

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: 62 (1984)

Heft: 4

Artikel: Betriebserfahrungen mit den Tunnelfunkanlagen Gotthard und Seelisberg = Expériences d'exploitation avec les installations de radiocommunication des tunnels routiers du St-Gothard et de Seelisberg

Autor: Erb, Rudolf

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-875781>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 07.03.2026

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

Betriebserfahrungen mit den Tunnelfunkanlagen Gotthard und Seelisberg

Expériences d'exploitation avec les installations de radiocommunication des tunnels routiers du St-Gothard et de Seelisberg

Rudolf ERB, Bern

Zusammenfassung. Der Autor schildert die Betriebserfahrungen mit den beiden Funkanlagen im Gotthard- und Seelisberg-Strassentunnel. Die Praxis zeigte, dass besonders im Winter und im Bereich der Tunnelleingänge und Lüftungsanlagen wegen der hohen relativen Luftfeuchtigkeit (75 % und mehr) Pilotalarme infolge starker Dämpfung im Strahlungskabel auftraten. Der Ersatz der unregelmässigen Breitbandverstärker durch geregelte sowie die Vergrösserung des Kabelabstandes zur Tunneldecke in den Portalbereichen erlaubte die Anlage zu sanieren. Weitere Ausführungen gelten der Zuverlässigkeit der HF-Kopfstationen, der Funkzentralen und den eingesetzten Breitbandverstärkern.

Résumé. L'auteur décrit les expériences faites avec les installations de radiocommunication des tunnels routiers du St-Gothard et de Seelisberg. La pratique a montré que des alarmes de pilote, dues à des affaiblissements élevés dans le câble rayonnant, apparaissaient particulièrement en hiver et aux abords de l'entrée des tunnels et des installations de ventilation, étant donné l'humidité relative de l'air élevée (75 % et plus). Le remplacement des amplificateurs à large bande non régulés par des appareils régulés ainsi que l'augmentation de la distance séparant le câble de la voûte du tunnel dans la zone des entrées permirent d'assainir l'installation. D'autres considérations se rapportent à la fiabilité des stations de tête haute fréquence, à celle des centrales de radiocommunication et des amplificateurs à large bande.

Esperienze fatte con gli impianti di radiocomunicazione delle gallerie del Gottardo e del Seelisberg

Riassunto. L'autore descrive le esperienze fatte nell'esercizio con i due impianti di radiodiffusione delle gallerie stradali del Gottardo e del Seelisberg. Soprattutto in inverno, nelle vicinanze delle entrate delle gallerie e degli impianti di aerazione, l'alto grado di umidità relativa dell'aria (75 % e più) ha provocato allarmi pilota in seguito alla forte attenuazione nel cavo d'irradiazione. Si è potuto risanare l'impianto sostituendo gli amplificatori a larga banda non regolati con amplificatori regolati e aumentando, in vicinanza delle entrate, la distanza tra cavo e volta delle gallerie. Inoltre, viene trattata l'affidabilità delle stazioni di testa AF, delle centrali di radiodiffusione e degli amplificatori a larga banda impiegati.

1 Einleitung

Die beiden ersten und längsten schweizerischen Strassentunnels mit Funkversorgung wurden im Sommer/Herbst 1980 in Betrieb genommen. Der Gotthardtunnel ist 16,8 km, der Seelisbergtunnel 9,3 km lang. Beide Tunnelfunkanlagen wurden gemäss den in [1] erläuterten Grundlagen projektiert und gebaut. Der Aufbau und die Funktion der Tunnelfunkanlage Gotthard ist in [2] beschrieben. Die Anlage im Seelisbergtunnel ist vom Konzept her ähnlich, jedoch für zwei Tunnelröhren erstellt.

2 Betriebserfahrungen mit Tunnelfunkanlagen

In den folgenden Abschnitten werden die Betriebsprobleme und -erfahrungen mit beiden Anlagen – Gotthard und Seelisberg – beschrieben.

21 Gotthard

Die Tunnelfunkanlage im Gotthard-Tunnel arbeitete von der Inbetriebnahme im Sommer 1980 bis zum Winteranfang im November 1980 einwandfrei (Fig. 1).

Nach dem Wintereinbruch machten sich die ersten Betriebsstörungen bemerkbar. An den Breitbandverstärkern in den Querschlägen und den Pilot-Empfängern traten häufig Pilotalarme auf.

Die erste Untersuchung schloss die Breitbandverstärker (BBV) als Ursache für die grossen Pilotpegelschwankungen (Fig. 2) aus, weshalb man sich anschliessend auf das Strahlungskabel konzentrierte.

1 Introduction

Les deux premiers et les plus longs tunnels routiers suisses avec installation de radiocommunication ont été mis en service en été et en automne de 1980. La longueur du tunnel du St-Gothard est de 16,8 km, celle du tunnel de Seelisberg de 9,3 km. Les deux installations de radiocommunication ont été projetées et construites selon les principes exposés dans [1]. La structure et la fonction de l'installation de radiocommunication du St-Gothard sont décrites dans [2]. L'installation du tunnel de Seelisberg est semblable par sa conception, mais réalisée pour deux galeries.

2 Expériences d'exploitation avec les installations de radiocommunication des tunnels

Les problèmes d'exploitation et les expériences faites avec les deux installations – St-Gothard et Seelisberg – sont décrits dans les paragraphes qui suivent.

21 St-Gothard

L'installation de radiocommunication du tunnel du St-Gothard a fonctionné sans difficulté depuis sa mise en service en été de 1980 jusqu'au début de l'hiver, soit en novembre de la même année (fig. 1).

