

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: 60 (1982)

Heft: 3

Artikel: Realisierung einer ökonomischen Richtfunkverbindung als Zubringer für Fernseh- und Hörfunkprogramme = Réalisation d'une liaison hertzienne économique pour l'apport de programmes de télévision et de radio

Autor: Fiechter, Max / Furrer, Jürg / Nold, Bruno

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-876152>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.03.2025

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

Realisierung einer ökonomischen Richtfunkverbindung als Zubringer für Fernseh- und Hörfunkprogramme

Réalisation d'une liaison hertzienne économique pour l'apport de programmes de télévision et de radio

Max FIECHTER, Jürg FURRER, Bruno NOLD, Bern, und Pierre NOESEN, Zürich

621.396.43:621.396.97:621.397.743

Zusammenfassung. Ein frequenzökonomisches 2,5-GHz-Richtfunknetz als Zubringer für Fernseh- und Hörfunkprogramme wird durch mehrfache Ausnutzung der Richtfunkkanäle erreicht. Je Richtfunkbasisband eines 1800-Telefoniekanaalsystems werden zwei TV- oder 14 Hörfunkprogramme übertragen. Dafür wurden besondere Ausrüstungen entwickelt und gebaut. Sie ermöglichen, über das PTT-Richtstrahl-Zubringernetz für Gemeinschaftsantennen (GAZ) landesweit 14 TV- und 14 Hörfunkprogramme zu verteilen. Messungen an ersten in Betrieb genommenen Übertragungstrecken haben gezeigt, dass die geplanten Signalqualitäten erreichbar sind. Sie entsprechen guter bis sehr guter subjektiv beurteilter Qualität (Note 4,5 auf der fünfstufigen CCIR-Bewertungsskala). Diese soll an der Gemeinschaftsantennen-Kopfstation 98 % der Zeit des für die Wellenausbreitung ungünstigsten Monats nicht unterschreiten.

Résumé. Il est possible, par l'utilisation multiple des canaux, d'établir un réseau hertzien à 2,5 GHz assurant une utilisation économique des fréquences en tant que système d'apport de programmes de radio et de télévision. Deux programmes de TV et 14 programmes de radio sont transmis pour chaque bande de base d'une liaison hertzienne d'un système téléphonique à 1800 voies. Des équipements spéciaux ont été développés et construits à cet effet. Ils permettent de distribuer à l'échelle nationale sur le réseau hertzien d'apport aux antennes collectives (LAC) 14 programmes de TV et 14 programmes de radio. Des mesures sur les premiers tronçons en service ont montré que la qualité des signaux prévue pouvait être atteinte. Cette qualité correspond à la note 4,5 (bonne) d'après l'échelle d'estimation subjective à cinq degrés du CCIR. Cette valeur ne doit pas être inférieure, à la station de tête, pendant 98 % du temps (mois le moins favorable du point de vue de la propagation des ondes).

Realizzazione di un collegamento economico per l'adduzione di programmi televisivi e radiofonici

Riassunto. Lo sfruttamento multiplo dei canali ponti radio permette di realizzare, per l'adduzione di programmi televisivi e radiofonici, una rete ponti radio a 2,5 GHz economica in quanto a frequenze. Con ogni canale ponte radio di base di un sistema a 1800 canali telefonici sono trasmessi due programmi televisivi o 14 programmi radio. A questo scopo sono state sviluppate e costruite apparecchiature speciali che permettono di distribuire su tutto il territorio nazionale 14 programmi televisivi e 14 programmi radio attraverso la rete ponti radio per adduzione agli impianti d'antenna collettive (GAZ) delle PTT. Le misurazioni effettuate ai primi percorsi di trasmissione attivati hanno mostrato che la qualità dei segnali previste sono ottenibili. Giudicate soggettivamente corrispondono a una qualità buona fino a molto buona (nota 4,5 sulla scala di valutazione di cinque gradi del CCIR). Alla stazione terminale dell'antenna collettiva questa qualità non deve essere inferiore durante il 98 % del mese meno favorevole alla propagazione delle onde.

1 Einleitung

1976 wurde von der Abteilung Forschung und Entwicklung der Generaldirektion der Schweizerischen PTT-Betriebe ein Basisnetzkonzept als Zubringer von Fernseh- und Hörfunkprogrammen für Kabelfernsehnetze ausgearbeitet und in [1] veröffentlicht.

Dieses Konzept gestattet eine systematische Planung und eine einwandfreie Übertragungsqualität, indem konsequent mit Frequenzmodulation sowie mit einem Minimum an Modulationen und Demodulationen gearbeitet wird. Eine wirtschaftliche und frequenzökonomische Lösung wird durch doppelte Ausnutzung der normalen Richtfunkkanäle erzielt. Die Planungsmethode wurde anhand eines Entwurfbeispiels für ein schweizerisches Zubringer-Richtfunknetz mit 14 TV-, 7 UKW-Stereo- und 7 UKW-Monoprogrammen erläutert.

In der Folgezeit wurden dann die nötigen Spezialgeräteeinheiten geschaffen. Über die Entwicklung der Fernsehhausrüstungen wurde in [2] bereits berichtet. Über die Arbeiten für die Hörfunkbelange orientiert erstmals die vorliegende Publikation. Ihr Hauptanliegen aber ist, über die heute industriell hergestellten Geräte und die im praktischen Einsatz erzielten Resultate zu berichten.

1 Introduction

En 1976, la Division des recherches et du développement de la Direction générale de l'Entreprise des PTT a élaboré et publié une conception du réseau de base des liaisons à faisceaux hertziens servant à l'apport des programmes de télévision et de diffusion sonore [1].

Cette conception permet une planification systématique et assure une qualité de transmission irréprochable par l'emploi constant de la modulation de fréquence et de taux de modulation et de démodulation réduits au minimum. L'utilisation double des canaux hertziens normaux représente, en plus, une solution économique, tant du point de vue des équipements que de celui des fréquences. L'auteur avait expliqué la méthode de planification en se fondant, à titre d'exemple, sur un réseau national d'apport par faisceaux hertziens comprenant 14 canaux de télévision, 7 canaux OUC en stéréophonie et 7 canaux OUC en monophonie.

Dans l'intervalle, les équipements spéciaux nécessaires ont été créés. L'article [2] décrivait déjà le développement des équipements de télévision. La présente contribution donne pour la première fois des explications se rapportant au domaine de la radiodiffusion. Son objectif

2 Spezifikationen und Messergebnisse der Verbindung

21 Planungsrichtwerte

Die erforderliche Übertragungsqualität des Richtstrahlkanals ist aufgrund eines 500 km langen hypothetischen Bezugskreises bestimmt worden. Sie entspricht während 98 % des ungünstigsten Monats einem Gesamtgeräusch von maximal 1500 pWOp, gemessen an der ungünstigsten Stelle des Basisbandes bei Pre- und Deemphasis für 1800 Telefoniekanäle. Von einer Teilstrecke allein soll beim Planungswert der Empfangsleistung von -30 dBm (bei Verwendung eines Vorverstärkers mit einer Rauschzahl von 5 dB genügt ein Pegel von -33 dBm) ein zulässiger Wert von rund 100 pWOp eingehalten werden. Es verbleiben somit etwa 500 pWOp als Einzelschwundmarge. Diese Spezifikation gilt für einen Betrieb mit (7+7)-Hörfunk- und 2 Fernsehkanälen. Beim letzteren muss ausserdem der Frequenzgang bis 14 MHz flach und frei von selektiven Störspitzen sein.

Der hypothetische Bezugskreis setzt sich aus neun Teilstrecken im Basisnetz und einer Teilstrecke im Verteilnetz zusammen. Die Längen der Teilstrecken sind durch die Stationsabstände im schweizerischen Richtstrahlnetz gegeben. Beim Teilnehmer sollen die Programme während 98 % der Zeit des ungünstigsten Monats die Qualität 4 einhalten, entsprechend Qualität 4,5 am Übergangspunkt in der Kopfstation der Gemeinschaftsantennenanlage. Der Ausfall (Qualität 1) soll nicht länger als 0,01 % des Monats betragen (Tab. I). Die Qualität wird gemäss der CCIR-Bewertungsskala wie folgt bewertet: 5 = sehr gut, 4 = gut, 1 = unbrauchbar.

Für die Richtfunkübertragung werden folgende Preemphasisnetzwerke und Modulationspegel verwendet:

Hörfunk: Tf 1800 Preemphasis

- Primärhub mit 1000-Hz-Signal: ± 60 kHz
- Stereosignalpegel $P_s = + 9,6$ dBmO (Monosignalpegel 10 dB abgesenkt)
- 4,988 MHz: 0 dBmO \rightarrow 140 kHz Hub_{eff}

2-TV-Multiplexpfad: Tf 2700 Preemphasis

- TV 1: + 13 dBmO
 - TV 2 (6,9): + 22 dBmO
 - T 1 (13,2): 0 dBmO
 - T 2 (12,4): 0 dBmO
 - Pilot: $-7,6$ dBmO \rightarrow 100 kHz Hub_{eff}
 - 7,532 MHz: 0 dBmO \rightarrow 140 kHz Hub_{eff}
- } Aussteuerung
} mit Sinussignalen

Die detaillierten Planungsunterlagen sind im PTT-Bericht [4] zusammengestellt.

22 Übertragungsmessungen im Richtstrahlnetz

221 Allgemeines

Die Übertragungskonzepte der beiden Multiplexsignale (2-TV- beziehungsweise [7+7]-System) wurden im Dezember 1976 auf einer Versuchsverbindung mit zwei Teilstrecken geprüft. Im Februar 1979 war es möglich, zur Nachprüfung der Systemparameter und der Messmethoden einige längere Verbindungen mit den neu entwickelten 2,5-GHz-Ausrüstungen zusammenzuschalten.

principal est cependant de commenter les équipements produits aujourd'hui par l'industrie, ainsi que les résultats qu'ils fournissent en pratique.

2 Spécifications et résultats des mesures d'une liaison

21 Valeurs indicatives de planification

La qualité de transmission que devait présenter le canal à faisceaux hertziens a été déterminée au vu d'un circuit de référence théorique de 500 km. Cette qualité correspond pendant 98 % du mois le plus défavorable à un bruit total de 1500 pWOp au maximum, mesuré à l'endroit le plus défavorable de la bande de base, avec préaccentuation et désaccentuation, pour 1800 canaux téléphoniques. Compte tenu d'une valeur de planification pour les performances de réception de -30 dBm (dans le cas de l'utilisation d'un préamplificateur ayant un facteur de bruit de 5 dB pour un niveau de -33 dBm), un tronçon doit respecter la valeur admissible d'environ 100 pWOp. Il reste donc environ 500 pWOp comme réserve d'affaiblissement pour un trajet unique. Cette spécification s'applique à une exploitation de (7+7) canaux de radiodiffusion et deux canaux de télévision. Pour la télévision, la courbe de réponse doit toutefois être plate jusqu'à 14 MHz et exempte de crêtes perturbatrices sélectives.

