

Zeitschrift:	Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = 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 Telegrafenbetriebe
Band:	58 (1980)
Heft:	12
Artikel:	Montage des Koaxialkabels
Autor:	Coëndet, Eduard
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-875914

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: 25.01.2026

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

Montage des Koaxialkabels

Eduard COËNDET, Bern

621.315.212(494):624.196.035.2(494):654.116.32(494)

Zusammenfassung. Mit dem Bau des Gotthard-Strassentunnels wurde die Gelegenheit wahrgenommen, ein wichtiges Teilstück einer künftigen, leistungsfähigen Kabelverbindung im Fernmeldenetz zwischen Zürich und Lugano vorgängig zu bauen. Bis zur Fertigstellung der übrigen Strecken ersetzt dieses 12rohrige Koaxialkabel 2,6/9,5 mm das wegen baulicher Veränderungen im Bahntunnel ausser Betrieb genommene 4-Rohr-Kabel der bestehenden Nord-Süd-Verbindung. Die besonderen Verhältnisse für die Montage und die daraus entstandenen Lösungen sind beschrieben. Weiter werden der erstmals verwendete Kabeltyp mit Aluminium-Wellmantel, die noch junge Spleisstechnik für breitbandige Systeme ≥ 60 MHz und die umfangreichen Messarbeiten mit den für solche Verbindungen erforderlichen Grenzwerten vorgestellt.

Montage du câble coaxial

Résumé. Lors de la construction du tunnel routier du St-Gothard, les PTT ont posé un tronçon important d'une future liaison très performante par câble interurbain qui reliera Zurich à Lugano. D'ici à l'implantation définitive des autres sections, ce câble à 12 tubes de 2,6/9,5 mm remplacera l'ancien câble à 4 paires de l'artère nord-sud existante, câble mis hors service en raison de la réfection du tunnel ferroviaire. Les conditions particulières qui sont apparues lors du montage et les solutions qui ont dû être trouvées sont exposées ci-après. De plus, l'auteur décrit le câble à gaine ondulée en aluminium utilisé pour la première fois, la nouvelle technique d'épissage applicable aux systèmes à large bande ≥ 60 MHz, les travaux de mesure étendus, ainsi que les valeurs limites nécessaires à ce genre de liaison.

Montaggio del cavo coassiale

Riassunto. È stata colta l'occasione, durante i lavori di costruzione della galleria stradale del San Gottardo, di approntare una sezione importante del futuro collegamento via cavo, di grande potenza, nella rete delle telecomunicazioni tra Zurigo e Lugano. Questo cavo coassiale di 12 tubi 2,6/9,5 mm sostituisce, fino all'ultimazione delle rimanenti sezioni, quello di 4 tubi, messo fuori esercizio nella galleria ferroviaria, del collegamento nord-sud già esistente. L'autore descrive la situazione particolare per il montaggio e le soluzioni che sono state applicate. Presenta inoltre il tipo di cavo con guaina di alluminio ondulato utilizzato per la prima volta, la nuova tecnica di giunzione per sistemi a banda larga ≥ 60 MHz e i lavori di misurazione molto estesi con l'indicazione dei valori limite valevoli per questo tipo di collegamento.

1 Einleitung

Die Nord-Süd-Verbindung über den Gotthard hat in den Verkehrsbeziehungen aller Art immer eine grosse Rolle gespielt. Auch in der Geschichte des schweizerischen Fernmeldewesens war dieses Teilstück des Telefonnetzes seit jeher von besonderer Wichtigkeit. Mit der Inbetriebnahme des Gotthard-Strassentunnels wird wiederum ein neues Kapitel aufgeschlagen.

