

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: 57 (1979)

Heft: 9

Artikel: Ökonomische Übertragung von Fernsehsignalen über FM-Richtstrahlstrecken = Transmission économique de signaux de télévision sur des trajets hertziens en modulation de fréquence

Autor: Roggli, Heinz

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-875568>

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: 30.04.2026

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

Ökonomische Übertragung von Fernsehsignalen über FM-Richtstrahlstrecken

Transmission économique de signaux de télévision sur des trajets hertziens en modulation de fréquence

Heinz ROGGLI, Bern

621.397.743:654.191.73(494)

Zusammenfassung. Im Zusammenhang mit dem von den PTT aufgebauten Richtstrahl-Zubringernetz für Gemeinschaftsantennenanlagen wurde in der Abteilung Forschung und Entwicklung der PTT ein neues Verfahren für die gleichzeitige Übertragung zweier Fernsehsignale über einen FM-Richtfunkkanal ausgearbeitet. Der Autor dieses Beitrages hat zusammen mit Jürg Furrer, GD PTT, die erforderlichen Basisbandeinrichtungen entwickelt und als Prototypen gebaut. Mit zahlreichen Laboruntersuchungen und Streckentests wurde die Tauglichkeit des neuen 2-TV-Übertragungsverfahrens nachgewiesen.

Résumé. De pair avec l'établissement par les PTT du réseau hertzien d'apport pour installations d'antennes collectives, la Division des recherches et du développement des PTT a mis au point un nouveau procédé permettant la transmission simultanée de deux signaux de télévision sur un seul canal hertzien MF. L'auteur de l'article a développé, en collaboration avec M. Jürg Furrer, DG PTT, les équipements en bande de base nécessaires et en a construit les prototypes. De nombreux essais en laboratoire et sur le terrain ont prouvé le bon fonctionnement du nouveau procédé de transmission.

Trasmissione razionale di segnali televisivi su linee di ponti radio a modulazione di frequenza

Riassunto. La Divisione ricerche e sviluppo delle PTT ha elaborato un nuovo procedimento per la trasmissione contemporanea di due segnali televisivi su un canale ponte radio a MF e ciò in connessione con la rete di ponti radio per l'adduzione di programmi radiofonici e televisivi agli impianti di antenne collettive stabiliti dalle PTT. L'autore di questo articolo ha sviluppato, assieme a Jürg Furrer, DG PTT, gli impianti di banda base necessari e li ha costruiti quali prototipi. Dopo molteplici esami in laboratorio e controlli effettuati su determinati tratti, è stata provata la idoneità del nuovo procedimento per la trasmissione contemporanea di due segnali televisivi.

1 Einleitung

In der Schweiz hat sich das Fernsehen einen festen Platz in über 82 % aller Haushaltungen erobert. Wegen der Verschiedensprachigkeit des Landes produziert und verteilt die Schweizerische Radio- und Fernsehgesellschaft drei getrennte Programme im ganzen Land. Diese werden von einem durch die PTT-Betriebe gebauten und unterhaltenen Sender- und Umsetzernetz in den VHF- und UHF-Bereichen landesweit abgestrahlt. Die geringe geografische Ausdehnung und die Tatsache, dass die Schweiz von fünf Nachbarländern umgeben ist, gestattete, in den grenznäheren Gebieten schon lange ausländische Sender zu empfangen. Durch den Bau grosser Gemeinschaftsantennenanlagen (GA) kamen immer mehr Teilnehmer in den Genuss vieler (6...10) Programme. Grenzentferntere Regionen waren jedoch bislang hinsichtlich Auslandempfang benachteiligt.

Vor einigen Jahren haben die PTT-Betriebe mit dem Aufbau eines besonderen Richtstrahl-Zubringernetzes begonnen. Damit können nun die Betreiber grösserer Gemeinschaftsantennenanlagen von den PTT gegen Entrichtung einer entsprechenden Gebühr ausländische Fernsehprogramme übernehmen. Dank dieser Dienstleistung sind heute an die 30 % aller Fernsehteilnehmer in der Schweiz in der Lage, über einen Gemeinschaftsantennenanschluss nebst den drei Landesprogrammen bis zu acht ausländische Programme anzusehen.

2 Schweizerisches Richtstrahl-Zubringernetz

Wegen der raschen Entwicklung auf dem Gebiet der Gemeinschaftsantennenanlagen (GA) bauen die PTT seit 1975 ein nationales GA-Richtfunk-Zubringernetz (GAZ) auf. Mit einem über bestehende Richtstrahlstandorte geführten Basisnetz werden mehrere ausländische Fern-

1 Introduction

En Suisse, la télévision s'est implantée dans près de 82 % de tous les ménages. Compte tenu des diverses régions linguistiques de notre pays, la Société Suisse de Radio et de Télévision produit et distribue, à l'échelle nationale, trois programmes séparés. Ils sont diffusés sur tout le territoire dans les gammes VHF et UHF par une chaîne d'émetteurs et de réémetteurs construits et entretenus par l'Entreprise des PTT. Le fait que la Suisse est géographiquement peu étendue et entouré de cinq pays, permet depuis longtemps aux habitants des régions limitrophes de capter des émetteurs étrangers. Un nombre toujours plus grand d'abonnés fut en mesure de choisir parmi de nombreux programmes (6...10), grâce à la construction de grandes installations d'antennes collectives. Cependant, les régions écartées des frontières étaient jusqu'ici désavantagées quant à la réception de programmes étrangers.

Depuis un certain nombre d'années, l'Entreprise des PTT a commencé à construire un réseau particulier d'apport à faisceaux hertziens. Cela permet aux PTT de mettre à la disposition des exploitants de grandes installations d'antennes collectives des programmes de télévision étrangers, moyennant paiement d'une taxe adéquate. Grâce à cette prestation de service, près de 30 % des téléspectateurs de Suisse sont en mesure de capter, par l'intermédiaire d'un raccordement d'antenne collective, jusqu'à huit programmes étrangers en plus des trois programmes nationaux.

2 Le réseau suisse de liaisons hertziennes d'apport

En raison du développement rapide des installations d'antennes collectives, les PTT construisent, depuis

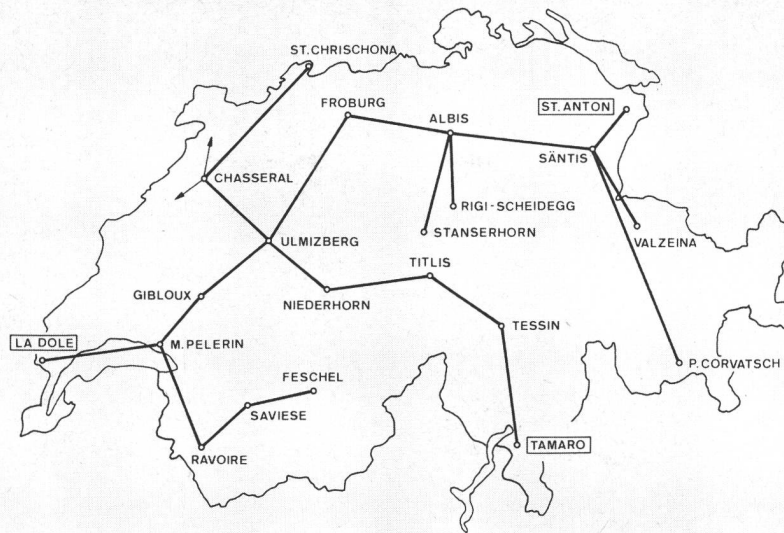


Fig. 1
Richtstrahlzubringer-Basisnetz — Réseau de base des liaisons hertziennes d'apport
 Planungsvorschlag 1978 — Proposition de planification 1978

seh- und UKW-Programme über 2,5-GHz-FM-Links übertragen und von bestehenden Richtstrahlzentern aus vorläufig über AM-Links im 12-GHz-Bereich an interessierte Gemeinschaftsantennenanlagen abgegeben. Dabei ergeben sich jedoch für die Übertragung von mehr als 8 Fernsehprogrammen — wie auch bei der Verteilung von Stereo-Rundfunksendungen — mit dem bestehenden Netz noch Schwierigkeiten. Aus diesem Grunde hat die Abteilung Forschung und Entwicklung der PTT-Betriebe bereits Anfang 1977 ein Planungskonzept für den Entwurf eines nationalen Zubringer-Richtfunknetzes für Fernseh- und UKW-Gemeinschaftsantennenanlagen zur qualitativ einwandfreien Übertragung von bis zu 14 TV- und 7 UKW-Stereo- sowie 7 UKW-Monoprogrammen ausgearbeitet [1].

