

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: 55 (1977)

Heft: 9

Artikel: Streckenerfahrung mit dem System V 300 unter ungünstigen Verlegebedingungen bei den Schweizerischen Bundesbahnen

Autor: Blömker, Uwe

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-874150>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.05.2025

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

Streckenerfahrung mit dem System V 300 unter ungünstigen Verlegebedingungen bei den Schweizerischen Bundesbahnen

Uwe BLÖMKER, Backnang

621.315.212:621.372.2.091.1:621.375.088.7:621.395.64

Zusammenfassung. Mit dem Telefonie-System V 300 können auf einem CCITT¹-Koaxialpaar 1,2/4,4 mm gleichzeitig 300 Gespräche in der Frequenzlage 60 kHz bis 1300 kHz übertragen werden. Auf der 96 km langen Erprobungsstrecke parallel zu den Gleisen der Schweizerischen Bundesbahnen im Tessin wurden von Ende 1972 bis Anfang 1974 Messungen an einer Reihenschaltung von ferngespeisten pilotgeregelten Zwischenverstärkern durchgeführt. Die Arbeit berichtet über den Aufbau und das Langzeitverhalten der Versuchsstrecke. Es wird gezeigt, dass innerhalb der Umweltbedingungen die bestehenden CCITT-Empfehlungen hinsichtlich Pegelhaltung, Geräuschverhalten und Unempfindlichkeit gegen Beeinflussungsspannungen mit guten Reserven eingehalten werden.

Expériences faites dans le terrain avec le système V 300 posé dans des conditions défavorables le long des voies des chemins de fer fédéraux suisses

Résumé. Le système de téléphonie V 300 permet la transmission simultanée de 300 conversations dans la plage de fréquences 60 kHz...1300 kHz sur une paire coaxiale CCITT¹ 1,2/4,4 mm. De la fin de 1972 au début de 1974, des mesures ont été faites à une chaîne d'amplificateurs intermédiaires téléalimentés et régulés par onde pilote. Le tronçon d'essai de 96 km suivait les voies d'un trajet des chemins de fer fédéraux au Tessin. La disposition du tronçon d'essai et son comportement à long terme sont décrits. Il est démontré que, dans les limites des conditions ambiantes, les Avis du CCITT sont respectés avec une bonne marge de réserve, pour ce qui a trait au maintien du niveau, au comportement psychométrique et à l'insensibilité contre les tensions perturbatrices.

Esperienze fatte con il sistema V 300 in una tratta sfavorevole per la posa di cavi, cioè accanto ai binari delle ferrovie federali svizzere

Riassunto. Con il sistema di telefonia V 300 si possono trasmettere contemporaneamente, su un cavo coassiale 1,2/4,4 mm, secondo le norme del CCITT¹, 300 conversazioni nell'allocazione di frequenze da 60 a 1300 kHz. Nel Cantone Ticino, su una tratta di prova di 96 km di lunghezza, parallela ai binari delle ferrovie federali svizzere, sono state eseguite, dalla fine del 1972 all'inizio del 1974, misurazioni su un montaggio in serie di amplificatori intermedi telealimentati e regolati mediante frequenze-pilota. Dal lavoro effettuato si ottengono informazioni relative alla struttura della tratta sottoposta alle misurazioni e al comportamento dell'impianto durante un lungo periodo. Viene dimostrato che entro i limiti delle condizioni ambientali, le raccomandazioni del CCITT sono ampiamente rispettate, per quanto concerne il mantenimento del livello, il comportamento nei confronti del rumore e l'insensibilità contro gli effetti delle tensioni di influenza.

1 Einleitung

Neuentwickelte Streckengeräte aller Trägerfrequenzsysteme werden im allgemeinen einer Streckenerprobung unterworfen. Damit sollen die im Laboratorium gewonnenen Messergebnisse erhärtet und das Zusammenwirken von Kabel und Streckengeräten überprüft werden. Von Mitte November 1972 bis Mitte März 1974 wurden mit einem System V 300 [1] von AEG-Telefunken entsprechende Versuche auf einer von den Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) zur Verfügung gestellten Erprobungsstrecke (Kabeltrasse Bellinzona-Airolo) durchgeführt, dessen ferngespeiste Zwischenverstärker alle mit der Pilotfrequenz 1364 kHz geregelt wurden. Die Pilotregler dieser Verstärker besitzen Speicher, die den momentanen Regelzustand bei Ausfall der Fernspeisung festhalten [2]. Da wegen der örtlichen Gegebenheiten die Verlegung der Kabel und die Anordnung der Muffen stark von der üblichen Verlegungsart abweicht, musste bei der Auslegung der Geräte besonders folgendes beachtet werden:

- 1 Beeinflussung der Stromversorgung durch den elektrischen Bahnbetrieb
- 2 Fremdspannungen zwischen Innen- und Aussenleiter durch Blitzeinschlag bei felsigem Untergrund
- 3 Starke Temperaturschwankungen durch direkte Sonneneinstrahlung im Sommer oder Frosteinwirkungen im Winter, besonders bei schneefreien Muffen

Diesen Einflüssen unterliegen hauptsächlich die Zwischenverstärker. Sie müssen in einem grossen Umgebungstemperaturbereich einwandfrei arbeiten. Ausserdem

haben die pilotgeregelten Zwischenverstärker gegenüber dem Vorgängertyp einen um mehr als 2 dB grösseren Regelbereich. So können alle temperaturbedingten Dämpfungsänderungen der verlegten Koaxialpaare ausgeglichen werden. Der Totbereich der verwendeten Schrittregelung gewährleistet, dass Störer unterhalb einer bestimmten Grösse die Pilotfrequenz nicht beeinflussen. Es tritt deshalb bei einer Kette vieler hintereinandergeschalteter Leitungsregler keine Verstärkung der Störbeeinflussung auf [2].

Damit sich die Fernspeisestrombeeinflussung auf die Stabilität der Verbindung möglichst wenig auswirkt, wurden bei den aktiven Schaltungen die Siebmittel entsprechend ausgelegt. Wechselströme bis zu 16 Hz hinunter führen bei einer Höhe bis zu 5 % des Fernspeisestroms ($I = 40 \text{ mA}$) weder zu einer Verregelung des Ausgangspiegels noch zu Pegelschwankungen.

2 Streckenaufbau

Bei den SBB wird das Streckenkabel vom Typ 2/42 an der Oberfläche seitlich des Bahnkörpers in Formsteinen parallel zu den Gleisen verlegt; es enthält ausser den 42 symmetrischen Aderpaaren zwei Kleinkoaxialpaare 1,2/4,4 mm (CCITT-Kleinkoaxialtube). Die Verstärkermuffen [3] zur Aufnahme je eines Zwischenverstärkers sind neben den Gleisen in abgedeckten Betonschächten montiert. Die Abstände dieser Muffen untereinander entsprechen fast genau dem Sollwert von 8 km. Der Streckenaufbau ist in *Figur 1* dargestellt. Auf der Erprobungsstrecke wurden wegen der grossen jahreszeitlichen Temperaturschwankungen, denen das Kabel ausgesetzt ist, ausschliesslich pilot-