In der Frühzeit des elektrischen Nachrichtenwesens wurde der Gotthardpass durch eine Telegrafenleitung überquert. Diese wetterbedingt oft während längerer Zeit unterbrochene Verbindung wurde mit der Inbetriebnahme des Bahntunnels 1882 durch ein Tunnel-Telegrafenkabel ersetzt, das bis in die frühen zwanziger Jahre hinein in Betrieb war. Das erste Telefonkabel durch den Bahntunnel wurde um die Jahrhundertwende fertiggestellt und versah seinen Dienst bis Anfang 1978, nachdem die Verbindung 1952 durch den Bau eines 4tubigen Koaxialkabels verstärkt worden war. Infolge grosser Umbauarbeiten im Bahntunnel zur Einführung des «Hukkepack»-Transportes mussten jedoch beide Kabel Anfang 1978 ausser Betrieb genommen werden. Der Fernmeldeverkehr Nord-Süd wurde auf diesen Zeitpunkt vollständig auf Richtstrahlverbindungen umgeschaltet.

Mit dem Bau des neuen Strassentunnels hatten die Schweizerischen PTT-Betriebe Gelegenheit, eine neue, leistungsfähige Kabelanlage zu bauen, die es gestattet, alle in der Zukunft notwendigen Verbindungsbedürfnisse zu decken. Über den Bau dieser Rohranlage wurde bereits berichtet [1].

Die Anlage besteht im wesentlichen aus 12 Asbestrohren von einer lichten Weite von 100 mm, die hinter der seitlichen Tunnelwandverkleidung angebracht sind. Alle 1,5 km wurde bei den Ausstellnischen ein seitliches Gewölbe ausgesprengt, versehen mit einem würfelförmigen Bauwerk, in dem die Spleissungen vorgenommen, die Zwischenverstärker des Koaxialkabels sowie jene allfälliger späterer PCM- oder Breitbandkabel un-

tergebracht werden können. Auf der Tunnelstrecke sind insgesamt 22 Nischen vorhanden (Fig. 2). Ein allfälliger Einzug weiterer Kabel, Arbeiten an den Spleissungen oder an den Zwischenverstärkern werden demnach jederzeit ohne wesentliche Behinderung des Strassenverkehrs möglich sein. Diese Forderung musste erfüllt werden, wird doch der Tunnel noch auf Jahre hinaus im Geogenverkehr befahren werden.

Sowohl für den Kabeleinzug als auch für die Kabelmontage mussten von den Fachinstanzen der PTT einige interessante Probleme gelöst werden.

2 Einzug der Kabel in die Rohrleitung

Über den Einzug der Kabel wurde bereits berichtet. Es sei lediglich darauf hingewiesen, dass die mit der Lö-

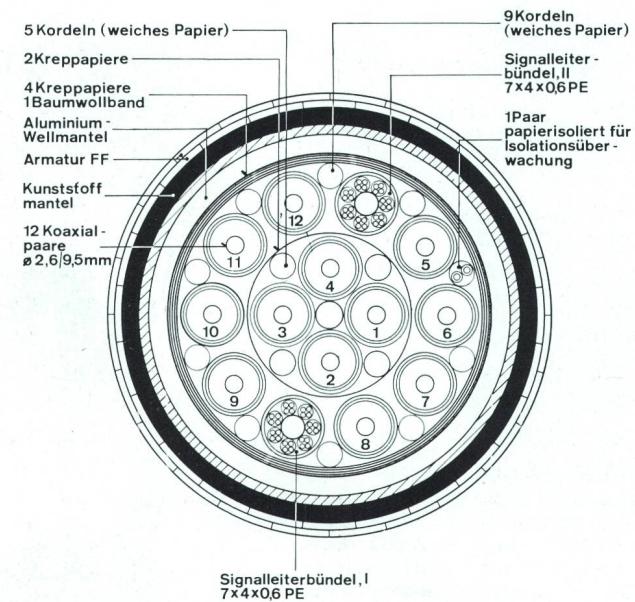
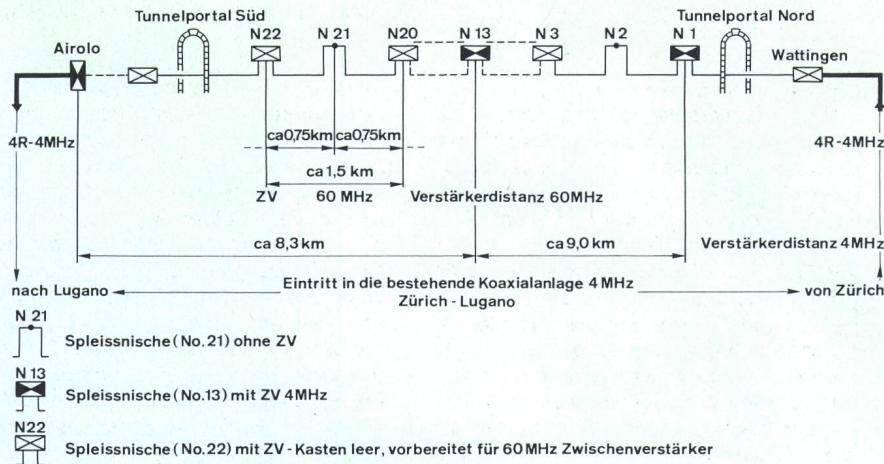


