

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:	47 (1969)
Heft:	3
Artikel:	Fernsehen im Bergell und Puschlav = La télévision au Val Bregaglia et au Val Poschiavo = La televisione nella Val Bregaglia e nella Val Poschiavo
Autor:	Apothéloz, M. / Schütz, A. / Schwarz, E.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-874061

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: 07.01.2026

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

Fernsehen im Bergell und Puschlav

La télévision au Val Bregaglia et au Val Poschiavo

La television nella Val Bregaglia e nella Val Poschiavo

621.397.743(494)
654.197.6(494)

Zusammenfassung. In den nachfolgenden vier Beiträgen über den Ausbau des Fernsehens in zwei isolierten italienisch-sprechenden Schweizer Alpentälern werden einleitend kurz der weitere Ausbau der 1. Programmkkette sowie der Aufbau einer 2. Kette (im Rahmen des Sofortprogrammes) im allgemeinen und für das Bergell und Puschlav im besonderen geschildert. Spezielle Probleme und Lösungen ergaben sich bei der Zuführung des italienischsprachigen Fernsehprogrammes aus dem Tessin mit Hilfe einer richtstrahlstationsfernen Umlenkantenne auf dem Gesero. Die restlichen Aufsätze schildern Arbeitsweise und Aufbau des verwirklichten Sender- und Umsetzernetzes.

Résumé. Les quatre articles qui suivent traitent de l'extension du réseau de télévision dans deux vallées alpines isolées de la Suisse italienne. Il y est question premièrement de l'extension de la 1^{re} chaîne de programmes ainsi que de l'établissement de la 2^e chaîne (dans le cadre du programme d'urgence) en général et dans les vallées de Bregaglia et de Poschiavo en particulier. La transmission depuis le Tessin du programme télévisé de langue italienne, par le moyen d'un relais passif alimenté par une station de faisceaux hertziens éloignée, a présenté des problèmes spéciaux. Les autres articles montrent le fonctionnement et la construction du réseau d'émetteurs et réémetteurs ainsi réalisé.

Riassunto. Nei seguenti quattro articoli a proposito dell'estensione della rete televisiva in due vallate isolate di montagna di lingua italiana della Svizzera, si descrive brevemente, l'ulteriore estensione della catena di trasmettenti del 1^o programma e la struttura di quella del 2^o programma (nell'ambito del programma d'esecuzione immediata) in generale e nelle valli di Bregaglia e Poschiavo in particolare. Problemi e soluzioni particolari si presentarono a proposito dell'adduzione del programma televisivo di lingua italiana dal Ticino con la posa d'una stazione passiva di deviazione del fascio hertziano lontana dalla stazione del ponte-radio, cioè sul Gesero. Gli altri articoli trattano il funzionamento e la struttura della rete di trasmettitori e ripetitori che è stata realizzata.

1. Introduction et généralités

Maurice APOTHELOZ, Berne

Structure des réseaux de la télévision en Suisse

La télévision dispose actuellement en Suisse de quarante-sept canaux répartis dans les ondes métriques et décimétriques. Cela permettra de distribuer trois programmes à l'ensemble de la population. Les chambres fédérales ayant accepté le rapport du Conseil fédéral sur l'aménagement futur de la télévision, du 22 mai 1968, l'entreprise des PTT est désormais chargée de mettre en place trois réseaux d'émetteurs par région linguistique principale. Chacun de ces réseaux pourra diffuser un programme indépendant; ainsi chaque région disposera de trois chaînes. Dans une certaine mesure, il sera même possible de subdiviser l'un ou l'autre des réseaux régionaux. C'est ainsi que la Société suisse de radiodiffusion et télévision a décidé de donner le premier programme romand sur la deuxième chaîne alémanique, sauf aux Grisons alémaniques et rhéto-romans où la deuxième chaîne transmettra le premier programme de la Suisse italienne.

La limite de la couverture télévisuelle

La planification des réseaux d'émetteurs est fondée sur les données techniques du plan de Stockholm de 1961 [1] et vise à assurer partout les champs minimaux protégés recommandés assurant une bonne réception.

La mise en place de la première chaîne va de pair avec la construction des stations et de l'infrastructure que sont les accès, l'amenée d'énergie, les supports d'antenne

nes. Dix-neuf stations importantes abritent des émetteurs qui reçoivent la modulation vision par faisceaux hertziens. Ces dix-neuf stations forment la base du réseau et desservent à elles seules quelque 80% de la population.

A fin 1968, cent dix-huit stations de réémission de l'entreprise des PTT complétaient la couverture des stations de base pour atteindre en tout environ 96,5% des habitants du pays avec le premier programme. On compte qu'il faudra à pleine extension près de trois cent cinquante stations qui permettront à 99% des habitants du pays de jouir de bonnes conditions de réception. Quelque deux cents petites sta-

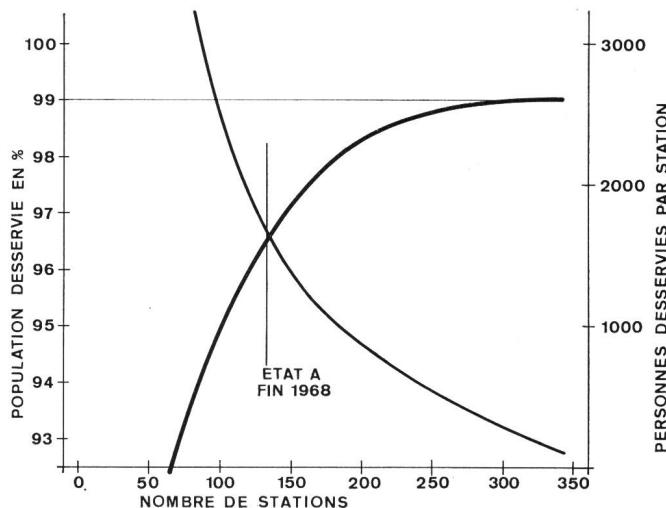
tions doivent donc encore être construites elles le seront jusqu'à 1972.

On s'efforcera au cours de ces quatre années de supprimer les lacunes de la couverture télévisuelle dans l'ordre inverse du nombre des habitants. On construira donc tout d'abord des réémetteurs isolés ou en chaîne pour des régions comprenant quelques milliers d'habitants alors que les dernières stations ne toucheront que quelques centaines de personnes.

Des difficultés techniques et économiques imposeront la limite de 99% à la couverture. La figure 1 montre la progression du nombre des stations de télévision pour atteindre les dernières agglomérations du pays.

Fig. 1
Couverte télévisuelle avec le 1^{er} programme. Environ 200 petites stations encore nécessaires pour atteindre la limite de la couverture, estimée à 99%.