Les premiers dérangements d'exploitation apparurent au début de l'hiver. Des alarmes de pilote se manifestèrent

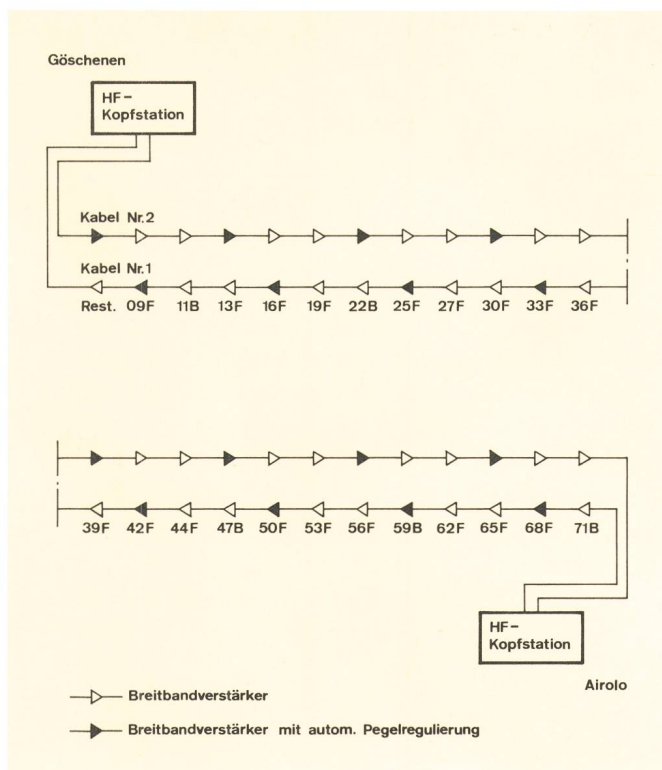


Fig. 1
Verteilung der Breitbandverstärker bei der Inbetriebnahme im Gotthardtunnel, im Sommer 1980 – Répartition des amplificateurs à large bande lors de la mise en service du tunnel du St-Gothard, en été 1980

Umfangreiche Messungen und Registrierungen der Pilotpegel an den beiden Strahlungskabeln und der relativen Luftfeuchtigkeit im Portalbereich Seite Airolo bestätigten, dass die Ursache beim Kabel lag. Die Ergebnisse zeigten einen Zusammenhang zwischen der Kabellängsdämpfung und der relativen Luftfeuchtigkeit. Bei einer solchen von 75 % oder mehr nimmt die Kabellängsdämpfung bei 180 MHz um etwa 30 % zu. Es zeigt sich, dass die Pegelschwankungen nach drei Kabelabschnitten viel grösser als der Regelbereich eines geregelten Breitbandverstärkers waren.

Weitere Messungen wurden abschnittsweise in Richtung des Tunnelinnern vorgenommen. Bei einer Entfernung von ungefähr 3 km vom Tunnelportal waren die Pilotpegel stabil. Die relative Luftfeuchtigkeit blieb unter 70 % (Fig. 3).

Mit einem Ereignisschreiber wurden alle BBV-Alarme registriert. Sie traten hauptsächlich in den Portalbereichen bis zu etwa 3 km vom Eingang weg auf (Fig. 4). Im

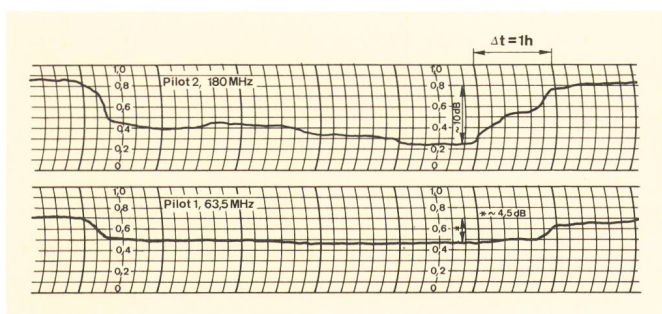


Fig. 2
Typische Pegelschwankung von Pilot 1 und 2 am Eingang des Pilotempfängers des Kabels 2 auf Seite Airolo – Variation typique des niveaux des pilotes 1 et 2 à l'entrée du câble 2, côté Airolo

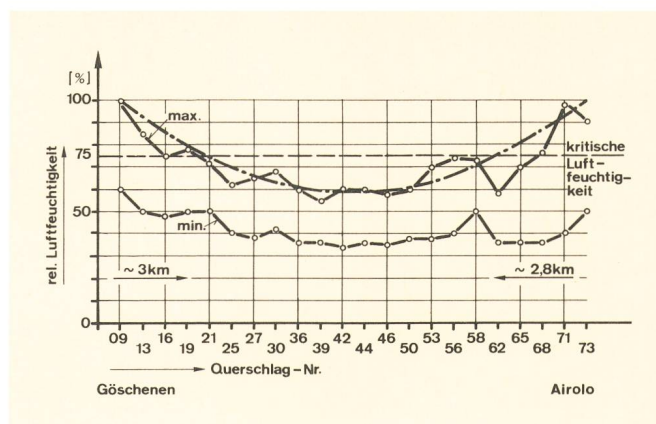


Fig. 3
Relative Luftfeuchtigkeit im Gotthardtunnel – Humidité relative de l'air dans le tunnel du St-Gothard

rent fréquemment dans les amplificateurs à large bande situés dans les niches latérales, et dans les récepteurs pilotes.

Les premières recherches permirent d'exclure les amplificateurs à large bande en tant que cause des grandes variations de niveau de pilote (fig. 2), raison pour laquelle on se concentra par la suite sur le câble rayonnant.

