

**Zeitschrift:** Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

**Herausgeber:** Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

**Band:** 58 (1980)

**Heft:** 12

**Artikel:** Funkversorgung = Services radioélectriques

**Autor:** Meyer, Hans-Rudolf

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-875915>

### **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:** 05.04.2026

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

# Funkversorgung

## Services radioélectriques

Hans-Rudolf MEYER, Solothurn

621.315.212.029.6:621.396.677.75:621.896.931.624.196.035.2(494)

Zusammenfassung. Es wird über den Aufbau und die Inbetriebsetzung der längsten Tunnelfunkanlage berichtet, die im Gotthard-Strassentunnel verwirklicht wurde. Dabei wurden die von der Abteilung Forschung und Entwicklung der Generaldirektion der PTT-Betriebe erstellten Planungsunterlagen angewendet. Gleichzeitig werden die Probleme aufgezeigt, die mit 24 in Reihe geschalteten Breitbandverstärkern auftreten können.

Résumé. L'auteur décrit la construction de la mise en service de la plus grande installation de services radioélectriques pour les tunnels, telle qu'elle a été réalisée dans le tunnel routier du St-Gothard, sur la base des documents de planification mis au point par la Division des recherches et du développement de la Direction générale de l'Entreprise des PTT. Par la même occasion, certains problèmes pouvant apparaître à la suite de la connexion en série de 24 amplificateurs à large bande sont évoqués.

### Copertura radioelettrica

Riassunto. L'autore descrive la costruzione e la messa in esercizio dell'impianto più lungo, di questo genere, per la copertura radioelettrica nella galleria stradale del San Gottardo. Sono stati impiegati, come base per questa costruzione, i piani allestiti dalla divisione ricerche e sviluppo della Direzione generale dell'Azienda delle PTT. Allo stesso tempo si presentano i problemi che possono sorgere in rapporto ai 24 amplificatori a banda larga connessi in serie.

### 1 Konzept der Anlage

Die Funkversorgung wird mit einem strahlenden HF-Kabel, das in Zusammenarbeit zwischen der Abteilung Forschung und Entwicklung der Generaldirektion PTT und der Huber und Suhner AG, Herisau, entwickelt wurde, gewährleistet. Die im Kabel entstehenden frequenzabhängigen Dämpfungen werden nach jeweils 500...800 m mit einem Breitbandverstärker kompensiert. Um die alterungsbedingte Dämpfungszunahme auszugleichen, ist jeder dritte Breitbandverstärker mit einer automatischen Pegelregulierung ausgerüstet. Diese wird durch zwei Pilotfrequenzen, 63,5 MHz (unteres Bandende) und 180 MHz (oberes Bandende), gesteuert. Die Übertragungsrichtung ist einseitig ausgelegt, das heisst, auf der einen Seite des Tunnels befinden sich die Sender und auf der andern Seite die Empfänger. Da für einen so langen Strassentunnel (16,8 km) eine Katastrophensicherheit vorhanden sein muss, sind im Gotthardtunnel zwei Kabel montiert, deren Übertragungsrichtung gegenseitig verläuft. Mit dieser Lösung ist die Funkversorgung für jeden möglichen Unterbruch gewährleistet.

Wie aus Figur 1 ersichtlich ist, mussten in jedem Kabel 24 Breitbandverstärker eingesetzt werden, um die entstehenden Kabelverluste (550 dB bei 180 MHz) zu kompensieren. Im Kabel 1 (Airolo—Göschenen) sind die redundanzgesicherten Dienste zusammengefasst (maximal acht Kanäle). Auf dem Kabel 2 (Göschenen—Airolo) befinden sich die nichtgesicherten Dienste (Tab. I).

Beim Ausfall des ersten Kabels werden die katastrophengesicherten Dienste automatisch auf das zweite Kabel geschaltet. Beim Unterbruch beider Kabel (Explosion, Brand) ist der Funkverkehr der gesicherten Dienste immer noch möglich, da beide Systeme bis zur Störstelle betrieben werden können, wie es in [1] vorgeschlagen wurde.

Die für die Bedienung beider Kabel notwendigen spezifischen Ausrüstungen befinden sich in den auf beiden Tunnelenden installierten Kopfstationen.

Die ganze Funkanlage wird durch eine mikroprozessorgesteuerte Vermittlungszentrale bedient, die sich in Airolo befindet. Die Steuerung derselben geschieht über je drei Bedienungsgeräte, die in den Kommandoräumen Göschenen und Airolo integriert sind. Die mit der Zen-

### 1 Conception de l'installation

L'exploitation des services radioélectriques est assurée par un câble HF rayonnant, développé grâce à la collaboration entre la Division des recherches et du développement de la Direction générale des PTT et la maison

Tabelle I. Belegung der Tunnelfunkanlage des Gotthard-Strassentunnels

Tableau I. Occupation de l'installation de transmission sans fil du tunnel du St-Gothard

Kabel Câble	Anschlussnummer — Numéro de rattachement	Dienst/Kanal — Service/canal	Betriebsart — Genre d'exploitation
Nr. 1 No 1	① K	Kantonspolizei Tessin/Uri — Police cantonale Tessin/Uri	Duplex
	② K	Unterhaltsdienst Tessin — Service d'entretien Tessin	Duplex
	③ K	Unterhaltsdienst Uri — Service d'entretien Uri	Duplex
	④	Verkehrsfunk — Service sans fil pour le trafic	UKW-D1
	⑤		
	⑥		
	⑦ K		
	⑧ K	Verkehrsfunk — Service sans fil pour le trafic	UKW-I1
Nr. 2 No 2	⑨	PTT-Natel S 13 PTT-Natel R1 PTT AR (N)	Duplex Rufkanal — Fréquence d'appel Autoruf — Appel auto
	⑩		
	⑪		
	⑫		
	⑬		
	⑭		
	⑮		
	⑯		
	⑰		

K = Mit Redundanz katastrophengesicherte Dienste — Services assurés par redondance en cas de catastrophe  
Pilotfrequenzen je Kabel — Fréquences pilotes par câble: P<sub>1</sub> = 63,500 MHz, P<sub>2</sub> = 180,000 MHz

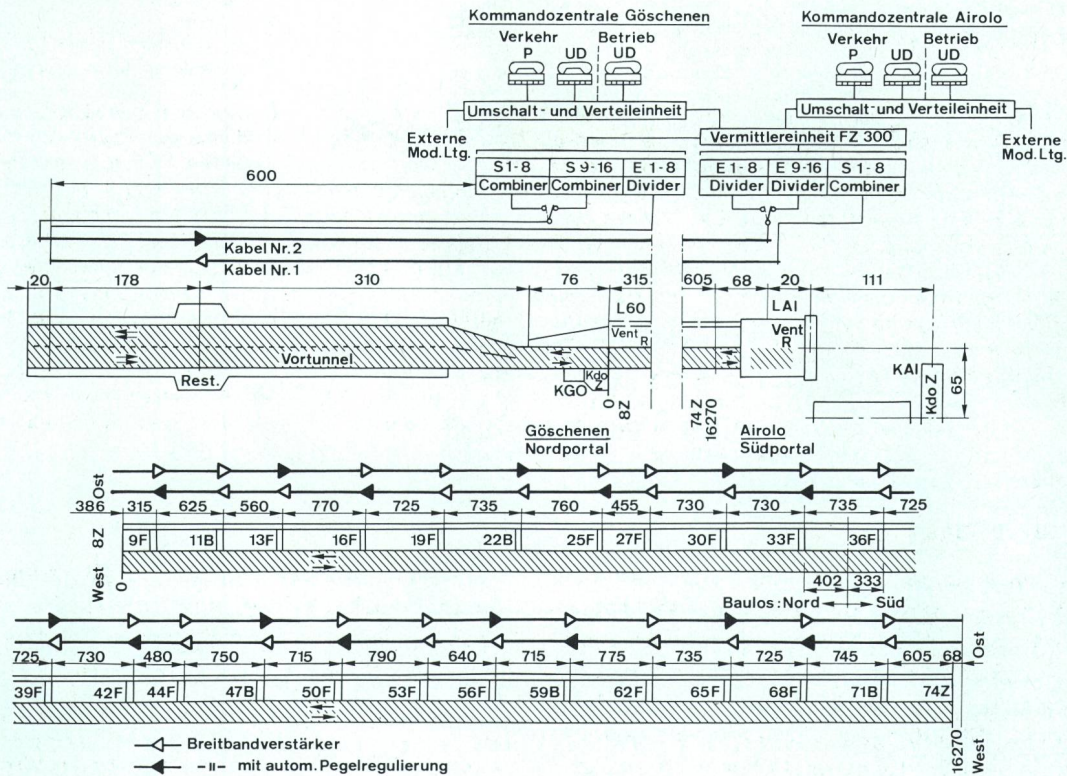


Fig. 1 Schematische Übersicht über die Tunnelfunkanlage – Vue schématique de l'installation des services radioélectriques du tunnel

- P Polizei – Police
- UD Unterhaltssdienst – Service d'entretien
- S Sender – Emetteur
- E Empfänger – Récepteur
- LAI Lüftungszentrale Airolo – Centrale de ventilation Airolo
- LGO Lüftungszentrale Göschenen – Centrale de ventilation Göschenen
- KAI Kommando Airolo – Commandement Airolo
- KGO Kommando Göschenen – Commandement Göschenen
- Kommandozentrale – Centre de commandement
- Verkehr – Circulation
- Betrieb – Exploitation
- Umschalt- und Verteileinheit – Unité de commutation et de répartition
- Externe Mod(ulations)-L(eit)(un)g – Ligne de modulation externe
- Vermittlereinheit – Unité de commutation

- Combiner – Combineur
- Divider – Diviseur
- Kabel – Câble
- K(omman)do-Z(entrale) – Central de Commandement
- Rest(aurant) – Restaurant
- Nordportal – Portique nord
- Südportal – Portique sud
- Ost – Est
- West – Ouest
- Baulos Nord – Lotissement nord
- Süd – Sud
- Breitbandverstärker – Amplificateur à large bande
- Breitbandverstärker mit autom(atischer) Pegelregulierung – Amplificateur à large bande avec réglage automatique du niveau

trale vorgesehenen Vermittlungsmöglichkeiten sind in *Tabelle II* aufgeführt. Mobil-Mobil-Verbindungen können über die ruhende Funkanlage abgewickelt werden, die dabei als Relais funktioniert. Eine Vermittlung ist nicht nötig.

Im Störfall gelangen alle Alarmer der Breitbandverstärker wie auch der Kopfstationen und Funkzentrale über das PTT-eigene Betriebsführungssystem zur Kreis-telefondirektion Bellinzona, die für den Unterhalt der Anlage verantwortlich ist. Die ständige Stromversorgung des ganzen Systems ist durch das unterbrochslose Versorgungsnetz der Tunnelanlagen sichergestellt.

## 2 Infrastruktur der Kabelanlage

Im Gotthard-Strassentunnel wird ein System mit HF-Einspeisung an den Tunnelenden und breitbandigen

*Huber et Suhner SA, Herisau.* Les pertes en fonction de la fréquence prenant naissance dans le câble sont compensées tous les 500...800 m à l'aide d'un amplificateur à large bande. Pour compenser l'augmentation des pertes dues au vieillissement, un amplificateur à large bande sur trois est équipé d'un dispositif de réglage automatique du niveau. Celui-ci est commandé par deux fréquences pilotes, à savoir 63,5 MHz (limite inférieure de la bande) et 180 MHz (limite supérieure de la bande). La direction de transmission est à sens unique, c'est-à-dire que les émetteurs se trouvent d'un côté et les récepteurs de l'autre. Etant donné que, pour un tunnel routier de pareille longueur (16,8 km), un dispositif de sécurité en cas de catastrophe doit être prévu, deux câbles ont été montés dans le tunnel du St-Gothard, et les sens de transmission respectifs sont opposés. Cette solution permet d'assurer l'exploitation des services radioélectriques.

