Strahleinheiten für 2, 4, 6, 7 und 11 GHz entwickelt. Sämtliche Strahler werden von der leicht zugänglichen hinteren Seite des Parabolspiegels eingesetzt, eine bereits montierte Antenne lässt sich ohne grosse Mühe für ein anderes Frequenzband umrüsten.

In *Figur 3* ist ein Richtdiagramm der 4,28-m-Parabolantenne mit einer 7-GHz-Strahleinheit aufgezeichnet. Die Anpassung beträgt für diesen Fall 2...4% im Frequenzbereich 7125...7800 MHz.

5. Mehrfachausnutzung

Für die vorgegebene Antennenkonstruktion der axialen Einspeisung lassen sich verschiedene Arten der Mehrfachausnutzung mit verschiedenen Frequenzbändern bewerkstelligen. Das Zweireflektorensystem kann trotzdem beibehalten werden. Beim *Gregory*-Prinzip, das heute von der Industrie vielfach verwendet wird, ist der Hilfsreflektor ein Ellipsoid, in dessen einem Brennpunkt ein Strahler für das tiefere Frequenzband plaziert ist, während im andern Brennpunkt, der mit dem Parabolfokus zusammenfällt, sich ein Horn für das höhere Frequenzband befindet. Der Strahlengang ist also gekreuzt, weshalb sich auf diese Art nur schlechte Wirkungsgrade erreichen lassen.

Die beste Lösung für eine Übertragung in zwei verschiedenen Frequenzbändern mit zwei Polarisationen auf der gleichen Antenne wäre ein Breitbandstrahler mit nachgeschalteten Richtungskopplern für die Polarisations- und Frequenzbandseparierung. Dieses System wird vor allem bei Hornparabolantennen verwendet.

Für den 4,28-m-Parabol wurde von uns ein Breitbandstrahler nach dem Cassegrain-Prinzip für den Frequenzbereich 3,6...8 GHz mit nachgeschaltetem Richtungskoppler entwickelt. Die diesbezüglichen Versuche sind noch nicht abgeschlossen, doch scheint es, dass sich diese Lösung zu teuer und zu platzraubend gestaltet.

Fig. 4
7-GHz-Strahleinheit eingesetzt in 1,75-m-Parabolspiegel

Ein neues System, das sich ebenfalls für die Übertragung zweier unabhängiger Frequenzbänder über den gleichen Parabolspiegel eignet, wurde in jüngster Zeit von uns entwickelt. Es ist ein Cassegrain-Strahler mit frequenzselektivem Hilfsreflektor, das heisst für das höhere Frequenzband ist er durchlässig, während für das tiefere Frequenzband die als Gitter ausgebildete Fläche normal reflektierend wirkt. Auf diese Art gelingt es, den normalerweise durch den hyperbolischen Sekundärreflektor abgedeckten Brennpunkt des Parabols für einen üblichen Hornstrahler freizubekommen. Die Speisung geschieht über einen gebogenen Hohlleiter, den sogenannten Schwanenhals (vgl. *Figur 5*). Das ganze ist aber trotzdem zu einer einzigen Strahleinheit zusammengefasst, die leicht in einen Parabolspiegel eingesetzt werden kann. Dieses Prinzip eignet sich nur für die Übertragung von zwei Frequenzbändern, die mindestens 1,8 Oktaven auseinander liegen. Im PTT-Richtstrahlnetz sind solche Strahleinheiten für die Kombination von 2- und 6-GHz-Bänder bereits in Betrieb genommen, allerdings nur für den 4,28-m-Parabolspiegel.

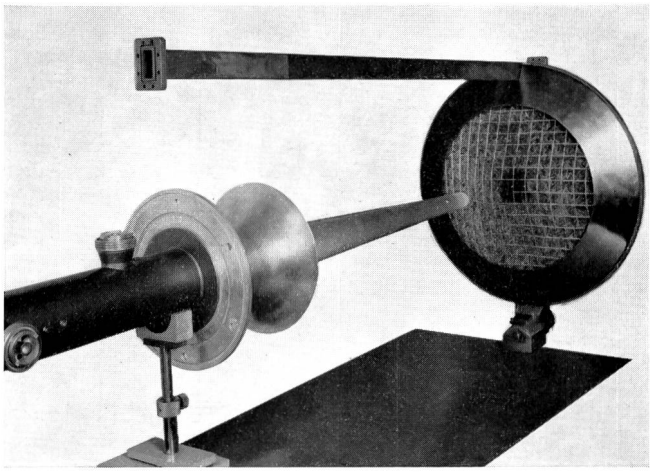

Fig. 5
Kombinationsstrahleinheit für 2 und 6 GHz