De nombreuses mesures et l'enregistrement répété des niveaux de pilote sur les deux câbles rayonnants, ainsi que de l'humidité de l'air dans la zone de l'entrée du tunnel côté Airolo confirmèrent que la cause était à rechercher dans le câble. Les résultats montrèrent une relation entre l'affaiblissement longitudinal du câble et l'humidité relative de l'air. Pour une telle humidité de 75 % ou plus, l'affaiblissement longitudinal du câble augmente d'environ 30 % à 180 MHz. On constata également que les variations de niveau après trois sections de câble étaient largement supérieures aux possibilités de réglage d'un amplificateur à large bande réglé.

D'autres mesures furent réalisées section par section en direction de l'intérieur du tunnel. A une distance d'environ 3 km de l'entrée du tunnel les niveaux de pilote étaient stables. L'humidité relative restait également inférieure à 70 % (fig. 3).

Toutes les alarmes des amplificateurs à large bande furent enregistrées. Elles apparaissaient principalement dans la zone des entrées sur une distance d'environ 3 km vers l'intérieur (fig. 4). Aucune alarme ne fut enregistrée dans la partie médiane du tunnel. Différentes mesures, telles que la mise en place d'amplificateurs de réglage supplémentaires, l'adaptation des points de travail et des seuils d'alarme, permirent de maintenir l'exploitation. Cependant, en cas de conditions météorologiques extrêmes, l'installation commutait sur exploitation de catastrophe, ce qui provoquait des dérangements par interférences sur les OUC et dans les services de radiocommunication.

Durant la même période, le nombre des alarmes constaté dans le tunnel de Seelisberg était très inférieur. L'enregistrement du niveau de pilote et de l'humidité a été réalisé de façon analogue à celui entrepris dans le tunnel du St-Gothard. Le «climat» dans la zone de l'entrée du tunnel de Seelisberg correspond à celui rencon-

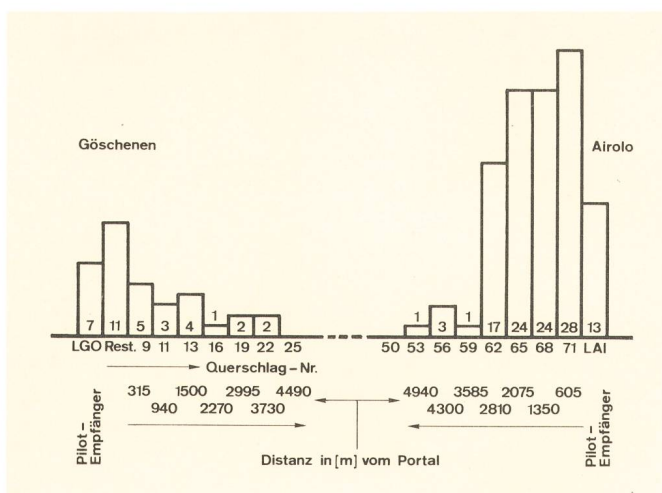


Fig. 4
Verteilung der Verstärkeralarme im Gotthardtunnel, im Frühling 1981 – Répartition des alarmes des amplificateurs dans le tunnel du St-Gothard, au printemps de 1981

mittleren Tunnelabschnitt wurden keine Alarme registriert. Durch verschiedene Massnahmen, zusätzliche Regelverstärker sowie Anpassen der Arbeitspunkte und Alarmschwellen, konnte der Betrieb aufrechterhalten werden. Bei extremen Witterungsverhältnissen schaltete jedoch die Anlage auf Katastrophenbetrieb um, was auf UKW und in den Funkdiensten Interferenzstörungen verursachte.

Im Seelisbergtunnel traten im gleichen Zeitraum viel weniger Alarme auf. Die Pilotpegel- und Feuchtigkeitsregistrierungen wurden analog jenen im Gotthard durchgeführt. Das «Klima» im Portalbereich Seelisberg entspricht dem des Gotthards. Dagegen waren die Pilot-Pegelschwankungen nur etwa halb so gross.

Offenbar hat die Art der Kabelbefestigung einen Einfluss auf die Dämpfung. Im Gotthard beträgt der Abstand zwischen Kabel und Tunneldecke etwa 20 mm, im Seelisberg ungefähr 60 mm. Im Gotthardtunnel, Südseite, wurde versuchsweise ein Kabelabschnitt mit 60 mm Abstand zur Decke montiert. Anschliessende Messungen bestätigten den günstigen Einfluss auf die luftfeuchtigkeitsabhängige Kabellängsdämpfung. Die Dämpfungszunahme betrug noch etwa 15 %.

Aufgrund der Betriebserfahrung und der Untersuchungen wurden folgende Änderungen beschlossen:

- Montage der Kabel mit einem grösseren Abstand zur Tunneldecke in den Portalbereichen Göschenen und Airolo auf einer Länge von etwa 2,5 km (Fig. 5), und zwar auf der Nordseite vom Portal bis zum Querstollen 13 und auf der Südseite vom Portal bis zum Querstollen 62
- Ersetzen der unregelmässigen Breitbandverstärker in diesen Abschnitten durch geregelte
- Erweitern des Verstärker-Regelbereichs von 12 auf 15 dB

Dies wurde im Winter 1982 ausgeführt. Man benützte die Gelegenheit, um die Arbeitspunkte der Regelverstärker asymmetrisch, die Verstärkung auf $+10$ dB und die Entzerrung auf $+2$ dB einzustellen.