Tabelle II. Externe Weitervermittlungen

Tableau II. Possibilités de transmission vers l'extérieur

*Kommandozentralen Göschenen — Centres de commande de Göschenen:*

Für die Kantonspolizei nach — Pour la police cantonale vers:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Telefonnetz —</li> <li>- Réseau téléphonique</li> <li>- Flüelen Telefonleitung —</li> <li>- Flüelen, ligne téléphonique</li> <li>- Aussenfunk Duplex — Service radio extérieur, duplex</li> <li>- Aussenfunk Simplex — Service radio extérieur, simplex</li> </ul>
Für den Unterhaltssdienst — Pour le service d'entretien:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aussenfunk Simplex — Service radio extérieur, simplex</li> </ul>

*Kommandozentralen Airolo — Centres de commande d'Airolo:*

Für die Kantonspolizei nach — Pour la police cantonale vers:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Telefonnetz —</li> <li>- Réseau téléphonique</li> <li>- Bellinzona Telefonleitung —</li> <li>- Bellinzone, ligne téléphonique</li> <li>- Aussenfunk Duplex — Service radio extérieur, duplex</li> <li>- Aussenfunk Simplex — Service radio extérieur, simplex</li> </ul>
Für den Unterhaltssdienst — Pour le service d'entretien:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aussenfunk Duplex — Service radio extérieur, duplex</li> </ul>

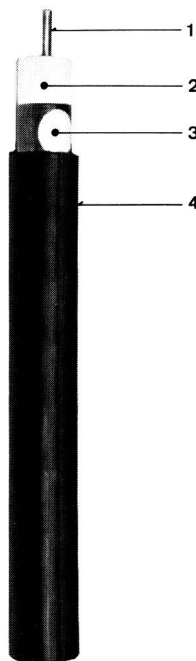


Fig. 3

Aufbau des strahlenden HF-Kabels — Construction du câble HF rayonnant

- 1 Innenleiter aus Kupfer mit Aluminiumkern — Conducteur central en cuivre, avec âme d'aluminium
- 2 Dielektrikum aus Polyäthylen — Diélectrique en polyéthylène
- 3 Aussenleiter aus Kupfer mit Strahlungsöffnungen — Conducteur externe en cuivre avec orifices de rayonnement
- 4 Mantel aus Polyäthylen mit Kennstreifen entlang der Strahlungsöffnungen — Gaine en polyéthylène avec bande de marquage le long des orifices de rayonnement

Zwischenverstärkern angewendet. Da gemäss Pflichtenheft der PTT-Betriebe absolute Betriebssicherheit auf der gesamten Übertragungsstrecke verlangt wurde, war die Verlegung von zwei getrennten HF-Kabeln nötig und deren Standort bereits vorbestimmt (Fig. 2).

Bekanntlich spielt im HF-Übertragungsweg auch die Kabeldämpfung eine wesentliche Rolle. Da diese beim Strahlungskabel in beschränkter Masse auch von der Montageart, der Beschaffenheit der Tunnelwände und der unmittelbaren Kabelumgebung beeinflusst wird und ausserdem Auflagen der Bauleitung über Befestigungsart, Freihaltung des Fahrraumprofils usw. berücksichtigt werden mussten, blieb für die Wahl der Montageart nur ein kleiner Spielraum übrig. Es wurde versucht, diesen Spielraum in vernünftigen Relationen zu den Kosten zu halten, weshalb das Kabel direkt an die Tunneldecke — in gleichmässigem Abstand von den Tunnelwänden — montiert wurde.

## 21 Kabeltyp und Montagematerial

Als Strahlungskabel wurde das unter dem Typ S 17873 (Fig. 3) bezeichnete Kabel von der Huber und Suhner AG



Fig. 2  
Blick in den Tunnel mit den strahlenden HF-Kabeln — Vue du tunnel avec les câbles HF rayonnants

ques quel que soit le genre d'interruption pouvant se produire.

Comme le montre la figure 1, il a fallu insérer dans chaque câble 24 amplificateurs à large bande, pour compenser les pertes dues au câble (550 dB à 180 MHz). Les services dont la sécurité est assurée par redondance (au maximum 8 canaux) sont réunis dans le câble N° 1 (Airolo-Göschenen). Les services dont il n'y a pas lieu d'assurer la sécurité de fonctionnement sont groupés sur le câble N° 2 (Göschenen-Airolo) (tab. I).

En cas de défaillance du 1<sup>er</sup> câble, les services dont il y a lieu d'assurer la sécurité de fonctionnement en cas de catastrophe sont automatiquement commutés sur le 2<sup>e</sup> câble. En cas d'interruption des deux câbles (explosion, incendie), l'exploitation par voie radioélectrique des services assurés reste possible, vu que les deux systèmes peuvent être utilisés jusqu'au point de dérangement, comme cela a été proposé dans [1].

Les équipements spécifiques nécessaires à l'exploitation des deux câbles se trouvent dans les stations de tête établies aux deux extrémités du tunnel. Toute l'installation est desservie par un central de commutation commandé par microprocesseur, qui se trouve à Airolo. La commande de ce central se fait à partir de trois postes d'opérateur logés dans les locaux de commandement de Göschenen et d'Airolo. Les possibilités de commutation offertes par le central sont résumées dans le tableau II. Les liaisons mobile-mobile peuvent être établies par l'intermédiaire de l'installation des services radioélectriques au repos, qui fonctionne alors comme relais. Aucune opération de commutation n'est nécessaire.

En cas de dérangement, toutes les alarmes, qu'elles proviennent des amplificateurs à large bande, des stations de tête ou du central des services radioélectriques sont transmises par l'intermédiaire du système de surveillance d'exploitation des PTT à la Direction d'arrondissement des téléphones de Bellinzone, qui est responsable de l'entretien de l'installation. L'alimentation permanente en énergie électrique de tout le système est assurée par le réseau d'alimentation sans coupure des installations du tunnel.

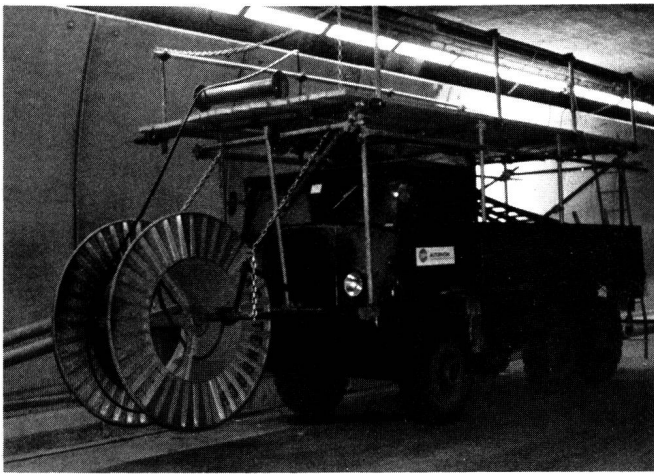


Fig. 4  
Abgeänderter Lastwagen für die Kabelmontage — Camion modifié pour le montage des câbles

verwendet (Kabel mit den gleichen technischen Daten werden heute auch von anderen Kabelwerken hergestellt). Über die Verwendung von Montage- und Befestigungsmaterial im Fahrbahnbereich des Tunnels bestehen aus Gründen der Korrosionssicherheit sehr strenge Vorschriften, wie:

- Schrauben usw. absolut rostfrei, Qualität Chromnickelstahl, Minimum V2A
- Feuchtigkeitsbeständigkeit: 100 % relative Luftfeuchtigkeit bis 40 °C
- mechanische und chemische Beständigkeit gegen Tunnelreinigungsarbeiten mit rotierenden Bürsten sowie dem Wasser beigefügten Reinigungsmitteln

Als Befestigung des Kabels dient die von der *Egli Fischer AG*, Zürich, besonders entwickelte Kunststoff-Clicbride. Montiert wurden diese mit Kunststoffdübeln. Insgesamt waren dazu 48 000 Bohrlöcher in die Betondecke erforderlich.

Die eigentliche Verlegung der Kabel erforderte einige organisatorische Massnahmen: 600...700 m Kabel in einem verhältnismässig engen Bauwerk, in dem eine Vielzahl anderer Bauhandwerker gleichzeitig beschäftigt sind, unterbruchslos an die Decke zu bringen, war nicht leicht. Die Arbeit wurde in Nachtschicht bei ruhendem Verkehr und freier Fahrbahn ausgeführt. Als wertvolles Hilfsmittel erwies sich ein eigens dafür beschaffter und abgeänderter Armeelastwagen mit Montagebühne und Kabelabrollvorrichtung (Fig. 4).

## 22 Kabelstecker

Die 48 (2 × 24) Breitbandverstärker der ganzen Anlage sind in bauseits gelieferten Geräteschränken in den in gleichmässigen Abständen gebauten Tunnelquerschlägen untergebracht (Fig. 5). Die Geräte sind hier durch Abschlusswände vom Fahrbahnbereich getrennt und vor dessen Immissionen weitgehend geschützt.

Als Verbindungsweg von den Verstärkern zu den Strahlungskabeln konnten Kabelkanäle und Kunststoffrohre der Tunnelinstallationen mitverwendet werden. Wegen der gegenseitigen Kopplung war die Verlegung der Strahlungskabel bis zu den Verstärkern nicht mög-

## 2 Infrastructure de l'installation de câbles

Le système utilisé est un dispositif alimenté en haute fréquence aux deux extrémités du tunnel et comportant des amplificateurs intermédiaires à large bande. Etant donné que, selon le cahier des charges de l'Entreprise des PTT, il fallait garantir une sécurité d'exploitation absolue dans toute la zone de transmission, il a été nécessaire de poser deux câbles HF séparés dont l'emplacement était déjà défini à l'avance (fig. 2).

Il est connu que du point de vue des transmissions haute fréquence l'atténuation du câble joue un rôle important. Etant donné que pour les câbles rayonnants celle-ci dépend dans une proportion limitée également du genre de montage, de la structure des parois du tunnel, du milieu ambiant et que, de plus, la direction des travaux avait posé des conditions quant au genre de fixation et à la garantie du profil du tunnel, il ne restait que peu de possibilités pour le choix de l'emplacement de montage. Une solution fut cherchée qui permette de respecter ces conditions tout en maintenant les coûts dans des limites raisonnables et c'est pourquoi le câble a été fixé directement contre la voûte du tunnel et symétriquement par rapport aux parois de celui-ci.