Copertura televisiva con il 1^o programma. Circa 200 piccoli ripetitori saranno ancora necessari per raggiungere il limite di copertura stimato a 99% Fernsehversorgung mit dem 1. Programm. Zur Versorgung von schätzungsweise 99% der Bevölkerung sind noch etwa 200 Umsetzer zu erstellen



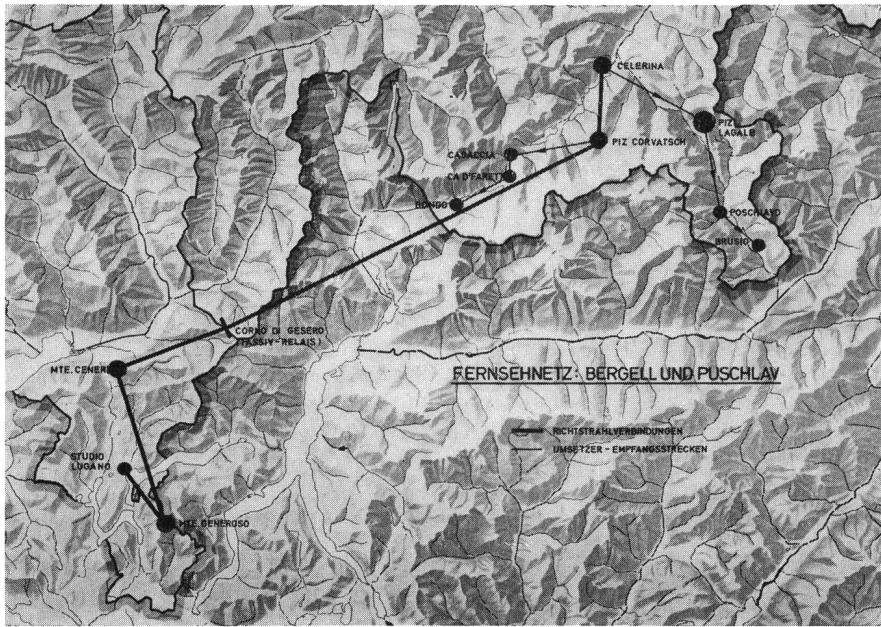


Fig. 2

Liaisons télévisuelles destinées à transmettre le programme de la Suisse italienne dans les vallées grisonnes de l'Engadine, de Bregaglia et de Poschiavo

Collegamento televisivo per trasmettere il programma della Svizzera italiana nelle vallate grigionesi dell'Engadina, della Bregaglia e di Poschiavo

Die Fernsehverbindungen zur Versorgung der bündnerischen Täler Engadin, Bergell und Puschlav mit dem Programm der italienischen Schweiz

Equipées tout d'abord pour le premier programme, une grande partie des stations le seront aussi pour le second et le troisième selon un plan de travail portant sur

huit ans. Dans les Alpes, quarante-huit stations seront même dotées de l'appareillage du deuxième programme dans des délais très brefs, cela dans le

cadre de ce que l'on a appelé le «plan immédiat».

Les stations du Val Bregaglia et du Val Poschiavo

Des obstacles naturels importants séparent ces deux vallées du reste de la Suisse italienne, rendant difficile à appliquer le principe exposé plus haut de la couverture complète de chaque région linguistique.

Dans l'impossibilité de créer des chaînes de réémetteurs de longueur raisonnable, c'est-à-dire de trois ou quatre stations au maximum, on a cherché une voie pour une liaison par faisceaux hertziens. Les études géographiques et les essais pratiques ont finalement conduit à établir cette liaison entre le Monte Ceneri et le Piz Corvatsch par un relais passif d'un type peu usité construit sur le Corno di Gesero, à cheval sur la frontière entre le Tessin et les Grisons. Deux émetteurs placés en Engadine, au Piz Corvatsch même et à la station de l'Alp Laret sur Celerina, alimentent les chaînes de réémetteurs du val Bregaglia et du val Poschiavo (fig. 2). Cette dernière vallée profite parmi les premières du «plan immédiat». Ses stations ont été en effet équipées dès leur mise en service pour diffuser un second programme, en l'occurrence celui de la Suisse alémanique.

[1] W. Klein. Les principaux résultats de la Conférence européenne de radiodiffusion de Stockholm de 1961. Bull. techn. PTT 1961, no 12, p. 425...437.

Introduzione e generalità

Struttura delle reti televisive in Svizzera

La televisione dispone attualmente in Svizzera di quarantasette canali ripartiti nelle bande delle onde metriche e decimetriche. Questo permetterà di distribuire tre programmi all'insieme della popolazione. Avendo le due Camere accettato il rapporto del Consiglio federale sulla sistematizzazione futura della televisione del 22 maggio 1968, all'Azienda delle PTT incombe ora l'allestimento di tre reti di trasmissione per ogni regione linguistica principale. Ognuna di queste reti potrà mettere in onda un programma indipendente, cosicché ogni regione disporrà di tre catene. Sotto certi aspetti sarà perfino possibile suddividere l'una o l'altra di queste reti regionali. In questo modo

la Società svizzera di radiodiffusione e televisione ha deciso di immettere il primo programma della Svizzera romanda sulla seconda catena della Svizzera tedesca, salvo nel Grigioni di lingua tedesca e retoromancia, dove la seconda catena diffonderà il primo programma della Svizzera italiana.

Il limite di copertura televisiva

La pianificazione delle reti di trasmissione si basa sui dati tecnici del piano di Stoccolma del 1961 [1] e tende ad assicurare ovunque campi d'irradiazione minimi protetti raccomandati per garantire una buona ricezione.

L'allestimento della prima catena coincide con la costruzione delle stazioni e con la preparazione dell'infrastruttura che è costituita dall'accesso, dall'adduzione dell'energia, dai supporti delle antenne.

Diciannove stazioni importanti alloggiano i trasmettitori che ricevono la modulazione dell'immagine per mezzo di fasci hertziani. Queste diciannove stazioni costituiscono la base della rete e già da sole servono all'incirca l'80% della popolazione.

Alla fine del 1968 centodiciotto stazioni ripetitrici dell'Azienda delle PTT completavano la copertura delle stazioni base, per cui il primo programma raggiungeva in totale circa 96,5% degli abitanti del paese. Si presume che saranno necessarie, a estensione ultimata, pressappoco trecentocinquanta stazioni per poter assicurare al 99% degli abitanti del paese buone condizioni di ricezione. Sarà dunque necessaria la costruzione di altre duecento stazioni circa, un lavoro che potrà essere portato a termine entro il 1972.