Fig. 1
Querschnitt durch das Koaxialkabel 12 R 2,6/9,5 mm

Fig. 2
Prinzipieller Aufbau der Koaxialkabelanlage im Gotthard-Strassentunnel



sung des Einzuges und der Montage des Kabels beauftragten Instanzen der Generaldirektion PTT eng zusammenarbeiten mussten, waren doch die Einflüsse des Einzuges und der Verlegung auf die elektrischen Eigenschaften weitgehend unbekannt.

Diese wurden beim Verlegen einer Versuchslänge untersucht, wobei erst nach Abschluss dieser Vorarbeiten beschlossen wurde, ein Kabel mit Aluminium-Wellmantel zu verwenden.

In den nachfolgenden Ausführungen kommt nur die Montage des 12-R-Koaxialkabels 2,6/9,5 mm zur Sprache, da bei den mit verlegten NF-Kabeln keine neuen Probleme gelöst werden mussten.

3 Montage des Koaxialkabels

31 Kabeltyp

Für diese Anlage wurde das bei den PTT-Betrieben normalisierte Koaxialkabel mit 12 Rohren 2,6/9,5 mm gewählt (Fig. 1). Zur Reduktion des Gewichtes wurde das Kabel erstmals mit einem Aluminium-Wellmantel ausgerüstet. Dieses Teilstück ist als Ersatz des Kabels im Bahntunnel bis zur Fertigstellung einer durchgehenden 12-R-Anlage zwischen Zürich und Lugano in die bestehende 4-R-Anlage eingebaut worden.

32 Aufbau der Anlage

Der prinzipielle Aufbau der Anlage ist aus Figur 2 ersichtlich. Das Koaxialkabel durch den Gotthard-Strassentunnel ist für eine künftige 60-MHz-Anlage alle 1,5 km mit einem Zwischenverstärkerkasten ausgerüstet. Dieses Teilstück ist als Ersatz des Kabels im Bahntunnel bis zur Fertigstellung einer durchgehenden 12-R-Anlage zwischen Zürich und Lugano in die bestehende 4-R-Anlage eingebaut worden.

Für diese Verwendung sind der Verstärker in der Nische 1 am Tunnelportal Nord, der Verstärker in der Nische 13 in der Tunnelmitte und jener in Airolo mit 4-MHz-Ausrüstungen bestückt, womit ein Verstärkerabstand von 9,0 beziehungsweise 8,3 km eingehalten ist.

In allen andern Zwischenverstärkern sind die 12 Koaxialtuben mit Verbindungssteckern durchgeschaltet. Die spätere Umrüstung der Anlage auf 60 MHz wird durch Einsetzen der Verstärkereinschübe ohne jede Arbeit an der Kabelanlage selbst vorgenommen werden können. Es wäre ebenfalls möglich, 4-MHz- und

60-MHz-Systeme auf verschiedenen Tubenpaaren parallel zu betreiben. Diese Konfiguration wird für den Betrieb dieser Kabelanlage eine optimale Flexibilität in der Wahl der Systeme gestatten.