Damit bei einer beschränkten Anzahl von Richtfunkkanälen dennoch genügend TV-Programme übertragbar sind, wurde ein Verfahren gewählt, das je FM-Link zwei vollständige Fernsehsignale aufnimmt. So kann der Kostenaufwand erheblich reduziert und das Zubringernetz wirtschaftlicher gestaltet werden. *Figur 1* zeigt den Verlauf des geplanten nationalen GA-Zubringer-Basisnetzes, das ebenfalls über bereits bestehende Richtstrahlzentren hergestellt werden kann. Die Signaleinspeisung ist an den grenznahen Standorten *St. Anton*, *La Dôle* und *Monte Tamaro* vorgesehen, wobei die grössten zu überbrückenden Entfernungen unter 500 km liegen.

3 Übertragungsverfahren für zwei TV-Signale

Moderne FM-Richtfunkausrüstungen der 1800-Telefonikanal-Norm (70-MHz-ZF) weisen heute Basisbandbreiten von etwa 14 MHz auf. Der Gedanke lag daher nahe, für das GA-Zubringernetz im 2,5-GHz-Bereich solche Ausrüstungen unter Ausnützung der vollen Basisbandbreite zu verwenden und zwei vollständige TV-Programme je FM-Link zu übertragen.

Für die Aufbereitung zweier Fernsehkanäle mit Bild- und Toninformation im Richtfunk-Basisband sind verschiedene Lösungswege möglich [2]. Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und mit Rücksicht auf die gegebenen

1975, un réseau national de liaisons d'apport pour antennes collectives (LAC). Un réseau de base dont les équipements sont établis dans des stations existantes du réseau de transmission par faisceaux hertziens, on achemine plusieurs programmes de télédiffusion et de radiodiffusion OUC étrangers sur des liaisons hertziennes MF à 2,5 GHz. Ces programmes sont ensuite mis à la disposition des exploitants d'antennes collectives, à partir de centres hertziens d'où ils sont transmis, pour l'instant encore sur des liaisons hertziennes modulées en amplitude, dans la bande des 12 GHz. Cependant, on rencontre encore des difficultés dans le réseau existant lors de la transmission de plus de huit programmes de télévision ou de la distribution des émissions radio stéréophoniques. C'est par cette raison que la Division des recherches et du développement de l'Entreprise des PTT a planifié, dès 1977, un projet de réseau national de liaisons hertziennes d'apport pour installations d'antennes collectives de télévision et OUC, qui permette la transmission dans une qualité irréprochable de 14 programmes de télévision, 7 programmes OUC stéréophoniques et 7 programmes OUC monophoniques [1].

Afin qu'il soit possible de transmettre suffisamment de programmes de télévision, malgré le nombre limité des canaux à faisceaux hertziens, on a choisi un procédé dans lequel chaque liaison hertzienne MF véhicule deux signaux de télévision complets. Il en résulte une réduction importante des frais et le réseau d'apport plus intéressant du point de vue économique. La *figure 1* montre la structure du réseau national de liaisons hertziennes d'apport planifié, qui pourra également s'appuyer sur des centres de transmission existants. L'injection des signaux se fera aux emplacements proches des frontières de *St-Anton*, *la Dôle* et *Mte Tamaro*, la plus grande distance à franchir restant toutefois inférieure à 500 km.

3 Procédé de transmission pour deux signaux de télévision

Les équipements à faisceaux hertziens en modulation de fréquence modernes, destinés à transmettre le nom-

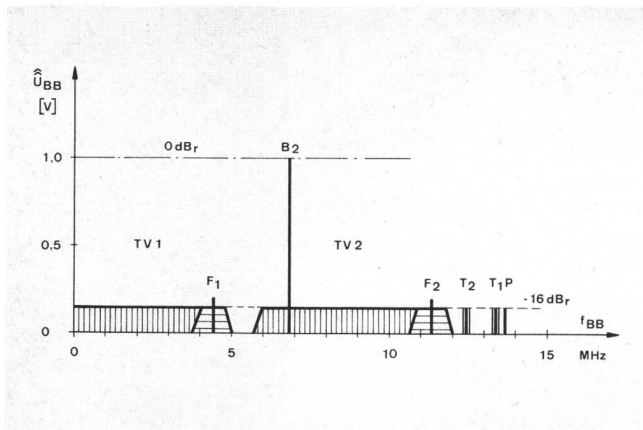


Fig. 2
2-TV-Basisbandbelegung — Occupation de la bande de base 2 TV
 \hat{U}_{BB} Basisbandpegel — Niveau en bande de base
 B_2 Bildträger TV 2 — Porteuse image TV 2
 F_1, F_2 Farbträger — Porteuses couleur
 T_1, T_2 Tonträger — Porteuses son
 P Pilotfrequenz — Fréquence pilote
 f_{BB} Basisbandfrequenz — Fréquence en bande de base
 TV 1 Signal 1
 TV 2 Signal 2

Frequenzverhältnisse ergab sich schliesslich das in *Fig. 2* gezeigte Verfahren.

Ein erstes TV-Signal (TV 1) wird, wie dies bei normaler FM-Übertragung üblich ist, im Videobereich übertragen, jedoch zusätzlich mit einem zweiten, amplitudenmodulierten Restseitenbandsignal kombiniert. Die Bildträgerfrequenz des modulierten Signals wurde auf 6,9 MHz und der zugehörige Tonträger auf 12,4 MHz gelegt. Das zweite TV-Signal (TV 2) entspricht der CCIR-Norm B/G und kann direkt von einem VHF- oder UHF-Kanal über eine TV-Zwischenfrequenz in den genannten Frequenzbereich umgesetzt werden. Der zum ersten Signal gehörende Tonkanal wird bei 13,357 MHz übertragen und liegt damit 270 kHz unter der genormten Pilotfrequenz von 13,627 MHz. Der sich am FM-Modulator ergebende Basisbandpegel soll den für 1800-Telefoniekanäle üblichen Wert von 17,5 dBmO auch mit dem zweiten Signal nicht überschreiten. Damit eine möglichst gleichmässige Rauschbelastung beider TV-Kanäle resultiert, muss das systembedingt benachteiligte amplitudenmodulierte zweite TV-Signal den grössten Hubanteil erhalten. Das Videosignal (TV 1) sowie die beiden Tonträger müssen im Basisbandbereich (vor dem Vorbetonungsnetzwerk) gegenüber dem Bildträger-Synchronpegelwert des zweiten TV-Signals um 16 dB abgesenkt werden.

31 Punkt-zu-Punkt-Übertragung

Grundsätzlich ist dieses Verfahren auch für die Punkt-zu-Punkt-Übertragung von zwei Videosignalen über eine FM-Link-Strecke geeignet. *Fig. 3* zeigt die für eine solche Übertragung erforderlichen Einrichtungen, wobei zu jedem Bildkanal noch ein Begleitton übertragen werden kann. Nebst einer besonderen 2-Signal-Multiplexeinrichtung wird sendeseitig noch ein TV-Modulator für die normgerechte ZF-Modulation des zweiten Signals benötigt.

Über eine FM-Richtfunkstrecke mit 1800-Telefoniekanal-Richtfunkgeräten und den der höheren Bandbreite entsprechenden, genormten Vor- beziehungsweise Nachbetonungsnetzwerken (T_f -2700-K) wird das Basis-

bre normalisiert von 1800 voies téléphoniques ($F_l = 70$ MHz) ont aujourd'hui une largeur de bande d'environ 14 MHz. Il était dès lors normal d'envisager l'utilisation de tels équipements pour le réseau LAC dans la bande des 2,5 GHz en tirant entièrement profit de la largeur de bande de base intégrale, ce qui permettait la transmission de deux programmes de télévision complets par liaison hertzienne MF.

Pour préparer deux canaux de télévision véhiculant l'information d'images et de son dans la bande de base d'une liaison hertzienne, on peut envisager diverses solutions [2]. Par souci d'économie et pour tenir compte des conditions d'allocation du spectre des fréquences, on opta finalement pour la méthode représentée à la *figure 2*.