Nel corso dei prossimi quattro anni ci si sforzerà di eliminare le lacune di copertura

televisiva nell'ordine inverso del numero degli abitanti. Si costruiranno dunque dapprima ripetitori isolati o a catena per regioni con qualche migliaio di abitanti mentre le ultime stazioni non interesseranno che qualche centinaio di persone. Difficoltà di ordine tecnico ed economico non permetteranno di oltrepassare una copertura del 99%. La figura 1 indica la progressione del numero delle stazioni televisive per raggiungere i più remoti agglomerati del paese.

Equipaggiate dapprima per il primo programma, una parte delle stazioni lo saranno pure per il secondo ed il terzo, sulla scorta d'un piano di lavoro scaglionato su otto anni. Nelle Alpi, quarantotto stazioni saranno addirittura equipaggiate a brevi intervalli di tempo con le apparecchiature per il

secondo programma, e ciò nell'ambito del programma chiamato «piano immediato».

Le stazioni della Val Bregaglia e della Valle di Poschiavo

Importanti ostacoli naturali separano queste due vallate dal resto della Svizzera italiana, ciò che rende difficile l'applicazione del principio esposto più sopra della copertura integrale di ogni regione linguistica.

Nell'impossibilità di creare catene di ripetitori di lunghezze ragionevoli, cioè di tre o quattro stazioni al massimo, si è cercata la soluzione mediante un ponte di collegamento con fasci hertziani. Gli studi geografici e le prove pratiche hanno finalmente permesso lo stabilimento di questo ponte-radio tra il Monte Ceneri ed il Pizzo

Corvatsch attraverso un relè passivo d'un tipo poco comune sul Corno del Gesero a ridosso della frontiera tra il Ticino e il Grigioni. Due trasmettitori eretti in Engadina, uno sullo stesso Pizzo Corvatsch e l'altro nella stazione all'Alp Laret sopra Celerina, alimentano le catene dei ripetitori della valle Bregaglia e della Valle di Poschiavo (fig. 2). Tra le prime, quest'ultima valle fruisce del «piano immediato». Queste stazioni vennero effettivamente attrezzate dall'inizio con gli equipaggiamenti che permettono loro la diffusione d'un secondo programma e più precisamente quello della Svizzera tedesca.

[1] W. Klein. Les principaux résultats de la Conférence européenne de radio-diffusion de Stockholm de 1961. Bull. techn. PTT n° 12, 1961.

2. Die Richtstrahlverbindungen

Arthur SCHÜTZ, Bern

Allgemeines

Im Rahmen des Auftrages zur Fernsehversorgung des Engadins, Bergells und Puschlavs mit dem italienisch-schweizerischen Programm wurden verschiedene Projekte ausgearbeitet und auf ihre Verwirklichung hin geprüft. Die untersuchten Varianten hatten ein gemeinsames Merkmal: sie waren alle mit hohen Kosten verbunden. Aus verschiedenen Gründen entschied man sich schliesslich für das Projekt, das für die Bildübertragung die Ausdehnung des Richtstrahlnetzes der italienisch-schweizerischen Programmregion nach Graubünden erwog und eine Lösung mit passiver Umlenkantennenanlage enthielt.

Da von den bestehenden Stationen des Tessins wegen dazwischenliegender hoher Bergketten keine Möglichkeit zur Erstellung einer direkten Verbindung mit optischer Sicht nach Corvatsch besteht, mussten somit vorerst die für Mikrowellenverbindungen notwendigen Voraussetzungen geschaffen werden. Der Schlüssel dazu lag im Auffinden eines Umlenkantennenstandortes in nicht zu grosser Entfernung von einer Tessiner Richtstrahlstation, einem Standort, von dem aus die für Breitbandsysteme erforderliche Hindernisfreiheit in der Wellenausbreitung (freie erste Fresnelzone) nach beiden Stationen besteht.

Wie die Geländeschnitte Monte Generoso-Corvatsch und Ceneri-Corvatsch

zeigten (Fig. 3, oben), scheiden Lösungen mit antennennaher Umlenkung aus technischen Gründen aus. Da ferner die Grundübertragungsdämpfung zwischen zwei Stationen mit zwischengeschalteter passiver Umlenkantenne mit dem Produkt der Teilfunkfeldlängen ansteigt, weisen Varianten mit der Station Mte Ceneri als Ausgangspunkt energiebilanzmässig gegenüber Mte Generoso wesentliche Vorteile auf.

Standortwahl

Die Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Kartenwerke der Landestopographie ermöglichte die Standortsuche weitgehend am Schreibtisch vorzunehmen. So zeigte sich bald, dass aus strahlenoptischen Gründen nur eine kleine Zone von etwa 60 m Länge, entlang des nach beiden Seiten steil abfallenden Bergkammes zwischen dem Corno di Gesero und dem Cima di Cugn, auf 2200 m Höhe als Aufstellungsort für die Umlenkantennenanlage in Frage kommen konnte. Ein bei klarer Sicht durchgeföhrter nächtlicher Lichtversuch bestätigte dies (Fig. 3, unten).

Möglichkeiten zur Strahlumlenkung

Den Verbindungs- und Elevationsplänen (Fig. 2 und 4) ist zu entnehmen, dass der Strahl sowohl in Azimut- als auch in Elevationsrichtung nur unweesentlich umgelenkt werden muss. In solchen Fällen lassen sich vorzugsweise zwei bekannte Prinzipien anwenden:

– die Doppelumlenkung

– die Umlenkung mit konventionellen Parabolantennen, die Rücken an Rücken, ohne Zwischenschaltung eines Verstärkers, aufgestellt werden.

Die Doppelumlenkung ist in den Bergen und besonders auf Bergkämmen nur schwer zu verwirklichen, da das genaue Einjustieren der Umlenkflächen fast unüberwindliche Schwierigkeiten bietet. Anders verhält es sich mit solchen Antennenanordnungen im ebenen Gelände, wo es unter anderem möglich ist, geeignete Standorte für die Aufnahme der Antennendiagramme einzurichten. Dieses Dispositiv ist verhältnismässig dämpfungsarm, besonders dann, wenn die Umlenkantennen im Nahfeld aufgestellt werden können.

Die andere Lösungsmöglichkeit, direkte Zusammenschaltung von Parabolantennen ohne Zwischenschaltung eines Verstärkers, ergibt an und für sich grössere Funkfelddämpfungen, ermöglicht aber einen universelleren Einsatz der Anlage. Diese Umlenkungsart setzt voraus, dass die Antennen der verschiedenen Richtungen elektrisch genügend entkoppelt werden können. Sie besitzt aber gegenüber andern Lösungen den Vorteil, die Anlage gleichzeitig in verschiedenen Richtungen zu betreiben.