Die Umbauarbeiten brachten die erwarteten Verbesserungen. Nur noch während starkem Regen traten verein-

tré au tunnel du St-Gothard. En revanche, les variations de niveau de pilote étaient environ de la moitié inférieures seulement.

Il appert que le genre de fixation du câble a une influence sur l'affaiblissement. Dans le tunnel du St-Gothard, la distance entre le câble et la voûte du tunnel est d'environ 20 mm, alors que dans le tunnel de Seelisberg, l'écart est de 60 mm. Dans le tunnel du St-Gothard, côté sud, on procéda, à titre d'essai, au montage d'une section de câble à une distance de 60 mm de la voûte. Des mesures subséquentes confirmèrent l'effet positif de cette modification sur l'affaiblissement longitudinal du câble dû à l'humidité de l'air. L'augmentation de l'affaiblissement n'était que d'environ 15 %.

En se fondant sur les expériences d'exploitation et les essais entrepris, on décida d'apporter les modifications suivantes:

- Montage des câbles à une plus grande distance de la voûte du tunnel dans les zones près de l'entrée de Göschenen et d'Airolo sur une distance d'environ 2,5 km, (fig. 5), à savoir, côté nord, depuis l'entrée jusqu'à la niche latérale 13 et, côté sud, depuis l'entrée jusqu'à la niche latérale 62.
- Remplacement des amplificateurs à large bande non régulés montés dans ces sections par des appareils régulés.
- Augmentation de la plage de réglage des amplificateurs de 12 à 15 dB.

Ces travaux furent exécutés au cours de l'hiver de 1982. On saisit cette occasion pour procéder au réglage asymétrique du point de travail des amplificateurs, porter l'amplification à $+10$ dB et l'égalisation à $+2$ dB.

Les travaux de modification apportèrent les améliorations attendues. Seules des alarmes isolées apparurent

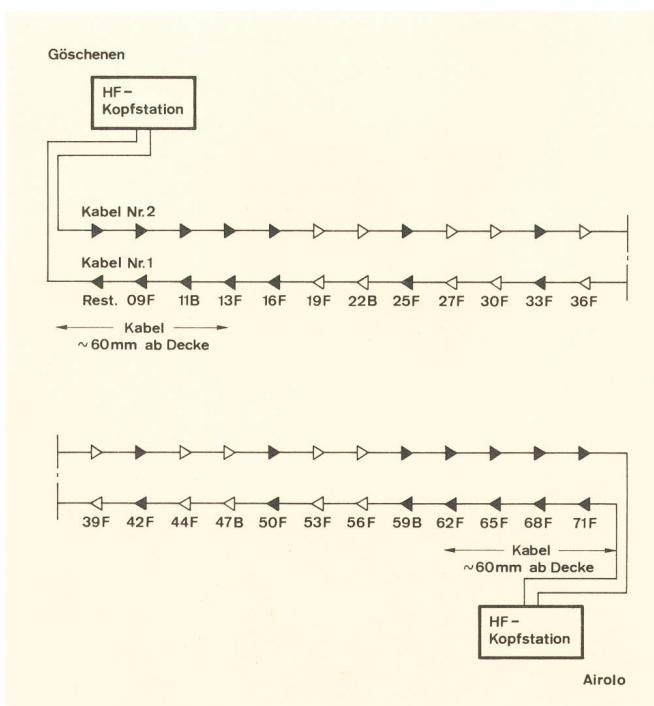


Fig. 5
Verteilung der Breitbandverstärker im Gotthardtunnel nach dem Umbau, Frühling 1982 – Répartition des amplificateurs à large bande dans le tunnel du St-Gothard, après les transformations au printemps de 1982

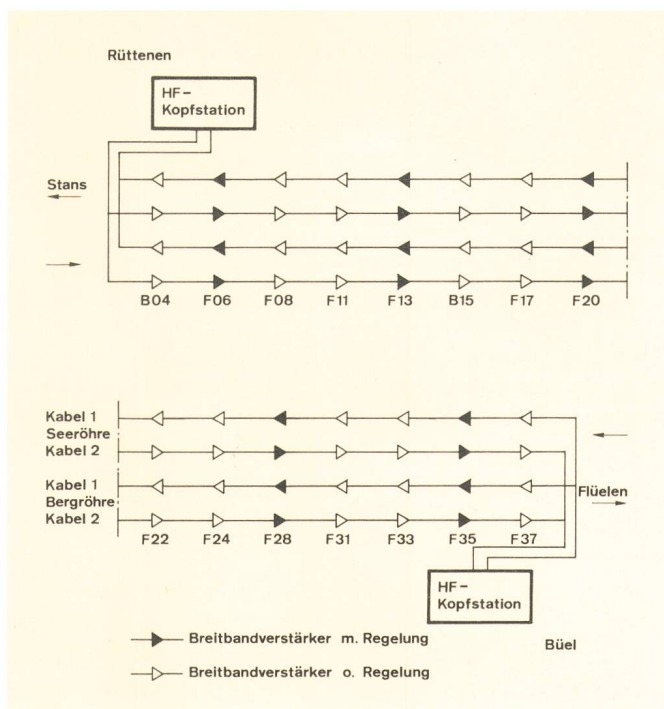


Fig. 6
Verteilung der Breitbandverstärker im Seelisbergtunnel bei der Inbetriebnahme, Herbst 1980 – Répartition des amplificateurs à large bande dans le tunnel de Seelisberg au moment de la mise en service, automne de 1980

zelt Alarme in den Querstollen «Restaurant» und 71 B auf. Auf diesen ersten bzw. letzten Kabelabschnitten wird der Pilot 2 (180 MHz) so stark gedämpft (Dämpfungszunahme bis zu 40 %), dass die Verstärker den Pegelverlust nicht mehr ausgleichen können. Seit dem Umbau ist das Betriebsverhalten innerhalb der durch das Tunnelklima gegebenen Toleranzen stabil geblieben.