Comme il est usuel dans une transmission MF normale, le premier signal de télévision (TV 1) est transmis dans la gamme vidéo, mais il est aussi combiné avec un deuxième signal à bande latérale atténuée (BLA) modulé en amplitude. La porteuse image du signal modulé a été placée sur 6,9 MHz et la porteuse son associée sur 12,4 MHz. Le deuxième signal de télévision (TV 2) correspond à la norme B/G du CCIR et peut être directement transposé dans la gamme de fréquences précitée à partir d'un canal VHF ou UHF, par le biais d'une fréquence intermédiaire TV. Le canal son associé au premier signal est transmis sur 13,357 MHz, c'est-à-dire 270 kHz au-dessous de la fréquence pilote normalisée de 13,627 MHz. Même si l'on tient compte du deuxième signal de télévision, le niveau de bande de base résultant dans le modulateur MF ne doit pas dépasser la valeur usuelle de 17,5 dBmO valable pour les systèmes à 1800 voies téléphoniques. Il importe de répartir aussi régulièrement que possible le rapport signal/bruit des deux canaux de télévision. Or, le deuxième signal, modulé en

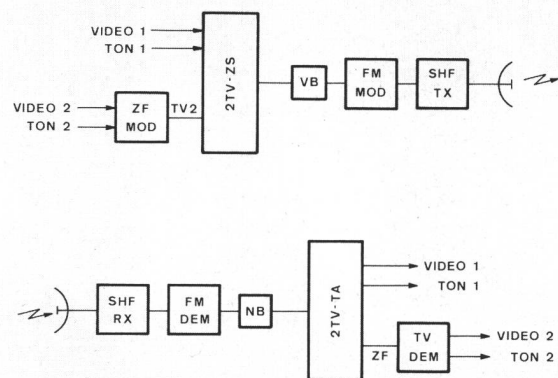


Fig. 3
2-TV-Übertragungsverfahren, Video-Version — Procédé de transmission 2 TV, version vidéo

- ZF MOD ZF-Modulator — Modulateur FI
- 2TV ZS Multiplexer — Multiplexeur
- VB Vorbetonung — Préaccentuation
- FM MOD FM-Modulator — Modulateur MF
- SHF TX SHF-Sender — Emetteur SHF
- SHF RX SHF-Empfänger — Récepteur SHF
- FM DEM FM-Demodulator — Démodulateur MF
- NB Nachbetonung — Désaccentuation
- 2TV TA Demultiplexer — Démultiplexeur
- ZF Zwischenfrequenz — Fréquence intermédiaire
- TV DEM TV-Demodulator — Démodulateur TV
- Ton — Son

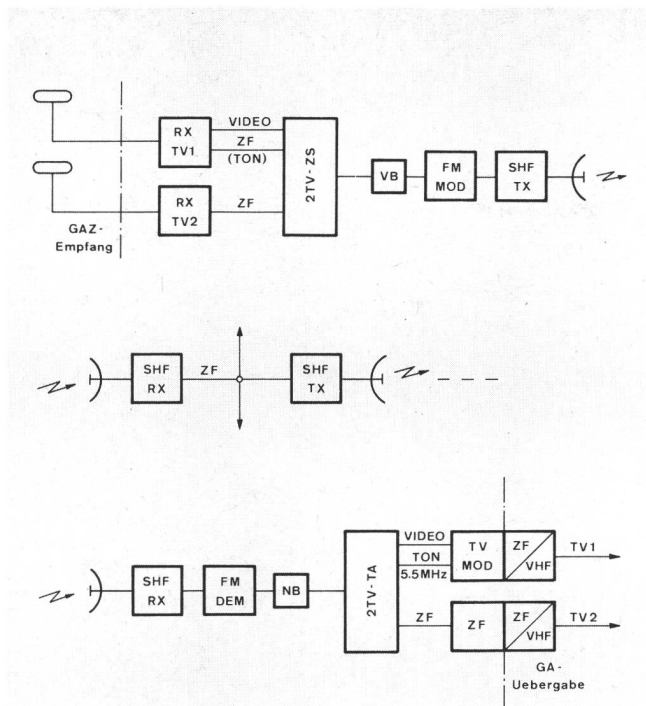


Fig. 4
2-TV-Übertragungsverfahren, GAZ-Version — Procédé de transmission 2 TV, version LAC

RX TV 1	Empfänger TV 1 — Récepteur TV 1
RX TV 2	Empfänger TV 2 — Récepteur TV 2
2TV ZS	Multiplexer — Multiplexeur
ZF	Zwischenfrequenz — Fréquence intermédiaire
VB	Vorbetonung — Préaccentuation
FM MOD	FM-Modulator — Modulateur MF
SHF TX	SHF-Sender — Emetteur SHF
SHF RX	SHF-Empfänger — Récepteur SHF
FM DEM	FM-Demodulator — Démodulateur MF
NB	Nachbetonung — Désaccentuation
2TV TA	Demultiplexer — Demultiplexeur
TV MOD	TV-Modulator — Modulateur TV
ZF VHF	Umsetzer — Convertisseur
TV 1	Signal 1
TV 2	Signal 2
GAZ-Empfang	Réception LAC
GA-Übergabe	Injection antenne collective
Ton	Son

bandsignal auf den 2-Signal-Demultiplexer geführt. An dessen Ausgang steht das Videosignal (TV 1) mit 1-V-Normpegel zur Verfügung. Das zweite Signal (TV 2) wird in der TV-ZF-Lage abgegeben und muss über einen Demodulator wieder in den Videobereich geführt werden.

32 Übertragung für GA-Zubringer

Für die Anwendung im GA-Zubringernetz sind entsprechend *Figur 4* am Signaleinspeisepunkt zusätzlich zwei Fernsehdemodulatoren erforderlich. Ein TV-Signal muss dabei demoduliert dem Videoeingang des 2-Signal-Multiplexers zugeführt werden. Das zweite Signal ist über einen HF/ZF-Empfangsteil mit geregelter ZF-Ausgang und einem um 6 dB abgesenkten Tonpegel an den entsprechenden Eingang (TV 2) des Multiplexers zu überführen. Das so kombinierte Basisbandsignal wird über eine Tf-2700-Kanal-Vorbetonung dem Richtstrahl-FM-Modulator zugeführt. Nach der Übertragung mit dem GA-Richtfunk-Zubringernetz [1] müssen beide TV-Signale an der GA-Übergabestelle wieder aus der Basis-

amplitude, étant désavantagé par rapport au premier, il est nécessaire que l'écartement entre les porteuses doit être aussi grand que possible. Le niveau du signal vidéo (TV 1) ainsi que celui des deux porteuses son doivent être abaissés de 16 dB dans la gamme de la bande de base par rapport au niveau de synchronisation de la porteuse image du deuxième signal de télévision (avant la cellule de préaccentuation).

31 Transmission point à point

En principe, ce procédé convient aussi à la transmission point à point de deux signaux vidéo par l'intermédiaire d'une liaison hertzienne MF. La *figure 3* montre les équipements nécessaires à une telle transmission, chaque canal image pouvant encore être accompagné de son correspondant. Côté émission, il est encore nécessaire d'utiliser un modulateur de télévision en plus d'un multiplexeur de signaux spécial, pour réaliser une modulation moyenne fréquence conforme aux normes du deuxième signal.

Le signal en bande de base est acheminé sur le démultiplexeur à deux signaux par l'intermédiaire d'un système à faisceaux hertziens MF d'une capacité de 1800 voies téléphoniques, équipé de cellules de préaccentuation et de désaccentuation normalisées (Tf-2700-K), correspondant à la largeur de bande plus élevée. A la sortie du démultiplexeur, on dispose du signal vidéo (TV 1) au niveau normalisé de 1 V. Le deuxième signal (TV 2) est injecté au niveau de la fréquence intermédiaire TV et doit être transposé dans la gamme vidéo par un démodulateur.