¹ CCITT = Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique

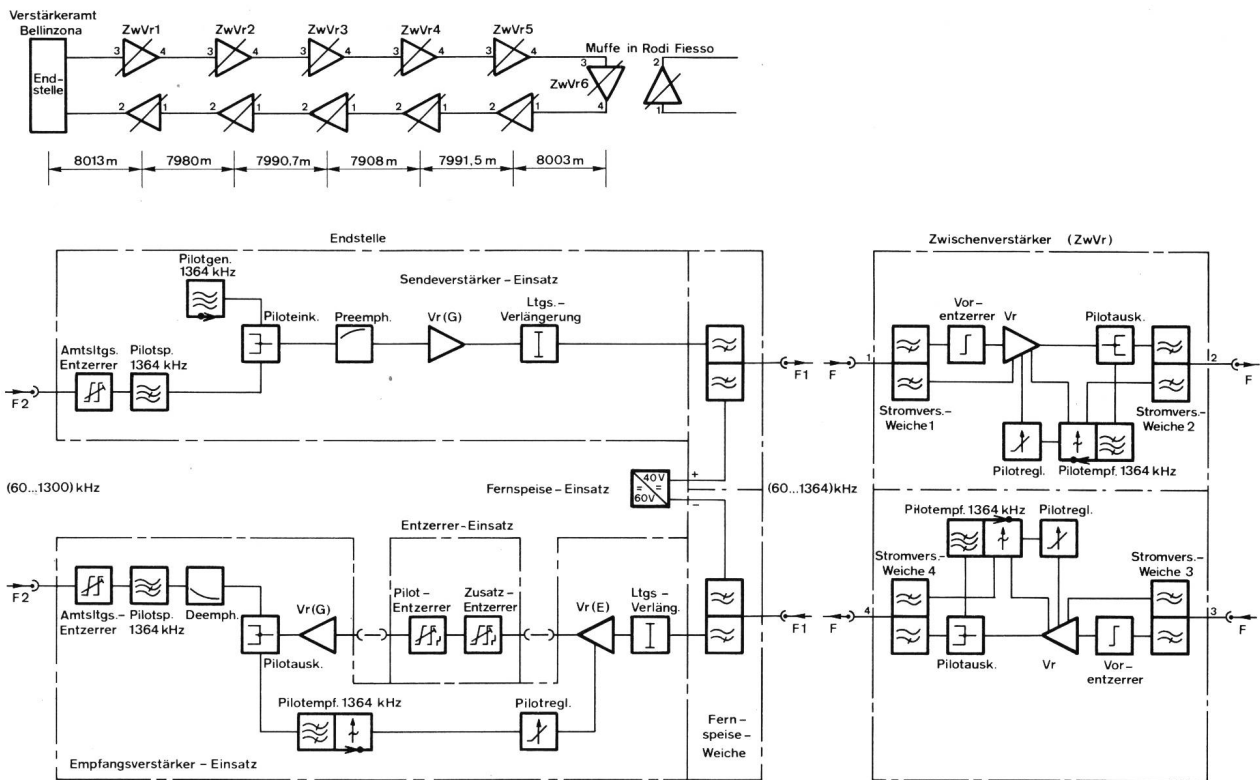


Fig. 1
Verlauf der Erprobungsstrecke mit Blockschaltbildern einer V300-Endstelle und eines pilotgeregelten Zwischenverstärkers

geregelte Zwischenverstärker eingesetzt, um die auftretenden Dämpfungsänderungen des Kabels ausgleichen zu können.

Da pilotgeregelte Zwischenverstärker gegenüber temperaturgesteuerten, bei denen ein NTC-Netzwerk die Verstärkung in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur einstellt [4], etwa die doppelte Speisespannung benötigen und die Verstärkeranzahl in einem Fernspeiseabschnitt, in dem bei der verwendeten Reihenspeisung zuerst alle Verstärker der einen Übertragungsrichtung und dann alle Verstärker der Gegenrichtung vom Fernspeisegleichstrom durchflossen werden [5], durch die Maximalspannung des Fernspeisegeräts (etwa 500 V) begrenzt ist, wurde nur ein Teil der Strecke zwischen den oberirdischen Verstärkerstellen Bellinzona und Airolo benützt. Die Endstelle wurde im Verstärkeramt Bellinzona eingerichtet und die Strecke nach sechs Verstärkerfeldern in der Muffe des Zwischenverstärkers hinter Rodi-Fiesso durch Umrüsten der Verstärkeraufnahme zurückgeschleift. Die Länge der gesamten sich durch diese Schleife ergebenden Erprobungsstrecke betrug 96 km.

3 Einrichten und Einmessen der Strecke

Orientierende Messungen des ersten Verstärkerfeldes unter Berücksichtigung der Temperatur zeigten einen Verlauf der Kabeldämpfung, der von jenem der in der Bundesrepublik Deutschland üblicherweise verwendeten Kleinkoaxialtube mit der Aussenleiterwandstärke 0,18 mm abweicht. Die Abweichungen rühren daher, dass die im Tessin verlegten Kleinkoaxialtuben eine Aussenleiterwandstärke von 0,15 mm aufweisen. *Figur 2* zeigt die absoluten Werte dieser Abweichungen und die sich nach Umrechnung auf Abweichung Null bei der Pilotfrequenz 1364 kHz ergebenden Werte. Dieser Frequenzgang, gemessen am Ausgang

des Zwischenverstärkers, wird ohne zusätzliche Entzerrungsmassnahmen erreicht. Bei der Pilotfrequenz ist keine Abweichung vorhanden, da die Regelung des Zwischenverstärkers alle Pegelabweichungen völlig kompensiert.