Anlagen

Für die Richtstrahlverbindung Monte Ceneri-Gesero-Corvatsch mussten vorerst einige Bauten erstellt werden. Die ausserordentlich hohe Funkfelddämpfung, die auf Grund des gewählten Übertragungsdispositives entsteht, zwingt zur Ausschöp-

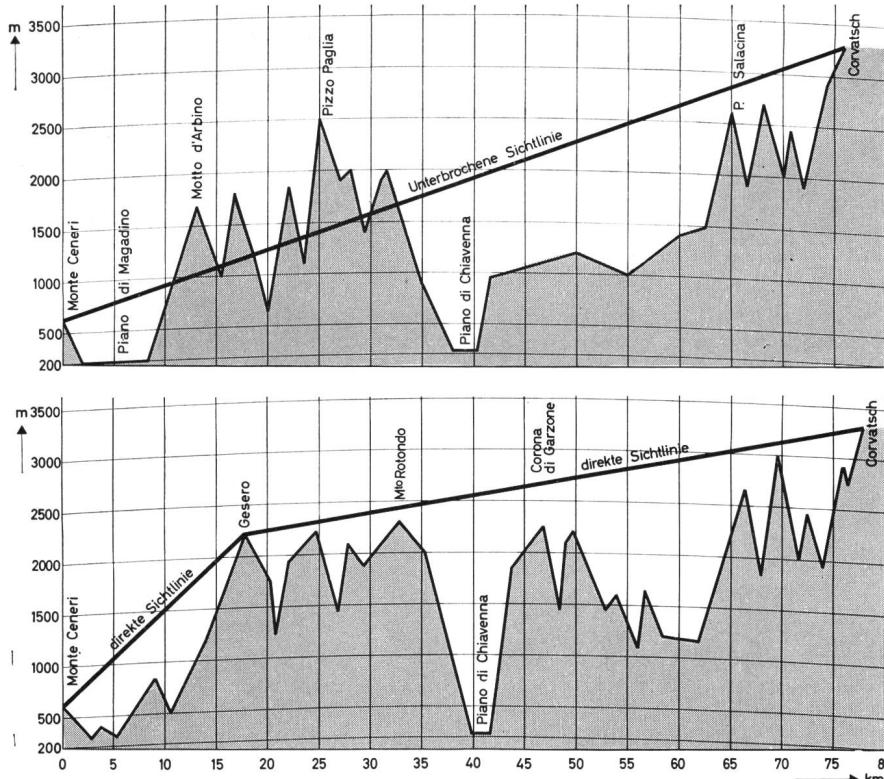


Fig. 3

Geländeschnitte zur Projektbearbeitung. Oben: Das Profil für die direkte Verbindung Mte Ceneri-Corvatsch zeigt eine starke Behinderung der Wellenausbreitung. Unten: Profil mit freier Wellenausbreitung Mte Ceneri-Gesero-Corvatsch

fung aller Quellen, die zu einer Erhöhung des Empfangspegels führen, was bedeutet, dass generell mit grossen Antennengewinnen gearbeitet werden muss. So weist der Parabolspiegel auf Mte Ceneri bei 6 GHz etwa 51 dB und die weitern auf der Verbindung eingesetzten Spiegel ungefähr 46 dB Leistungsgewinn gegenüber einem isotropen Strahler auf.

Anlage Mte Ceneri

Zur Halterung des grossen Parabolspiegels von 10 m Durchmesser, der von den

Zeppelin-Metallwerken in Friedrichshafen (Deutschland) gebaut wurde, musste ein 28 m hoher Turm erstellt werden. Wegen des hohen Gewinns der Antenne arbeitet die Verbindung mit einer Strahlöffnung von rund 4 Winkelminuten. Daraus resultierte die Forderung, die maximal zulässige Auslenkung der Strahlachse des Parabolspiegels unter extremen Wind- und Eisbelastungen sowie bei starker Sonnenbestrahlung innerhalb von ± 2 Winkelminuten zu halten. Dieser Toleranzbereich musste anteilmässig auf die Komponenten der Antennenanlage, wie Turmfundamente, Mast und Parabolspiegel mit Strahleinheit, verteilt werden. Aus diesen Forderungen heraus entstand schliesslich eine Turmkonstruktion mit Haupttragholmen von 30 cm Durchmesser und einem Totalgewicht, ohne Parabolspiegel und Fundamente, von etwa 30 t (Fig. 5).

Das Fundament des Turmes, das zur Antennenanlage das erforderliche Gegen gewicht bildet, wurde so konstruiert, dass später im Turmfuss ein Gebäude mit einem Faradayraum und die Stromversorgung untergebracht werden können. Vor

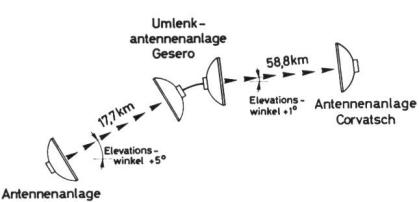


Fig. 4

Elevationsplan der Richtstrahlverbindung Mte Ceneri-Gesero-Corvatsch

läufig wurde jedoch für die Aufnahme der Richtstrahlapparaturen eine Baracke aus vorfabrizierten Elementen erstellt.

Anlage Gesero

Im Blick auf eine Mehrfachausnutzung der Umlenkantennenanlage wurde eine Lösung gewählt, die in den Richtungen Mte Ceneri und Corvatsch die Aufstellung von je zwei Parabolspiegeln und in den Richtungen Mte Generoso und Pizzo Matro von je einem Spiegel ermöglicht. Zum Schutz der Spiegel und Strahleinheiten vor Vereisung dienen glasfaserverstärkte Polyesterplatten von etwa 2 mm Dicke, die zwischen zwei orthogonal gespannten Stahlseilnetzen gehalten sind und je eine Fensterfläche von 6×6 m bespannen (Fig. 6). Diese Massnahme ist insofern sehr wirkungsvoll, als beispielsweise eine vollständig vereiste Antenne bei 6 GHz bis zu 30 dB Zusatzdämpfung bewirken kann.