Le circuit de référence théorique se compose de neuf tronçons du réseau de base et d'un tronçon du réseau de distribution. Les longueurs des tronçons résultent des espacements entre stations du réseau à faisceaux hertziens suisse. L'abonné doit recevoir les programmes pendant 98 % du mois le plus défavorable avec la qualité 4, ce qui correspond à la qualité 4,5 au point d'injection de la station de tête de l'installation d'antennes collectives. La rupture de liaisons (qualité 1) ne doit pas se produire pendant plus longtemps que 0,01 % du mois (tab. I). L'estimation subjective de la qualité d'après l'échelle recommandée par le CCIR est la suivante: 5 = très bonne, 4 = bonne, 1 = mauvais (inutilisable).

Tabelle I. Angestrebte Qualitäten und Verfügbarkeiten der zu übertragenden Signale im Zubringernetz zu Gemeinschaftsantennenanlagen
Tableau I. Qualité visée et disponibilité des signaux à transmettre dans le réseau d'apport aux installations d'antennes collectives

| | | |
|---|-----|-------|
| Qualität an der GA-Kopfstation – Qualität à la station de tête | 4,5 | 1 |
| S/N bei Stereo-Übertragung bewertet [dB] ¹ – Rapport signal/bruit pondéré pour transmission stéréo [dB] ¹ | 49 | 25 |
| S/N bei TV-Übertragung unbewertet [dB] – Rapport signal/bruit non pondéré pour transmission TV [dB] | 36 | 15 |
| Während ... % im ungünstigsten Monat – Pendant ... % du mois le plus défavorable | 98 | 99,99 |
| Entsprechende Unterschreitungszeit im ungünstigsten Monat [h] – Temps de dépassement correspondant dans le mois le plus défavorable [h] | 15 | 0,083 |

¹ Messung quasi-peak gemäss CCIR 468-2 – Mesure de quasi-crête selon CCIR 468-2

Pour une retransmission par faisceaux hertziens, on utilise les cellules de préaccentuation et les niveaux de modulation suivants:

Bei den Messungen wurde darauf geachtet, dass alle Ablesungen unter kontrollierten Bedingungen stattfanden, indem die folgenden massgebenden Einflussgrößen im Zeitpunkt der Ablesungen erfasst wurden:

- Bild-, Ton- und Pilotpegel
- Summenpegel, als Mass für die Aussteuerung
- Frequenzhub
- Gesamtgeräusch der Richtstrahlverbindung (Messung im Aussenbandkanal 13 677 kHz)
- Amplituden-Frequenzgang im Multiplexkanal 0...14 MHz
- selektiv gemessenes Geräusch im Multiplexpfad unter Berücksichtigung der Störkomponenten
- Aussteuerungskennlinien der Signalkomponenten Bild 1, Bild 2, Ton 1, Ton 2, Pilot und des 2-TV-Multiplexsignals

Pegel und Frequenzhub wurden mit dem selektiven Pegelmessgerät unter Beizug eines Messdemodulators festgestellt (Fig. 1).

Das ermittelte Gesamtgeräusch einer Verbindung mit 12 Teilstrecken stimmte auf 0,8 dB genau mit der Summe der Geräuschleistungen der Einzelstrecken überein. Nach 12 Teilstrecken stimmte bei 12,4 MHz die Abweichung des Amplituden-Frequenzganges auf 0,7 dB genau mit der Summe der Teilabweichungen überein.

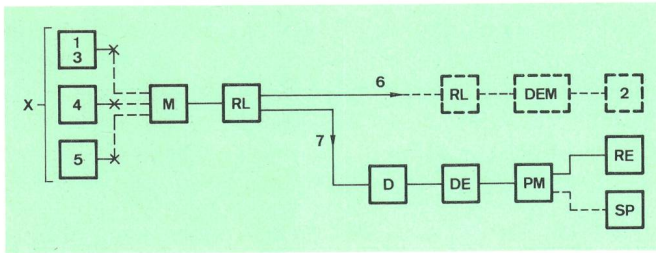


Fig. 1
Messschaltung – Dispositif de mesure

- X Signalquellen – Sources des signaux
- 1 Sendeseitige Basisband-Endausrüstung inklusive Multiplexeinrichtung für 2-TV- oder (7+7)-System und Preemphasis – Equipement terminal en bande de base côté émission y compris le multiplex pour le système 2 TV ou (7+7) et la préaccentuation
- 2 Empfangsseitige Basisband-Endausrüstung inklusive Demultiplexer für 2-TV- oder (7+7)-System und Deemphasis – Equipement terminal en bande de base côté réception y compris le demultiplexeur pour le système 2 TV ou (7+7) et la désaccentuation
- 3 Bandsperre für Ausserbandmesskanal (eingefügt in «1») – Filtre coupe-bande pour canal de mesure hors-bande (injecté dans «1»)
- 4 Pegelsender – Générateur de niveau
- 5 Rauschklimmessplatz – Place de mesure du bruit d'intermodulation
- 6 Signalpfad zur nächsten Teilstrecke oder zu DEM (am 1. ZF-Ausgang) – Acheminement des signaux vers le prochain tronçon ou vers DEM (à la 1^{re} sortie FI)
- 7 Messpfad (am 2. ZF-Ausgang) – Sortie mesure (à la 2^e sortie FI)
- M Messmodulator (Bestandteil des Richtfunkmessgerätes Typ RM-4 von Wandel und Goltermann) – Modulateur de mesure (partie constituante de l'instrument de mesure pour ondes dirigées du type RM-4 de Wandel et Goltermann)
- RL Demodulationsfreie Richtstrahlverbindung mit 1...14 Teilstrecken – Liaison à faisceaux hertziens sans démodulation comprenant 1...14 tronçons
- D Messdemodulator (Bestandteil von RM-4) – Démodulateur de mesure (partie constituante de RM-4)
- DEM Betriebsdemodulator – Démodulateur d'exploitation
- DE Deemphasis – Désaccentuation
- PM Breitbandpegelmessgerät zeigt den Summenpegel – Mesureur de niveau à large bande indiquant la somme des niveaux
- SP Selektiver Pegelmessgerät – Mesureur de niveau sélectif
- RE Rauschklimempfänger zeigt das Ausserbandgeräusch der Richtstrahlverbindung allein – Récepteur de bruit d'intermodulation montrant le bruit hors-bande provenant de la liaison hertzienne

Radiodiffusion: Tf 1800 préaccentuation

- excursion primaire avec un signal à 1000 Hz: ± 60 kHz
- niveau du signal stéréo Ps = + 9,6 dBmO (niveau du signal monophonique abaissé de 10 dB)
- 4,988 MHz: 0 dBmO \rightarrow 140 kHz exc. eff

Voie multiplex 2 TV: Tf 2700 préaccentuation

- TV 1: + 13 dBmO
- TV 2 (6,9): + 22 dBmO
- T 1 (13,2): 0 dBmO
- T 2 (12,4): 0 dBmO
- Pilote: -7,6 dBmO \rightarrow 100 kHz exc. eff
- 7,532 MHz: 0 dBmO \rightarrow 140 kHz exc. eff

Les dossiers de planification détaillés sont récapitulés dans le rapport PTT [4].

22 Mesures de transmission dans le réseau à faisceaux hertziens

221 Généralités

La conception de transmission des deux signaux multiplex (système à deux canaux TV ou 7+7 canaux radio) a été mise à l'épreuve en décembre 1976 sur une liaison d'essai à deux tronçons. Au mois de février 1979, il a été possible de constituer quelques liaisons plus longues au moyen du matériel nouvellement développé à 2,5 GHz, dans le dessein de vérifier les paramètres du système et les méthodes de mesure.

Pour les mesures, on a veillé à ce que toutes les lectures se fassent dans des conditions contrôlées, en ce sens que les grandeurs d'influence déterminantes ci-après ont été saisies au moment de relevés

- niveau de l'image, du son et du signal pilote
- somme des niveaux, en tant que critère de modulation
- excursion de fréquence
- bruit total de la liaison hertzienne (mesure dans le canal hors bande 13 677 kHz)
- courbe de réponse en amplitude dans le canal multiplex 0...14 MHz
- bruit mesuré sélectivement dans la voie multiplex, compte tenu des composantes perturbatrices
- courbes caractéristiques de modulation des composantes du signal image 1, image 2, son 1, son 2, pilote et signal multiplex 2 TV

Le niveau et l'excursion de fréquence ont été déterminés au moyen du mesureur de niveau sélectif associé à un démodulateur de mesure (fig. 1).

Le bruit total déterminé pour une liaison de 12 tronçons correspondait avec une précision de 0,8 dB à la somme des puissances de bruit des trajets individuels. Après 12 tronçons et pour 12,4 MHz, la déviation de la courbe de réponse en amplitude coïncidait à 0,7 dB près à la somme des déviations prises individuellement.

On s'aperçoit donc que les déviations de la courbe de réponse en amplitude par rapport à la valeur nominale et les bruits totaux s'additionnent de manière pratiquement linéaire.

222 Résultats des mesures

Les mesures de contrôle ont été effectuées dans des conditions de propagation très stables pour des liaisons comprenant 2, 4, 12 et 14 tronçons.

Abweichungen des Amplituden-Frequenzganges vom Nennwert und Gesamtgeräusche addieren sich somit ziemlich genau linear.

222 Messergebnisse

Die Kontrollmessungen wurden bei sehr stabiler Wellenausbreitung über Verbindungen mit 2, 4, 12 und 14 Teilstrecken durchgeführt.

- Die *Empfangsleistungen* betragen
 - für 3 Teilstrecken: –29...–31 dBm
 - für 5 Teilstrecken: –24,5...–28 dBm
 - für 6 Teilstrecken: –32...–33 dBm
- Der *Amplituden-Frequenzgang* lag im Bereich 0...8,5 MHz innerhalb 0,5 dB.
- Das mittlere *Grundgeräusch je Teilstrecke* lag bei den verschiedenen Verbindungen zwischen 90 und 125 pWOp. Bei einer Systembelastung von 17,5 dBmO mit weißem Rauschen betragen die entsprechenden Werte für das Gesamtgeräusch je Teilstrecke 105...160 pWOp.
- Bei einer Verbindung mit 10 Teilstrecken wurden folgende Geräuschabstände ermittelt:
 - S/N-Stereo-Hörfunk: besser als 47 dB¹
 - S/N-Mono-Hörfunk: besser als 56 dB¹
 - S/N-Fernsehen: besser als 35 dB²

Da die Nachbarkanäle nicht belegt waren, trat bei diesen Messungen kein RF-Nebensprechen auf.