## 21 Type de câble et matériel de montage

Le câble rayonnant utilisé est du type S 17873 (fig. 3), fabriqué par Huber et Suhner SA (des câbles ayant les mêmes caractéristiques techniques sont maintenant livrés également par d'autres câbleries). En ce qui concerne le matériel de montage et de fixation utilisé dans la zone du tunnel, il fallut, pour des raisons de résistance à la corrosion, respecter des prescriptions très sévères telles que:

- vis, etc., absolument inoxydables, qualité acier au chrome-nickel, minimum V2A
- résistance à l'humidité: 100 % d'humidité relative de l'air jusqu'à 40 °C



Fig. 5  
Anordnung der Breitbandverstärker in einem Tunnelquerschlag — Disposition des amplificateurs à large bande dans une niche latérale du tunnel

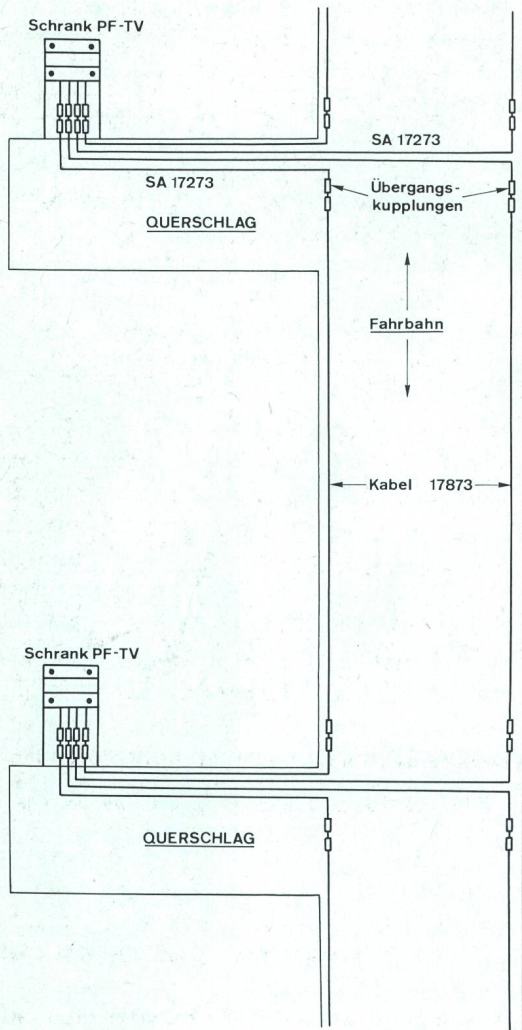


Fig. 6  
Schematische Darstellung der Kabelanordnung — Représentation schématique de la disposition des câbles  
Schränk P(olizei) F(unk)-TV — Armoire services radio de la police-télévision  
Querschlag — Niche latérale  
Übergangskupplungen — Connexions de transition  
Fahrbahn — Chaussée  
Kabel — Câble

lich, weshalb HF-Kabel für Kabelfernsehen zwischen den Strahlungskabelsträngen und den Verstärkern benutzt und mit HF-Steckverbindern gekoppelt wurden (Fig. 6). Etwa 300 Stecker mussten dazu montiert werden. Äusserste Sorgfalt war bei dieser Arbeit Voraussetzung. Da die verwendeten Kabel in dieser Beziehung besonderer Beachtung bedürfen, war die Einhaltung gezielter Sorgfaltspflichten zwingendes Gebot, auch deshalb, weil die Steckverbindungen im Fahrbahnraum montiert sind (Fig. 7). Um die Sicherheit der HF-Steckverbindungen zu erhöhen, wurden diese nach der Montage mit einem Schrumpfschlauch versehen, als Schutz gegen Umwelteinflüsse (Gas und Wasser, Fig. 8).

### 3 Breitbandverstärker

Die nach Kabelabschnitten von etwa 500...1000 m notwendige Signalaufbereitung wird mit besonders entwickelten Breitbandverstärkern (Fig. 9) vorgenommen. Die

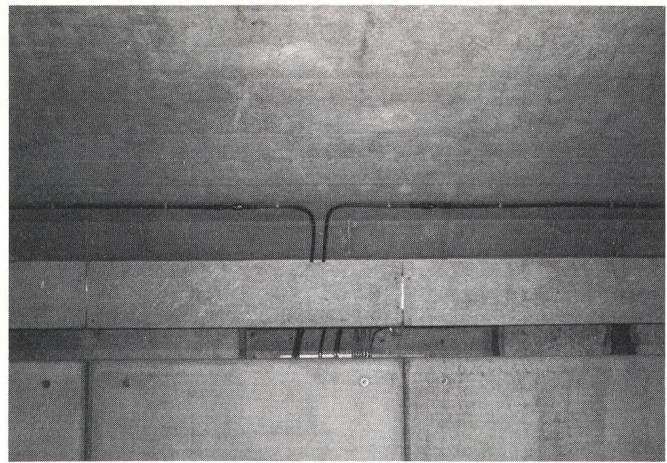


Fig. 7  
Übergang vom strahlenden Kabel auf das Zuführungskabel bei einem Querschlag — Passage du câble rayonnant au câble d'alimentation à la hauteur d'une niche

– résistance contre les contraintes mécaniques et chimiques dues aux travaux de nettoyage du tunnel à l'aide de brosses rotatives ainsi qu'aux produits de nettoyage ajoutés à l'eau

Le câble a été fixé à l'aide de brides en matière synthétique (Clicbride), développées spécialement à cet effet par Egli Fischer SA, Zurich. Ces brides furent fixées à l'aide de tampons en matière synthétique et il fallut percer au total 48 000 trous dans la voûte de béton du tunnel.

La pose proprement dite du câble nécessita la mise au point de quelques mesures d'organisation. En effet, il ne fut pas facile de poser 600...700 m de câble sans interruption contre la voûte du tunnel, dans un espace relativement restreint, alors que de nombreux autres ouvriers devaient vaquer en même temps à leurs occupations. Le travail fut réalisé par des équipes de nuit, pendant qu'il n'y avait pratiquement pas de circulation de chantier. Pour ce faire, on utilisa un camion de l'armée acquis spécialement à cette fin qui, muni d'une plate-forme de montage et d'un dispositif de déroulement du câble, se révéla être un auxiliaire précieux (fig. 4).

## 22 Prises et fiches de câble

Les 48 (2×24) amplificateurs à large bande de toute l'installation sont logés dans des armoires livrées par le maître de l'ouvrage et placées dans les niches latérales aménagées à distances régulières le long du tunnel (fig. 5). Les appareils sont ainsi séparés de la zone de circulation et protégés contre les immissions qui lui sont dues.

Les câbles de liaison entre les amplificateurs à large bande et les câbles rayonnants ont pu être posés dans les caniveaux de câbles en matière synthétique utilisés pour les autres installations du tunnel. Cependant, en raison du couplage réciproque, ces liaisons n'ont pas pu être réalisées à l'aide de câbles rayonnants. Il a fallu utiliser des câbles HF tels qu'on les rencontre dans les installations de transmission de programmes de télévision par câbles. La jonction entre les deux systèmes de câbles a été réalisée à l'aide de prises et fiches HF (fig. 6). A cet effet, on a monté 300 dispositifs de connexion. Un soin extrême devait être apporté à ce travail, vu que les



Fig. 8  
Schumpfen des Schutzschlauches auf den HF-Steckverbindungen —  
Rétraction du tube protecteur placé sur les connexions HF à fiches

wesentlichen von diesem Verstärker zu erfüllenden Aufgaben können wie folgt zusammengefasst werden:

- Unterdrückung unerwünschter Träger (zum Beispiel CB-Funk) unterhalb des geforderten Übertragungsbereiches (Fig. 10 a) mit dem Hochpassfilter HPF
- Entzerrung des vom strahlenden Kabel verursachten Amplituden-Frequenzverlaufes (Fig. 10 b). Mit den steckbaren Kabelentzerrgliedern KEZ können im Übertragungsbereich (63,5...180 MHz) Amplitudenschräglagen bis zu 20 dB entzerrt werden
- breitbandige rauscharme Vorverstärkung (Fig. 10 c) mit einem Hybridverstärkerbaustein BBV 1
- Konstanthaltung der Verstärkerausgangspegel, das heisst Ausgleich der temperatur- oder alterungsbedingten Dämpfungsvariationen des strahlenden Kabels (Fig. 10 d). Diese Aufgabe übernimmt der elektronische Entzerrer und Abschwächer EEA. Als Regelkriterien werden zusätzlich zu den Sprech- und Rundfunkkanälen je ein Hilfsträger (Pilot) am unteren (63,5 MHz) und am oberen Bandende (180 MHz) mit übertragen. Die in einer Schaltung ausgewerteten Pilotpe-

câbles doivent être préparés en conséquence et parce que les jonctions à fiches et prises durent être placées dans la zone de circulation (fig. 7). Pour accroître la sécurité des connexions HF, on les a munies, après montage, d'un tube thermorétractable destiné à les protéger contre les influences extérieures (gaz et eau, fig. 8).

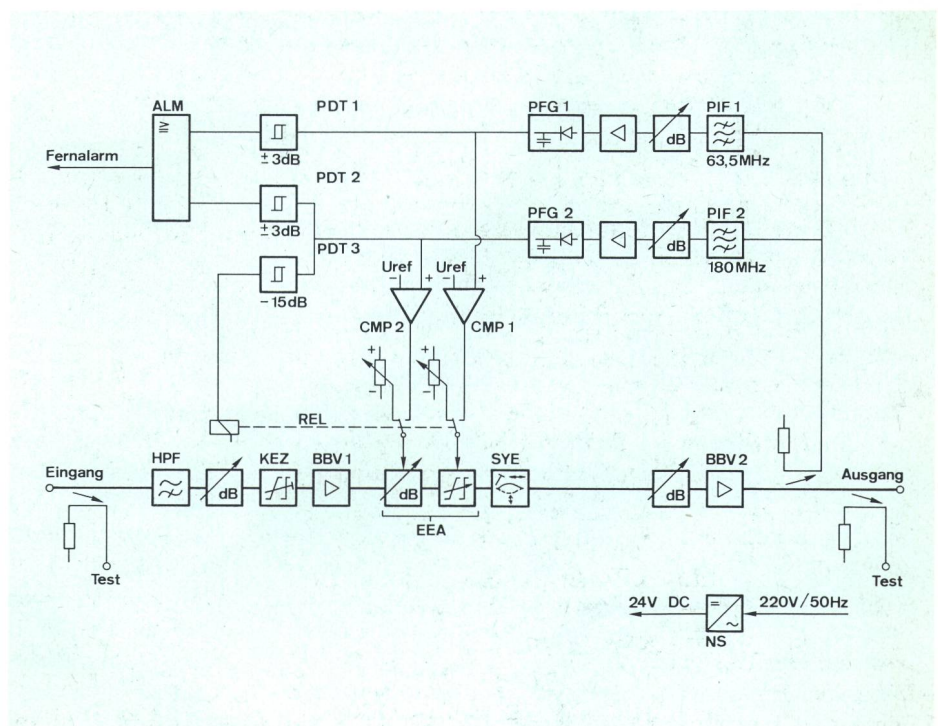
### 3 Amplificateurs à large bande

Il est nécessaire de régénérer les signaux une fois qu'ils ont traversé une portion de 500...1000 m de câble. Cette opération est assurée par un amplificateur à large bande développé spécialement à cet effet (fig. 9) Les tâches les plus importantes de ce dispositif peuvent être résumées comme il suit:

- suppression des porteuses indésirables (par exemple radio CB) en dessous de la plage de transmission exigée, à l'aide du filtre passe-haut HPF (fig. 10a)
- égalisation des distorsions provoquées par le câble rayonnant (fig. 10b). Des distorsions d'amplitude jusqu'à 20 dB peuvent être égalisées à l'aide de modules enfichables KEZ sur l'ensemble de la plage de transmission (63,5...180 MHz)
- préamplification à large bande et faible souffle à l'aide d'un module d'amplificateur BBV 1 (fig. 10c)
- maintien constant du niveau d'amplification, c'est-à-dire compensation des variations d'atténuation dues aux effets de la température ou du vieillissement du câble rayonnant (fig. 10d). Cette tâche est remplie par l'unité d'égalisation et d'atténuation EEA. En plus des fréquences nécessaires pour les canaux de conversation et pour ceux des services radioélectriques, on transmet une porteuse auxiliaire (pilote) à la limite inférieure (63,5 MHz) et supérieure (180 MHz) de la bande. Le niveau des fréquences pilotes déterminé par un circuit spécialisé est utilisé comme il suit pour le réglage:
  - pilote 180 MHz: commande de l'atténuateur électronique (fig. 11a)