Beim Aufbau der Erprobungsstrecke wurde von Bellinzona ausgehend jeder neu in eine Verstärkermuffe einzusetzende Zwischenverstärker zunächst in das Endamt zurückgeschleift, um von dort den Frequenzgang und das Rauschklirren zu ermitteln. Zur Messung der Ein- und Ausgangspegel bei der Pilotfrequenz war jeder Zwischenverstärker mit Messbuchsen ausgerüstet, die auch bei der Suche nach Kabelfehlern nützlich waren. Wenn nämlich mehrere pilotgeregelte Zwischenverstärker in einem Fernspeiseabschnitt eingesetzt sind, lässt sich von der Endstelle aus der Ort eines Kabelaussenleiterbruchs, der sich in einem Niveaufehler äussert, mit dem Impulsfehlerortungsverfahren meistens nicht eindeutig ermitteln. Da die Trägerfrequenz der Ortungsimpulse knapp oberhalb der

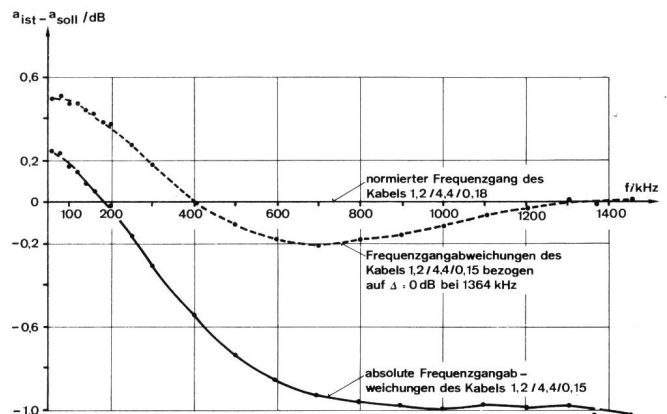


Fig. 2
Frequenzabweichungen eines Kabels 1,2/4,4/0,15 vom Frequenzgang des Kabels 1,2/4,4/0,18

Pilotfrequenz liegt, werden diese Pegelfehler fast völlig ausgeglichen. Die Impulse auf dem Bildschirm des Fehlerortungsgerätes erschienen gleich gross, als ob keine Störung vorläge. Das Grundgeräusch in den unteren Kanälen des Frequenzbandes wäre allerdings angestiegen. Der neuentwickelte Zwischenverstärker schaltet aber auf Nennverstärkung um, wenn der Fernspeisestrom um etwa 20% abgesenkt wird. Bei einer Ortung erscheinen dann vorher ausgeglichene Pegelfehler als unterschiedlich hohe Impulse, aus denen der Fehlerort bestimmt werden kann.

4 Messergebnisse

41 Dämpfungsverzerrungen

Die an der Erprobungsstrecke gemessenen Dämpfungsverzerrungen gibt *Figur 3* wieder. Die gestrichelte Kurve 1 zeigt die Dämpfungsverzerrungen der gesamten Strecke einschliesslich der Endstelle, ohne zusätzliche Entzerrung. Die Abweichungen vom Sollwert bei tiefen Frequenzen sind durch den in *Figur 2* gezeigten Frequenzgang und durch kleine Verstärkertoleranzen zu erklären, die sich bei dieser langen Strecke ohne Zwischenentzerrung über zwölf Verstärkerfelder addieren.