Zur Untersuchung des Interferenzgeräusches (verursacht durch RF-Kanal-Nebensprechen³) wurde eine (7+7)-Richtstrahlverbindung mit 10 Teilstrecken durch zwei 2-TV-Richtstrahlverbindungen in den RF-Nachbarkanälen gestört. Dadurch wurde im obersten Stereokanal (8,55 MHz) der Geräuschabstand um 0,3 dB verschlechtert. Die Qualitätsbeeinträchtigung ist in diesem Fall unwesentlich. Ähnliche Verhältnisse ergeben sich für die Bildstörung. Kritisch dürfte jedoch die Beeinträchtigung des TV-Tones sein. Leider konnte dieser Störfall aus betrieblichen Gründen experimentell nicht überprüft werden.

Benachbarte RF-Kanäle werden mit gekreuzten Polarisationsrichtungen betrieben. Das 2-TV-Signalübertragungsprinzip bringt eine bessere Frequenzbandausnutzung, bedingt jedoch eine genügend gute Polarisationsentkopplung, um das RF-Kanal-Nebensprechen in tragbaren Grenzen zu halten.

3 2-TV-Multiplex-Ausrüstungen

Das 2-TV-Verfahren dient der gemeinsamen Übertragung von zwei Fernsehsignalen (mit den zugehörigen Tonträgern) über einen Richtfunkkanal. Das Übertragungsverfahren wurde bereits in [2] beschrieben. Wie *Figur 2* zeigt, benötigt es als zentrale Einheiten einen 2-TV-Multiplexer und einen 2-TV-Demultiplexer, die die gemeinsame Richtfunkausrüstung mit den kanalweise arbeitenden Peripheriegeräten verbinden.

- Les *performances de réception* ont été
 - pour 3 tronçons: –29...–31 dBm
 - pour 5 tronçons: –24,5...–28 dBm
 - pour 6 tronçons: –32...–33 dBm
- Dans la bande 0...8,5 MHz, la *courbe de réponse en amplitude* s'est située dans les limites de 0,5 dB.
- Le *bruit de fond moyen par tronçon* s'est situé entre 90 et 125 pWOp pour diverses liaisons. Pour une charge du système avec du bruit blanc poussée à +17,5 dBmO, les valeurs correspondantes du bruit de fond total par tronçon ont été de 105...160 pWOp.
- Pour une liaison comprenant dix tronçons, on a déterminé les rapports signal/bruit suivants:
 - rapport signal/bruit pour radiodiffusion stéréophonique: meilleur que 47 dB¹
 - rapport signal/bruit pour radiodiffusion monophonique: meilleur que 56 dB¹
 - rapport signal/bruit télévision: meilleur que 35 dB²

Vu que les canaux voisins n'étaient pas occupés, ces mesures n'ont pas été affectées de diaphonie radiofréquence.

Pour examiner le bruit d'interférence (causé par la diaphonie d'un canal de radiodiffusion voisin), on a perturbé expérimentalement une liaison hertzienne (7+7) de 10 sections en injectant deux voies hertziennes 2 TV dans les canaux de radiodiffusion voisins. De ce fait, le rapport signal/bruit s'est détérioré de 0,3 dB dans le canal stéréophonique supérieur (8,55 MHz). Dans le cas particulier, la diminution de qualité est négligeable. Des conditions analogues sont apparues pour la perturbation de l'image. Un point critique eût été la diminution de qualité qui peut dans un tel cas affecter le son TV. Malheureusement, celui-ci n'a pas pu être examiné expérimentalement pour des raisons d'exploitation.

Les canaux de radiofréquence voisins sont utilisés avec croisement des sens de polarisation. Le principe de la transmission de signaux 2 TV améliore l'utilisation de la bande de fréquences, le découplage de polarisation devant cependant être suffisamment bon pour que la diaphonie dans un canal voisin de radiofréquence se situe dans les limites acceptables.

3 Equipement multiplex 2 TV

Le procédé 2 TV sert à la transmission simultanée de deux signaux de télévision (avec les porteuses son associées) par l'intermédiaire d'un canal hertzien. Il a déjà été décrit dans [2]. Comme on le voit à la *figure 2*, on recourt à un multiplexeur 2 TV et à un demultiplexeur 2 TV comme unités centrales, qui relient les périphériques traitant les signaux au moyen d'équipements à faisceaux hertziens.

Lors du développement des équipements de multiplexage 2 TV, il a fallu notamment tenir compte des propriétés des périphériques offerts dans le commerce, tels que les démodulateurs TV, les processeurs de signaux TV (convertisseurs) et les modulateurs TV.

¹ Quasi-peak-bewertet, Bezugshub \pm 40 kHz

² Unbewertet (Summenpegel des Multiplexsignals = + 19,6 dBmO)

³ RF = Radiofrequenz

¹ Valeur de quasi-crête pondérée avec excursion de référence \pm 40 kHz (excursion secondaire: somme des niveaux = + 20,5 dBmO)

² Valeur non pondérée (somme des niveaux du signal multiplexé = + 19,6 dBmO)

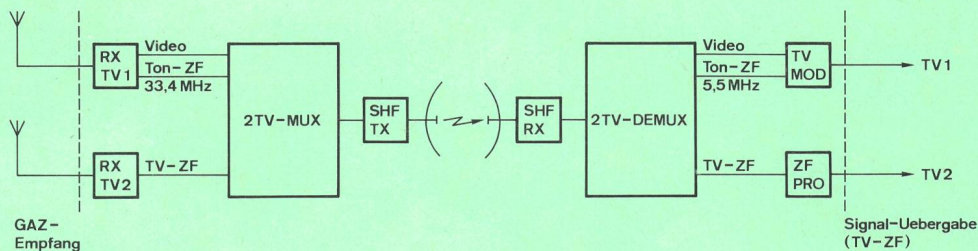


Fig. 2
2-TV-Übertragungsverfahren im GAZ-Netz — Procédé de transmission 2 TV dans le réseau LAC

| | | | |
|----------|--|----------------|---|
| RX TV 1 | Demodulator TV 1 — Démodulateur TV 1 | 2-TV-DEMUX | 2-TV-Demultiplexer — Démultiplexeur 2 TV |
| RX TV 2 | Umsetzer TV 2 — Convertisseur TV 2 | TV MOD | TV-Modulator — Modulateur TV |
| SHF RX | Richtfunkempfänger inklusive Demodulator — Récepteur à faisceaux hertziens y compris le démodulateur | ZF PRO | ZF-Signalprozessor — Processeur de signaux FI |
| SHF TX | Richtfunksender inklusive Modulator — Émetteur à faisceaux hertziens y compris le modulateur | Ton-ZF | Son FI |
| 2-TV-MUX | 2-TV-Multiplexer — Multiplexeur 2 TV | GAZ-Empfang | Réception LAC |
| | | Signalübergabe | Introduction du signal |

Bei der Entwicklung der 2-TV-Multiplexer-Ausrüstungen musste besonders auf die Eigenschaften handelsüblicher Peripheriegeräten, wie TV-Demodulatoren, TV-Signalprozessoren (Umsetzer) und TV-Modulatoren, Rücksicht genommen werden.

Die Aussteuerungsverhältnisse des Multiplexsignals, die letztlich die Übertragungsqualität bestimmen, sind aus *Figur 3* ersichtlich. Dabei soll der nach CCIR festgelegte Summenlastpegel für das eingesetzte Richtfunksystem auch bei der 2-TV-Signalübertragung nicht überschritten werden.

31 2-TV-Multiplexer

Die Arbeitsweise dieses Gerätes ist aus der Blockschaltung *Figur 4* ersichtlich. In den drei Funktionseinheiten TV 1, Ton 1 und TV 2 werden die von den Peripheriegeräten gelieferten Signale einzeln — entsprechend

La figure 3 illustre également les conditions de modulation du signal multiplex, qui déterminent en fin de compte la qualité de transmission. Dans le cas particulier, la somme des niveaux fixée par le CCIR pour le système à faisceaux hertziens utilisé ne doit également pas être dépassée lors de la transmission de signaux 2 TV.

31 Multiplexeur 2 TV

Le fonctionnement de cet équipement ressort du schéma-bloc de la *figure 4*. Les signaux délivrés par les périphériques sont traités individuellement — suivant

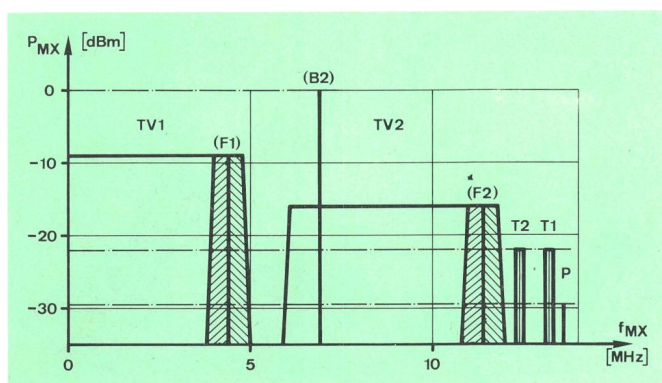


Fig. 3
2-TV-Multiplexsignal, am Pegelpunkt -22 dBm — Signal multiplex 2 TV au point de niveau -22 dBm

| | |
|--------|---|
| PMX | Multiplexsignalpegel — Niveau du signal multiplex |
| B2 | Bildträger TV 2 — Porteuse image TV 2 |
| F1, F2 | Farbhilfsträger — Sous-porteuses couleur |
| T1, T2 | Tonträger — Porteuses son |
| P | Pilotsignal — Signal pilote |
| TV 1 | Signal 1, Video-Lage — Signal 1, position vidéo |
| TV 2 | Signal 2, moduliert — Signal 2, modulé |
| fMX | Multiplexsignalfrequenz — Fréquence du signal multiplex |

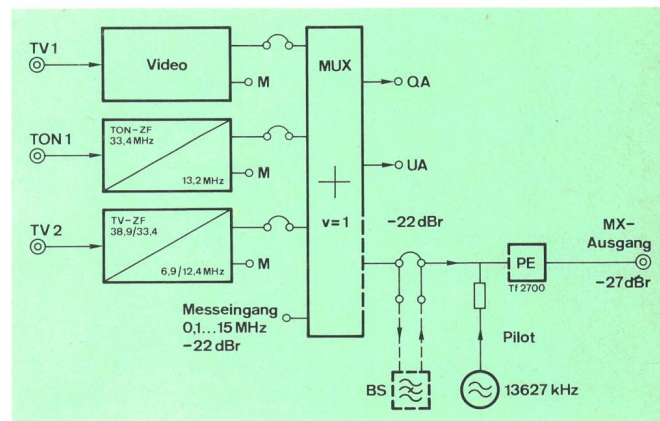


Fig. 4
Blockschema des 2-TV-Multiplexers — Schéma-bloc du multiplexeur 2 TV

| | |
|-------------|--|
| M | Monitorausgang — Sortie du moniteur |
| QA | Ausgang Qualitätskontrolle — Sortie du contrôle de qualité |
| UA | Ausgang Umschalt- und Alarmeinheit — Sortie de l'unité de commutation et d'alarme |
| MX-Ausgang | Multiplexsignal-Ausgang — Sortie du signal multiplex |
| PE | Preemphase — Préaccentuation |
| BS | Bandsperr (extern, für Messzwecke) — Filtre coupe-bande (externe à des fins de mesure) |
| TV 1 | Fernsehsignal 1 — Signal de télévision 1 |
| TV 2 | Fernsehsignal 2 — Signal de télévision 2 |
| MUX | Multiplexer — Multiplexeur |
| Ton 1 | Son 1 |
| Ton-ZF | Son FI |
| Messeingang | Entrée de mesure |
| Pilot | Pilote |