Fig. 5
Parabolspiegelträger Mte Ceneri



Fig. 6
Umlenkantennenanlage (Passivrelais) Gesero während des Baues

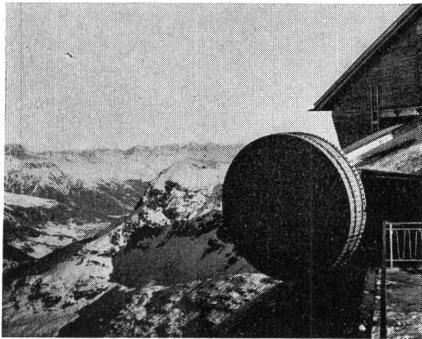


Fig. 7
Mit Flatterradom versehener Parabolspiegel auf Corvatsch

Die Grösse der Anlage wurde weitgehend durch die erforderlichen Strahlungsflächen und die Gestalt des Bergrückens in der näheren Umgebung der Anlage bestimmt. Durch Absprengen des Bergkammes – einen Felsausbruch von rund 2230 m³ –

konnte der notwendige Aufstellungsplatz für die Parabolantennen geschaffen werden. Um unerwünschte Vordergrundreflexionen zu verhindern, wurde zudem ein Ausläufer des Bergrückens in Richtung Mte Ceneri auf minimal 20° Neigung abgesprengt. Über der Anlage wurde eine starke Betonplatte von 200 m² Fläche errichtet, die jederzeit als Heliokopterlandeplatz dienen kann. Da im Winter der Zugang zur Anlage außerordentlich erschwert und zu Fuß nur unter Lebensgefahr möglich ist, konnte damit die Zugangsfrage gelöst werden. Zudem wird beabsichtigt, die entstandene Spiegelhalle von 1200 m³ umbauten Raumes bei einer allfälligen Umrüstung der Anlage vom passiven in den aktiven Zustand als Apparate-
raum zu benutzen.

Anlage Corvatsch

Da die Seilbahnstation auf Corvatsch bereits vor Jahren als Richtstrahl-Relais- und Umsetzerstation für das Fernsehprogramm der deutschen und rätoromanischen Schweiz ausgebaut wurde und die Anten-

nentragkonstruktion auf der Ostseite der Station schon bestand, beschränkte sich der Ausbau der Antennenanlage richtstrahlseitig vor allem auf die Erstellung der Antennenanlage West. Die in Figur 7 gezeigte empfangsseitige Parabolantenne ist zum Schutz gegen Vereisung und Abschirmung von Vordergrundreflexionen mit einem Flatterradom mit zylindrischem Absorptionskragen ausgerüstet. Die Anlage Corvatsch dient – wie aus dem folgenden Beitrag hervorgeht – im Rahmen der Bild- und Tonzubringerverbindung als Relaisstation sowie als Demodulationspunkt für die Anspeisung des Fernsehenders Corvatsch.

Anlage Celerina

Die Bedeutung dieser einst nur der Verbreitung von UKW-Programmen dienenden Station hat ständig zugenommen. Bis vor kurzem beherbergte sie je ein Richtstrahlterminal für das deutsch- und rätoromanisch-schweizerische Fernsehprogramm. Inzwischen wurde sie zu einer grösseren Mehr-

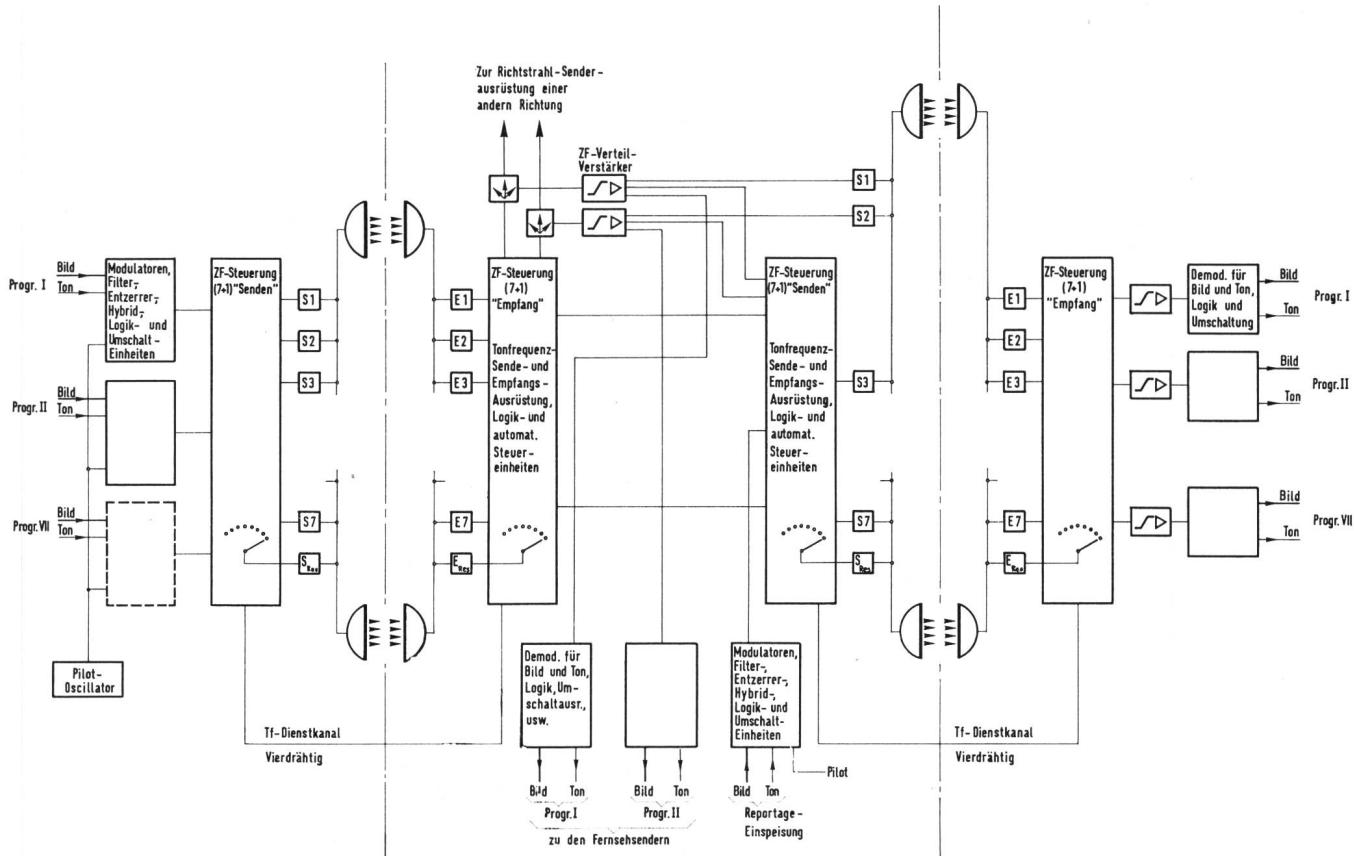


Fig. 8
Vereinfachtes Blockschaltbild einer typischen Fernseh-Richtstrahlverbindung

zweikanlage (s. *Titelbild*) ausgebaut, die auch die Fernseh-Richtstrahlrelais- und Terminalausrüstungen für drei Programme einschliesst.