32 Transmission pour les liaisons d'apport pour antennes collectives

Pour utiliser ce système dans le réseau d'apport aux antennes collectives, il est nécessaire de prévoir deux démodulateurs de télévision supplémentaires au point d'injection, comme le montre la *figure 4*. Il s'agit ici de démoduler un signal TV avant de le conduire à l'entrée vidéo du démultiplexeur à deux signaux. Le deuxième signal est dirigé sur l'entrée correspondante (TV 2) du multiplexeur avec un niveau du son abaissé de 6 dB, par l'intermédiaire d'une partie réceptrice HF/FI avec sortie FI réglée. Le signal en bande de base ainsi combiné est injecté dans le modulateur MF pour faisceaux hertziens après avoir traversé une cellule de préaccentuation de voies Tf-2700. Après transmission par le réseau LAC [1], les deux signaux de télévision doivent être transposés au point d'injection de la bande de base dans les gammes VHF ou UHF.

Le signal en bande de base sortant du récepteur à faisceaux hertziens est envoyé sur le démultiplexeur via un circuit de désaccentuation Tf-2700-K. Le premier signal (TV 1) y est porté au niveau nominal de 1 V, puis traité dans un modulateur FI de TV. Le deuxième signal (TV 2) est transposé au niveau de la fréquence intermédiaire TV avant d'être amené à l'interface avec l'installation d'antenne collective. Suivant les conditions régnant dans l'installation d'antenne collective, on peut transposer les signaux de l'interface FI sur des canaux quelconques ou des gammes VHF ou UHF.

Ce procédé de transmission a fait l'objet d'essais de laboratoire à la fin de 1976 à la Division des recherches

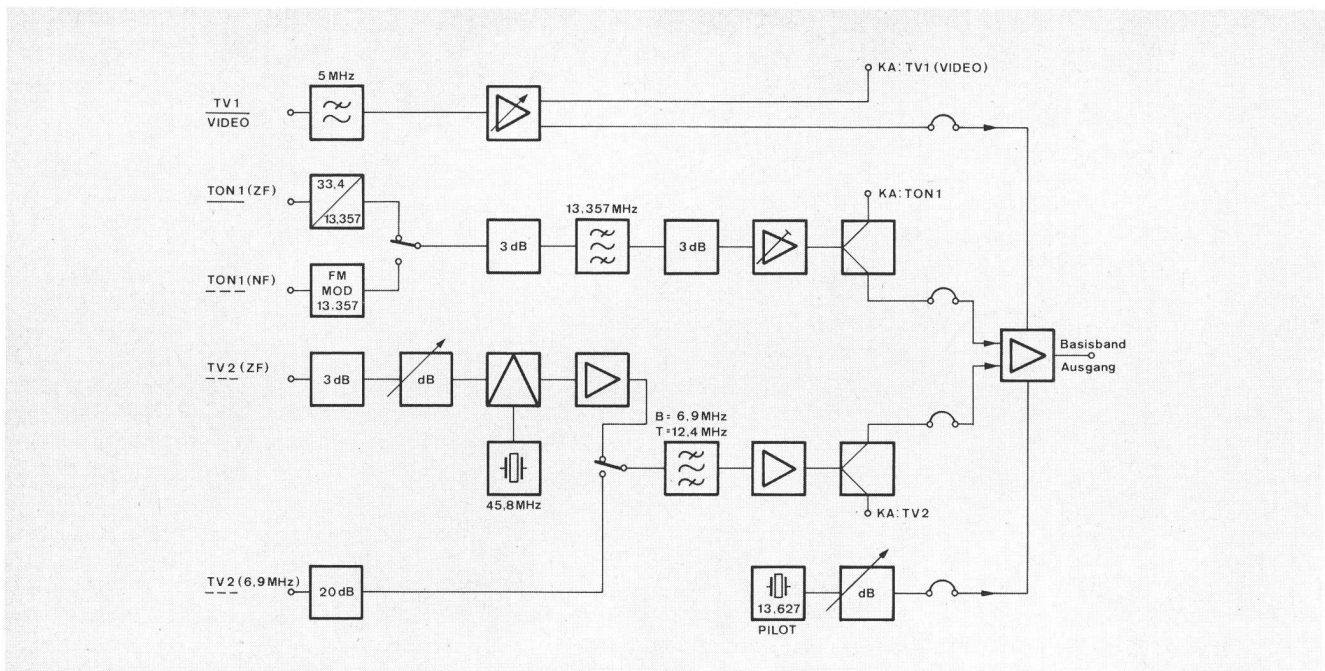


Fig. 5
2-TV-Multiplexer-Schaltung — Circuit multiplexeur 2 TV
 TV 1 Signal 1
 TV 2 Signal 2
 KA Kontrollausgang — Sortie de contrôle
 ZF Zwischenfrequenz — Fréquence intermédiaire
 NF Niederfrequenz — Basse fréquence

FM MOD FM-Modulator — Modulateur MF
 Ton 1 — Son 1
 Pilot — Pilote
 Basisbandausgang — Sortie bande de base

bandebene in den VHF- oder UHF-Bereich transponiert werden.

Das am Ausgang des Richtstrahlempfängers ankommende Basisbandsignal ist über die Tf-2700-K-Nachbetonung dem Demultiplexer zugeführt. Dort wird das erste Signal (TV 1) auf 1-V-Nennpegel verstärkt und anschliessend in einem TV-ZF-Modulator verarbeitet. Das zweite Signal (TV 2) wird in die TV-Zwischenfrequenzebene umgesetzt und so an die Schnittstelle zur Gemeinschaftsantennenanlage geführt. Je nach den in der Gemeinschaftsantennenanlage herrschenden Bedürfnissen können dann die Signale von der ZF-Schnittstelle aus auf beliebige VHF- oder UHF-Kanäle umgesetzt werden.

Das Übertragungsverfahren wurde Ende 1976 in der Abteilung Forschung und Entwicklung der PTT labor-mässig erprobt [2]. Aufgrund der guten Versuchsergebnisse konnten anschliessend Prototypen der notwendigen Übertragungsgeräte (Multiplexer beziehungsweise Demultiplexer) entwickelt und hergestellt werden [3].

33 Übertragungsgeräte

Figur 4 zeigt den notwendigen Aufbau mit den Multiplex- und Demultiplexgeräten sowie den zusätzlich benötigten, handelsüblichen TV-Empfangs-Umsetzer- und Modulareinheiten. Umfangreiche Versuche und Messungen sowie Systemerprobungen mit verschiedenen Richtstrahlstrecken wurden bereits mit dieser Anlage durchgeführt [4].

Figur 5 zeigt die Blockschaltung des Multiplexers mit den Eingängen TV 1 (Video), Ton 1 und TV 2 (ZF). Das Videosignal ist über einen 5-MHz-Tiefpass und einen regelbaren Verstärker an die aktive Addierstufe geführt. Der zugehörige Tonkanal wird über eine Umsetzerschaltung mit starrer Phasenrückkopplung von 33,4 MHz (TV-

et du développement des PTT [2]. Ces essais ayant été très satisfaisants, on a développé par la suite des prototypes des équipements de transmission nécessaires (multiplexeurs et démultiplexeurs) et on les a fait fabriquer [3].

33 Equipements de transmission

La figure 4 montre l'architecture d'un tel ensemble de transmission, qui comprend un multiplexeur et un démultiplexeur, ainsi que les unités de réception, de transposition et de modulation TV supplémentaires, pouvant être obtenues dans le commerce. Des installations fonctionnant selon ce système ont déjà fait l'objet d'essais et de mesures approfondis sur différentes liaisons hertziennes [4].

La figure 5 montre le schéma-bloc du multiplexeur avec les entrées TV 1 (vidéo), son 1 et TV 2 (FI). Le signal vidéo traverse un filtre passe-bas 5 MHz et un amplificateur réglable avant d'aboutir à un étage d'addition actif. Le canal son associé est amené dans la position habituelle de la porteuse son de 13,357 MHz par l'intermédiaire d'un circuit de transposition de 33,4 MHz avec boucle à phase asservie (son TV-FI).