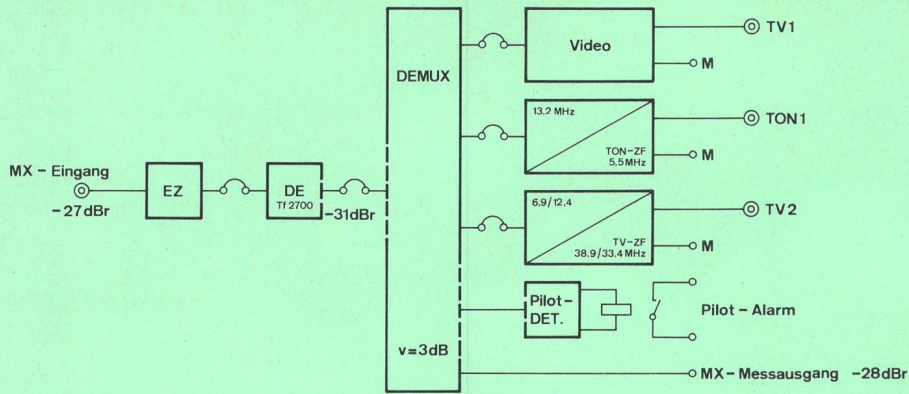


Fig. 5
 Blockschema des 2-TV-Demultiplexers — Schéma-bloc du démultiplexeur 2 TV

M Monitorausgang — Sortie du moniteur
 MX-Eingang Multiplexsignal-Eingang — Entrée du signal multiplex
 EZ Entzerrer — Filtre correcteur
 DE Deemphasis — Désaccentuation
 DEMUX Demultiplexer — Démultiplexeur
 Pilot Det Pilotdetektor — Détecteur de pilote

Ton-ZF — Son FI
 TV-ZF — FI TV
 Ton — Son
 Pilotalarm — Alarme de pilote
 Messausgang — Sortie de mesure

ihrer Lage innerhalb des Multiplexsignals — aufbereitet (Filterung, Frequenzumsetzung, Pegelanpassung). In der vierten Einheit MUX werden anschliessend die Zusammenschaltung der einzelnen Komponenten zum Multiplexsignal nach Figur 3 wie auch die Pilotsignaleinspeisung und die Signalvorbetonung (Preemphasis) vorgenommen.

32 2-TV-Demultiplexer

Im Demultiplexer gelangt das vom Richtfunkdemodulator gelieferte Signal zuerst zum Basisbandentzerrer (Fig. 5); dieser ermöglicht das Ausgleichen von Amplitudenfrequenzgangabfällen am oberen Ende des Basisbandkanals, dessen Bandbreite durch das 2-TV-Multiplexsignal voll ausgenutzt wird. Über das folgende Nachbetonungs-Netzwerk (Deemphasis) erreicht das Multiplexsignal die eigentliche Demultiplexer-Schaltung (DEMUX). Die identischen, entkoppelten Ausgänge liefern nun das Multiplexsignal zu den Einheiten TV 1, Ton 1 und TV 2, in denen wiederum durch Filtern, Umsetzen und Verstärken die ursprünglichen Komponenten gewonnen werden.

Gleichzeitig überwacht ein Pilotdetektor den Pilotträgerpegel und gibt — beim Unterschreiten eines einstellbaren Schwellwertes — eine Alarminformation ab.

33 Bauweise

Beide Gerätetypen sind identisch in Einschubbauweise konzipiert (Fig. 6). Ein 19"-Baugruppenträger nimmt die geschirmten Kassetten, die jeweils eine der erwähnten Funktionseinheiten enthalten, auf. Die Speisung kann durch austauschbare Einschübe über das normale Wechselstromnetz oder durch 48-V-Gleichstromversorgung erfolgen. Diese Ausrüstungen wurden durch die Firma Dr. A. Mandozzi, Ponte Capriasca, hergestellt.

4 Hörfunk-Ausrüstungen

Zurzeit befinden sich die Basisband-Aufbereitungs-ausrüstungen für die Zubringung der 14 Hörfunkpro-

leur position dans le signal multiplex — dans les trois unités fonctionnelles TV 1, son 1, et TV 2 (filtrage, transposition de fréquences, adaptation du niveau). Dans la quatrième unité MUX, les différentes composantes sont finalement assemblées en un signal multiplex 1 selon la figure 3, où l'on injecte également le signal pilote et procède à la préaccentuation.

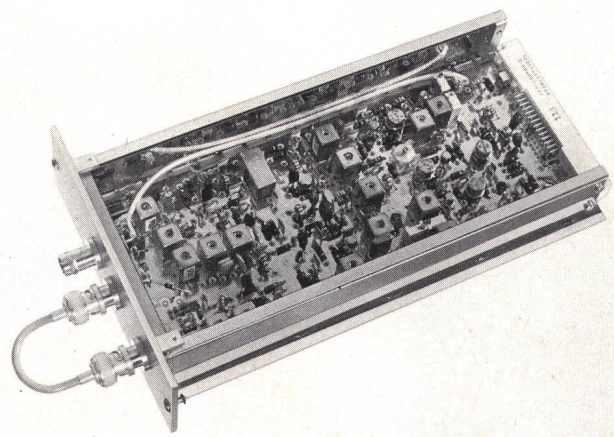
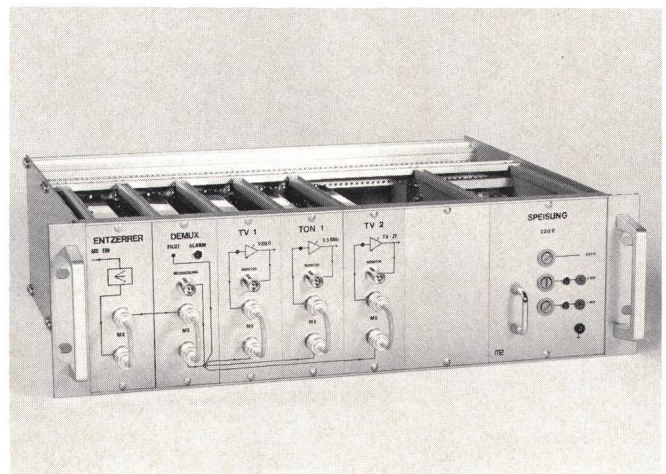


Fig. 6
 2-TV-Multiplexausrüstung — Equipement multiplex 2 TV

gramme zu den Gemeinschaftsantennenanlagen in drei Richtfunkstationen. Sie haben die Aufgaben,

- die zu übertragenden Programme ins Basisband (0,15...14 MHz) umzusetzen
- das Basisband-Frequenzmultiplexsignal (im folgenden Basisbandsignal genannt) bereitzustellen
- den erforderlichen Basisbandpegel dem Richtfunkmodulator anzubieten
- ein Pilotsignal zur Überwachung der Richtfunkverbindungen dem Basisband zuzufügen

Diese Geräte sind modular aufgebaut. Steckbare Kassetten ermöglichen einen universellen Einsatz. Dank der logischen Aneinanderreihung der Kassetten — entsprechend dem Signalfloss — ist es leicht, im System den Überblick zu erhalten.

Figur 7 zeigt das Basisbandsignal mit sieben Stereo- und sieben Monoprogrammen, wie es nach der Richtfunkdemodulation und Nachentzerrung in der Kopfstation der Gemeinschaftsantennenanlage erscheint. Die gewählte intermodulationsfreie Anordnung der sieben Stereoprogramme erlaubt, zusätzlich zwei regional empfangene Stereo-Hörfunksignale intermodulationsfrei in der Kopfstation zuzufügen. Die entsprechenden Frequenzen sind in Tabelle II enthalten.

Tabelle II. Der Gemeinschaftsantennenanlage angebotene und belegte Frequenzen
Tableau II. Schéma d'occupation des fréquences offertes à l'installation d'antennes collectives

| Programm Programme | Basisband Bande de base f_{BB} [MHz] | Frequenzraaster — Espacement entre fréquences | | | | | |
|--|--|---|----------------|----------------|------------------------------|----------------|----------------|
| | | A [MHz] | | | B [MHz] | | |
| | | Kombination — Combinaison | | | Kombination — Combinaison | | |
| | | I | II | III | I | II | III |
| f_{LO} | — | 105,55 | | | 105,80 | | |
| Pilot | 13,627 | — | | | — | | |
| DRS 1 m | 1,95 | 103,60 | | | 103,85 | | |
| RSR 1 m | 2,55 | 103,00 | | | 103,25 | | |
| RSI 1 m | 3,00 | 102,55 | | | 102,80 | | |
| FI m | 3,30 | 102,25 | | | 102,50 | | |
| FC m | 3,60 | 101,95 | | | 102,20 | | |
| ORF 1 s | 4,35 | 101,20 | | | 101,45 | | |
| BR 1 s | 4,65 | 100,90 | | | 101,15 | | |
| SDR 1 m | 5,10 | 100,45 | | | 100,70 | | |
| AFN m | 5,40 | 100,15 | | | 100,40 | | |
| SWF 1 s | 5,85 | 99,70 | | | 99,95 | | |
| FM s | 6,75 | 98,80 | | | 99,05 | | |
| SWF 3 s | 7,50 | 98,05 | | | 98,30 | | |
| BR 3 s | 8,10 | 97,45 | | | 97,70 | | |
| ORF 3 s | 8,55 | 97,00 | | | 97,25 | | |
| Regional zugefügt ¹ Injecté régionalement ¹ | | 94,10 92,50 | 93,40 91,45 | 92,35 90,40 | 94,70 92,75 | 93,65 91,70 | 92,60 90,65 |

m = Monofon — Monophonique
s = Stereofon — Stéréophonique

¹ Frequenzplätze frei von Intermodulation 3. Ordnung bezüglich den Stereo-Rundfunkprogrammen — Disposition exempte d'intermodulations du 3^e ordre par rapport aux programmes de radiodiffusion stéréophoniques

41 Grundausrüstung für die Basisbandaufbereitung

Die Grundausrüstung für die Basisbandaufbereitung ist in zwei günstig gelegenen Richtfunkstationen installiert. In einer davon (Froburg) werden ein stereophones und fünf monophone Hörfunksignale aufbereitet (Fig. 8).