Ausrüstungen

Zur Programmübertragung vom Studio Lugano nach Celerina sind ausschliesslich Richtstrahlantennen englischer Herkunft eingesetzt. Das Fernsehsignal passiert dabei der Reihe nach folgende Relaisstationen: Monte Generoso, Monte Ceneri, Gesero und Corvatsch. Monte Ceneri, Corvatsch und Celerina sind ausserdem Senderstationen und bilden Ausgangspunkte für grössere Umsetzerketten (s. Fig. 2). Während von Lugano nach Ceneri und von Corvatsch nach Celerina im 2-GHz-Band übertragen wird, musste auf der Strecke Monte Ceneri-Gesero-Corvatsch zur Ausnutzung hoher Antennengewinne die Übertragung in den 6-GHz-Bereich verlegt werden. Das vereinfachte Blockschaltbild in *Figur 8* zeigt eine typische Richtstrahlübertragungskette für die Fernseh-Bild- und -Tonübertragung. Aus ihr sind auch die wesentlichsten Elemente solcher Anlagen zu ersehen. Sie arbeiten nach dem Prinzip der Frequenzmodulation, wobei zur Tonübertragung sogar zweifache Frequenzmodulation angewendet wird. In der *Tabelle 1* sind die wichtigsten Betriebsparameter der geschilderten Anlage zusammengestellt.

Die bisherigen Betriebserfahrungen in der Übertragung von Fernseh-Bild- und -Tonsignalen auf dieser Verbindung entsprechen vollständig den Erwartungen und beweisen durch die Konstanz der Betriebsparameter während des Sommer- und Winterbetriebes die Tauglichkeit der Gesamtanlage zur Übertragung sehr breitbandiger Signale.

Fig. 9
Verbindungsschema als Basis zur Bestimmung der Systemdämpfung auf der Teilverbindung Mte Ceneri-Gesero-Corvatsch

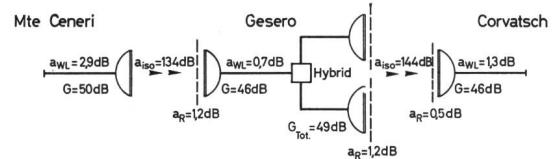


Tabelle 1. Zusammenstellung der wichtigsten Betriebsparameter der Teilverbindung Monte Ceneri-Gesero-Piz Corvatsch mit passiver Umlenkantennenanlage auf Gesero

	Betriebszustand a	Betriebszustand b
	Ausgangs- leistung 5 W	Ausgangs- leistung 100 W
Systemwert der SHF-Anlage	159 dB	172 dB
Senderleistung P_s	+37 dBm	+50 dBm
Systemdämpfung (Definition gemäss Fig. 9)	94 dB	
Normaler Empfangspegel	-57 dBm	-44 dBm
Empfangsrauscheleistung (kTB)	-98 dBm	
Empfängerrauschfaktor mit Tuneldiodenverstärker am Eingang	6 dB	
Träger/Geräusch-Verhältnis (C/N)	35 dB	48 dB
Schwundmarge bezüglich des FM-Schwellwertes (-92 dBm + 12 dB = -80 dBm)	23 dB	36 dB
Bildkanal*:		
Bewertetes Bildsignal/Gesamtgeräuschverhältnis bei Normalbetriebsparametern	67 dB	75 dB
Tonkanal* (Charakteristik gemäss CCIR-Report 289):		
Tonkanalgeräusch psophometrisch bewertet,		
– mit oder ohne Farbtestbild im Bildkanal	64,5 dB	
– mit Weissrauschenbelastung (-6 dBm) und 4,43-MHz-Farhilfsträger (-11 dBm) bewertet	62 dB	
– desgleichen unbewertet	59 dB	
Bildfrequentes Übersprechen, bewertet	63,5 dB	
Zeilenfrequentes Übersprechen, bewertet	63,5 dB	
Klirrfaktor	0,6%	
Hilfsträgerfrequenz	7,0 MHz	

* Die Messergebnisse des Bild- und Tonkanals wurden nach rund zweijähriger Betriebsdauer der Anlage ohne neuerliche Optimalisierung aufgenommen. Alle Messwerte des Tonkanals beziehen sich auf einen Spitzenpegel von + 9 dBm.

3. Die Fernsehsender

Ernst SCHWARZ, Bern

Seit 1965 wird das Oberengadin über Sendeanlagen auf der *Alp Laret* (Celerina) und dem *Corvatsch* mit dem Fernsehprogramm der deutschen und rätoromanischen Schweiz versorgt. Um für das Fernsehprogramm der italienischsprachigen Schweiz eine ähnliche Versorgung wie für das deutschschweizerische zu erreichen, war es gegeben, die Übertragungsanlagen zur Verbreitung des italienischsprachigen Fernsehprogramms an denselben Stand-

orten unterzubringen, was auch bedeutende Einsparungen für Betrieb und Unterhalt erlaubt.

Zur Verbreitung von Fernsehprogrammen in grösseren Einzugsgebieten werden *Fernsehsender* eingesetzt. Ihnen ist die Aufgabe zugewiesen, ein zweckmässiges Signal, das sowohl die Bild- wie die Toninformationen enthält, dem Fernsehzuschauer ins Haus zu liefern. Dazu werden die meist über Richtstrahlverbindungen in die Station gebrachten Bild- und Tonsignale in geeigneter Weise einem hochfrequenten Träger aufmoduliert, der nach der

benötigten Leistungsverstärkung über die zugehörige Antenne in das zu versorgende Gebiet abgestrahlt wird. Diese Fernsehsender bestehen für mittlere und grössere Leistungen aus Bild- und Tonsender, die funktionell getrennt arbeiten. Für den Bildsender wird dabei die negative Amplitudemodulation verwendet, bei der sich Funkstörungen im Bildsignal verhältnismässig wenig auswirken. Eine besondere Schaltungstechnik erlaubt, die verlangte Breitbandigkeit zur Übertragung der vollen Bildinformation mit der gewünschten Kurvenform zu erreichen. Ein quarzgesteuerter

Oszillator garantiert eine Genauigkeit der Bildfrequenz von mindestens $\pm 2 \cdot 10^{-6}$, der Tonfrequenz von mindestens $\pm 5 \cdot 10^{-6}$.

Der Tonsender weist 1/10 der Bildsenderleistung auf und ist frequenzmoduliert. Seine Trägerfrequenz liegt genau 5,5 MHz über dem Bildträger.

Aus praktischen Gründen (gleiches Abstrahlungsdiagramm, gleicher Antennengewinn usw.) ist es zweckmäßig, die getrennten Bild- und Tonsender auf eine gemeinsame Antenne zu führen. Die Zusammenschaltung muss mit Hilfe einer Weiche so erfolgen, dass gegenseitig keine unerwünschte Beeinflussung eintreten kann. Dieses Zusammenschaltelement wird häufig noch kombiniert mit Filtern zur teilweisen Unterdrückung des untern Seitenbandes, da in unserem Fernsehsystem zur besseren Ausnutzung des verfügbaren Frequenzbandes (mehr Sendekanäle) mit Restseitenbandübertragung gearbeitet wird.