Lorsque le son n'est disponible qu'en basse fréquence, on a prévu un modulateur son supplémentaire. Le signal son 1 traverse alors un filtre passe-bande, un amplificateur réglable ainsi qu'un diviseur de signaux 3 dB avant d'arriver également à l'étage d'addition de signaux actif. La figure 5 montre que chaque signal est, de plus, connecté à une sortie de contrôle spéciale. Le signal TV 2 est repris de la gamme FI et amené à la position en fréquence nécessaire, à l'aide d'un équipement de transposition interne. Le signal TV 2 est également relié à l'étage d'addition à travers un filtre passe-bande, un amplificateur et un aiguillage 3 dB. Enfin, le

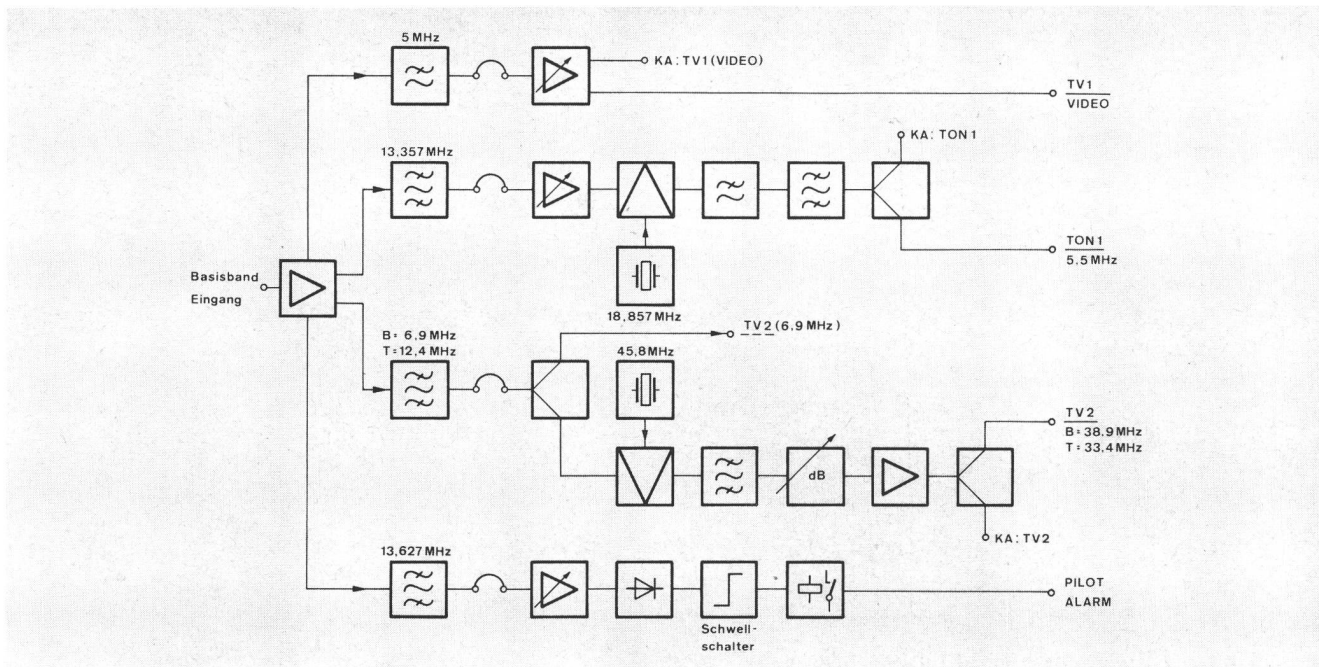


Fig. 6
2-TV-Demultiplexer-Schaltung — Circuit démultiplexeur 2 TV

KA Kontrollausgang — Sortie de contrôle
TV 1 Signal 1
TV 2 Signal 2
Ton 1 — Son 1

Schwellenschalter — Commutateur de seuil
Basisbandeingang — Entrée bande de base
Pilotalarm — Alarme de pilote

Ton-ZF) in die erforderliche Tonträgerlage von 13,357 MHz gebracht.

Für den Fall, dass das Tonsignal nur in der Niederfrequenzlage zur Verfügung steht, ist noch ein zusätzlicher Tonmodulator vorgesehen. Das Tonsignal 1 wird über ein Bandpassfilter, einen regelbaren Verstärker sowie einen 3-dB-Signalteiler ebenfalls der aktiven Signaladdierstufe zugeführt. Wie Figur 5 zeigt, sind zusätzlich alle Einzelsignale noch auf besondere Kontrollausgänge geführt. Das Signal TV 2 wird im TV-ZF-Bereich übernommen und mit einem internen Umsetzer in die erforderliche Frequenzlage gebracht. Über ein Bandpassfilter, ei-

signal en bande de base est complété par l'injection d'une onde pilote à 13,627 MHz.

Le tableau 1 montre les valeurs d'attaque et de déplacement en fréquence caractéristiques du modulateur de l'installation à faisceaux hertziens MF.

Le schéma synoptique du démultiplexeur est reproduit à la figure 6. Il en ressort que le signal en bande de base est dirigé sur un répartiteur de signaux actif suivi de quatre filtres qui le décomposent en ses éléments constitutifs. Le premier signal (TV 1, vidéo) est ensuite amplifié à 1 V. Toutes les sorties de démultiplexeur étant doubles, on peut contrôler le signal sans interruption du

Tabelle I. 2-TV-Basisbandaussteuerung
Tableau I. Modulation en bande de base 2 TV

MX-Komponente Composante multi- plex	fx [MHz]	Relativer Hub bez. f _N VB: Tf-2700-K Déplacement de fréquence relatif rapporté à f _N Préaccentuation: Tf-2700-K	Basisband- aussteuerung Modulation en bande de base [dBmO]	Frequenzhub Déplacement de fréquence ΔH		
				$20 \log \frac{\Delta H}{140 \text{ kHz}_{\text{eff}}}$	kHz _{eff}	kHz os
TV 1	(0...5) f _z = 15,625 kHz	[dB] -3,9	2*/-2,8** (13*/8,2**)	-1,9/-6,7	113/65	± 160/± 92
(TV 2) B2	6,9	-0,2	18*/13,2** (22*/17,2**)	17,8/13	1097/631	± 1552/± 893
(TV 2) T2	12,4	4,1	2 (0)	6,1	285	± 403
(TV 1)	13,357 (13,2)	4,6	2 (0)	6,6	303	± 428
P	13,627	4,64	-7,64	-3	100	± 140

Klammerwerte: Vorschlag für endgültige Ausführung — Valeurs entre parenthèses: Proposition pour l'exécution définitive
Summenpegel — Somme des niveaux: 18,3*/14 dBmO** (22,5*/18 dBmO**)

* Fiktiver Wert bei Sinussignal für TV 1 und B2 — Valeur fictive pour un signal sinusoïdal de TV 1 et B2

** Thermische Signalleistung bei TV-Signalen — Puissance thermique du signal pour deux signaux TV

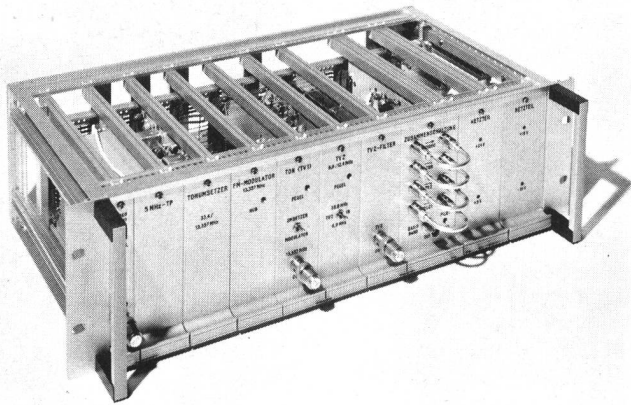


Fig. 7
Prototyp des 2-TV-Multiplexers — Prototype du multiplexeur 2 TV

nen Verstärker sowie einen 3-dB-Signalteiler ist auch das Signal TV 2 an die Addierstufe angeschlossen. Ein Pilotgenerator auf 13,627 MHz vervollständigt schliesslich das Basisbandsignal.

Die für den Richtstrahl-FM-Modulator vorgesehenen Aussteuer- und Hubverhältnisse sind aus *Tabelle 1* ersichtlich.

Figur 6 zeigt den prinzipiellen Schaltungsverlauf des Demultiplexers. Das ankommende Basisbandsignal wird einem aktiven Signalverteiler zugeführt und mit Hilfe von vier Filtern in die einzelnen Signalkomponenten zerlegt. Das erste Signal (TV 1, Video) wird anschliessend auf 1 V verstärkt. Alle Demultiplexerausgänge sind doppelt ausgeführt, womit eine unterbruchfreie Signalkontrolle möglich ist. Das Tonsignal 1 ist mit Rücksicht auf den nachfolgenden TV-Modulator auf 5,5 MHz (Intercarrier-Ton-ZF) umgesetzt. Das zweite Signal (TV 2) wird in den TV-ZF-Bereich gemischt, gefiltert und anschliessend auf den erforderlichen ZF-Pegel (30 mV) verstärkt. Die Pilotüberwachungsschaltung ist im Demultiplexer fest eingebaut. Wenn die Pilotamplitude einen bestimmten Wert unterschreitet, kann über einen Relaiskontakt Pilotalarm signalisiert werden.