Sollte in ferner Zukunft eine Ausnutzung der Anlage auf 556 Mbit/s notwendig sein, so könnte dies auch hier durch Einsetzen entsprechender Einschübe in den Verstärkerkästen geschehen, ohne dass an der Kabelanlage etwas geändert werden müsste. Der Verstärkerabstand solcher Anlagen ist, analog einer 60-MHz-Anlage, ebenfalls 1,5 km.

Ferner ist in allen Nischen Platz vorhanden, um allenfalls die Verstärker für eine weitere Koaxialkabel-12-R-Anlage aufzunehmen.

33 Ausrüstung der Nischen

In der Tunnelanlage im Gotthard-Strassentunnel wurden total 22 Nischen in einem Abstand von etwa 0,75 km eingebaut. Um allen heutigen und künftigen Möglichkeiten eines Weiterausbaus gerecht zu werden, wurden diese Nischen grosszügig disponiert. Sie sind alle nach der gleichen Grundkonzeption bemessen und bereits heute so ausgerüstet, dass ohne weitere bauliche Änderungen zusätzliche Kabel eingeführt, gespleisst und je nach Notwendigkeit mit allfälligen Pupinspulen, künstlichen Spulenfeldergänzungen, PCM- oder Breitbandzwi-schenverstärkern ausgerüstet werden können. Figur 3 zeigt den Zustand im Endausbau.

Die Kableinführung in die Nischen geschieht durch zwei in den oberen Nischenecken angeordnete Rohrbatterien. Um das Eindringen der staubigen und aggressiven Tunnelatmosphäre zu verhindern, sind alle eingeührten Kabel mit Schrumpfschläuchen und die Reserverohre mit PVC-Kappen luftdicht abgeschlossen.

Die Nischentüre ist mit Gummidichtungen versehen (Fig. 4).

34 Spleissmethode, Verbindungsspleissungen

341 Spleissmethode

Um die spätere Ausnutzung dieses neuen — gegenüber dem alten 4tubigen — elektrisch wesentlich verbesserten 12tubigen Kabeltyps auf 60-MHz- und später