Fig. 9  
Blockschema des Breitbandverstärkers —  
Schéma bloc de l'amplificateur à large bande

DC	Gleichstrom — Courant continu
NS	Netzspeisung — Alimentation réseau
ALM	Alarm — Alarme
PDT	Pegeldetektor — Détecteur de niveau
PFG	Pilotfrequenzgleichrichter — Redresseur de fréquence pilote
PIF	Pilotfrequenzfilter — Filtre de fréquence pilote
$U_{ref}$	Referenzspannung — Tension de référence
CMP	Komparator — Comparateur
REL	Relais
HPF	Hochpassfilter — Filtre passe-haut
KEZ	Kabelentzerrer — Egaliseur des signaux du câble
BBV	Breitbandverstärker — Amplificateur à large bande
EEA	Elektronischer Entzerrer und Abschwächer — Egaliseur et atténuateur électronique
SYE	Systementzerrer — Egaliseur de système
Fernalarm	Alarme à distance
Eingang	Entrée
Ausgang	Sortie
Test	Test



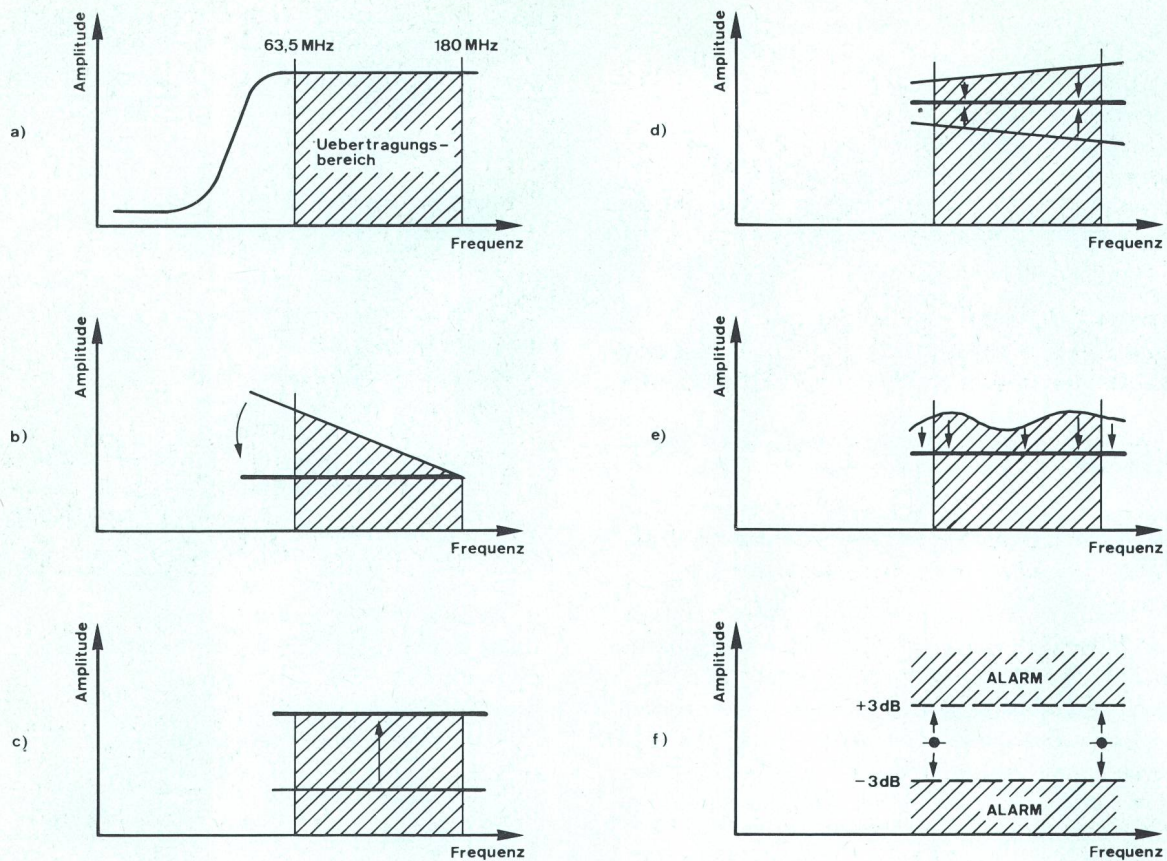


Fig. 10  
Funktion einzelner Baugruppen des Verstärkers — Fonction de quelques modules de l'amplificateur à large bande

a) Hochpassfilter — Filtre passe-haut

b) Kabelentzerrer — Egaliseur des signaux du câble

c) Verstärker — Amplificateur

d) Automatische Regelung — Réglage automatique

e) Systementzerrer — Egaliseur de système

f) Alarmierung — Alarme

Übertragungsbereich — Plage de transmission

Frequenz — Fréquence

Alarm — Alarme

gel werden folgendermassen zur Regelung verwendet:

- 180-MHz-Pilot: Steuerung des elektronischen Abschwächers (Fig. 11a)
- 63,5-MHz-Pilot: Steuerung des elektronischen Entzerrers (Fig. 11b)

Das Zusammenspiel beider Einzelregelungen erlaubt, den geforderten Pegel über den ganzen Übertragungsbereich konstant zu halten.

- Die beschriebenen Entzerrer gestatten nur die Korrektur linear verlaufender Amplituden-Frequenzverläufe. Mit dem manuell einstellbaren Systementzerrer SYE ist es zusätzlich möglich, parabelförmige Frequenzgänge zu linearisieren (Fig. 10 e).
- Ein Teil des Ausgangssignals wird ausgekoppelt und den Pilotfiltern PIF1/PIF2 zugeführt. Die so gewonnenen Pilotfrequenzen von 63,5 und 180 MHz werden selektiv auf den zur Gleichrichtung benötigten Pegel verstärkt (PFG 1/PFG 2).
- In den Komparatoren CMP 1/CMP 2 werden die gleichgerichteten Pilotensignale mit einer Referenzspannung verglichen. Aus diesem Vergleich ergibt sich das Regelsignal zur Steuerung des elektronischen Entzerrers und des Abschwächers.
- Die gleichgerichteten Pilotpegel werden ausserdem überwacht, wobei die Detektoren PDT 1/PDT 2 einen

- pilote 63,5 MHz: commande de l'égalisateur électronique (fig. 11b)

Le jeu de ces deux réglages séparés permet de maintenir constant le niveau exigé sur toute la plage de transmission.

- Les égaliseurs décrits assurent la correction de distortion linéaire d'amplitude en fonction de la fréquence. A l'aide de l'égaliseur de système SYE réglable manuellement, il est de plus possible de rendre linéaires les distortions de forme parabolique (fig. 10e).
- Une partie du signal de sortie est découpée et amenée aux filtres de fréquence pilote PIF 1/PIF 2. Les fréquences pilotes ainsi extraites de 63,5 MHz et 180 MHz sont amplifiées au niveau nécessaire pour le redressement (PFG 1/PFG 2).
- Les deux signaux pilotes sont comparés à une tension de référence dans les comparateurs CMP 1/CMP 2. Le signal de réglage pour la commande de l'égaliseur et de l'atténuateur électronique est tiré de cette comparaison.
- De plus, le niveau des signaux pilotes redressés est surveillé et les détecteurs PDT 1/PDT 2 déclenchent une alarme dès que les niveaux à la sortie de l'amplificateur diffèrent de plus de  $\pm 3$  dB de la valeur de consigne (fig. 10f).

Alarm auslösen, sobald die Pegel am Verstärkerausgang um mehr als  $\pm 3$  dB vom Sollwert abweichen (Fig. 10 f).

- Eine zusätzliche 180-MHz-Pilotpegelüberwachung PDT 3 öffnet die Regelschleife REL bei fehlendem Pilotsignal (zum Beispiel bei Kabelunterbruch) und verhindert damit ein unbegründetes «Aufregeln» des Verstärkers.
- Der Verstärker wird aus dem 220-V-Wechselspannungsnetz über einen Gleichrichter NS, der für die erforderliche Gleichspannung von 24 V sorgt, gespeist.

Die Verstärkereinheiten sind auf Einschübe montiert (Fig. 12). Alle Einschübe wurden in einem 19-Zoll-Chassis zum Gesamtverstärker zusammengefasst (Fig. 13).

#### 4 Kopfstation

Die Kopfstation ist ein wichtiger Bestandteil der Tunnelfunkanlage. Die beiden im Gotthard installierten Anlagen (Fig. 14) befinden sich bei den Tunnelportalen von Göschenen und Airolo. In den gleichen Räumen und im gleichen Apparateschrank sind auch die beiden von den PTT-Betrieben gelieferten UKW-Sender und -Überwachungsempfänger untergebracht.

#### 41 Aufbau

Die komplette Kopfstation, inklusive UKW-Anlage, ist in einem Schwenkrahmen-Stahlschrank untergebracht und weist folgende Baugruppenträger (Chassis) auf:

##### - Zwei Senderchassis

Beide Chassis enthalten die drei Sender S 55 F (Polizei, Unterhalt Tessin und Unterhalt Uri). Diese wurden mit einem Zusatzmodul ausgerüstet, mit dem die Aus-

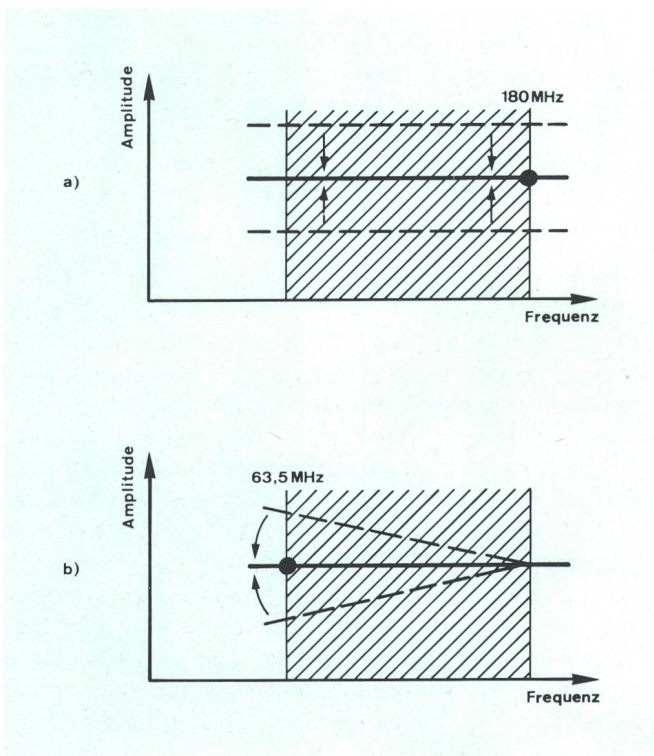


Fig. 11  
Funktion der elektronischen Pegelregelung — Fonction du réglage électronique de niveau  
a) Abschwächer — Atténuateur  
b) Entzerrer — Egaliseur

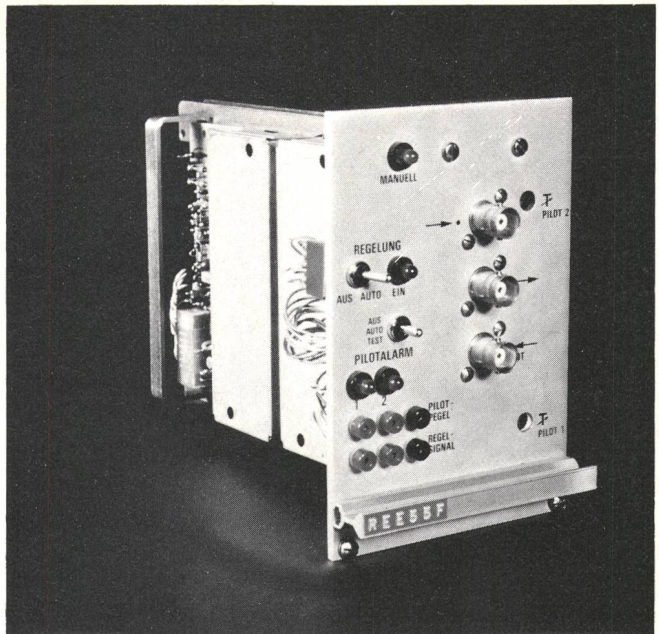


Fig. 12  
Breitbandverstärkereinschub — Unité d'amplificateur à large bande

- Un dispositif supplémentaire de surveillance du niveau du signal pilote à 180 MHz PDT 3 ouvre la boucle de réglage REL lorsque le signal pilote manque (en cas d'interruption du câble) et empêche ainsi un «réglage vers le haut» inutile de l'amplificateur.
- L'amplificateur est alimenté à partir du réseau à courant fort 220 V~ par l'intermédiaire du redresseur NS qui assure la fourniture de la tension continue de 24 V nécessaire.