Für *Sendeanlagen kleinerer Leistung* wird die Bild- und Tonmodulation in den Bereich der sogenannten Zwischenfrequenz verlegt, die beiden Zwischenfrequenzträger auf sehr kleinem Leistungspegel zusammengeführt und nach Frequenzumsetzung gemeinsam in einem sogenannten Linearverstärker auf die gewünschte Leistung gebracht. Der Vorteil dieser Konzeption ist der Wegfall einer Zusammenschaltweiche, der Nachteil die grossen technischen Schwierigkeiten, um die Intermodulationswerte genügend klein zu halten, was naturgemäß mit einem sehr geringen Wirkungsgrad erkauft werden muss.

Der *Hauptsender* des Engadins steht in der *Station Celerina* auf der Alp Laret (*Titelbild* dieser Nummer) und arbeitet auf Kanal 7. Er besteht aus zwei identischen Sendergruppen mit getrennten Bild- und Tonsendern, die eine Leistung von 500 W beziehungsweise 50 W aufweisen. Die Apparaturen arbeiten in passiver Reserve, das

heisst, die eine Sendergruppe steht im Betrieb, während die andere nur vorgeheizt wird. Im Falle einer Störung wird mit Hilfe eines koaxialen Umschalters die Reservegruppe anstelle der gestörten Anlage auf die Antenne geschaltet, wobei das gesamte Umschaltmanöver nur wenige Sekunden dauert, beim Fernsehteilnehmer also einen kaum merkbaren Bildausfall erzeugt.

Die Sendeantenne der Station Celerina strahlt in ihrer Hauptstrahlrichtung – innatalabwärts – etwa 3 kW ab und versorgt das Engadin bis nach S-chanf. Mit zwei weiteren, je um 90° in der Richtung versetzten Strahlungsebenen wird auch die Talsohle von St. Moritz bis Pontresina überdeckt, via *Lagalb* die Umsetzerkette des Puschlavs angespeist und die Fernsehversorgung zwischen St. Moritz und dem Malojagebiet ergänzt. Da die kritischen Wohngebiete von St. Moritz unter einem Neigungswinkel bis zu 28° zur Sendeantenne liegen, musste der Auffüllung des Vertikaldiagramms besondere Beachtung geschenkt werden, um den Fernsehteilnehmern dieser Gebiete ein genügend grosses Direktsignal zuzuführen und Reflexionen zu unterdrücken. Diese kritischen Versorgungsgebiete bestimmten auch die Lage des Antennenträgers, der direkt über dem steilen Abstieg gegen St. Moritz errichtet werden musste. Ausgedehnte Empfangsuntersuchungen haben die Zweckmässigkeit der genannten Vorkehren bestätigt.

Da das Betriebsgebäude auf *Alp Laret* die Sendeausstattungen für das italienischsprachige Gebiet nicht mehr aufnehmen konnte, das geplante neue Betriebsgebäude jedoch erst ungefähr 1973 vorgesehen ist, wurde ein provisorisches Gebäude aus vorfabrizierten Elementen aufgestellt, das gegebenenfalls auch Platz für die Unterbringung einer kleinen, fahrbaren Notstromgruppe zur Überbrückung länger dauernder Netzausfälle bietet.

Ein Hochspannungskabel führt die elektrische Energie von St. Moritz aus zu. Es ist bereit für die Bedürfnisse des definitiven Stationsgebäudes ausgelegt.

Die *Sendeanlage auf Corvatsch*, Kanal 5, dient zur Anspeisung der Umsetzerkette des Bergells und zur Versorgung des Gebietes zwischen St. Moritz und Casaccia, wo die Sendeanlage *Celerina* viele Schattenzonen aufweist. Die Ausrüstung dieser Station besteht aus zwei Kleinstsendern mit einer Leistung von 5 W, die, wie beschrieben, das Bild- und Tonsignal schon auf der Zwischenfrequenzebene modulieren und anschliessend in einem gemeinsamen Verstärker auf die gewünschte Leistung von 5 W verstärken. Beide Sender arbeiten wie bei der Anlage *Celerina* in passiver Reserve: im Störungsfalle übernimmt also der Reservesender durch eine einfache Umschaltung den Betrieb. Die zugehörige Antenne ist aus zwei 4-Element-Yagi aufgebaut und ergibt ein nierenförmiges Horizontaldiagramm. Die in den beiden Hauptrichtungen abgestrahlten Leistungen betragen ungefähr 20 W.

Die Räumlichkeiten der PTT-Sendeanlage *Piz Corvatsch* (Fig. 7) sind mit der Bergstation der Seilbahn zusammengebaut, so dass ein ganzjähriger Zugang mindestens tagsüber gewährleistet ist. Die Starkstromzuführung dieser Station ist zur Sicherung der ebenfalls hier durchführenden drahtlosen Telephonverbindungen mit einer automatisch anlaufenden Dieselgruppe gesichert.

Beide Anlagen, *Celerina* und *Corvatsch*, werden unbedient betrieben, das heisst, Personal befindet sich nur zur Durchführung des Unterhaltes oder zur Behebung von Störungen auf den Stationen. Der Sendebetrieb wird vom Säntis her ferngesteuert, wohin auch der Betriebszustand der Apparaturen und allfällige Störungen in den Übertragungsanlagen gemeldet werden.

4. Die Fernsehumsetzer

Werner WALTER, Bern

Für die Fernsehversorgung von Bergtälern werden mit Vorteil sogenannte Fernsehumsetzer benutzt. Es handelt sich um kleine Relaisender, die das von einem Sender (oder auch Umsetzer) ausgestrahlte Signal direkt empfangen, auf einen anderen Fernsehkanal umsetzen, verstärken und wieder ausstrahlen. Die Umsetzung wird entweder direkt auf Hochfrequenzebene

oder mit Hilfe einer Zwischenfrequenz durchgeführt; es handelt sich jedoch stets um eine echte Frequenztransponierung ohne Demodulation des Fernsehsignals.

Dank des einfachen technischen Aufbaus sind die Umsetzer sehr betriebssicher und eignen sich deshalb in erster Linie für unbeaufsichtigten, automatischen Betrieb. Wegen der für die ganze Schweiz erforderlichen grossen Zahl solcher Anlagen sind günstige Anschaffungs- und Betriebskosten der Umsetzer von wesentlicher Bedeutung.