Im Sommer 1983 wurden die Arbeitspunkte, Regelbereiche und Alarmschwellen der Verstärker nochmals kontrolliert und man konnte feststellen, dass alle Verstärker einwandfrei arbeiten.

22 Seelisberg

Die Tunnelfunkanlage im Seelisbergtunnel wurde im Herbst 1980 dem Betrieb übergeben. In *Figur 6* ist die Verteilung der Breitbandverstärker dargestellt. Im Winter 1980/81 traten oft Verstärkeralarme durch Überpegel der Piloten auf. Daraufhin wurde die ganze Anlage neu eingeregelt. Die Längsdämpfung war seit der Inbetriebnahme kleiner geworden.

Im Frühling 1981 wurden die Messungen und die Registrierung der Pilotpegel und -alarme sowie der relativen Luftfeuchtigkeit durchgeführt. Im Seelisbergtunnel war die relative Feuchtigkeit gleich wie im Gotthard. Man stellte jedoch fest, dass sie im ganzen Tunnel über die kritischen 75 % ansteigt. Die Längsdämpfungszunahme betrug etwa 15 %.

Im Juni 1981 häuften sich plötzlich die Verstärkeralarme. Sie traten viel häufiger bei den Breitbandverstärkern im Bereich der Lüftungszentralen, Querstollen 11 und 22, als im Portalbereich (*Fig. 7*) auf. Die Anlage wurde wiederum neu eingeregelt und die geregelten Verstärker so geändert, dass bei Pilotausfall die Umschaltung auf die

encore pendant les périodes de fortes pluies dans les niches latérales «restaurant» et 71 B. Sur cette première et cette dernière partie de câble respectivement, le pilote 2 (180 MHz) est à tel point affaibli (augmentation de l'affaiblissement jusqu'à 40 %) que les amplificateurs n'arrivent plus à compenser la perte de puissance. Depuis la modification, le comportement en exploitation est resté stable dans les limites des tolérances imposées par le climat du tunnel.

Les points de travail, plages de réglage et seuil d'alarme des amplificateurs furent contrôlés à nouveau au cours de l'été de 1983 et l'on put constater que tous les amplificateurs travaillaient parfaitement.

22 Seelisberg

L'installation de radiocommunication de Seelisberg fut mise en service en automne de 1980. La *fig. 6* montre la répartition des amplificateurs à large bande. Des alarmes des amplificateurs, dues à un niveau trop élevé des pilotes, apparurent fréquemment au cours de l'hiver 1980/81. On procéda alors au nouveau réglage des niveaux de l'installation. L'affaiblissement longitudinal avait diminué depuis la mise en service.

La mesure et l'enregistrement des niveaux de pilote et des alarmes, ainsi que de l'humidité relative de l'air furent entrepris au printemps de 1981. Dans le tunnel de Seelisberg, l'humidité relative était la même que dans le tunnel du St-Gothard. On constata cependant qu'elle dépassait la valeur critique de 75 % dans tout le tunnel. L'augmentation de l'affaiblissement longitudinal était d'environ 15 %.

Les alarmes des amplificateurs augmentèrent brusquement en juin 1981. Elles étaient en premier lieu plus fréquentes pour les amplificateurs à large bande de la zone des centrales de ventilation, niches latérales 11 et 22, que dans la zone de l'entrée (*fig. 7*). Les niveaux de l'installation furent à nouveau réglés et les amplificateurs réglés modifiés de telle façon qu'en cas de défaillance du pilote la commutation sur l'amplification fixe et l'égalisation dépende du pilote 1.

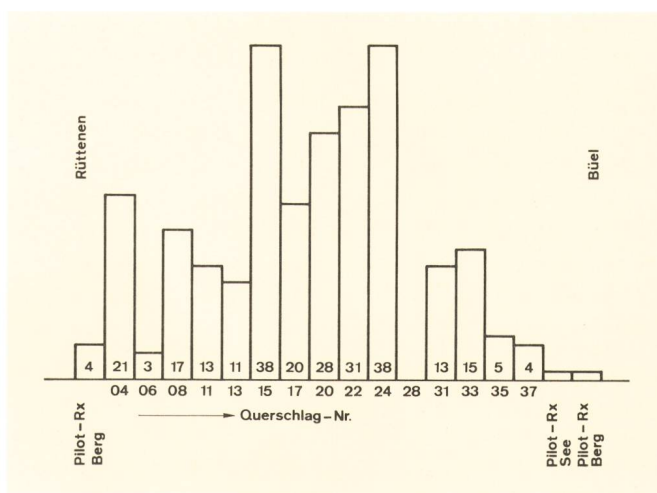


Fig. 7
Verteilung der Verstärker-Alarme im Seelisbergtunnel, Sommer 1981 – Répartition des alarmes des amplificateurs dans le tunnel de Seelisberg, été de 1981