Für den Empfang der TV-Programme an den Einspeisepunkten sowie für die Wiederaufbereitung der Signale am Ende der Zubringerstrecke wurden in den Gemeinschaftsantennenanlagen übliche TV-Demodulatoren sowie ein TV-Modulator beziehungsweise Umsetzer verwendet.

Nachfolgende Figuren veranschaulichen den mechanischen Aufbau der Prototypengeräte. Eine Ansicht des Multiplexers zeigt *Figur 7*, in *Figur 8* ist die Verwirklichung der aktiven Signaladdierstufe ersichtlich, und *Figur 9* illustriert den Aufbau des Tonumsetzers.

4 Streckenversuche

Die beschriebene Ausrüstung unterlag verschiedenen ausführlichen Messungen und Systemuntersuchungen. Vorerst wurden nebst eingehenden Basisband-Schlaufenmessungen mehrere FM-Modulatoren der Tf-1800-Kanal-Norm (70-MHz-ZF) untersucht. Später folgten Streckenversuche über verschiedene Richtfunkverbindungen bis zu Entfernungen von mehr als 500 km. Neben den üblichen Fernsehqualitätskriterien, wie Amplitudenfrequenzgang, Gruppenlaufzeitverhalten und Linearität,

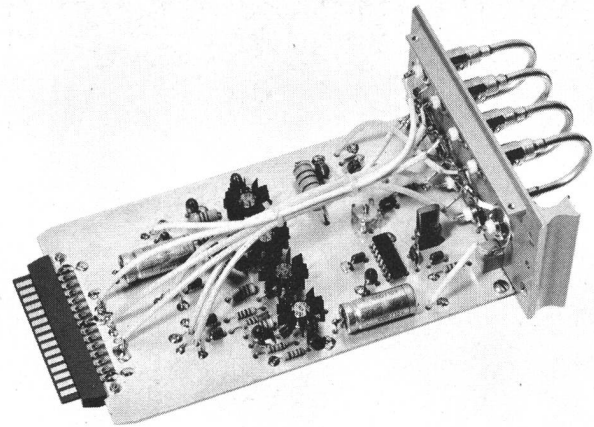


Fig. 8
Signaladdier-Einschub — Tiroir «addition de signaux»

service. Le signal son 1 est transposé sur 5,5 MHz (Fison sur porteuse intermédiaire), en raison du modulateur TV monté en aval. Le deuxième signal (TV 2) est mélangé dans la gamme FI de TV, filtré puis amplifié au niveau FI nécessaire (30 mV). Le circuit de surveillance de l'onde pilote est intégré au démultiplexeur. Lorsque l'amplitude de cette onde pilote dépasse une certaine valeur, une alarme de pilote est déclenchée par le contact d'un relais.

Pour assurer la réception des programmes de télévision aux points d'injection, ainsi que le reconditionnement des signaux en fin de trajet d'apport, on utilise des démodulateurs de TV ainsi qu'un modulateur de TV ou des convertisseurs, tels qu'ils sont usuels dans les installations d'antennes collectives.

Les figures suivantes montrent la construction mécanique des prototypes. Le multiplexeur est présenté à la *figure 7*, l'étage actif d'addition de signaux à la *figure 8* et le convertisseur son à la *figure 9*.

4 Essais pratiques

Les équipements décrits ont fait l'objet de mesures et d'essais de système approfondis. Lors de mesures en boucle des signaux en bande de base, on a examiné tout d'abord plusieurs modulateurs MF de la norme 1800

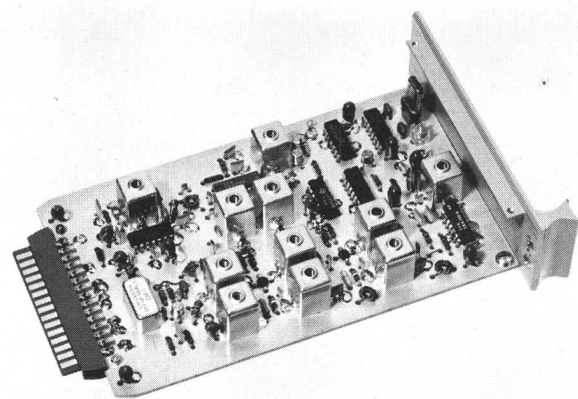


Fig. 9
PLL-Tonumsetzer-Einschub — Tiroir convertisseur de son avec boucle à phase asservie

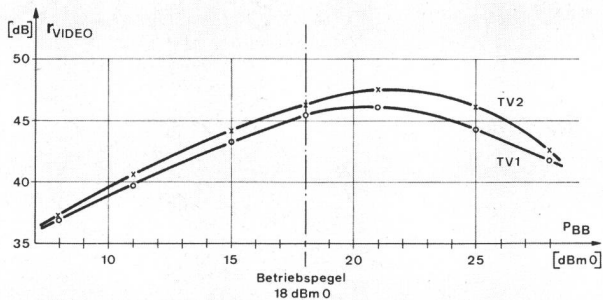


Fig. 10
 Videogeräuschabstand (r_{VIDEO}) in Funktion des Basisbandpegels; Schlaufe TZV-Ulmizberg-TZV, 11 GHz — Rapport signal vidéo/bruit (r_{VIDEO}) en fonction du niveau en bande de base; boucle Centre technique V-Ulmizberg-Centre technique V, 11 GHz
 (P_{BB}) Basisbandpegel — Niveau en bande de base
 TV 1 Signal 1
 TV 2 Signal 2
 Betriebspegel — Niveau d'exploitation

sollten vor allem die erzielbaren TV-Geräuschabstände erfasst werden.

Im folgenden sind nur die Ergebnisse der Versuche mit der weitgehend schwundfreien Schlaufe «Technisches Zentrum Bern-Ostermundigen — Richtstrahlstützpunkt Ulmizberg und zurück» ($2 \times 6,75$ km) besprochen.

Über eine im PTT-Hochhaus in Ostermundigen aufgebaute 11-GHz-Anlage wurde das Doppelfernsehsignal auf den Ulmizberg gesendet, dort in der ZF-Ebene geschleuft und anschliessend wieder im 11-GHz-Bereich zurückgeschickt, mit der SHF-Anlage empfangen und mit einem FM-Demodulator in den Basisbandbereich gebracht. Alle Ausrüstungen entsprachen der Tf-1800-Kanal-Norm und waren für die erweiterte Basisbandbreite abgeändert. Einschränkend muss jedoch gesagt werden, dass die verwendete Richtstrahlanlage immerhin rund 10 Jahre alt war und somit nicht mehr dem neuesten Stand der Technik entsprach.

Figur 10 zeigt die in Funktion der Basisbandaussteuerung gemessenen Videogeräuschabstände der Signale TV 1 und TV 2. Die Abstände steigen vorerst gleichmässig an, erreichen bei dem gewählten Betriebspegel 18 dBmO Werte von 45,5 dB (TV 1) und 46,5 dB (TV 2), steigen danach noch leicht und fallen dann infolge der zunehmenden Intermodulations-Geräuschanteile rasch ab.

Auf Figur 11 sind schliesslich die in Funktion des SHF-Empfangspegels dargestellten Ton- und Videogeräuschabstände der Signale TV 1 und TV 2 in Abhängigkeit des SHF-Empfangspegels P_{RX} für den Bereich $-20 \dots -50$ dBm ersichtlich. Bei einem Betriebseingangspegel von -27 dBm betragen die Tongeräuschabstände 57 dB (Ton 1) und 62 dB (Ton 2). Die Videogeräuschabstände liegen noch bei 43,5 dB (TV1) und 45,5 dB (TV2). Die Werte für eine gute Bildqualität beim Teilnehmer ($Q = 4 \frac{1}{2}$ an der Schnittstelle zur GA) werden schon bei rund -38 dBm erreicht. Die Tonkanäle sind noch unkritischer; sie genügen den PTT-Grundforderungen für Gemeinschaftsantennenanlagen [5] noch bei einem Empfangspegel von -48 dBm.