Les différents modules de l'amplificateur sont montés sur des unités enfichables (fig. 12). Toutes ces unités sont insérées dans un châssis 19 pouces pour former l'ensemble d'amplification (fig. 13).

#### 4 Station de tête

La station de tête est une partie importante de l'installation pour les services radioélectriques du tunnel. Les deux équipements de ce genre (fig. 14) se trouvent aux entrées du tunnel de Göschenen et d'Airolo. Les émetteurs OUC, ainsi que les récepteurs de surveillance li-

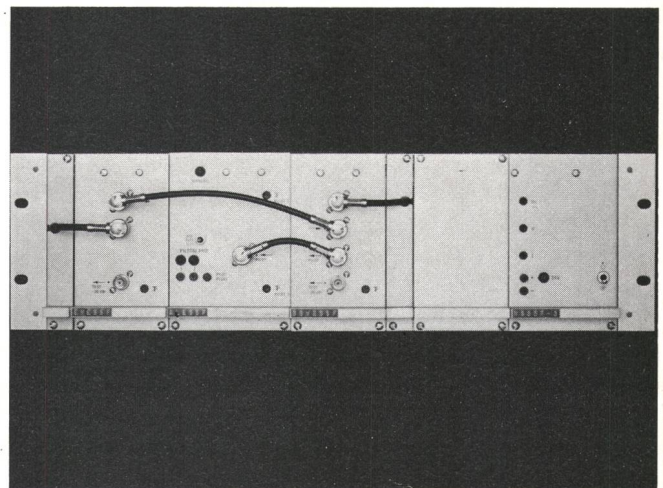


Fig. 13  
Breitbandverstärkerchassis — Châssis des amplificateurs à large bande

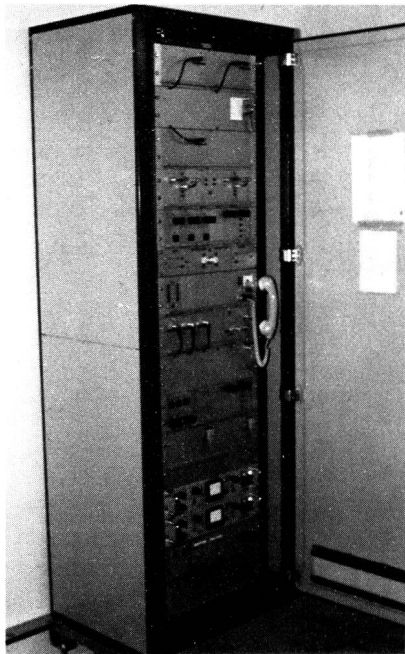


Fig. 14  
Kopfstation Göschenen — Station tête de ligne de Göschenen

gangsleistung zwischen 1 und 5 W stufenlos reguliert werden kann. Weiter ist in jedem Sender ein Isolator vorhanden, um die beim Zusammenschluss mehrerer Sender auf einer Leitung entstehende Senderintermodulation auf einem sehr kleinen Wert zu halten.

– *Combinerchassis (Fig. 15)*

In diesem werden die in der Tunnelfunkanlage integrierten Funkdienste HF-mässig zusammengeschaltet. Es sind acht Einzeleingänge vorhanden, wovon bis heute fünf belegt sind. Beide Pilotsender werden über einen besonderen Koppler auf die Leitung geschaltet. Am Ausgang ist ein Messkoppler eingebaut, mit dem alle HF-Signale gemessen werden können, ohne dass es nötig ist, die Anlage auszuschalten. In Göschenen ist das Relais für die Anschaltung der Redundanzsender auf das Koaxialkabel Nr. 2 eingebaut, das beim Ausfall des Hauptkabels aktiviert wird.

– *Pilotsenderchassis*

Ein wichtiger Teil der Kopfstation besteht aus den vier Pilotsendern, die in diesem Chassis untergebracht sind. Zwei Sender befinden sich in Standby, damit beim Ausfall eines Senders automatisch auf den Reservesender umgeschaltet werden kann. Diese aktive Redundanz ist sehr wichtig, da das System (Kabel und Breitbandverstärker) mit diesen Pilotfrequenzen überwacht und geregelt wird.

– *NF-Chassis (Senderichtung)*

Hierin befinden sich die Einschübe für die NF-mässige Aufbereitung der Modulationssignale aus der Funkzentrale für die drei Sendekanäle mit den dazugehörigen Messsteckern. In der Kopfstation Göschenen sind zusätzlich drei Leitungsentzerrer für die frequenzabhängige Kabeldämpfungskompensation enthalten. Weiter integriert in diesem Chassis sind die Steuereinschübe für die Sendertastung und die automatische Kabelumschaltung.

– *Schaltplatte*

Von hier aus können die Betriebszustände beider Kabelsysteme manuell mit einem Schlüsselschalter wie folgt eingestellt werden:

vres par l'Entreprise des PTT sont également placés dans les mêmes armoires et les mêmes locaux.

#### 41 Construction de la station de tête

La station de tête complète, y compris l'installation OUC, est logée dans une armoire métallique à cadres pivotants et comprend les modules (châssis) suivants:

– *Deux châssis d'émetteur*

Ces deux châssis contiennent les trois émetteurs S 55 F (pour la police, le service d'entretien Tessin et le service d'entretien Uri). Ces émetteurs ont été équipés d'un module supplémentaire permettant de régler la puissance de sortie sans discontinuité entre 1 W et 5 W. Chaque émetteur est doté d'un isolateur afin que l'intermodulation entre émetteurs soit maintenue à une valeur très faible en cas du raccordement de plusieurs émetteurs sur une même ligne.

– *Châssis du combineur (fig. 15)*

Le combineur assure une interconnexion de tous les services intégrés dans l'installation pour les services radioélectriques du tunnel. Il existe huit possibilités d'entrée, dont cinq sont occupées actuellement. Les deux émetteurs pilotes sont connectés sur la ligne par l'intermédiaire d'un coupleur particulier. Un coupleur de mesure est inséré à la sortie et permet de mesurer tous les signaux HF sans qu'il soit nécessaire de déclencher l'installation. Le relais pour la connexion de l'émetteur de redondance sur le câble N° 2, qui est activé en cas de défaillance du câble principal, est monté dans l'installation de Göschenen.

– *Châssis des émetteurs de fréquences pilotes*

Une partie importante de la station de tête est constituée par les quatre émetteurs de fréquences pilotes montés dans ce châssis. Deux d'entre eux se trouvent à l'état standby, afin qu'en cas de défaillance d'un émetteur il soit passé automatiquement sur l'émetteur de réserve. Cette redondance active est très importante vu que le système (câbles et amplificateurs à large bande) est surveillé et réglé par ces fréquences pilotes.

– *Châssis BF (sens émission)*

Ce châssis contient les modules pour la préparation sur le plan de la basse fréquence des signaux de modulation en provenance du central des services ra-

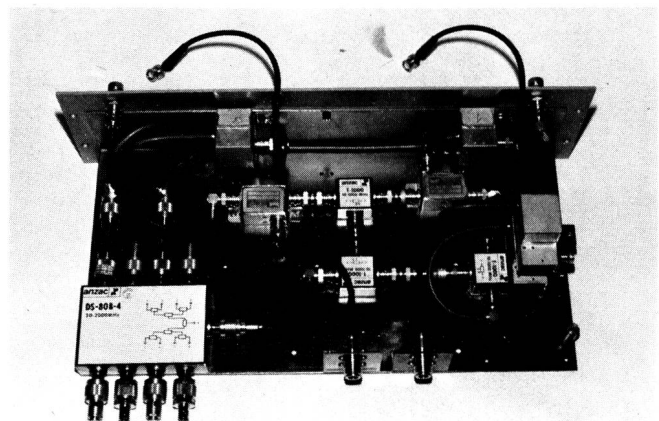


Fig. 15  
Ansicht des Kombinator — Vue du combineur

- Stellung 1 Automatik. Die Umschaltung wird von beiden Pilotempfängern aus gesteuert.
- Stellung 2 Redundanz. Kabel 1 ist ausser Betrieb, und Kabel 2 übernimmt dessen Dienste.
- Stellung 3 Katastrophe. Die katastrophengesicherten Dienste sind auf beide Kabel geschaltet.

Anzeigelampen zeigen auf dieser Platte den Zustand der beiden Kabelsysteme 1 und 2 (in Ordnung oder defekt) sowie den Betriebszustand auf.

- *Mess- und Alarmchassis*

In diesem Baugruppenträger sind die Einrichtungen zur Alarmierung und zu deren Weiterleitung integriert. Gleichfalls auf diesem Träger befindet sich die Messeinheit, mit der die drei Sender und Empfänger HF- und NF-mässig überwacht werden können.

- *Empfängerchassis*

Hier befinden sich die drei Redundanzempfänger sowie der das Kabel 2 überwachende Doppelpilotempfänger. Die hier eingebauten Empfänger weisen eine reduzierte Squelch-Empfindlichkeit auf, damit die auf dem Breitbandverstärkersystem entstehenden Intermodulationsstörungen die Empfänger nicht zum Ansprechen bringen können.

- *Dividierchassis*

Die Einrichtungen in diesem Chassis stellen das Gegenstück zu jenen im Combinerchassis dar, das heisst, dass ankommende HF-Signale hier auf die Empfänger aufgeteilt. Das Ankopplungswerk des Pilotempfängers und das Koaxialrelais für die Umschaltung des Hauptsystems auf den Redundanzbetrieb sind ebenfalls integriert. Wie das Combinerchassis ist auch diese Einheit mit einem Messkoppler ausgerüstet, der alle eintreffenden HF-Signale zu messen gestattet.

- *NF-Chassis (Empfangsrichtung)*

Hier werden die von den Empfängern ankommenden NF-Signale für die Weiterleitung an die Funkzentrale verstärkt. Diese können auch an Messbuchsen zu Überwachungszwecken kontrolliert werden. Ein weiterer Einschub verstärkt die NF-Signale der UKW-Überwachungsempfänger und gibt sie beiden Kommandostellen zur Überwachung weiter. Die von den Empfängern gelieferten Squelch-Kriterien werden auf Tonfrequenzen umgesetzt, die als Steuersignale für die Funkzentrale verwendet werden.

- *Netzchassis L*

Hier wird die vom gesicherten 220-V~ -Netz des Tunnels zugeführte Spannung auf 12 V = umgesetzt. Aus Sicherheitsgründen arbeiten zwei spannungsmässig überwachte Netzgeräte parallel.

- *UKW-Teil*

Der von den PTT-Betrieben zur Verfügung gestellte UKW-Teil arbeitet autonom und wird nur von der übrigen Anlage an- und abgeschaltet.