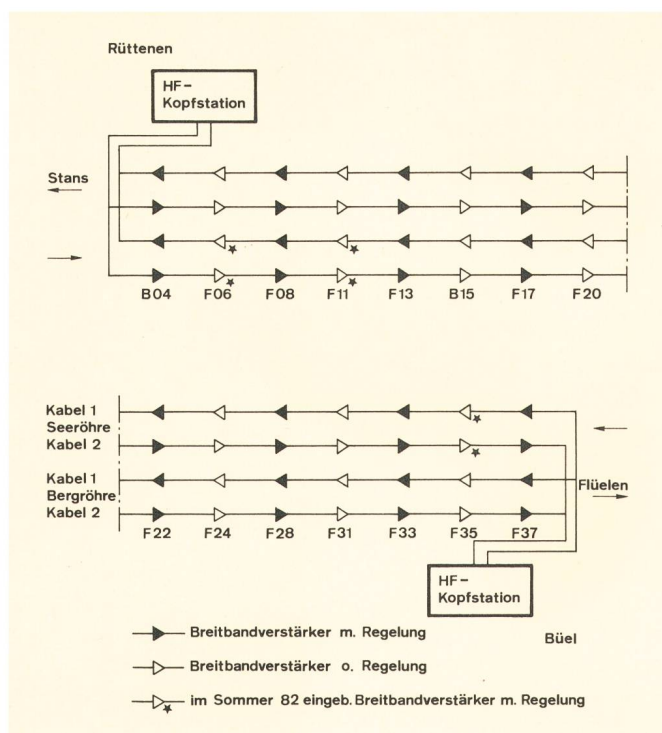


Fig. 8
Verteilung der Breitbandverstärker im Seelisbergtunnel nach Umbau und Anpassungen Frühjahr/Sommer 1982 – Répartition des amplificateurs à large bande dans le tunnel de Seelisberg, après les transformations et adaptations du printemps et de l'été de 1982

fixe Verstärkung und Entzerrung neu von Pilot 1 abhängig wurde.

Mit dieser Anpassung konnte man die plötzlichen Pegelabfälle von 30 und mehr Dezibels, die bei Pilotausfall durch die automatische Umschaltung verursacht werden, verhindern.

Nach dem ersten Betriebsjahr stellte man gegenüber der Anlage im Gotthard folgenden Unterschied fest:

- Im Gotthardtunnel steigt die relative Luftfeuchtigkeit nur in den Portalbereichen und hauptsächlich im Winterhalbjahr auf mehr als 75 %
- Im Seelisbergtunnel steigt die Luftfeuchtigkeit während des Sommers im ganzen Tunnel auf mehr als 75 % an. Im Sommer dringt warme, feuchte Frischluft in den Tunnel ein. Sie kühlt sich auf 10...15°C ab, und die relative Luftfeuchtigkeit steigt auf mehr als 75 % an.

Wegen des unbefriedigenden Betriebsverhaltens wurde der Einbau von zusätzlichen geregelten Breitbandverstärkern beschlossen. Sie wurden im Frühling 1982 gemäss *Figur 8* verteilt; den Regelbereich erweiterte man von 12 dB auf 15 dB. Zudem stellte man die Arbeitspunkte der geregelten Verstärker statt symmetrisch neu asymmetrisch ein. Die erwarteten Verbesserungen blieben jedoch aus.

Im Lauf des Sommers 1982 wurden mehrmals die Arbeitspunkte der Verstärker korrigiert, ohne dass die Situation verbessert werden konnte. Verschiedene Massnahmen erlaubten es, den Betrieb so aufrecht zu erhalten, dass die Übertragungsqualität nur gelegentlich beeinträchtigt war. Die Auswertung des Betriebsverhaltens der Tunnelfunkanlage im Herbst 1982 führte dazu, alle noch unregulierten Verstärker durch geregelte zu er-

Avec cette modification, les brusques diminutions de niveau de pilote de 30 dB et plus, provoquées par la commutation automatique en cas de défaillance de pilote, purent être empêchées.

Au terme de la première année d'exploitation, on pouvait constater les différences suivantes par rapport à l'installation du St-Gothard:

- Dans le tunnel du St-Gothard, l'humidité relative de l'air ne dépasse 75 % que dans les zones d'entrée et principalement pendant le semestre d'hiver.
- Dans le tunnel de Seelisberg, l'humidité de l'air dépasse 75 % pendant l'été et sur l'ensemble du tunnel. Cela est dû au fait que, pendant l'été, de l'air chaud et humide pénètre dans le tunnel. Il se refroidit à une température de 10...15°C et l'humidité relative de l'air s'élève à plus de 75 %.

Etant donné le comportement en exploitation insatisfaisant, on décida de monter des amplificateurs à large bande régulés supplémentaires. Ceux-ci furent répartis selon les indications de la *figure 8* et les travaux eurent lieu au printemps de 1982; on porta également la plage de réglage de 12 dB à 15 dB. De plus, on modifia le réglage des points de travail en passant du mode symétrique au mode asymétrique. Les améliorations attendues ne se manifestèrent pas.

Les points de travail des amplificateurs furent corrigés plusieurs fois au cours de l'été de 1982, sans que l'on puisse améliorer la situation. Diverses mesures permirent de maintenir l'exploitation de telle façon que la qualité de transmission ne soit qu'occasionnellement affectée. L'examen du comportement en exploitation de l'installation de radiocommunication du tunnel, en automne de 1982, conduisit au remplacement de tous les amplificateurs non régulés par des appareils régulés, ce qui fut fait à fin avril 1983. Les niveaux de toute l'installation furent à nouveau réglés, les points de travail des amplificateurs rendus asymétriques, le réglage de l'amplification porté à ± 10 dB et l'égalisation à ± 2 dB.