Weitere Versuche mit neuen 2,5-GHz-Richtfunkgeräten ergaben für das Signal im zweiten Kanal (TV 2) noch

voies téléphoniques (FI-70-MHz). Diverses liaisons hertziennes d'essai ont été ensuite mises en place, le bond franchi dépassant quelquefois 500 km. En plus des critères de qualité usuels en télévision, tels que la courbe de réponse en amplitude, le temps de propagation de groupe et la linéarité, on voulait mesurer les rapports signal TV/bruit réalisables.

Les résultats suivants se rapportent uniquement aux essais effectués sur la boucle pratiquement exempte d'évanouissement «Centre technique de Berne-Ostermundigen — installations à usages multiples de l'Ulmizberg et retour» ($2 \times 6,75$ km).

D'une installation à 11 GHz établie sur la maison-tour des PTT à Ostermundigen, le double signal de télévision fut envoyé sur l'Ulmizberg, d'où on le renvoya au point d'origine après transposition au niveau de la FI et conversion dans la bande des 11 GHz. La réception était assurée par une installation à super-haute fréquence, les signaux étant ramenés en bande de base à l'aide d'un démodulateur MF. Tous les équipements répondaient à la norme «1800 voies téléphoniques» et avaient été modifiés pour une largeur de bande de base agrandie. Il faut toutefois tenir compte du fait que l'installation à faisceaux hertziens utilisée datait d'il y a dix ans, si bien qu'elle ne correspondait pas aux développements les plus récents de la technique. La figure 10 montre les

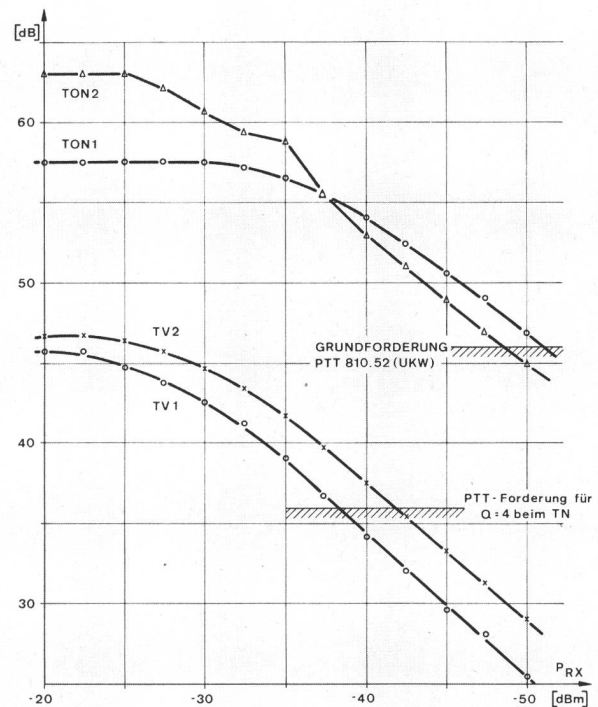


Fig. 11
 Video- und Tongeräuschabstände in Funktion des SHF-Empfangspegels (P_{RX}); Schlaufe TZV-Ulmizberg-TZV, 11 GHz (Basisbandpegel: 18 dBmO) — Rapports signal vidéo/bruit et signal son/bruit en fonction du niveau de réception SHF (P_{RX}); boucle Centre technique V-Ulmizberg-Centre technique V, 11 GHz (niveau en bande de base: 18 dBmO)
 TV 1 Signal 1
 TV 2 Signal 2
 P_{RX} SHF-Empfangspegel — Niveau de réception SHF
 Ton 1 — Son 1
 Ton 2 — Son 2
 Grundforderungen PTT 810.52 (UKW) — Exigences fondamentales PTT 810.52 (OUC)
 PTT-Forderung für $Q = 4$ beim TN — Exigence PTT pour $Q = 4$ chez le téléspectateur

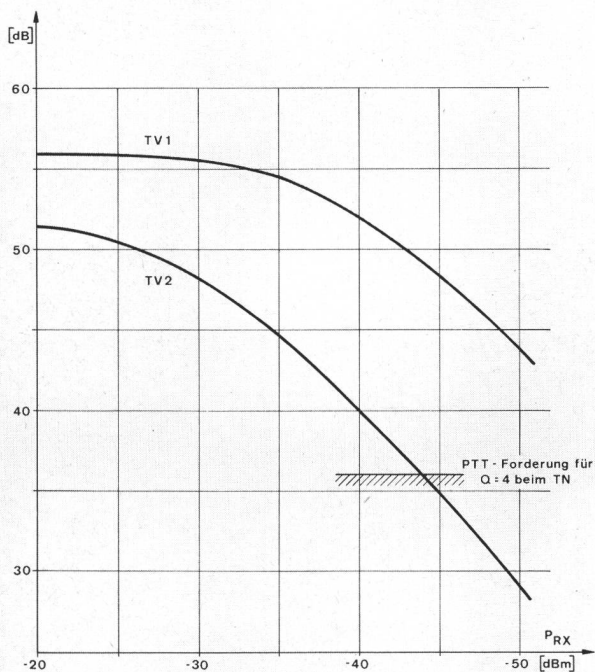


Fig. 12
Video-Geräuschabstände in Funktion des SHF-Eingangspiegels (P_{RX})
 — Rapport signal vidéo/bruit en fonction du niveau d'entrée SHF (P_{RX})
 TV 1 Signal 1
 TV 2 Signal 2
 P_{RX} SHF-Empfangspegel — Niveau de réception SHF
 PTT-Forderung für $Q = 4$ beim TN — Exigence PTT pour $Q = 4$ chez le téléspectateur

um einige Dezibel bessere Geräuschwerte. Durch optimale Aussteuerung des ersten Kanals konnte der Geräuschabstand für das Signal TV 1 noch gut 10 dB über den TV-2-Wert angehoben werden. Bisher wurde jedoch diese Möglichkeit nicht genutzt, da vereinbart war, dass beide TV-Kanäle eine möglichst gleiche Rauschbelastung aufweisen sollten. Tabelle I gibt die für die endgültige Ausführung vorgeschlagenen Werte in Klammern an.

Auf *Figur 12* sind die mit den neuen 2,5-GHz-Geräten im Labor gemessenen Geräuschabstände der Signale TV 1 und TV 2 dargestellt. Die Streckendämpfung wurde dabei durch einen variablen Attenuator nachgebildet. Gegenüber den bisherigen Versuchen konnte hier die Basisbandaussteuerung noch um etwa 3 dB erhöht werden, wobei allerdings hochwertige Messmodulator-De-modulator-Geräte im Einsatz standen.

Der Geräuschabstand verläuft vor allem für das TV-1-Signal wesentlich günstiger. Bei einem Betriebseingangspiegel von -27 dBm liegen die Werte auf 50 dB für das TV-2-Signal und auf 56 dB für den TV-1-Pfad. Die Minimalforderung von 36 dB wird bei Empfangspiegeln von -44 dBm (TV 2) und -57 dBm (TV 1) gerade erfüllt.

5 Schlussbetrachtungen

Für die qualitativ einwandfreie Übertragung ausländischer Fernsehprogramme mit dem GA-Zubringer-Richtstrahlnetz ist am Signalübergabepunkt (GA-Schnitts-

rapports signal vidéo/bruit des signaux TV 1 et TV 2, en fonction de la modulation en bande de base. Les rapports s'accroissent d'abord régulièrement et atteignent les valeurs de 45,5 dB (TV 1) et 46,5 dB (TV 2), pour le niveau d'exploitation choisi de 18 dBmO, augmentent ensuite encore légèrement puis retombent brusquement en raison de l'augmentation des composantes de bruit d'intermodulation.

La *figure 11*, enfin, représente les rapports signal vidéo/bruit et signal son/bruit des signaux TV 1 et TV 2 en fonction du niveau de réception SHF P_{RX} dans la gamme de -20...-50 dBm. A un niveau d'exploitation de -27 dBm à l'entrée, le rapport signal son/bruit se situe à 57 dB (son 1) et 62 dB (son 2). Les rapports signal vidéo/bruit s'établissent encore à 43,5 dB (TV 1) et 45,5 dB (TV 2). Une bonne qualité de l'image chez l'abonné ($Q = 4 \frac{1}{2}$ à l'interface avec l'installation d'antenne collective) est déjà atteinte à -38 dBm environ. Les canaux son sont encore moins critiques; ils satisfont encore aux exigences fondamentales des PTT concernant les installations d'antennes collectives [5] à un niveau de réception de -48 dBm.