Netzplanung

Netzplanung und Ermittlung der geeigneten Umsetzerstandorte sind oft recht schwierig und müssen sehr sorgfältig durchgeführt werden. Ideale Verhältnisse sind leider selten anzutreffen, so dass praktisch bei jeder Standortwahl gewisse Kompromisse eingegangen werden müssen. In erster Linie müssen die folgenden hauptsächlichsten Erfordernisse berücksichtigt werden:

- Am gewählten Standort muss Sichtverbindung mit einem bestehenden Sender

- oder Umsetzer bestehen, denn das Fernsehsignal soll absolut sauber und störungsfrei empfangen werden können.
- Das gesamte zu versorgende Gebiet muss vom Standort der Sendeantenne aus sichtbar sein.
 - Der Standort soll möglichst während des ganzen Jahres gut zugänglich sein.
 - Starkstrom- und Telephonanschluss sollen mit vernünftigem Aufwand möglich sein.

Für die Versorgung von Puschlav und Bergell wurde der folgende Netzaufbau gewählt (vgl. Fig. 2):

Puschlav

Da es sich hier um ein langgezogenes Tal mit grossen Höhenunterschieden handelt, war eine Hintereinanderschaltung von drei Umsetzerstationen nötig. Nur so liess sich eine wirklich umfassende Versorgung der ganzen Talschaft erreichen. Die erste Station der Kette befindet sich auf Lagalb, oberhalb des Berninapasses, auf 2900 m ü.M. Hier kann der Oberengadiner Hauptsender Celerina empfangen werden. Die Station Lagalb versorgt direkt nur einen kleinen Teil des Puschlavs (Le Prese und Miralago), sie dient jedoch vor allem als Zubringer für den Umsetzer Poschiavo (Fig. 10). Dieser, mit Standort bei Selva auf 1440 m ü.M., versorgt die ganze Talstufe von Angeli Custodi bis zum Lago di Poschiavo. Die dritte Station steht bei Motta (zwischen Miralago und Brusio) und versorgt die unterste Talstufe von Brusio bis Campocologno.

Bergell

Auch für das Bergell ergab sich eine Lösung mit drei Umsetzerstationen in Serieschaltung. Die erste Station bei Casaccia übernimmt das Signal des Senders Corvatsch, versorgt das Dorf Casaccia und führt das Signal der Anlage bei Ca d'Farett zu, die ihrerseits den mittleren Teil des Bergells mit Vicosoprano, Borgonovo und Stampa bedient und gleichzeitig den dritten Umsetzer bei Bondo anspeist. Dieser versorgt das Gebiet von Bondo, Promontogno, Soglio und Castasegna.

Grundsätzlicher Aufbau der Umsetzerstationen

In der letzten Zeit sind die Umsetzerstationen weitgehend normalisiert worden. Ihr

Aufbau ist somit bei allen Stationen praktisch gleich.

Die Apparaturen werden in einem kleinen Gebäude untergebracht, das einen einzigen Raum von etwa 4×6 m Grundfläche hat. Die äussere Form des Gebäudes wird nach Möglichkeit der Gegend angepasst, um ein harmonisches Einfügen der Anlage in die Umgebung zu gewährleisten.

Einige Meter neben dem Gebäude steht der Antennenmast. Für Umsetzerstationen werden praktisch nur noch Rundmäste aus feuerverzinktem Stahlrohr eingesetzt. Die Normalhöhe beträgt 28 m. Für Ausnahmefälle stehen 38 m hohe Masten zur Verfügung.

Als Empfangsantennen dienen vorwiegend Yagiantennen, die normalerweise auf der Mastspitze montiert werden. Die Sendeantennen bestehen meistens aus Dipolfeldern (Vierer- oder Achterfelder) oder aus Winkelreflektorantennen. Meist ist eine Zusammenschaltung von mehreren Antennen notwendig, um das gewünschte Strahlungsdiagramm zu erhalten. Besonders beim Umsetzerbetrieb ist eine dem Gelände angepasste Richtcharakteristik der Sendeantennen notwendig, damit die verhältnismässig kleine Sendeenergie wirklich nur dorthin gelangt, wo sie tatsächlich gebraucht wird.

In jeder Umsetzerstation werden (je auszustrahlendes Programm) stets zwei Umsetzer installiert. Nach dem Prinzip der passiven Reserve übernimmt ein Gerät den Betrieb, während das andere vollständig ausgeschaltet ist. Im Störungsfall kann mit Hilfe einer Fernsteuereinrichtung der Reserveumsetzer über den Telephonanschluss der Station mit Hilfe von Tonfrequenzimpulsen eingeschaltet werden. Der Steuerbefehl dazu wird mit Hilfe eines kleinen Tonfrequenzgenerators gegeben, der sich an jedem beliebigen Telephonapparat anbringen lässt.

Einen etwas vom Normalschema abweichenden Aufbau hat die Station *Lagalb*. Hier konnte am bestehenden Bergstationsgebäude der Lagalb-Bahn ein Anbau errichtet werden. Im Blick auf die Wichtigkeit des Standortes, der die drahtlose Verbindung des Puschlavs mit dem Engadin sicherstellt, wurde die Station Lagalb grosszügig ausgebaut. Insgesamt stehen 120 m² zur Verfügung; zudem wurde auch ausreichend Platz für die Aufnahme von Parabolantennen sowie für weitere allenfalls



Fig. 10
Fernseh- und UKW-Station Poschiavo mit Standort bei Selva (1400 m ü. M.)

später benötigte Antennenanlagen reserviert.

Nach Möglichkeit werden alle von den PTT betriebenen drahtlosen Dienste auf den gleichen Stationen zusammengefasst. Sehr oft sind am gleichen Standort Fernsehumsender und kleine UKW-Radiosender untergebracht. Im Puschlav sind die Stationen Poschiavo und Brusio und im Bergell die Anlagen von Ca d'Farett und Bondo mit UKW-Sendern für die Abstrahlung je des 1. Programmes des Radios der deutschen und rätoromanischen sowie des Radios der italienischen Schweiz ausgerüstet.

Im Bergell wurde die Umsetzerkette für das 1. Fernsehprogramm (italienischsprachiges Schweizer Programm) bereits im Mai 1968 in Betrieb genommen¹. Wegen gewisser Schwierigkeiten bei der Station Lagalb konnte die Versorgung des Puschlavs dagegen erst Ende 1968 aufgenommen werden. Dafür erhielten die Bewohner dieser Talschaft gleichzeitig auch ein zweites Programm, nämlich jenes der deutschen und rätoromanischen Schweiz. Im Bergell werden die notwendigen Ausrüstungen für die Ausstrahlung des zweiten TV-Programms so eingerichtet, dass auch diese Talschaft im Frühjahr 1969 mit zwei Programmen bedient werden kann.

¹ vgl. Chr. Kobelt. Das Bergell an das Schweizer Fernsehen angeschlossen. Techn. Mitt. PTT, 1968, Nr. 7, S. 383...384.