32 Démultiplexeur 2 TV

Dans le démultiplexeur, le signal fourni par le démodulateur hertzien passe d'abord dans le filtre correcteur de bande de base (fig. 5); ce circuit corrige l'affaissement de la courbe de réponse en amplitude à l'extrémité supérieure du canal en bande de base, la bande passante étant entièrement utilisée par le signal multiplexé 2 TV. A travers le réseau de désaccentuation qui suit, le signal multiplexé parvient au circuit de démultiplexage proprement dit (DEMUX). Les sorties identiques découplées délivrent le signal multiplex aux unités TV 1, son 1 et TV 2, où les composantes originales sont à nouveau extraites par filtrage, transposition et amplification.

Pendant ce processus, un détecteur de pilote surveille le niveau de la porteuse pilote et transmet une information d'alarme lorsqu'une valeur de seuil préréglée n'est pas atteinte.

33 Mode de construction

Les deux types d'appareils sont conçus de la même manière, sous forme d'unités enfichables (fig. 6). Un châssis de 19 pouces reçoit les tiroirs blindés abritant les unités fonctionnelles décrites. L'alimentation est assurée, soit par le réseau alternatif normal, soit par une source à courant continu de 48 V (modules interchangeables). Ces équipements ont été fabriqués par la maison A. Mandozzi, Ponte Capriasca.

4 Equipements de radiodiffusion

A l'heure actuelle, les équipements de préparation des signaux en bande de base pour l'apport des 14 programmes de radiodiffusion aux installations d'antennes collectives se trouvent dans trois stations à faisceaux hertziens. Ces équipements assurent les fonctions suivantes:

- transposer les programmes à transmettre dans la bande de base (0,15...14 MHz)
- conditionner le signal par multiplexage en fréquences dans la bande de base (appelé ci-après signal en bande de base)
- offrir le niveau en bande de base nécessaire au modulateur des équipements hertziens
- injecter un signal pilote dans la bande de base pour la surveillance des liaisons hertziennes

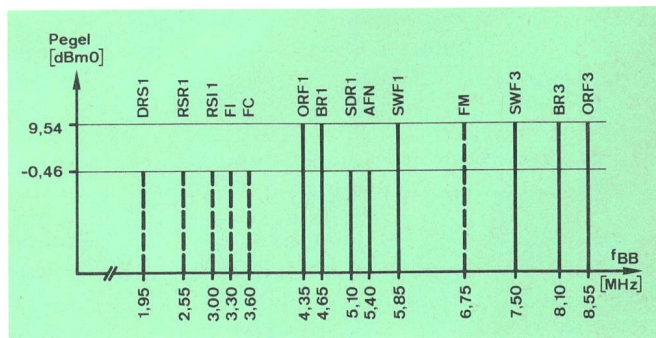


Fig. 7
Nachentzerrtes Basisbandsignal — Signal en bande de base après désaccentuation
 f_{BB} Basisbandfrequenz — Fréquence en bande de base
Pegel — Niveau

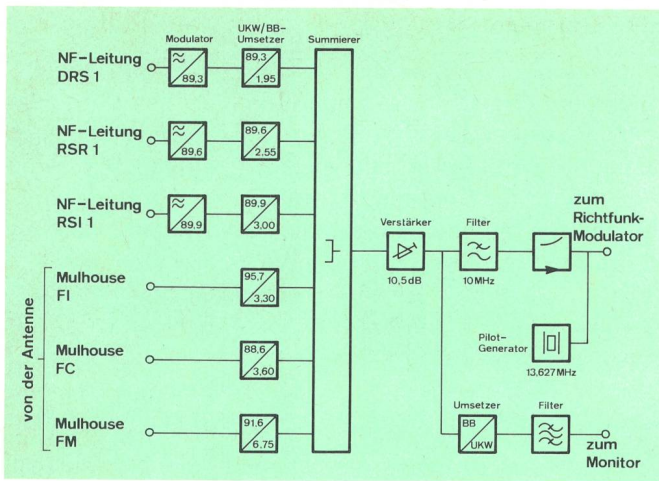


Fig. 8
Basisbandaufbereitung – Conditionnement des signaux en bande de base

- BB Basisband – Bande de base
- UKW Ultrakurzwellen – Ondes ultra-courtes
- Modulator – Modulateur
- Basisband – Bande de base
- Summierer – Additionneur
- Verstärker – Amplificateur
- Filter – Filtre
- Preemphasis – Préaccentuation
- Zum Richtfunkmodulator – Vers le modulateur hertzien
- Pilotgenerator – Générateur d'onde pilote
- Umsetzer – Convertisseur
- Zum Monitor – Vers le moniteur
- NF-Leitung – Ligne BF
- Von der Antenne – En provenance de l'antenne

Die vom Telefonrundsprach-Basisnetz übernommenen schweizerischen Programmsignale DRS 1, RSR 1 und RSI 1 modulieren einen Träger im UKW-Band II. Anschliessend werden sie – wie die über eine Antenne empfangenen französischen Programme – ins Basisband umgesetzt. Durch die Addition der umgesetzten Signale ergibt sich das Basisbandsignal, das mit weiteren Übertragungsgliedern aufbereitet wird. Der Basisband/UKW-Umsetzer und das nachgeschaltete Filter ermöglichen, die umgesetzten Hörfunksignale mit einem UKW-Monitorempfänger zu kontrollieren.

In einer zweiten Richtfunkstation (St. Anton) werden acht stereophone Hörfunksignale empfangen. Zwei davon (AFN und SDR 1, Fig. 7) werden monophon aufbereitet, denn das Hörfunk-Gemeinschaftsantennen-Zubringerkonzept lässt nur die Übertragung von sieben Stereoprogrammen je Richtfunkkanal zu. Die Basisbandaufbereitung geschieht analog den in Figur 8 drahtlos empfangenen und aufbereiteten Signalen.

Die beiden aufbereiteten Basisbänder gelangen zu einem Richtstrahlzentrum (Säntis), wo sie zusammenschaltet werden.

42 Zusammenschalttausrüstung für zwei Basisbandsignale

Diese Ausrüstung hat unter anderem die Aufgabe, die von zwei Grundausrüstungen aufbereiteten Basisbandsignale gemäss Figur 7 zu verschachteln. Die Pilotdetektoren am Eingang der Zusammenschalttausrüstung in Figur 9 überwachen die Richtfunkverbindungen der Aufbereitungsstationen (41). Beim Unterschreiten des Pilotpegels unter einen bestimmten Sollwert wird alarmiert. Die verschiedenen Filter vor dem Verstärker dienen

La conception de ces équipements est modulaire et ils se présentent sous forme de tiroirs enfichable d'un emploi universel. Grâce à l'agencement logique des tiroirs, conformément au flux des signaux, il est facile de garder la vue d'ensemble du système.

La figure 7 montre le signal en bande de base comprenant sept programmes stéréophoniques et sept programmes monophoniques, tel qu'il apparaît à la station de tête de l'installation d'antennes collectives après démodulation et désaccentuation. En raison de la disposition choisie pour les sept programmes stéréophoniques, qui garantit une absence d'intermodulation, il a été possible d'ajouter à ce signal, dans la station de tête, deux signaux de radio stéréophoniques captés localement, sans qu'il se produise d'intermodulation. Les fréquences correspondantes sont mentionnées dans le tableau II.

41 Equipement fondamental pour la préparation des signaux en bande de base

L'équipement fondamental pour la préparation des signaux en bande de base est installé dans deux stations à faisceaux hertziens favorablement situées. Dans l'une d'elles (Froburg), on prépare cinq signaux de radiodiffusion monophoniques et un signal de radiodiffusion stéréophonique (fig. 8). Les signaux des programmes suisses DRS 1, RSR 1 et RSI 1, repris du réseau de base de la télédiffusion, modulent une porteuse dans la bande OUC II. Les programmes français captés par une antenne sont ensuite transposés dans la bande de base. Par l'addition des signaux transposés, on obtient le signal en bande de base que l'on continue à conditionner par d'autres cellules de transmission. L'étage de transposition OUC et le filtre monté en aval permettent le contrôle des signaux de radiodiffusion transposés grâce à un moniteur OUC.

Dans une deuxième station à faisceaux hertziens (St-Anton), on capte huit signaux de radiodiffusion stéréophoniques. Deux d'entre eux (AFN et SDR 1, fig. 7) sont traités monophoniquement, étant donné que l'apport de programmes aux installations d'antennes collectives ne permet que la transmission de sept programmes stéréophoniques par canal hertzien. La préparation de ces signaux en bande de base se fait de la même manière que celle des signaux captés par voie radioélectrique qui est expliquée à la figure 8.

Les deux bandes de base ainsi préparées parviennent au centre à faisceaux hertziens du Säntis où elles sont assemblées.

42 Equipement d'assemblage de deux signaux en bande de base

Cet équipement a notamment pour tâche d'assembler, selon le schéma de la figure 7, les signaux en bande de base préparés par deux équipements types. Les détecteurs d'ondes pilotes à l'entrée de l'équipement d'assemblage (fig. 9) surveillent les liaisons hertziennes des stations de conditionnement (41). Une alarme est déclenchée dès que le niveau de pilote n'atteint plus une certaine valeur de consigne. Les divers filtres précédant l'amplificateur servent à éliminer le souffle des liaisons hertziennes sur les fréquences en bande de base où apparaissent les programmes de radiodiffu-

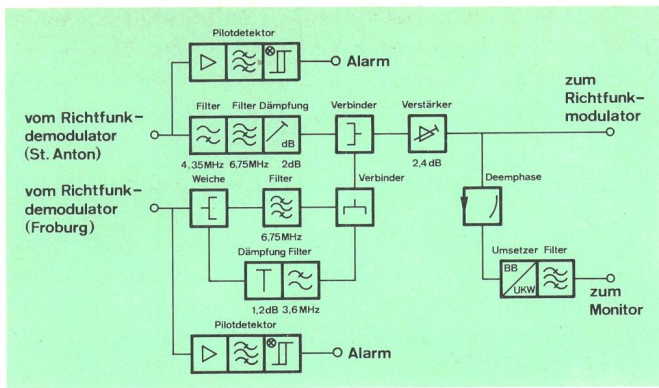


Fig. 9
Zusammenschaltung der Basisbandsignale — Assemblage des signaux en bande de base

- BB Basisband — Bande de base
- UKW Ultrakurzwellen — Ondes ultra-courtes
- Pilotdetektor — Détecteur de pilote
- Alarm — Alarme
- Filter — Filtre
- Dämpfung — Atténuateur
- Verbinder — Connecteur
- Verstärker — Amplificateur
- Weiche — Aiguillage
- Vom Richtfunkdemodulator (St. Anton) — Du démodulateur hertzien (St-Anton)
- Vom Richtfunkdemodulator (Froburg) — Du démodulateur hertzien (Froburg)
- Deemphase — Désaccentuation
- Zum Richtfunkmodulator — Vers le modulateur hertzien
- Umsetzer — Convertisseur
- Zum Monitor — Vers le moniteur

dazu, das Geräusch der Richtfunkverbindungen bei jenen Basisbandfrequenzen auszusperrten, bei denen nach der Zusammenschaltung ein Hörfunkprogramm zu liegen kommt. Die Dämpfungsglieder gleichen entsprechend der Frequenzabhängigkeit der Preemphase die Basisbandpegel einander an, so dass, über eine Deemphase gemessen, am Ausgang zum Richtfunkmodulator gleiche Stereo- beziehungsweise Monosignalpegel resultieren. Auch hier ermöglicht eine Kontrollausrüstung, die zusammenschalteten Hörfunkprogramme zu kontrollieren.