D'autres essais avec les nouveaux équipements de faisceaux hertziens à 2,5 GHz ont donné des valeurs de bruit supérieures de quelques décibels pour le signal dans le deuxième canal. Par une modulation optimale du premier canal, il fut possible d'améliorer de 10 dB au moins le rapport signal/bruit du premier signal TV 1 par rapport à la valeur du signal TV 2. Jusqu'ici, on n'a cependant jamais recouru à cette possibilité, vu qu'il a été convenu de répartir aussi également que possible le bruit des deux canaux TV. Le tableau I récapitule, entre parenthèses, les valeurs proposées pour l'équipement définitif.

La *figure 12* reproduit les rapports signal/bruit mesurés en laboratoire pour les signaux TV 1 et TV 2 des nouveaux équipements à 2,5 GHz. L'affaiblissement sur le trajet a été simulé à l'aide d'un atténuateur variable. Comparativement aux essais faits jusqu'ici, la profondeur de modulation en bande de base a encore pu être augmentée d'environ 3 dB, étant entendu qu'on a utilisé des modulateurs et des démodulateurs de mesure de haute qualité.

Le rapport signal/bruit est sensiblement plus favorable, surtout en ce qui concerne le signal TV 1. Compte tenu d'un niveau d'exploitation à l'entrée de -27 dBm, les valeurs du signal TV 2 se situent à 50 dB et celles de la voie TV 1 à 56 dB. Les niveaux de réception de -44 dBm (TV 2) et -57 dBm (TV 1) satisfont encore à l'exigence minimale de -36 dB.

5 Conclusions

Pour assurer une qualité de transmission irréprochable des programmes de télévision étrangers au moyen du réseau LAC, il est nécessaire de disposer d'un rapport signal vidéo/bruit d'au moins 36 dB (non pondéré) au point d'injection du signal (interface de l'antenne collective). En admettant que l'installation d'antenne collective ne réduise cette valeur que de 3 dB au plus, on dispose encore de 33 dB ($Q = 4$) pour le téléspectateur. La *figure 13* représente l'allure du rapport signal vidéo/bruit pour l'ensemble du trajet de transmission de l'émetteur TV aux téléspectateurs, la liaison d'apport par

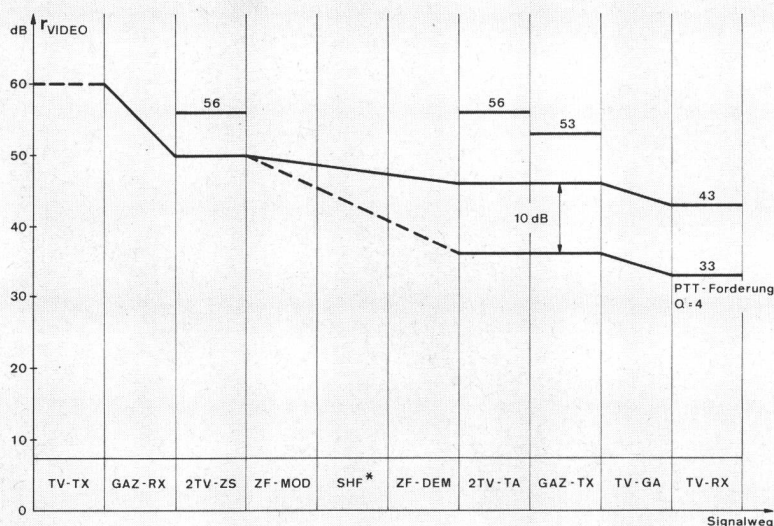


Fig. 13

Verteilung des Geräuschabstandes auf dem Übertragungsweg — Répartition du rapport signal/bruit sur la voie de transmission

TV TX TV-Sender — Emetteur TV
 GAZ RX Empfänger des GA-Zubringers — Récepteur du circuit LAC
 2TV ZS Multiplexer — Multiplexeur
 ZF MOD ZF-Modulator — Modulateur FI
 SHF* Überhohe Frequenz — Super-haute fréquence
 ZF DEM ZF-Demodulator — Démodulateur FI
 2TV TA Demultiplexer — Démultiplexeur

GAZ TX Sender der GA-Zubringer — Emetteur du circuit LAC
 TV GA TV-GA-Signal — Signal TV de l'antenne collective
 TV RX TV-Empfänger — Téléviseur
 Signalweg — Voie empruntée par le signal
 PTT-Forderung $Q = 4$ — Exigence PTT $Q = 4$
 *Strecke TZV-Ulmizberg-TZV — Trajet Centre technique V-Ulmizberg-Centre technique V

telle) ein Videogeräuschabstand von mindestens 36 dB (unbewertet) erforderlich. Mit der Annahme, dieser Wert werde durch die TV-Gemeinschaftsanlage höchstens um 3 dB reduziert, ergibt sich für den TV-Teilnehmer noch ein Wert von 33 dB ($Q = 4$). *Figur 13* zeigt den Verlauf des Videogeräuschabstandes für den gesamten Übertragungsweg vom TV-Sender bis zum Teilnehmer, wobei als GA-Zubringerstrecke nur die Schleife Bern-Ostermundigen-Ulmizberg und zurück berücksichtigt ist. Der sich auf der Teilnehmerseite ergebende Wert von 43 dB liegt noch 10 dB über dem Minimalwert für eine gute Bildqualität. Die bestehende Reserve reicht nach bisherigen Ermittlungen aus, um mit einem Richtstrahlnetz Entfernungen bis zu 500 km zu überbrücken.

Vergleicht man das 2-Fernsehsignal-Verfahren mit der normalen Videoübertragung, so ist ein deutlicher Unterschied bei den Systemwerten feststellbar. Dieses Verfahren kann jedoch nicht mit den strengen Massstäben der Weitverkehrstechnik beurteilt werden. Es wurde als ökonomische Lösung für den Aufbau eines nationalen Richtfunk-Zubringernetzes für Gemeinschaftsantennenanlagen entwickelt und erfüllt nach bisherigen Untersuchungen die gestellten Anforderungen gut.

faisceaux hertziens étant en l'occurrence la boucle Berne-Ostermundigen-Ulmizberg et retour. Du côté du téléspectateur, la valeur de 43 dB obtenue est encore de 10 dB supérieure à la valeur minimale assurant une bonne qualité d'image. Selon les essais faits jusqu'ici, cette réserve autoriserait l'établissement d'un réseau de transmission par faisceaux hertziens courant des distances de 500 km au plus.

En comparant le procédé des deux canaux de télévision à une transmission vidéo normale, on constate une différence manifeste entre les paramètres de système. Il ne faudrait cependant pas appliquer à ce procédé les critères de jugement sévères réservés à la technique des liaisons à grande distance. Il s'agit d'une solution économique permettant l'établissement d'un réseau de liaisons hertziennes d'appoint pour installations d'antennes collectives et les essais dont elle a fait l'objet ont montré qu'elle satisfait en tout point aux exigences posées.

Bibliographie

- [1] *Wey E.* Ein Planungskonzept für Richtfunkverbindungen der Fernseh- und Tonzubringerdienste. Bern, Techn. Mitt. PTT 55 (1977) 10, S. 457...466.
- [2] Studie zur Übertragung zweier Fernsehsignale über eine GA-Zubringer-Richtfunkverbindung. Bern, Generaldirektion PTT, Abt. Forschung und Entwicklung, Bericht VD13.072A.
- [3] 2 TV-Übertragungsgeräte für FM-Richtfunkausrüstungen. Detailbeschreibung der entwickelten Geräte. Bern, General-

- direktion PTT, Abt. Forschung und Entwicklung, Bericht VD13.092A.
- [4] 2 TV-Übertragungsgeräte für FM-Richtfunkausrüstungen. Bern, Generaldirektion PTT, Abt. Forschung und Entwicklung, Bericht VD13.089A.
- [5] Technische Grundforderungen für die Übertragungsqualität von Gemeinschaftsantennenanlagen. Bern, PTT 810.52, 1974.