- *Anschaltechassis*

Dieses Chassis dient der Ein- und Ausschaltung der eingebauten Netzgeräte.

## 5 Funkzentrale

### 51 Grundausrüstung und Funktionsweise (Fig. 16)

Die Funkzentrale FZ 300 ist modular aufgebaut und mikroprozessorgesteuert. Sie stellt eine Handvermittlungseinrichtung für Funk- und Telefonleitungen dar.

diélectriques et à destination des trois canaux d'émission. Il renferme également les prises de mesure nécessaires. De plus, trois égaliseurs de ligne destinés à la compensation de l'atténuation du câble en fonction de la fréquence sont montés dans la station de tête de Göschenen. Ce châssis contient encore les unités de commande pour la modulation des émetteurs et le dispositif automatique de commutation de câbles.

- *Platine de commutateur*

Cette platine permet de fixer manuellement l'état d'exploitation des deux systèmes de câbles à l'aide d'un commutateur à clé pouvant prendre les trois positions suivantes:

- Position 1 exploitation automatique. La commutation est commandée par les deux récepteurs pilotes.
  - Position 2 redondance. Le câble 1 est hors d'exploitation et le câble 2 reprend les services qu'il transmet.
  - Position 3 catastrophe. Les services assurés en cas de catastrophe sont connectés sur les deux câbles.
- Des lampes montées sur cette platine indiquent l'état des deux systèmes de câbles 1 et 2 (en ordre ou défectueux), ainsi que l'état d'exploitation.

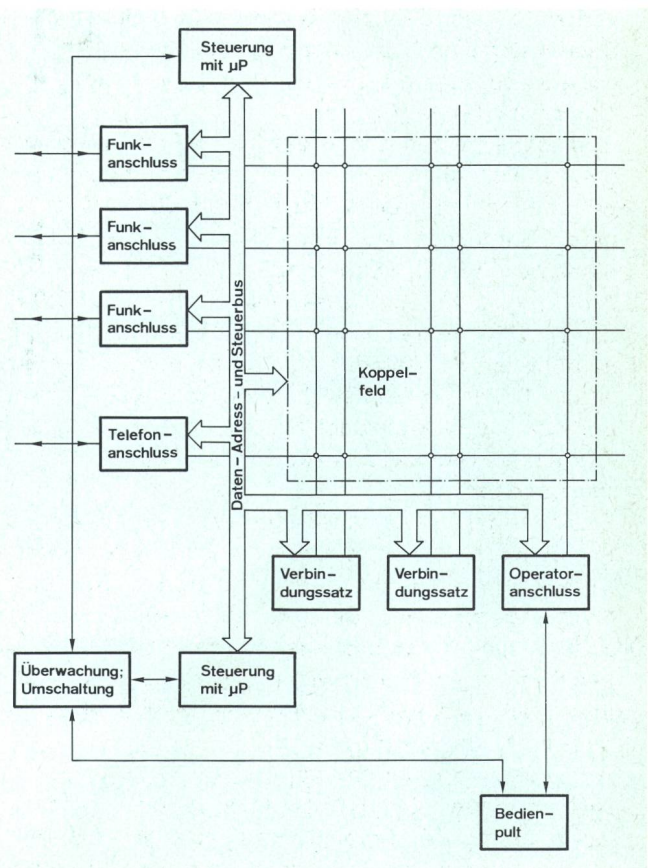


Fig. 16  
Blöckschema der Funkzentrale FZ 300 — Schéma bloc de la centrale pour services radioélectriques FZ 300

- Steuerung mit µP — Commande par µP
- Funkanschluss — Raccordement radioélectrique
- Telefonanschluss — Raccordement téléphonique
- Überwachung, Umschaltung — Surveillance, commutation
- Verbindungssatz — Circuit de connexion
- Operatoranschluss — Raccordement d'opérateur
- Bedienpult — Pupitre de service
- Koppelfeld — Réseau de couplage
- Daten-, Adress- und Steuerbus — Bus des données, d'adressage et de commande

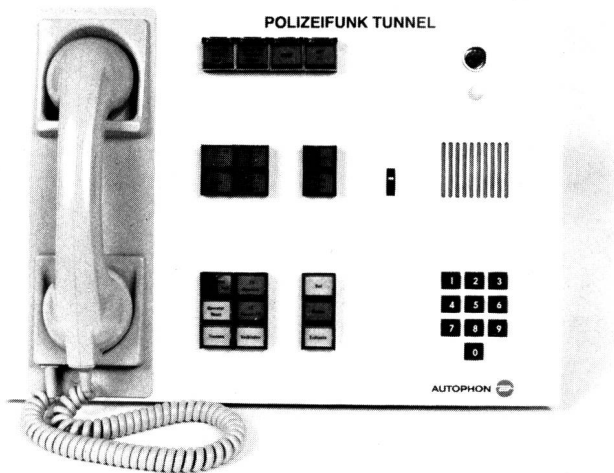


Fig. 17  
Bedienplatte «Verkehr» – Platine de service «Circulation»

Dabei werden alle spezifischen Probleme der Zusammenschaltung von Funk mit Telefonleitungen berücksichtigt. Auf den Funkleitungen können verschiedene Rufarten erzeugt und decodiert werden; ebenfalls sind verschiedene Sendertastungen möglich. Um die Zusammenschaltung von Telefonleitungen mit Simplex-Funknetzen zu gestatten, sind Sprachsteuerungseinrichtungen vorgesehen. Es können bis zu maximal 99 Funk- und Telefonleitungen und sechs Bedienplätze (Fig. 17) an die Vermittleranlage angeschlossen werden.

Zur Steuerung der Anlage wird ein Mikroprozessor eingesetzt, der über eine serielle Schnittstelle mit den Bedienplätzen verbunden ist. Im Ruhezustand werden alle Funk- und Telefonanschlüsse auf Anrufe, Schlusszeichen, Interventionen, Alarmer usw. zyklisch abgefragt. Wird von einem Anschluss zum Beispiel ein Anruf gemeldet, so wird auf den Bedienpulten die entsprechende Anruflampe zum Blinken gebracht. Durch Drücken der blinkenden Taste schaltet sich der Operator auf die Leitung. Die Weitervermittlung geschieht nach dem Belegen einer zweiten Leitung sowie durch Drücken der Verbindungstaste, wobei der Mikroprozessor das Gespräch überwacht und dessen Ende signalisiert.

## 52 Funkzentrale für den Gotthardtunnel (Fig. 18)

In Zusammenarbeit mit den verantwortlichen Stellen der Generaldirektion der PTT-Betriebe wurde eine Anpassung der Grundausrüstung der Funkzentrale an die besonderen Betriebsverhältnisse und Bedürfnisse im Gotthardtunnel vorgenommen. Die Anlage besteht aus zwei Steuerschränken in Airolo, einem Steuerschrank in Göschenen sowie vier Bedienplätzen.

Um einen reibungslosen Betrieb zu gewährleisten, wurde die Funkzentrale mit einer zweiten Steuerung ausgerüstet, wobei eine Überwachungseinrichtung alle 24 Stunden das Umschalten von einer zur andern Steuerung verursacht. Im Störfall geschieht die Umschaltung augenblicklich, und gleichzeitig wird die Störungsart an die Piktettdienstzentrale der PTT gemeldet.

Für Servicezwecke und für den Notfall wurde zusätzlich eine unabhängige Bedienung für die wichtigsten

### – Châssis de mesure et d'alarme

Ce châssis renferme les équipements d'alarmes et de transmission de ces dernières. Il contient également l'unité de mesure qui permet de surveiller les trois émetteurs et récepteurs, tant du point de vue HF que BF.

### – Châssis des récepteurs

Cette unité renferme les trois récepteurs redondants ainsi que le double récepteur de signal pilote surveillant le câble N° 2. Les récepteurs utilisés ont une sensibilité du squelch réduite, afin que les perturbations dues à l'intermodulation apparaissant dans le système d'amplificateurs à large bande n'entraînent pas son enclenchement.

### – Châssis diviseur

Les équipements logés dans ce châssis représentent le pendant de ceux montés sur le châssis du combineur. C'est-à-dire que les signaux HF sont répartis sur les différents récepteurs. Le réseau de couplage du récepteur de pilote et le relais coaxial pour la commutation du système principal sur exploitation redondante sont également intégrés dans cette unité. Comme c'est le cas pour le châssis du combineur, ce module est également doté d'un coupleur de mesure qui permet de vérifier tous les signaux HF entrants.

### – Châssis BF (sens réception)

C'est dans cette unité que les signaux BF en provenance des récepteurs sont amplifiés pour être ensuite transmis au central des services radioélectriques. La qualité de ces signaux peut être également vérifiée à partir de douilles de mesure. Un autre module assure l'amplification des signaux BF en provenance du récepteur de surveillance OUC, qui sont ensuite acheminés vers le poste de commandement à des fins de surveillance. Les critères de squelch livrés par les récepteurs sont transposés en fréquences audibles qui servent de signaux de commande pour le central des services radioélectriques.

### – Châssis réseau

C'est dans cet élément de la construction que la tension de 220 V du réseau à courant alternatif sans coupure du tunnel est abaissée et redressée à 12 V=. Pour des raisons de sécurité deux redresseurs, dont la tension est surveillée, sont connectés en permanence en parallèle.

### – Partie OUC

La partie OUC mise à disposition par l'Entreprise des PTT fonctionne de façon autonome et n'est qu'enclenchée ou déclenchée du reste de l'installation.

### – Châssis de connexion

Ce châssis sert uniquement à l'enclenchement et au déclenchement des redresseurs incorporés.

## 5 Central des services radioélectriques

### 51 Equipements de base et fonctionnement

Le central pour services radioélectriques FZ 300 est une installation modulaire commandée par microprocesseur. Elle remplit le rôle d'un dispositif manuel de commutation pour les raccordements radioélectriques et téléphoniques. Lors de sa construction, on a tenu compte de tous les problèmes spécifiques concernant l'interconnexion de raccordements radioélectriques avec des lignes téléphoniques. Différentes catégories

Funkanschlüsse geschaffen, die einen stark eingeschränkten Betrieb des Tunnelfunks erlaubt.

Es sind insgesamt vier Bedienplätze (Fig. 19) vorgesehen. Je zwei davon befinden sich in Göschenen und in Airolo. Die zwei Bedienplätze sind jeweils im Kommandoraum «Verkehr» und im Kommandoraum «Unterhalt» untergebracht, wobei jeder die für den betreffenden Dienst notwendigen Anschlüsse bedient. Während der Nacht wird vom Bedienplatz im Kommandoraum «Unterhalt» auf einen Bedienplatz im Kommandoraum «Verkehr» umgeschaltet, da nur dieser während 24 Stunden besetzt ist. Um den Verkehrsteilnehmern wichtige Meldungen durchzusagen, können im Notfall die UKW-Sender von den Bedienplätzen «Verkehr» in Göschenen und in Airolo aus besprochen werden.