Die vom Richtfunkmodulator abgehende Richtfunkverbindung enthält nun die 14 zuzubringenden Hörfunkprogramme.

43 Rückumsetzung (Basisband/UKW-Bereich)

Die Umsetzung des Basisbandsignals in den UKW-Bereich findet mit dem in *Figur 10* gezeichneten Rückumsetzer statt, der sich im Übertragungsweg in der letzten Teilstrecke der Richtfunkverbindung vor der Kopfstation befindet.

Die Überwachung der Richtfunkverbindungen bis zum Rückumsetzer übernimmt der Pilotdetektor. Im Rückumsetzer wird das Pilotsignal durch das 10-MHz-Tiefpassfilter unterdrückt.

Die Radio- und Fernseh Abteilung der Generaldirektion PTT legt die Oszillatorfrequenz im Basisband/UKW-Umsetzer sowie das Bandpassfilter für die Filterung des gewünschten Seitenbandes fest. Zurzeit sind im UKW-Bereich zwei Frequenzraster bestimmt, wobei das untere Seitenband benützt wird. Im UKW-Band liegen deshalb die Hörfunksignale gegenüber dem Basisband in der

sion après assemblage. Les éléments d'atténuation égalisent les niveaux en bande de base en fonction de la préaccentuation dépendant de la fréquence, de manière qu'après désaccentuation on obtienne les mêmes niveaux stéréophoniques et monophoniques à la sortie conduisant au démodulateur. Ici également, un équipement de contrôle permet de surveiller les programmes de radiodiffusion assemblés.

La liaison hertzienne partant du modulateur contient alors les 14 programmes de radiodiffusion qu'il s'agit de véhiculer.

43 Reconversion (bande de base/gamme OUC)

La reconversion du signal en bande de base dans la gamme OUC a lieu dans l'étage de conversion représenté à la *figure 10*, étage qui se trouve dans le dernier tronçon de la liaison hertzienne précédant la station de tête.

Le détecteur de pilote assure la surveillance de la liaison hertzienne jusqu'à l'équipement de reconversion. Dans ce dernier, le signal pilote est supprimé par le filtre passe-bas 10 MHz.

La Division de la radio et de la télévision de la Direction générale des PTT fixe la fréquence de l'oscillateur de l'étage de conversion bande de base/OUC ainsi que les caractéristiques du filtre passe-bande pour le filtrage de la bande latérale désirée. A l'heure actuelle, deux grilles de fréquences ont été fixées pour la bande OUC, la bande latérale inférieure étant utilisée. Les signaux de radiodiffusion se situent en conséquence dans la bande OUC dans une position inverse par rapport à celle de la bande de base. Le tableau II montre la répartition des canaux qui en résultent dans la bande de fréquences disponible pour les signaux de radiodiffusion.

44 Mesures

En laboratoire, les trois équipements de conditionnement des signaux ont été interconnectés et mesurés sans la partie à faisceaux hertziens. En tant que signaux d'entrée, on a utilisé trois programmes émis par l'émetteur de Mulhouse, à savoir FI, FC et FM ainsi que 11 signaux produits par des générateurs travaillant avec une excursion de ± 40 kHz (signaux monophoniques) ou ± 60 kHz (signaux stéréophoniques). Grâce à cette in-

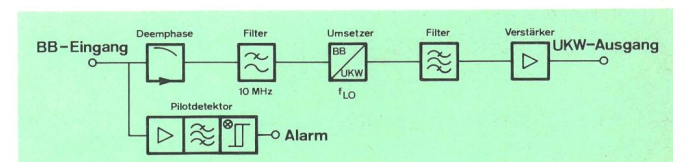


Fig. 10
Rückumsetzer — Dispositif de reconversion

- BB Basisband — Bande de base
- UKW Ultrakurzwellen — Ondes ultra-courtes
- f_{LO} Frequenz des Lokaloszillators — Fréquence de l'oscillateur local
- BB-Eingang — Entrée bande de base
- Deemphase — Désaccentuation
- Filter — Filtre
- Umsetzer — Convertisseur
- Verstärker — Amplificateur
- UKW-Ausgang — Sortie OUC
- Pilotdetektor — Détecteur de pilote
- Alarm — Alarme

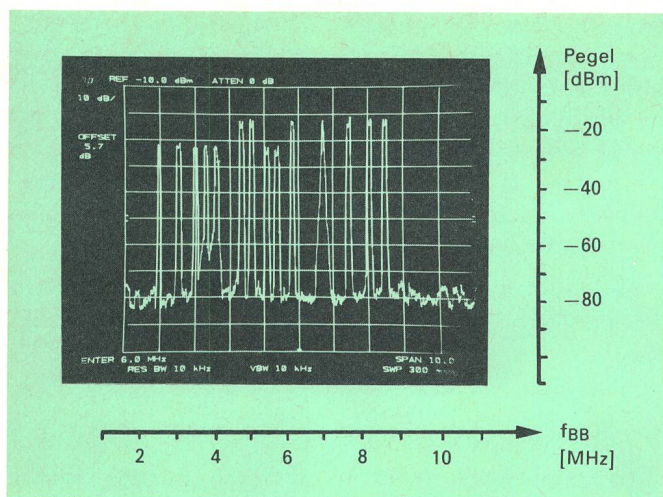


Fig. 11
Aufbereitetes Basisbandsignal — Signal conditionné en bande de base
 Pegel — Niveau
 f_{BB} Basisbandfrequenz — Fréquence en bande de base

Kehrlage. Die Tabelle II zeigt die entsprechende Anordnung der Hörfunksignale.

44 Messungen

Im Labor wurden die drei Aufbereitausrüstungen zusammengeschaltet und ohne Richtfunkgeräte gemessen. Die vom Sender Mülhausen empfangenen Hörfunksignale FI, FC, FM sowie 11 Generatoren mit ± 40 kHz Hub (Monosignale) beziehungsweise ± 60 kHz Hub (Stereosignale) bildeten die Eingangssignale. Damit ergaben sich am UKW-Kontrollausgang der Zusammenschalttausrüstung (Fig. 9) folgende nach CCIR-Empfehlung 468-2 und Quasi-Spitzenwertmessung ermittelte Geräuschabstandswerte:

- Monokanäle $S/N \geq 61$ dB
- Stereokanäle $S/N \geq 60$ dB

Figur 11 zeigt das gesamte Basisbandsignal am Verstärkerausgang der Zusammenschalttausrüstung, über eine Deemphase abgenommen. Gut zu erkennen sind die drei erwähnten Hörfunksignale bei 3,30, 3,60 und 6,75 MHz, die Basisbandbelegung sowie die Pegelabsenkung der Monosignalträger.

5 2,5-GHz-Richtstrahlanlage

Die Richtstrahlgeräte wurden von *Standard Telephon und Radio AG* entwickelt und hergestellt.

51 Entwicklungsgrundlagen

Für das 2,5-GHz-Band besteht kein international normierter Frequenzplan. Es wurde deshalb für den vorgesehenen Dienst eine besondere Anordnung gemäss *Figur 12* festgelegt. An die Richtstrahlgeräte wurde die Forderung gestellt, dass sie preisgünstig sein sollen und die CCIR-Qualitätsforderungen für 1800 Telefoniekanäle erfüllen. Ausserdem sollten sie die üblichen Merkmale der anderen Richtstrahlgeräte der gleichen Generation erfüllen, wie

- normierte Bauweise
- getrennte, unabhängige Sender und Empfänger

jection des signaux, on a obtenu à la sortie de contrôle OUC du dispositif d'assemblage (fig. 9) les rapports signal/bruit suivants déterminés par une mesure de quasi-crête d'après l'Avis 468-2 du CCIR:

- canaux monophoniques signal/bruit ≥ 61 dB
- canaux stéréophoniques signal/bruit ≥ 60 dB

La *figure 11* montre le signal en bande de base complet à la sortie de l'amplificateur du dispositif d'assemblage, prélevé après une cellule de désaccentuation. On reconnaît bien les trois signaux de radiodiffusion à 3,30, 3,60 et 6,75 MHz, l'occupation de la bande de base, ainsi que la diminution du signal de porteuse monophonique.

5 Installation à faisceaux hertziens 2,5 GHz

Les équipements à faisceaux hertziens ont été développés et fabriqués par la maison *Standard Téléphone et Radio SA*.

51 Bases de développement

Il n'existe aucun plan de fréquences international normalisé pour la bande de 2,5 GHz. C'est pourquoi on a adopté la disposition particulière que montre la *figure 12* pour le service prévu. Les équipements à faisceaux hertziens devaient être d'un prix abordable, satisfaire aux spécifications de qualité du CCIR pour 1800 voies téléphoniques et posséder en outre les caractéristiques usuelles des autres équipements à faisceaux hertziens de la même génération, à savoir

- mode de construction normalisé
- émetteurs et récepteurs séparés indépendants
- même conception du système de surveillance
- même production des fréquences de référence
- chaînes FI et sources d'alimentation largement similaires

De ce fait, il a été possible de reprendre de nombreux éléments d'installations existantes et de réduire en conséquence les coûts de développement. Parmi les éléments nouveaux à mettre au point, on a accordé une attention particulière à l'amplificateur de puissance radiofréquence de l'émetteur. Le problème était d'optimiser un certain nombre de paramètres de nature contradictoire

- équipement en semi-conducteurs
- puissance de sortie radiofréquence aussi élevée que possible
- faible consommation d'énergie (haut rendement)
- fiabilité élevée
- prix favorable
- bonnes caractéristiques de transmission

La puissance de sortie a été fixée à 5 W pour un rendement de 20 %. A ces valeurs, la chaleur de dissipation

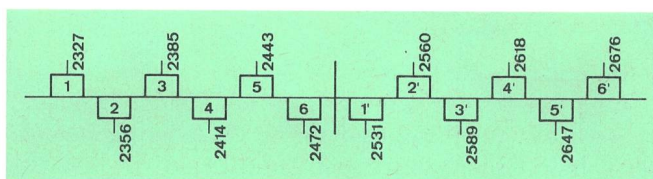


Fig. 12
Frequenzrasterplan für das 2,5-GHz-Band — Plan des fréquences dans la bande de 2,5 GHz

- gleiches Überwachungskonzept
- gleiche Referenzfrequenzerzeugung
- weitgehend gleiche ZF-Ketten und Stromversorgungen

Dadurch konnten eine ganze Anzahl Bauteile von bestehenden Anlagen übernommen und der Entwicklungsaufwand reduziert werden. Bei den neu zu entwickelnden Teilen wurde dem RF-Leistungsverstärker im Sender besondere Beachtung geschenkt. Es galt hier, verschiedene gegensätzliche Parameter zu optimieren

- Halbleiterausführung
- möglichst hohe RF-Ausgangsleistung
- möglichst kleiner Leistungsverbrauch (hoher Wirkungsgrad)
- hohe Zuverlässigkeit
- niedriger Preis
- gute Übertragungsdaten

Als Ausgangsleistung wurden 5 W gewählt bei einem Wirkungsgrad von 20 %. Mit diesen Werten lässt sich die entstehende Verlustwärme problemlos abführen. Die niedrige Temperatur des Verstärkers erfüllt die Forderung der hohen Zuverlässigkeit. Die gewünschten Übertragungsdaten konnten durch ein entsprechendes Schaltungskonzept erreicht werden.