Die weiteren Kurven 2, 3 und 4 zeigen die Dämpfungsverzerrungen während verschiedener Jahreszeiten bei optimaler Entzerrung mit dem Zusatzentzerrer. Man erkennt, dass die Entzerrung der Strecke auf einen Restfehler kleiner als 2 dB mit dem vorhandenen Zusatzentzerrer unterhalb von 250 kHz nicht möglich ist, auch nicht bei Zuhilfenahme des Pilotentzerrers 60 kHz. Ein Systementzerrer kann die durch abweichende Aussenleiterwandstärke der Koaxialtube bedingten Dämpfungsverzerrungen ausgleichen, wobei je nach Streckenlänge verschiedene Entzerrerstufen eingeschaltet werden müssen. Der Einsatz eines Systementzerrers bringt zwar für die Strecke nicht optimale Geräuschbedingungen, ist aber wirtschaftlich durchaus zu vertreten. *Figur 4* zeigt die mit einem solchen Systementzerrer korrigierten Frequenzgänge. Die Anhebung beträgt bei 60 kHz 5,5 dB. Die gestrichelte Kurve 1 zeigt auch hier den Verlauf der Dämpfungsverzerrungen ohne Einsatz des Zusatzentzerrers. Mit dem Zusatzentzerrer konnte der Frequenzgang so ausgeglichen werden, dass die Werte für den gesamten Übertragungsbereich innerhalb eines Bandes von 0,3 dB liegen, entsprechend dem ausgezogenen Kurvenverlauf 2.

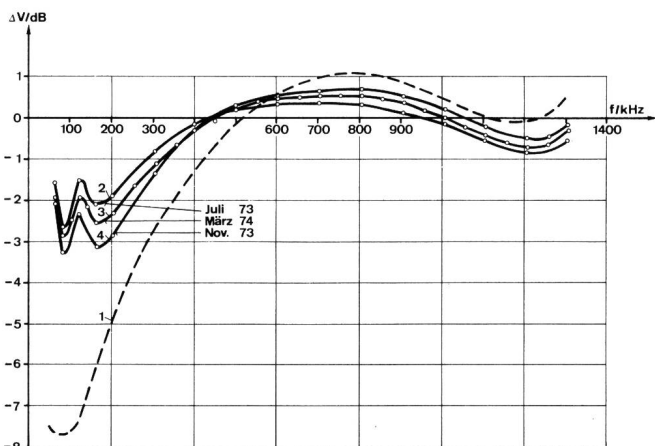


Fig. 3
Frequenzgang der Erprobungsstrecke zwischen F2 an und F2 ab

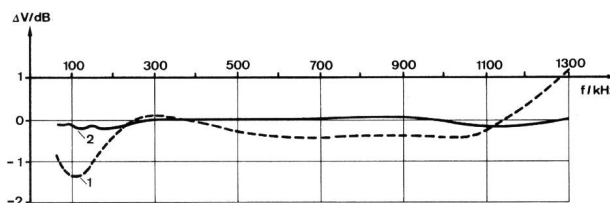


Fig. 4
Frequenzgang der Erprobungsstrecke zwischen F2 an und F2 ab bei Einsatz eines Systementzerrers

42 Geräuschverhalten

Die für das Geräuschverhalten aussagekräftigste Messung ist die Rauschklimrmessung, deren Ergebnisse in *Figur 5* dargestellt sind. Die Kurven zeigen als Funktion des Sendepiegels die bewerteten Geräuschleistungen je Kilometer, bezogen auf eine Belastung mit $32 \mu\text{W}$ je Kanal am relativen Pegel Null. Die Messergebnisse wurden zur Kontrolle auch ohne Entzerrung an der gesamten Strecke, einschliesslich der Endstelle, gewonnen und zeigen bei den beiden oberen Messkanälen, dass die übliche 3-pW-Forderung auch bei grösseren Eingangspegelabweichungen von +11 dB bis -9 dB gut eingehalten wird. Diese Forderung entspricht einer Geräuschleistung von 7500 pW für einen hypothetischen Bezugskreis von 2500 km Länge. Für die unteren Kanäle des Bandes ergibt sich wegen des Kabelfrequenzganges (*Fig. 2*) mit zunehmender Streckenlänge ein immer grösserer Unterpegel, das heisst der Signal-Rauschabstand wird geringer, wie die Geräuschkurve für den 70-kHz-Messkanal zeigt. Der Einsatz eines konzentrierten Systementzerrers kann hier keine Verbesserung bringen, da die Entzerrung einer Strecke erst hinter den Verstärkern erfolgt. Immerhin darf der Eingangspegel in den unteren Kanälen noch um 10 dB nach oben und 4 dB nach unten schwanken, ohne dass die obige Geräuschgrenze überschritten wird. Zwischen zwei oberirdischen Verstärkerstellen mit der Möglichkeit einer Entzerrung ist in den meisten Fällen mit weniger als zwölf hintereinandergeschalteten Verstärkerfeldern der Koaxialtube 1,2/4,4/