Après ce deuxième assainissement, les alarmes des amplificateurs n'apparurent que sporadiquement. Elles se produisaient en premier lieu dans les amplificateurs du câble 1 au niveau des niches latérales 11...15 de la galerie côté montagne. Dans cette zone, la pente de la courbe de réponse en fréquence, provoquée par l'humidité de l'air, est plus forte que dans toutes les autres sections. L'égaliseur électronique n'est plus en mesure d'affaiblir suffisamment le niveau du pilote 1, ce qui entraîne des alarmes pour excès de niveau. Il devrait être possible de résoudre ce problème par le montage d'amplificateurs de niveau modifiés dans les niches latérales mentionnées.

23 Installation de câbles

Les galeries des tunnels sont lavées deux fois par année à l'aide de machines de nettoyage. Les fixations de câble ont supporté les contraintes mécaniques entraînées par les brosses de nettoyage rotatives. Jusqu'à la fin de 1983, il n'a fallu remplacer qu'environ 5 brides et vis. Les jonctions enfichables des câbles n'ont pas provoqué jusqu'ici de dérangements.

setzen, was Ende April 1983 stattfand. (Fig. 9). Die ganze Anlage wurde neu eingepegelt, und die Arbeitspunkte der Verstärker wurden asymmetrisch, die Verstärkungsregelung auf ± 10 dB und der Entzerrer auf ± 2 dB eingestellt.

Nach dem Abschluss der zweiten Sanierung traten nur noch vereinzelt Verstärkeralarme auf. Sie kamen vor allem bei den Verstärkern im Kabel 1 in den Querstellen 11...15 der Berggröhre vor. Hier ändert sich die Schräglage des Frequenzganges, verursacht durch die Luftfeuchtigkeit, stärker als in allen andern Abschnitten. Der elektronische Entzerrer vermag den Pegel von Pilot 1 nicht genügend zu dämpfen, was Überpegelalarmlage zur Folge hat. Mit dem Einbau geänderter Regelverstärker in den aufgeführten Querschnitten sollte dieses Problem gelöst werden können.

23 Kabelinstallation

Die Tunnelröhren werden ein bis zweimal jährlich mit Reinigungsmaschinen gewaschen. Die Kabelbefestigungen haben der mechanischen Belastung durch die rotierenden Reinigungsbürsten standgehalten. Bis Ende 1983 mussten etwa fünf Briden und Schrauben ersetzt werden. Auch die Steckverbindungen in den Kabeln verursachten bisher keine Störungen.

24 Einpegelung

Bis heute zeigen die Erfahrungen, dass bei den Einpegelungsarbeiten der Breitbandverstärker folgende Punkte besonders beachtet werden müssen:

- Die relative Luftfeuchtigkeit im Tunnel hängt direkt vom Wetter ausserhalb des Tunnels ab
- Im Bereich der Tunnelportale und Lüftungszentralen müssen die grossen Luftfeuchtigkeitsschwankungen entsprechend beachtet werden
- Allfällig vorgenommene Korrekturen der Pegel und Entzerrungen während des Betriebes

Wenn dies berücksichtigt wird, sind später keine oder nur noch geringfügige Korrekturen notwendig.

25 HF-Kopfstationen

Die vier HF-Kopfstationen arbeiten einwandfrei. Nach Ablauf der Garantiezeit mussten bis Ende 1983 in den vier Kopfstationen insgesamt sechs Störungen behoben werden.

26 Breitbandverstärker

Im Gotthardtunnel sind 48 und im Seelisbergtunnel 60 Breitbandverstärker eingesetzt. Nach Ablauf der Garantiezeit (Sommer/Herbst 1981) traten insgesamt acht Störungen auf. Daraus resultiert eine mittlere störungsfreie Betriebszeit (MTBF) von:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Anzahl im Betrieb stehende Geräte} \times \text{Betriebszeit}}{\text{Anzahl Ausfälle}} \\ = \frac{108 \times 2,25}{8} = 30 \text{ Jahre je Breitbandverstärker}$$

27 Funkzentrale FZ-300

Die beiden Funkzentralen FZ-300 funktionieren zuverlässig. Bis heute mussten nur etwa zehn Störungen behoben werden.

24 Réglage des niveaux

Jusqu'ici, les expériences ont montré que lors des travaux de réglage des niveaux des amplificateurs à large bande, il faut également prendre garde aux points suivants:

- L'humidité relative de l'air dans le tunnel dépend directement du temps à l'extérieur de celui-ci.
- Dans la zone des entrées et des centrales de ventilation, il y a lieu de tenir compte, en conséquence, des grandes variations d'humidité de l'air.
- Corrections éventuelles des niveaux et de l'égalisation pendant l'exploitation.

Si ces remarques restent présentes à l'esprit, il ne devrait pas avoir besoin d'apporter des corrections par la suite, ou alors les adaptations nécessaires ne seraient que de peu d'importance.

25 Stations de tête à haute fréquence

Les quatre stations de tête à haute fréquence fonctionnent parfaitement. Une fois la période de garantie écoulée, il n'a fallu réparer que 6 dérangements en tout jusqu'à la fin de 1983.