Parallel zur Senderausgangsleistung spielt die Empfängerrauschzahl eine wesentliche Rolle, da beide zusammen den Systemwert des Richtstrahlgerätes bestimmen. Hier wurde eine flexible Lösung erarbeitet. Der Empfänger mit Mischer am Eingang hat eine Rauschzahl kleiner als 7 dB. Ein RF-Vorverstärker, der als Einschub vor dem Mischer eingesetzt werden kann, verringert diesen Wert bei Bedarf auf etwa 4 dB. Damit können auch längere Übertragungsstrecken überbrückt werden.

52 Aufbau

Das Richtfunkgerät und seine Zusatzeinrichtungen sind in der sogenannten *Vertical Standard Equipment Practice (V-SEP)* aufgebaut (Fig. 13). Sender und Empfänger sind in Einsätzen mit einheitlicher Tiefe und Breite untergebracht. Sie können in Einsatzaufnahmen eines Rahmens über- und nebeneinander mit einem Rastermass von 121 mm eingehängt werden. Dieser Aufbau erlaubt eine Vielzahl von Kombinationen und Nachrüstungsmöglichkeiten. Die Sender und Empfänger sind in Einschubtechnik ausgeführt. Die Verdrahtung sowie die ZF-Verkabelung sind hinter den Einschüben in den Einsatzgehäusen untergebracht. Beim Einstecken der Einschübe werden diese Verbindungen automatisch hergestellt. Die RF-Verbindungen werden auf der Frontseite geführt, da sie geschraubt werden müssen (halbstarre Koaxialkabel mit SMA-Stecker). Die ZF-Ein- und -Ausgänge der Geräte sind ebenfalls von vorne zugänglich. Die Anlage benötigt keine Lüfter, die Konduktions- und Konvektionskühlung genügt.

53 Überwachung

Sender und Empfänger besitzen einen gemeinsamen Überwachungseinschub, der im Sendereinsatz untergebracht ist. Er enthält eine Messeinrichtung mit Instrument für die Betriebswerte sowie eine Einrichtung zur Signalisierung der Abweichungen wichtiger Pegelwerte,

peut être évacuée sans problèmes. La basse température de fonctionnement de l'amplificateur répond à l'exigence de la haute fiabilité. Par la mise en œuvre de circuits adéquats, les caractéristiques de transmission voulues ont pu être atteintes.

A côté de la puissance de sortie de l'émetteur, le facteur de bruit du récepteur jouait un rôle essentiel, vu que ces deux grandeurs déterminent la valeur du système de l'équipement à faisceaux hertziens. On a retenu une solution assez souple dans laquelle le récepteur équipé d'un mélangeur à l'entrée possède un facteur de bruit inférieur à 7 dB. Un préamplificateur radiofréquence, enfichable avant le mélangeur, permet d'abaisser au besoin cette valeur à environ 4 dB. Grâce à cette conception, des sections de transmission relativement longues peuvent être établies.

52 Présentation des équipements

L'équipement à faisceaux hertziens et ses accessoires sont montés dans un bâti selon le principe *Vertical Standard Equipment Practice (V-SEP)*, les émetteurs et les récepteurs étant logés dans des unités enfichables de profondeur et de largeur normalisées (fig. 13). Ils peuvent être superposés et juxtaposés dans un cadre avec un espacement-type de 121 mm. Cette structure permet un grand nombre de combinaisons et les équipements peuvent être complétés après coup. Les émetteurs et les récepteurs sont réalisés en éléments enfichables. Quant au câblage et aux interconnexions FI, ils sont prévus derrière les unités dans le bâti. Lorsqu'on enfiche les unités, les connexions sont automatiquement réalisées. Les bornes de connexion radiofréquence sont montées à la partie frontale, vu qu'il s'agit de raccords vissables (câbles coaxiaux semi-rigides avec fiche SMA). Les entrées et les sorties FI de l'appareil sont également accessibles de l'avant. Il a été possible de se passer de ventilateurs, le refroidissement par conduction et par convection étant suffisant.

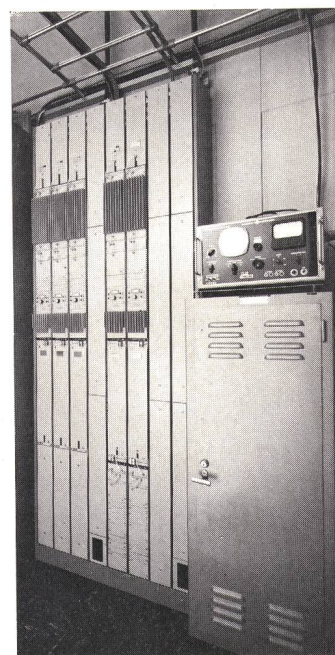


Fig. 13
Drei Sender und zwei Sender/Empfänger — Trois émetteurs et deux émetteurs-récepteurs

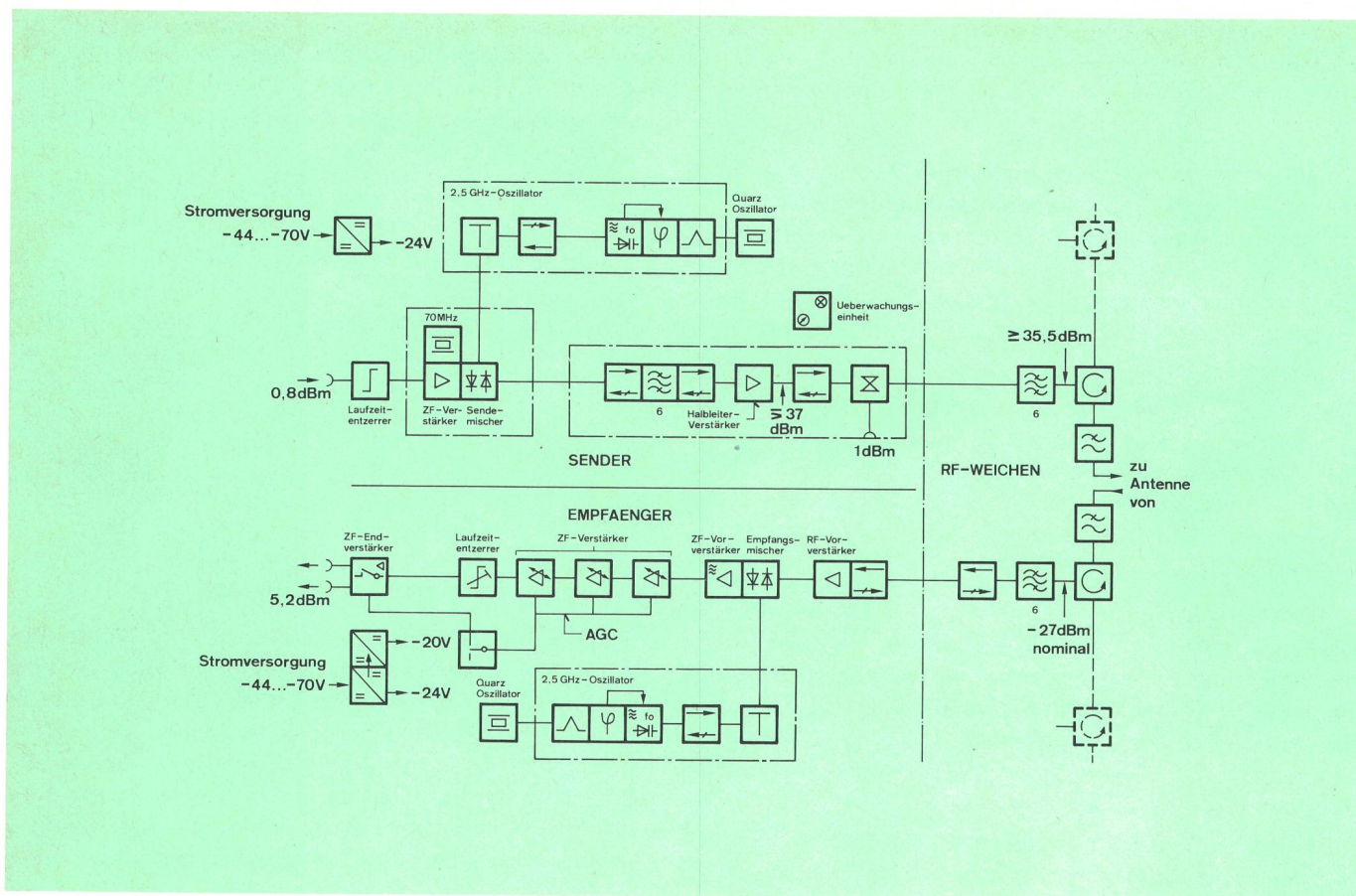


Fig. 14
Blöckschema der Richtstrahlanlage FM 1800/TV 2500 — Schéma-bloc de l'installation à faisceaux hertziens FM 1800/TV 2500
 AGC Automatische Pegelregelung — Réglage automatique du gain
 Stromversorgung — Alimentation en courant continu
 2,5-GHz-Oszillator — Oscillateur 2,5 GHz
 Quarzoszillator — Oscillateur piloté quartz
 Sender — Emetteur
 Laufzeitentzerrer — Correcteur du temps de propagation
 ZF-Verstärker — Amplificateur FI
 Sendemischer — Mélangeur d'émission
 Halbleiterverstärker — Amplificateur à semi-conducteurs
 Überwachungseinheit — Unité de surveillance
 RF-Weichen — Aiguillages RF
 Zu Antenne von — Sortie antenne — arrivée antenne
 ZF-Endverstärker — Amplificateur final FI
 ZF-Vorverstärker — Préamplificateur FI
 Empfangsmischer — Mélangeur de réception
 Empfänger — Récepteur

die als Störung durch je eine rote Signallampe für Sender und Empfänger angezeigt werden.

54 Kurzbeschreibung des Richtfunkgerätes

(Fig. 14)

– Sender

Das frequenzmodulierte 70-MHz-Signal (+0,8 dBm/75 Ohm) gelangt entweder vom Modulator im Falle eines Terminals oder vom Empfangsteil im Falle einer Relaisstation zu einem Laufzeitausgleicher und einem Leistungsverstärker. Sofern der ZF-Pegel zu niedrig ist, wird ein quarzgesteuerter Ersatzträger eingeschaltet, so dass die Sendeleistung erhalten bleibt.