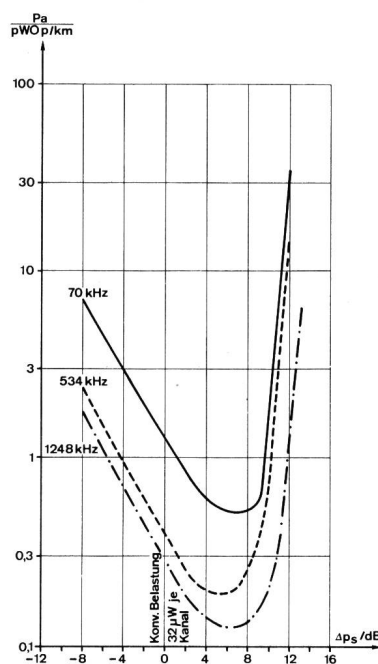


Fig. 5
Bewertete Geräuschleistung je Kilometer

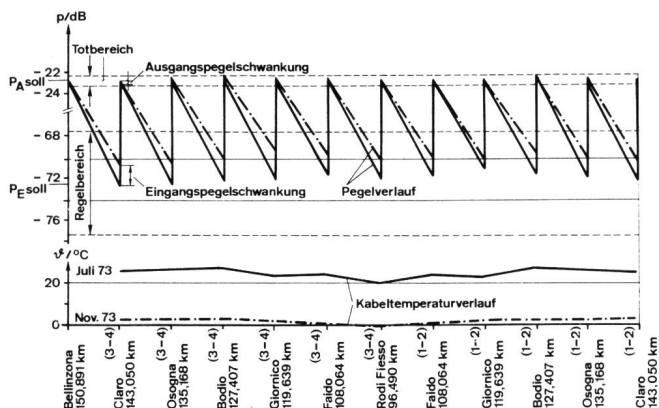


Fig. 6
Pegelverlauf der Pilotfrequenz auf der Strecke bei verschiedenen Temperaturen

0,15 mm zu rechnen. Gegenüber der Erprobungsstrecke sind also für die unteren Kanäle des V-300-Bandes bessere Geräuschergebnisse zu erwarten.

43 Pegelverlauf

Figur 6 zeigt die Ein- und Ausgangspegel der Pilotfrequenz an den einzelnen Zwischenverstärkern bei bestimmten Messtemperaturen, die darunter in einem zweiten Diagramm für die zugehörigen Verstärkermuffen aufgetragen sind. Der Ausgangssollpegel ($p_{A\text{Soll}}$) wird bei allen Verstärkern bis auf eine zugelassene Ausregelgenauigkeit (Totbereich) konstant gehalten. Der Eingangspegel kann dabei um den Solleingangspegel ($p_{E\text{Soll}}$) innerhalb des vorgegebenen Regelbereichs schwanken. Die unterschiedlichen Eingangspegel zeigen die Abhängigkeit der Kabeldämpfung von der Temperatur. Da die gemessenen Muffentemperaturen nicht unbedingt den Kabeltemperaturen entsprechen müssen, wurde die Temperaturabhängigkeit der Kabeldämpfung über die gesamte Erprobungsstrecke gemittelt; sie beträgt je Verstärkerfeld 0,084 dB/°C.

Die Kabeldämpfung ist, wie Figur 2 zeigt, für die Pilotfrequenz bei Nennverstärkerfeldlänge (8 km) und Nenntemperatur (+10°C) bei der Tube 1,2/4,4/0,15 mm um etwa 1 dB zu gering. In Figur 7 ist für diese Tube und für die Normaltube 1,2/4,4/0,18 mm die Abhängigkeit des Eingangspegels für den Zwischenverstärker von der Kabeltemperatur bei der Pilotfrequenz aufgetragen. Die bei der Verlegung des Kabels zugelassenen Minder- beziehungsweise Überlän-