## 6 Weitere integrierte Anlagen

### – Natel

Die Natel-Anlage ist autonom und an die Natel-Zentrale Bellinzona angeschlossen. Sie ist in zwei Natel-

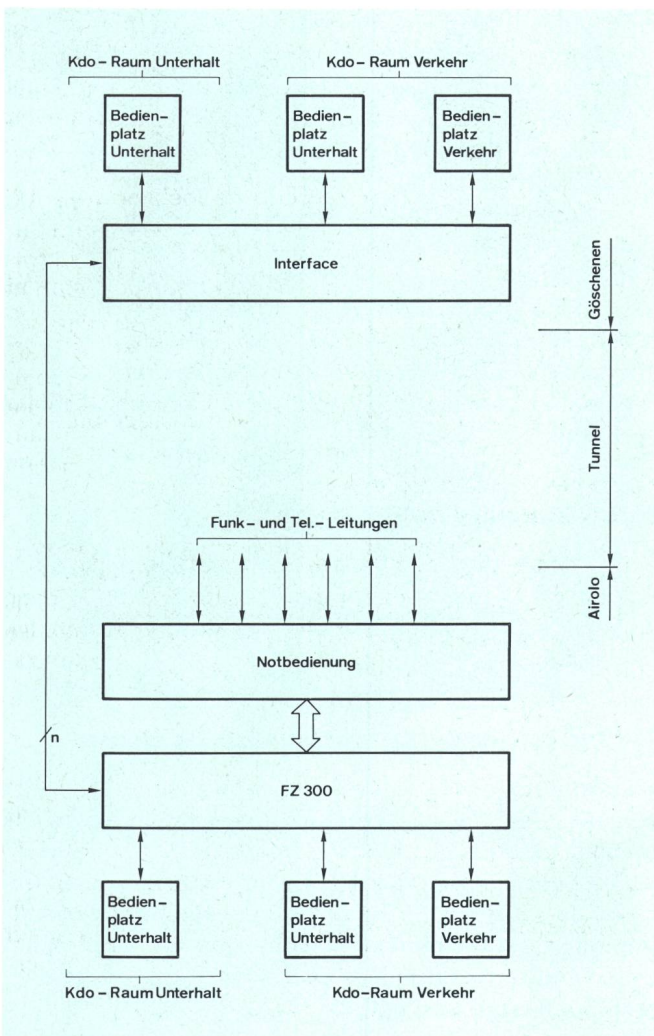


Fig. 18  
 Blockschema der Funkzentrale FZ 300 Gotthard — Schéma bloc de la centrale pour services radioélectriques FZ 300 St-Gothard  
 K(omman)do-Raum «Unterhalt» — Poste de commandement «Entretien»  
 K(omman)do-Raum «Verkehr» — Poste de commandement «Circulation»  
 Bedienplatz «Unterhalt» — Place de service «Entretien»  
 Bedienplatz «Verkehr» — Place de service «Circulation»  
 Funk- und Tel(efon)leitungen — Raccordements radioélectriques et téléphoniques  
 Notbedienung — Service de secours

d'appel peuvent être engendrées et décodées sur les raccordements radioélectriques; il est également possible de moduler les émetteurs de plusieurs façons. Afin qu'il soit possible de connecter des lignes téléphoniques avec des réseaux radiophoniques simplex, des dispositifs de commande par signaux vocaux sont prévus. L'installation permet d'exploiter jusqu'à 99 raccordements radioélectriques ou téléphoniques et jusqu'à six postes d'opérateurs (fig. 16).

La commande de l'ensemble est assurée par un microprocesseur relié par l'intermédiaire d'une interface sérielle avec les postes d'opérateurs. A l'état de repos, tous les raccordements radioélectriques et téléphoniques sont explorés cycliquement, afin de détecter des appels, des signaux de fin de conversation, des interventions ou des alarmes. Si, par exemple, un appel apparaît sur un des raccordements, la lampe d'appel correspondante se met à clignoter sur le poste d'opérateur. En pressant sur la touche en question, celui-ci s'intercale sur la ligne. La commutation a lieu après qu'une deuxième ligne a été occupée et après que la touche de liaison a été pressée. Le microprocesseur surveille alors la conversation et annonce la fin.

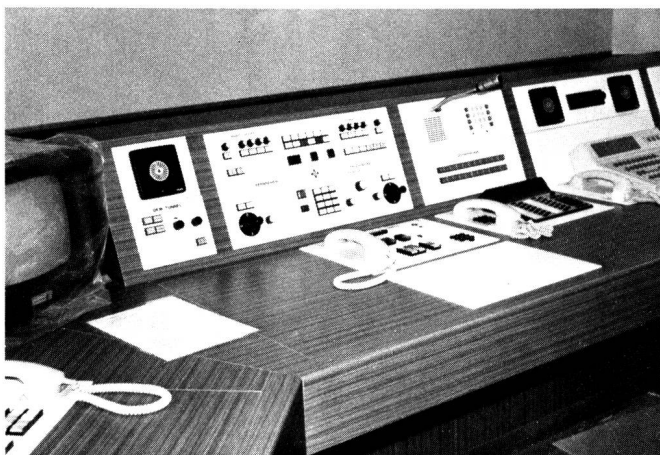
## 52 Central pour services radioélectriques du tunnel du St-Gothard (fig. 17)

Des modifications de l'équipement de base du central pour services radioélectriques, visant à l'adapter aux conditions régnant dans le tunnel du St-Gothard et aux besoins de l'exploitation, ont été mises au point avec la collaboration des services responsables de la Direction générale de l'Entreprise des PTT. L'installation se compose de deux armoires de commande à Airolo, d'une armoire de commande à Göschenen et de quatre postes d'opérateurs.

Pour garantir un service sans interruption, on a doté le central pour services radioélectriques d'un deuxième dispositif de commande, un circuit de surveillance assurant la commutation de l'un sur l'autre toutes les 24 heures. En cas de dérangement, la commutation est immédiate et le genre de défaut est transmis au central de piquet des PTT.

Pour des raisons de service et d'exploitation en cas de catastrophe, un dispositif de desserte indépendant a été créé pour les raccordements radioélectriques les plus importants. Il permet une exploitation très réduite de l'installation des services radioélectriques du tunnel.

Au total, on a prévu quatre postes d'opérateurs (fig. 18). Deux d'entre eux se trouvent à Göschenen et deux à Airolo. Les postes d'opérateurs sont placés chaque fois dans le poste de commandement «circulation» et «entretien», chacun d'eux permettant de desservir les raccordements réservés au service respectif. Pendant la nuit, le poste du local de commandement «entretien» est commuté sur celui du local «circulation», vu que seul ce dernier est occupé sans interruption pendant 24 heures. En cas de catastrophe, il est possible de mettre en service les émetteurs OUC et de les moduler à partir des postes d'opérateurs «circulation», tant à Göschenen qu'à Airolo, afin qu'il soit possible de transmettre des communications importantes aux usagers du tunnel.



**Fig. 19**  
 Teilansicht des Kommandopultes «Verkehr» in Göschenen – Vue partielle du pupitre de commandement «Circulation» à Göschenen  
 Oben: Kontrollplatte für die UKW-Überwachung auf Kabel, Fernsteuerung, Gegensprechanlage – En haut: Platine de contrôle pour la surveillance OUC sur les câbles, télécommande, installation d'interphone  
 Unten: Kommandoplatte Funk, Telefonstation mit automatischem Nummerngeber, Vermittlungsplatte der Haustelesonenzentrale – En bas: Platine de commandement «Services radioélectriques», poste téléphonique avec émetteur de chiffres automatique, platine de commutation du central téléphonique d'abonné

Schränken eingebaut, und zwar in Göschenen (Ruf- und Sprachsender) sowie in Airolo (Sprachempfänger). HF-mässig sind die Natel-Einrichtungen an das Kabel 2 angeschlossen und nicht redundanzgesichert, das heisst, dass sie abgeschaltet werden, sobald das Kabel 2 durch die redundanzgesicherten Funkdienste belegt ist.

#### – UKW-Modulationsausrüstungen

Beide Musikleitungen der UKW-Kanäle werden pegel- und frequenzmässig aufbereitet und den UKW-Sendern zugeführt. Die Umschaltung der UKW-Modulationsleitungen auf die entsprechenden HF-TR-Kanäle beim Ausfall der Zuleitung oder nach 24.00 Uhr sowie die Anschaltung beider Polizeikommandogeräte für die Verkehrsdurchsage auf dem UKW-Kanal werden ebenfalls hier vorgenommen.

#### – Betriebsführungssystem

Das Betriebsführungssystem erlaubt, alle Alarme, die in der Tunnelfunkanlage auftreten, zu überwachen und zu verketteten und sie als Sammelalarme (dringend, nicht dringend, anormaler Zustand) dem Überwachungszentrum der Kreisteledirektion Bellinzona zuzuführen. Diese werden zudem den beiden Kommandozentralen in Airolo und in Göschenen für die interne Signalisation zur Verfügung gestellt.

## 7 Inbetriebsetzung

Es sollen hier einige Punkte näher betrachtet werden, denen bei der Inbetriebsetzung dieses grossen Tunnel-systems besondere Beachtung geschenkt werden musste.

### 71 Infrastruktur der Kabelanlage

Die Montage der strahlenden Kabel musste sehr sorgfältig durchgeführt werden. Besondere Aufmerksamkeit war den vielen HF-Stecker-Verbindungen (300 Stück) zu widmen, denn wenn nur wenige Stecker einen kleinen

## 6 Autres dispositifs intégrés dans l'installation

### – Natel

L'installation Natel du tunnel est autonome; elle est raccordée au central Natel de Bellinzone. Les équipements correspondants sont logés dans deux armoires Natel à Göschenen (émetteur d'appel et de conversation) et Airolo (récepteur de conversation). Du point de vue de la haute fréquence, les dispositifs d'exploitation du Natel sont raccordés au câble N° 2 et non redondants. Cela signifie qu'ils sont déclenchés dès que le câble N° 2 est occupé par des services radio-électriques dont l'exploitation est assurée par redondance.

### – Dispositifs de modulation OUC

Les signaux des lignes musicales des canaux OUC sont mis en forme, tant du point de vue du niveau que de celui de la fréquence, puis transmis aux émetteurs OUC. La commutation des lignes de modulation OUC sur les canaux de TD-HF correspondants en cas de défaillance de la ligne d'apport ou après minuit, ainsi que la connexion des deux appareils de commandement de la police destinés à l'émission sur le canal OUC de renseignements concernant la circulation, ont également lieu dans ce châssis.

### – Système de surveillance de l'exploitation

Le système de surveillance de l'exploitation permet de surveiller l'apparition de toutes les alarmes qui peuvent se produire dans l'installation pour services radio-électriques du tunnel, de les grouper en chaîne et de les transmettre en tant qu'alarmes globales (urgentes, non urgentes, état anormal) au centre de surveillance de la Direction d'arrondissement des téléphones de Bellinzone. De plus, ces alarmes sont mises à la disposition des deux centres de commandement d'Airolo et de Göschenen pour la signalisation interne.

## 7 Mise en service

On aborde dans ce chapitre quelques points auxquels il fallut vouer une attention particulière lors de la mise en service de ce système étendu de communication radio-électrique pour les tunnels.

### 71 Infrastructure de l'installation de câbles

Le montage des câbles rayonnants a dû se faire très soigneusement. Il y eut lieu de vouer une attention toute particulière aux nombreuses connexions à fiches HF (300 pièces), car le seul fait qu'un nombre même restreint de prises et fiches présentent un défaut mineur (montage insuffisamment soigné) rend presque impossible l'équilibrage du point de vue de la fréquence d'un système à large bande.