Der Lokaloszillator (LO), der das 2,5-GHz-Signal liefert, startet direkt bei 2,5 GHz. Auf diese Weise werden sehr kleine Geräuschbeiträge (<1 pWOp) erreicht. Die momentane Phase der 2,5-GHz-Schwingung wird in einem Phasendiskriminator mit jener der 12., 13. oder 14. Harmonischen eines Quarzoszillators verglichen und geregelt. Ein Isolator schützt den Ausgang des 2,5-GHz-Oszillators.

Das ZF-Signal vom Leistungsverstärker und das 2,5-GHz-Signal des Lokaloszillators werden dem Aufwärtsmischer zugeführt. Dessen Ausgangssignal passiert ein 6-Kreis-Filter, das nur das gewünschte Seitenband durchlässt. Die unerwünschten Signal-

53 Surveillance

Les émetteurs et les récepteurs possèdent une unité enfichable de surveillance commune, qui est logée dans le module d'émission. Elle contient un dispositif de mesure avec instrument indiquant les valeurs de service ainsi qu'un circuit qui signale les déviations des valeurs de niveau importantes, ce qui est affiché en tant que dérangements par une lampe de signalisation rouge pour l'émetteur et le récepteur.

54 Description succincte de l'équipement à faisceaux hertziens (fig. 14)

– Emetteur

Le signal en modulation de fréquence à 70 MHz (+ 0,8 dBm/75 Ω) parvient à un égaliseur de temps de propagation de groupe et à un amplificateur de puissance par deux chemins possibles. Dans le cas d'un terminal, il est issu du modulateur et dans celui d'une station relais de la partie réceptrice. Si le niveau FI est trop bas, une porteuse de substitution pilotée par quartz est enclenchée, si bien que la puissance d'émission est maintenue.

L'oscillateur local (LO), qui délivre le signal à 2,5 GHz, démarre directement à 2,5 GHz.

komponenten werden reflektiert und in einem Isolator absorbiert.

Ein Richtfunk-(RF-)Transistorverstärker hebt den Pegel des Signals von etwa 1 mW auf 5 W an. Sein Ausgang ist durch einen Isolator gegen unerwünschte reflektierte Leistung geschützt. Ein Leistungsmonitor und ein Leistungsmesspunkt sind am Ausgang des RF-Transistorverstärkers vorhanden.

– Empfänger

Das RF-Eingangssignal gelangt bei Bedarf über einen rauscharmen RF-Vorverstärker zu einem Einseitenbandmischer. Seine Spiegeldämpfung erlaubt es, das RF-Filter wegzulassen, das normalerweise das Rauschen des breitbandigen RF-Vorverstärkers im Spiegelband unterdrückt. Der Lokaloszillator unterscheidet sich von jenem des Senders nur durch einen niedrigeren Ausgangspegel, der durch eine andere Dämpfung erreicht wird.

Der nachfolgende ZF-Vorverstärker erlaubt, das gewünschte untere oder obere Seitenband zu wählen und ist ausserdem auf möglichst kleine Rauschzahl optimiert.

Die ZF-Kette besorgt die Filterung, die automatische Verstärkungsregelung über 55 dB sowie den Laufzeitausgleich. Zwei voneinander entkoppelte ZF-Signale mit konstanter Amplitude sind am Ausgang des Empfängers verfügbar (+5,2 dBm/75 Ohm). Eine Rauschsperrung unterdrückt die ZF-Ausgangssignale, wenn der RF-Eingangspegel unter einen vorbestimmten Wert fällt.

– RF-Weichen

Die RF-Weichen der Sender und der Empfänger sind gleich aufgebaut, allerdings mit entgegengesetztem Signalfluss. Es können jeweils drei Sender oder drei Empfänger zusammengeschaltet werden. Die Bauteile sind für jeden RF-Kanal gleich, die Filter auf die entsprechenden Kanalfrequenzen abgestimmt. Die Filter gewährleisten die Selektivität der einzelnen RF-Kanäle, und die Zirkulatoren bestimmen den Signalfluss durch die Weichen.

Sowohl als Sende- wie auch als Empfangsfilter wird ein 6-Kreis-Filter («Kammfilter») verwendet. Die unbelastete Güte der Resonatoren liegt bei etwa 2500. Somit ergibt sich eine Durchlassdämpfung von etwa 0,8 dB bei einer 3-dB-Bandbreite von 50 MHz. Das Filter ist aus Invar hergestellt, um die Temperaturabhängigkeit zu minimalisieren.

Die Zirkulatoren zeigen einen typischen Einfügungsverlust je Einzeldurchgang von 0,2 dB und eine Isolation grösser als 30 dB.

Sowohl am Ausgang der Sender-Abzweigschaltung als auch am Eingang derjenigen der Empfänger befindet sich je ein Tiefpassfilter, um einerseits die Harmonischen des Senders zu unterdrücken, andererseits die Empfänger vor hochfrequenten Störsignalen zu schützen.

– Antenne

Für das 2,5-GHz-Richtfunknetz wurde eine besondere Strahleinheit für die PTT-Parabolantennen entwickelt [3].

6 Schlussbemerkungen

Die für das Richtfunkzubringernetz für Gemeinschaftsantennenanlagen (GAZ) entwickelten Aufberei-

De cette manière, les composantes de bruit sont extrêmement réduites (< 1 pWOp). La phase momentanée de l'oscillation à 2,5 GHz est comparée et réglée dans un discriminateur de phase avec le 12^e, 13^e ou 14^e harmonique d'un oscillateur à quartz. Un isolateur protège la sortie de l'oscillateur à 2,5 GHz.

Le signal FI de l'amplificateur de puissance et le signal à 2,5 GHz de l'oscillateur local sont dirigés sur un mélangeur-multiplicateur dont la sortie traverse un filtre à 6 cellules ne laissant passer que la bande latérale désirée. Les composantes indésirables du signal sont réfléchies et absorbées dans un isolateur.

Un amplificateur transistorisé radiofréquence pour faisceaux hertziens élève le niveau du signal d'environ 1 mW à 5 W. Sa sortie est protégée contre les réflexions indésirables de puissance par un isolateur. Un moniteur et un point de mesure de puissance sont placés à la sortie de l'amplificateur transistorisé.

– Récepteur

Le signal radiofréquence d'entrée parvient, au besoin par l'intermédiaire d'un préamplificateur à faible souffle, sur un mélangeur à bande latérale unique. Grâce à son atténuation élevée pour les fréquences-images, le filtre radiofréquence habituellement utilisé pour supprimer le souffle du préamplificateur à large bande dans la bande-image est superflu. La seule différence entre l'oscillateur local du récepteur et celui de l'émetteur est son niveau de sortie moins élevé, le signal étant atténué différemment.

Le préamplificateur FI monté en aval permet de choisir la bande latérale inférieure ou supérieure, son facteur de bruit étant de plus optimisé à une valeur minimale.

La chaîne FI assure le filtrage, le réglage automatique du gain à 55 dB ainsi que la correction du temps de propagation. On dispose à la sortie du récepteur de deux signaux FI à amplitude constante, découplés l'un par rapport à l'autre (+5,2 dBm/75 Ω). Un squelch élimine les signaux de sortie FI résultant d'un niveau d'entrée radiofréquence trop bas.

– Aiguillages radiofréquence

La conception des aiguillages radiofréquence de l'émetteur et du récepteur est la même, les signaux circulant toutefois en sens opposé. Il est possible d'interconnecter trois émetteurs ou trois récepteurs. Les composants sont les mêmes pour chaque canal radiofréquence, les filtres étant accordés dans chaque cas sur la voie voulue. Ces derniers assurent la sélectivité des différents canaux radiofréquence, cependant que les circulateurs déterminent le flux des signaux à travers les aiguillages.

Tant pour l'émetteur que pour le récepteur, on utilise un filtre à six cellules appelé «filtre en peigne». Le facteur de qualité des résonateurs non chargés atteint environ 2500. Il en résulte un affaiblissement de passage d'environ 0,8 dB pour une largeur de bande de 50 MHz/3 dB. Le filtre est construit en invar, ce qui minimise sa dépendance de la température.

Les circulateurs présentent une perte d'insertion typique pour un passage entre deux entrées voisines de 0,2 dB et une isolation supérieure à 30 dB.

Un filtre passe-bas se trouvant aussi bien à la sortie de l'aiguillage de l'émetteur qu'à l'entrée de celui du récepteur, dans le dessein de supprimer, d'une part,

tungs- und Übertragungsausrüstungen haben sich bewährt. Seit April 1981 können die Fernseh- und Hörfunkprogramme einem Teil der daran interessierten GA-Betriebe abgegeben werden. Kontrollmessungen haben gezeigt, dass die geplanten Qualitätsforderungen erfüllt sind. Auch die Zuhörerschaft äussert sich durchwegs positiv über die angebotene Signalqualität.

Bibliographie

- [1] *Wey E.* Ein Planungskonzept für Richtfunkverbindungen der Fernseh- und Tonzubringerdienste. Bern, Techn. Mitt. PTT 55 (1977) 10, S. 457.
- [2] *Roggli H.* Ökonomische Übertragung von Fernsehsignalen über FM-Richtstrahlstrecken. Bern, Techn. Mitt. PTT 57 (1979) 9, S. 326.
- [3] *Hügli P.* und *Mutti M.* Neue Strahleinheit für PTT-Richtfunkantennen im 2,5-GHz-Band. Bern, Techn. Mitt. PTT 56 (1978) 6, S. 222.
- [4] *Hauck E.* Planungsrichtlinien für das GAZ-Richtfunknetz. Bern, Generaldirektion PTT, Abt. Forschung und Entwicklung, PTT-Bericht VD 03.1001 P.
- [5] *Schneider M.* Zusammenhang zwischen subjektiv beurteilter Sprach/Musik-Qualität und NF-Geräuschabstand bei der UKW-FM-Stereoübertragung. Bern, Generaldirektion PTT, Abt. Forschung und Entwicklung, PTT-Bericht VD 12.063 F.

les harmoniques de l'émetteur et, d'autre part, de protéger le récepteur contre les signaux perturbateurs à haute fréquence.

– Antenne

Un rayonneur particulier a été créé pour les antennes paraboliques des PTT utilisées pour les liaisons par faisceaux hertziens dans la bande des 2,5 GHz [3].

6 Conclusions

Les équipements de conditionnement et de transmission développés pour le réseau à faisceaux hertziens d'apport aux installations d'antennes collectives (LAC) ont donné de bons résultats. Depuis le mois d'avril 1981, un certain nombre d'exploitants d'antennes collectives reçoivent des programmes de télévision et de radio par l'entremise de ces installations. Des mesures de contrôle ont montré que les systèmes répondaient aux exigences de qualité prévues. Auditeurs et téléspectateurs se déclarent également très satisfaits de la qualité des signaux offerts.