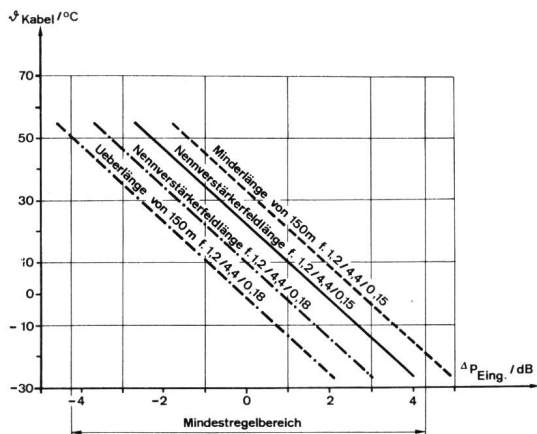


Fig. 7
Abhängigkeit des Eingangspegels von der Kabeltemperatur bei der Pilotfrequenz

gen von bis zu 150 m bestimmen zusammen mit den temperaturbedingten Dämpfungsänderungen die Extremwerte der möglichen Pegelschwankungen. Diese Unter- und Überpegelschwankungen am Eingang erfordern vom Zwischenverstärker einen Mindestregelbereich von etwa $\pm 4,4$ dB, damit der Ausgangspegel im vorgegebenen Temperaturbereich von $-20^\circ\text{C} \dots +50^\circ\text{C}$ nahezu konstant gehalten werden kann.

44 Temperaturunterschiede

Zur Ermittlung der Temperaturschwankungen, denen die Zwischenverstärker und auch die Kabel unterliegen, wurden in einigen Verstärkermuffen Minimum-Maximum-Thermometer eingelegt und in zeitlichen Abständen abgelesen. In Figur 8 sind die von März 1973 an über ein Jahr gemessenen Mindest- und Höchsttemperaturen und die Entfernungen zwischen den Messorten massstäblich aufgetragen. Aus den registrierten Maximal- und Minimalwerten von $+38^\circ\text{C}$ und -8°C ergibt sich ein grösster Temperaturunterschied von 46°C . Da weder der Sommer 1973 noch der folgende Winter Extremtemperaturen aufwiesen, muss mit einem grösseren Temperaturunterschied gerechnet werden. Ein Zuschlag von 12°C zur höchsten und zur tiefsten Temperatur scheint in etwa angemessen. Danach sollten die Zwischenverstärker alle im Temperaturbereich $-20^\circ\text{C} \dots +50^\circ\text{C}$ auftretenden Eingangspegelschwankungen ausgleichen können. Aus Sicherheitsgründen muss der Arbeitsbereich noch höher gelegt werden, nicht zuletzt wegen der Eigenerwärmung.

45 Fehler der Pilotregelung

Zur Kontrolle der Pilotregelung und des Langzeitverhaltens der Strecke wurde während des gesamten Versuchsbetriebs der Pilotpegel am Empfangsverstärkereinsatz der Endstelle (Fig. 1) mit Schreiber registriert. Die aufgezeichneten Pegelschwankungen bewegen sich innerhalb eines Bandes von knapp 0,3 dB, da die Regelungen der Zwischenverstärker und des Empfangsverstärkers alle Dämpfungsschwankungen des jeweils davorliegenden Kabelabschnittes ausgleichen. Aus den Aufzeichnungen kann eine Häufung der Regelschritte während des Tages gegenüber den Nachtstunden abgelesen werden, was auf einen starken Einfluss der Umgebungstemperatur auf die Kabel hinweist.