26 Amplificateurs à large bande

Le nombre des amplificateurs à large bande utilisés est de 48 dans le tunnel du St-Gothard et de 60 dans celui de Seelisberg. Après la période de garantie (été/automne 1981), seuls 8 dérangements sont apparus. Il en découle une moyenne des temps de bon fonctionnement:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Nombre d'appareils en service} \times \text{Durée d'exploitation}}{\text{Nombre de pannes}} \\ = \frac{108 \times 2,25}{8} = 30 \text{ ans par amplificateur}$$

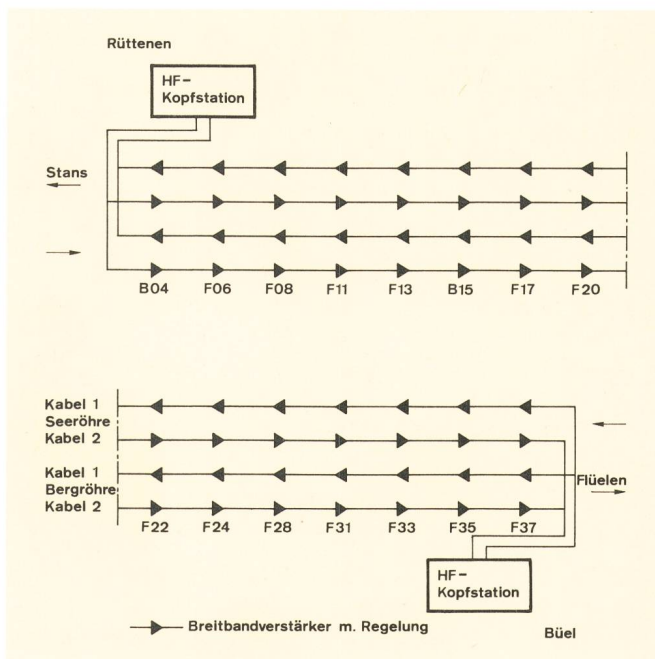


Fig. 9
Verteilung der Breitbandverstärker im Seelisbergtunnel nach dem zweiten Umbau, im Frühling 1983 – Répartition des amplificateurs à large bande dans le tunnel de Seelisberg, après les secondes transformations du printemps de 1983

3 Schlussbemerkungen

Der Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf die Längsdämpfung des Strahlungskabels hat allgemein überrascht. Dies wurde bei früheren Untersuchungen [1] an diesem Kabeltyp nie in diesem Ausmass festgestellt. Seither wird bei allen zu prüfenden Strahlungskabeln auch der Einfluss der Feuchtigkeit auf die Längsdämpfung untersucht. Dies lässt sich einfach durchführen, indem der Prüfling in einem Bach ausgelegt und anschliessend die Längsdämpfung bestimmt wird. Bei diesen Messungen wurden die gleichen Dämpfungszunahmen wie im Tunnel festgestellt. Die Erfahrungen bei den beiden Tunnel-funkanlagen werden bei weiteren Projekten berücksichtigt. So darf erwartet werden, dass bei neu erstellten Anlagen keine solchen Schwierigkeiten mehr auftreten. Der Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf das Strahlungskabel wird aber weiter bestehen. Es gibt heute Strahlungskabel, die nur eine geringe feuchtigkeitsbedingte Zunahme der Längsdämpfung aufweisen, dagegen ist die Koppeldämpfung um etwa 10...15 dB höher.

Die nach dem Umbau festgestellte Betriebsstabilität und die Zuverlässigkeit der Breitbandverstärker erlauben, deren Unterhaltsarbeiten auf ein Minimum zu beschränken. Dies ist notwendig, weil der Zugang in den Querschlägen bei normalen Verkehrsverhältnissen nicht ungefährlich ist.

Bibliographie

- [1] Grüssi O. und König P. Funkversorgung in Strassentunnels. Bern, Techn. Mitt. PTT 55 (1977) 10, S. 436.
- [2] Meyer H.-R. Funkversorgung (im Gotthard-Strassentunnel). Bern, Techn. Mitt. PTT 58 (1980) 12, S. 466.

27 Centrale de radiocommunication FZ-300

Les deux centrales de radiocommunication FZ-300 fonctionnent de manière fiable. Jusqu'ici, seuls 10 dérangements environ ont dû être réparés.

3 Conclusions

L'influence de l'humidité de l'air sur l'affaiblissement longitudinal du câble rayonnant a en général surpris. Elle n'avait en tout cas jamais été constatée dans cette mesure sur ce type de câble lors d'essais précédents [1]. Depuis lors, tous les câbles rayonnants à examiner le sont aussi sous l'angle de l'influence de l'humidité de l'air sur l'affaiblissement longitudinal. Cela peut se faire facilement en plongeant l'échantillon dans un ruisseau et en mesurant ensuite la valeur de l'affaiblissement longitudinal. Lors de ces essais, on constata les mêmes augmentations d'affaiblissement que dans le tunnel. A l'avenir, on tiendra compte pour d'autres projets des expériences faites avec les installations de radiocommunication en service dans les deux tunnels. Il y a donc lieu de s'attendre que pour les nouvelles installations de telles difficultés n'apparaissent plus. Cependant, l'influence de l'humidité de l'air sur le câble rayonnant persistera. Actuellement, on trouve des câbles rayonnants dont l'affaiblissement longitudinal n'augmente que peu avec l'humidité de l'air. En revanche leur affaiblissement de couplage est environ 10...15 dB plus élevé.

La stabilité d'exploitation et la stabilité des amplificateurs à large bande constatée après les transformations permettent de réduire l'entretien de l'installation à un minimum. Cela est d'autant plus nécessaire que l'accès dans les niches latérales dans des conditions de trafic normales n'est pas sans danger.

Die nächste Nummer bringt unter anderem

Vous pourrez lire dans le prochain numéro

5/84

Steinger H.	Telepac: Erfassen der Verbindungsdaten und Gebührenerrechnung Télépac: Saisie des données de liaison et calcul des taxes
Wilhelm R.	Erste optische Übertragungsstrecke im Kommunikationsnetz der Schweizerischen Bundesbahnen
Boegli J.-P., Plüss E., Fischer H., Wild D.	Commutation automatique de groupes secondaires (2 ^e partie) Automatische Sekundärgruppen-Umschaltung (2. Teil)