### 72 Amplificateurs à large bande

Pour pouvoir mettre en service les amplificateurs à large bande et les câbles rayonnants, il fallut tout d'abord trouver un procédé permettant de relever la courbe de réponse en fréquences du système. Le fait qu'il fallait maintenir les variations d'amplitude à l'intérieur de  $\pm 2$  dB pour des amplifications globales supérieures à 550 dB dans la bande de 60...180 MHz nécessi-

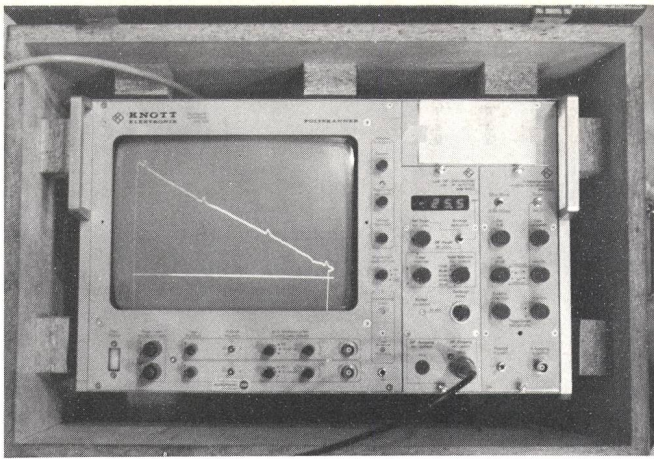


Fig. 20  
Wobbelempfänger mit Darstellung des Amplitudenfrequenzganges einer Kabelteilstrecke — Récepteur de wobulation avec représentation de la courbe de réponse en fréquence d'une portion de câble

Defekt (unsaubere Montage) aufweisen, ist es fast unmöglich, ein breitbandiges System frequenzmässig zu entzerren und einzupegeln.

## 72 Breitbandverstärker

Für die Inbetriebnahme der Breitbandverstärker und des strahlenden Kabels musste ein geeignetes Verfahren zur Amplitudenfrequenzgangmessung gefunden werden. Um im Bereich von 60...180 MHz und bei Systemgesamtverstärkungen von mehr als 550 dB die Amplituden innerhalb  $\pm 2$  dB zu halten, kam nur ein gut auflösendes Wobbelmesssystem in Frage (Fig. 20). Das Fehlen einer separaten Synchronisationsleitung zwischen Wobbelsender (am Tunneleingang) und Wobbelempfänger (irgendwo im Tunnel) bedingte, dass das Gerät ausserdem mit einer besonderen Synchronisationseinrichtung versehen wurde. Die bis heute vorliegenden Erfahrungen zeigen die Notwendigkeit solcher Wobbelmessungen, die vor allem auch die Kontrolle der Strahlungskabelqualität und der Kabelmontage gestatten. Dies ist um so wichtiger, als eine falsch gewählte oder falsch ausgeführte Befestigung des strahlenden Kabels an der Tunneldecke zu fast unkorrigierbaren Frequenzgangveränderungen führen kann (Fig. 21).

Ein weiteres, zum Teil noch zu wenig beachtetes Problem bei Messungen an solchen Anlagen ist die Gefahr starker Betauung der Messgeräte bei zu raschem Klimawechsel von der Aussenwelt in das Tunnelinnere (30...40 °C und 80...95 % Luftfeuchtigkeit) und die damit verbundenen möglichen Gerätestörungen.

## 73 Kopfstation

Bei den Abnahmemessungen der HF-Ausrüstungen im Tunnel (Fig. 22) durch die Abteilung Forschung und Entwicklung der Generaldirektion PTT wurde festgestellt, dass der geforderte minimale Intermodulationsstörabstand von 23 dB nach Absenkung von 5 dB der zu hohen HF-Pegel auf der ganzen Tunnellänge eingehalten werden konnte. Trotz Einhalten dieser Bedingung wurde festgestellt, dass der normale Rausch-Squelch der fixen Sprechfunkempfänger durch die auftretenden Intermodulationsstörungen zum Ansprechen gebracht werden konnte. Der Einbau eines neuentwickelten Squelch-

tait l'utilisation d'un système de mesure par wobulation à haute définition (fig. 19). Vu qu'une ligne de synchronisation séparée ne pouvait être établie entre l'émetteur de wobulation (à l'entrée du tunnel) et le récepteur de wobulation (n'importe où dans le tunnel) exigeait que l'appareil soit en plus doté d'un dispositif de synchronisation particulier. Les expériences faites jusqu'ici soulignent la nécessité de telles mesures de wobulation qui permettent avant tout également de contrôler la qualité de rayonnement du câble et le montage de ce dernier. Cela est d'autant plus important qu'une fixation mal choisie ou mal montée du câble rayonnant sur la voûte du tunnel peut provoquer des modifications de la courbe de réponse en fréquence qui ne peuvent presque pas être corrigées (fig. 20).

Un autre problème qui apparaît lors de la mesure de telles installations et auquel on n'a en partie pas voué suffisamment d'attention est le danger de formation importante d'humidité sur les appareils de mesure lors du changement rapide de climat se produisant lorsque l'on passe du monde extérieur à l'intérieur du tunnel (30...40 °C et 80...95 % d'humidité de l'air), ce qui peut avoir pour conséquence d'entraîner des dérangements des dispositifs de mesure.

## 73 Station de tête

Lors des mesures de recette des équipements HF à l'intérieur du tunnel (fig. 21) par la Division des recherches et du développement de la Direction générale des PTT, il fut constaté que l'écart d'intermodulation minimum de 23 dB exigé a été respecté après que l'on eut diminué de 5 dB sur toute la longueur du tunnel le niveau HF qui était trop élevé. Malgré le respect de cette condition, on s'aperçut cependant que le supprimeur de souffle sur les récepteurs de conversation sur canaux

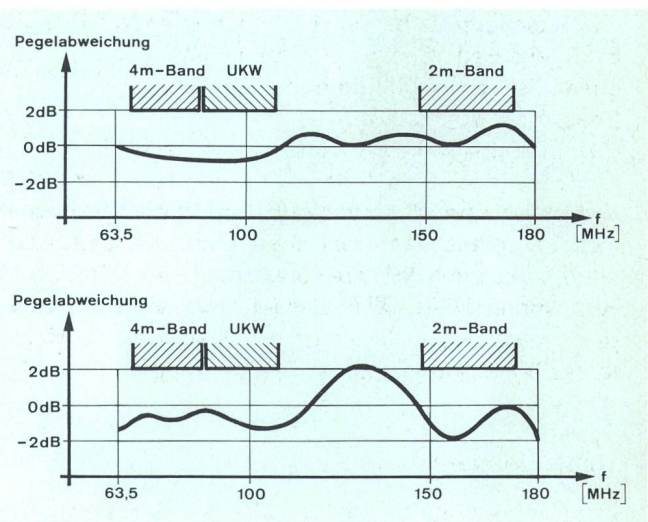


Fig. 21  
Amplitudenfrequenzgang der Kabel zur Funkversorgung im Gotthardtunnel — Réponse en fréquence des câbles de l'installation pour les services radioélectriques dans le tunnel du St-Gothard  
Oben: Kabel 1 Süd→ Nord — En haut: Câble 1 Sud→ Nord  
Unten: Kabel 2 Nord→ Süd — En bas: Câble 2 Nord→ Süd  
Die schraffierten Flächen geben den vorgesehenen Arbeitsbereich an — Les surfaces hachurées indiquent les plages de travail prévues  
Pegelabweichung — Variation de niveau  
4-m Band — Bande des 4 m  
2-m Band — Bande des 2 m  
UKW — OUC  
Frequenz — Fréquence

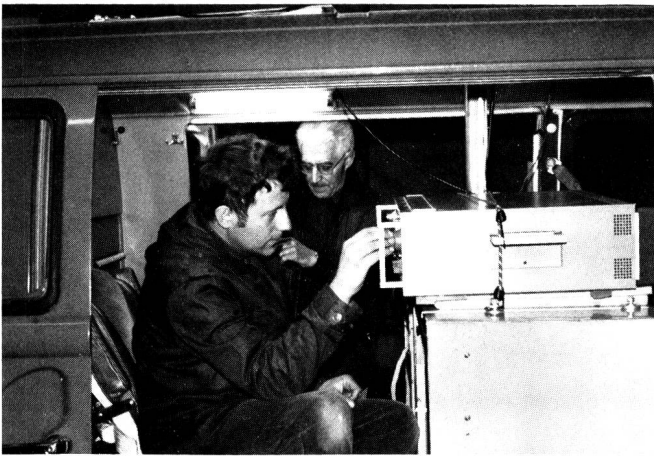


Fig. 22  
Abnahmemessungen im Tunnel durch die Fachleute der Generaldirektion der PTT-Betriebe — Mesures de recette dans le tunnel par les spécialistes de la Direction générale de l'Entreprise des PTT

Schalters, der auf der Basis des eintreffenden HF-Trägers und nicht auf den Rückgang des Rauschpegels anspricht, erlaubte, dieses Problem einwandfrei zu lösen. Der Schaltpegel wurde so eingestellt, dass die auf den Empfänger gelangende grösste Störung, die im Tunnel auftreten kann, in keinem Fall den gewählten Wert erreicht.

## 8 Schlussfolgerung

Am Beispiel des Gotthard-Strassentunnels wurde bewiesen, dass ein so grosses breitbandiges Tunnelfunksystem, wie es in [1] von der Abteilung Forschung und Entwicklung der Generaldirektion der PTT-Betriebe untersucht und vorgeschlagen wurde, im längsten Strassentunnel der Welt (16,8 km) und bei einer Reihenschaltung von 24 Breitbandverstärkern (Gesamtverstärkung 550 dB) seine Feuertaufe bestanden hat. Es bleibt zum Schluss allen Beteiligten zu danken, die in irgendeiner Weise zum Gelingen dieses grossen Werkes beigetragen haben. Besonders ist die gute und fruchtbare Zusammenarbeit mit der Generaldirektion PTT hervorzuheben, ohne die dieses Funksystem nie in solch kurzer Zeit hätte verwirklicht werden können.

Die seit einigen Monaten in Betrieb stehende Tunnel-funkanlage stellt ein einmaliges Musterbeispiel dafür dar, was die schweizerische Industrie mit den PTT-Betrieben zusammen verwirklichen konnte. Hoffen wir,

radioelektrisches System aktiviert werden kann durch die Störungen, die durch die Intermodulation entstehen. Die Installation eines Squelch-Schalters, der auf der Basis des eintreffenden HF-Trägers und nicht auf den Rückgang des Rauschpegels anspricht, erlaubte, dieses Problem einwandfrei zu lösen. Der Schaltpegel wurde so eingestellt, dass die auf den Empfänger gelangende grösste Störung, die im Tunnel auftreten kann, in keinem Fall den gewählten Wert erreicht.

## 8 Considérations finales

Sur la base de l'exemple du tunnel routier du St-Gothard, il a été prouvé qu'un système étendu à large bande de communication radioélectrique dans un tunnel, tel qu'il a été examiné et proposé dans [1] par la Division des recherches et du développement de la Direction générale de l'Entreprise des PTT, a subi avec succès son baptême du feu dans le tunnel routier le plus long du monde (16,8 km) et compte tenu de la connexion en cascade de 24 amplificateurs à large bande (amplification globale 550 dB). Il reste pour terminer à remercier tous ceux qui ont participé d'une façon ou d'une autre à la réussite de cette grande entreprise. Il faut souligner la bonne et fructueuse collaboration avec la Direction générale des PTT sans laquelle ce système de communication radioélectrique n'aurait jamais pu être réalisé en un laps de temps aussi court.

L'installation de communication radioélectrique du tunnel du St-Gothard en service depuis quelques mois représente un exemple de choix de ce que l'industrie suisse et l'Entreprise des PTT peuvent réaliser en commun. Espérons que ces équipements de communication rempliront leur tâche pour le bien et la sécurité de tous les utilisateurs du tunnel.

► dass diese Kommunikationsanlage zum Wohle und zur Sicherheit aller Tunnelbenutzer ihren Dienst erfüllen wird.

*Adresse des Autors:* Hans-Rudolf Meyer, c/o Autophon AG, Ziegelmattestrasse 1–15, 4503 Solothurn.

## Bibliographie

- [1] Grüssi O. und König P. Funkversorgung in Strassentunnels. Bern, Techn. Mitt. PTT 55 (1977) 10, S. 436...445.