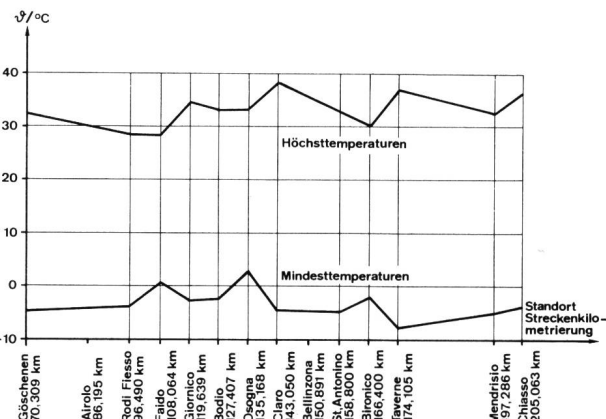


Fig. 8
Temperaturverhältnisse zwischen Göschenen und Chiasso

46 Beeinflussung der Strecke durch Fremdspannungen

Ausser der Pegelregistrierung wurde auch der Fernspeisestrom für die Zwischenverstärker aufgezeichnet. Abgesehen von einigen Fernspeisestromausfällen, die von Netzspannungsunterbrechungen herrühren, wurden nur minimale Schwankungen des Fernspeisestromes registriert, obwohl die Kabel parallel zu den Schienen verlegt sind. Die Beeinflussung durch den elektrischen Zugbetrieb ist gering und stört die Fernsprechverbindung nicht. Ähnliche Auswirkungen sind bei Blitzeinschlägen in die Bahnanlagen zu erwarten, die allerdings während des Versuchsbetriebs nicht auftraten. Netzspannungsunterbrechungen dagegen haben zur Folge, dass bei Spannungswiederkehr trotz des gespeicherten Regelzustands der betroffene Fernspeiseabschnitt erst wieder einschwingen muss. Das führt bei einem Fernspeiseabschnitt mit einer Kette von Verstärkern – im untersuchten Fall waren es elf – zu kurzzeitigen Pegelerhöhungen von knapp 1 dB. Dies kann vermieden werden, wenn die Speisespannung für Stromversorgungs- und Fernspeiseeinsatz unterbrechungsfrei zugeführt wird, zum Beispiel aus einer gepufferten Amtsbatte-rie.

5 Schlussbemerkungen

Die auf der Erprobungsstrecke gewonnenen Erkenntnisse und Messergebnisse zeigen, dass unter Berücksichtigung einer Abweichung von ± 150 m vom Sollwert der Verstärkerfeldlänge und unter Beachtung der Kabeldämpfungsänderungen im Temperaturbereich -20°C ... $+50^{\circ}\text{C}$ der ausschliessliche Einsatz von pilotgeregelten Zwischenverstärkern erforderlich ist.

Die Beeinflussung der Fernspeisung durch den elektrischen Bahnbetrieb ist geringer als erwartet. Die dafür vorgesehene Reserve im Regelbereich kann voll der Dämp-

fungsregelung zugeschlagen werden. Die eingesetzten Zwischenverstärker erfüllen damit alle gestellten Forderungen mit genügend Reserven.

Für künftige Übertragungsstrecken wäre eine gemischte Bestückung mit pilotgeregelten und temperaturgesteuerten beziehungsweise pilotgeregelten Zwischenverstärkern und Festverstärkern als wirtschaftlichere Lösung denkbar. Dazu ist bei Planung und Bau neuer Strecken darauf zu achten, dass zwischen zwei Endstellen Koaxialtuben mit gleicher Aussenleiterwandstärke ausgelegt und die Verstärkerfeldlängen möglichst genau eingehalten werden.

An dieser Stelle sei allen Beteiligten der Schweizerischen Bundesbahnen gedankt, die uns bei Vorbereitung, Aufbau und Betreuung der Erprobungsstrecke sowie bei den Messungen des Langzeitverhaltens tatkräftig unterstützt haben.

Bibliographie

- [1] *Kemter H. und Mieg G.* Streckenausrüstung des Trägerfrequenzsystems V300. Berlin, Telefunken-Zeitung 38 (1965) Nr. 2, S. 156...165.
- [2] *Blömker U. und Korn J.* Regelung und Überwachung. Berlin, Techn. Mitt. AEG-Telefunken (1977), Beiheft Analoge Übertragungseinrichtungen.
- [3] *Schulz W.* Ein Trägerfrequenzsystem mit 300 Fernsprechanälen auf Kleinkoaxialpaaren in Fernmeldekabeln der Deutschen Bundesbahn. Frankfurt am Main, Signal und Draht 56 (1964) Heft 1, S. 1...8.
- [4] *Klinger H., Mieg G. und Tischer Fr.-Chr.* Ausrüstung und Erprobung einer Trägerfrequenzstrecke für 300 Fernsprechanäle mit temperaturgesteuerten Zwischenverstärkern. Berlin, Telefunken Zeitung 39 (1966) Nr. 2, S. 265...179.
- [5] *Auer W. und Kleinmann H.* Fernspeisung und Fehlerortung. Berlin, Techn. Mitt. AEG-Telefunken (1977), Beiheft Analoge Übertragungseinrichtungen.

Adresse des Autors: Uwe Blömker, Fachbereich Trägerfrequenz, AEG-Telefunken, D-7150 Backnang