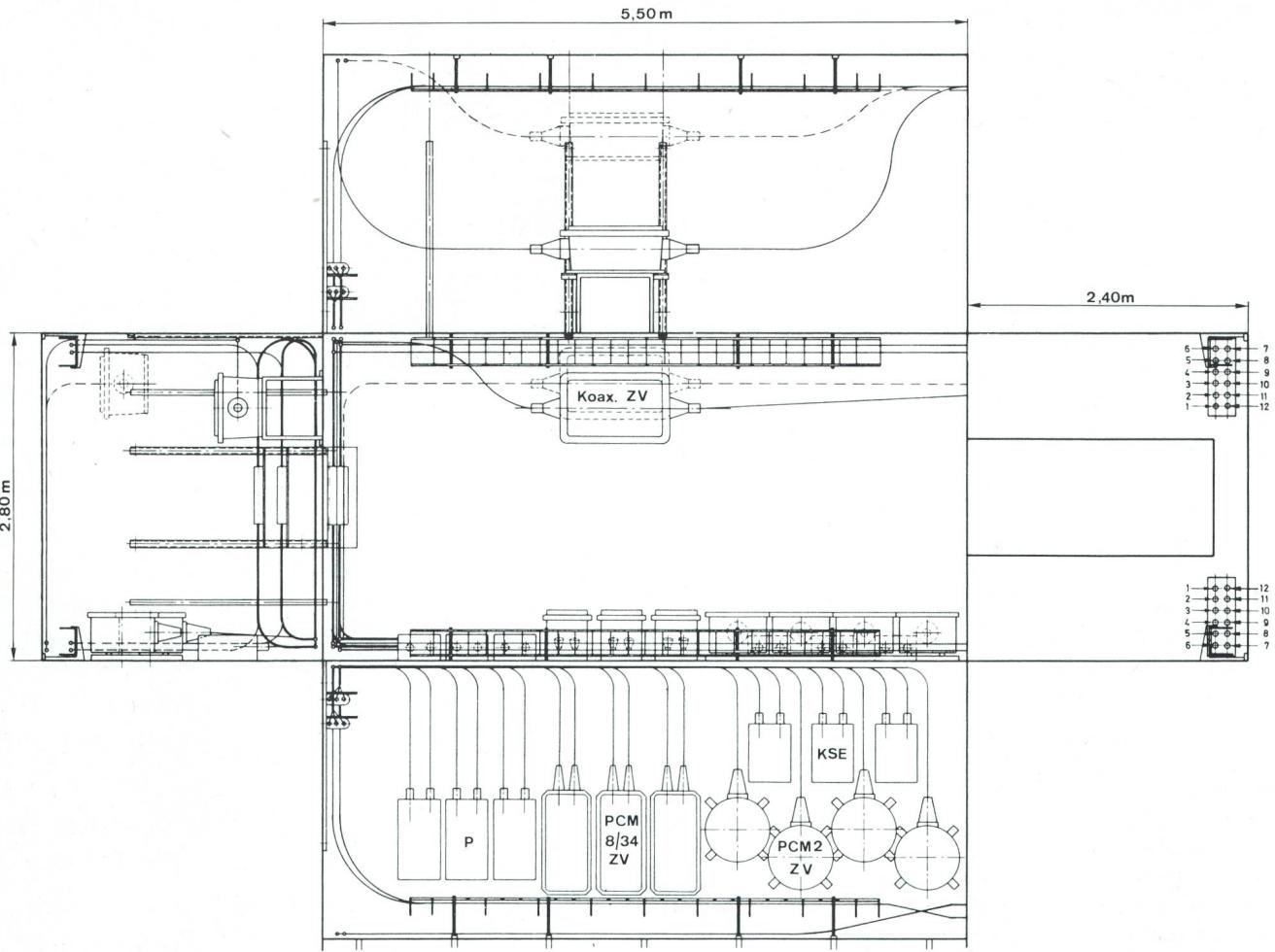


Fig. 3
Spleiss- und Verstärkernische
P Pupinspule
ZV Zwischenverstärker

allenfalls auf höhere PCM-Systeme zu ermöglichen, wurde eine neue Spleisstechnik entwickelt. Nach eingehender Prüfung verschiedener Möglichkeiten wurde die von der Firma *Sielte* in Rom angewandte Methode gewählt.

Diese Spleissung ist — entgegen bisherigen — keine verbesserte Lösung, sondern sie wurde unter Anwendung neuer Techniken, wie Hartlöten und Krimpen, von Grund auf neu entwickelt. Die verhältnismässig einfache handwerkliche Ausführung sowie die sehr guten Mess-

KSE Künstliche Spulenfeldergänzung

ergebnisse haben zu dieser Wahl geführt. Eine Spleissung ist bekanntlich dann eine gute Verbindung, wenn die elektrischen und mechanischen Eigenschaften der koaxialen Leiter auch an der Spleissstelle erhalten bleiben (Fig. 5).

Bei der neuen Spleissmethode werden die Zentralleiter mit *Hartlösung* ohne jegliche Querschnittvergrösserung verbunden, wobei die mechanische Festigkeit an der Lötstelle grösser wird als jene der Zentralleiter selbst. Die Aussenleiter werden mit einer Hülse, deren Innendurchmesser auf den Hundertstelmillimeter genau jenem der Tuben entspricht, überbrückt. Die Aussenleiterhülse wird in die geöffneten Aussenleiter eingeschoben und diese mit Zangen um die Hülse herum geformt, wonach die ganze Verbindung mit einer zweiten Hülse und zwei Gewindemuttern fest verschraubt wird. Durch *Krimpen*, das heisst durch Eindrücken mehrerer Nuten mit einer Spezialzange, werden die Aussenleiter zwischen den beiden Hülsen derart gequetscht, dass eine elektrisch einwandfreie Verbindung entsteht (Fig. 6).

Diese Methode wurde in [2] beschrieben.

342 Verbindungsspleissung

Die Anordnung der 12 Koaxialpaare in einer Verbindungsspleissung ist in Figur 7 dargestellt. Sie gewährlei-

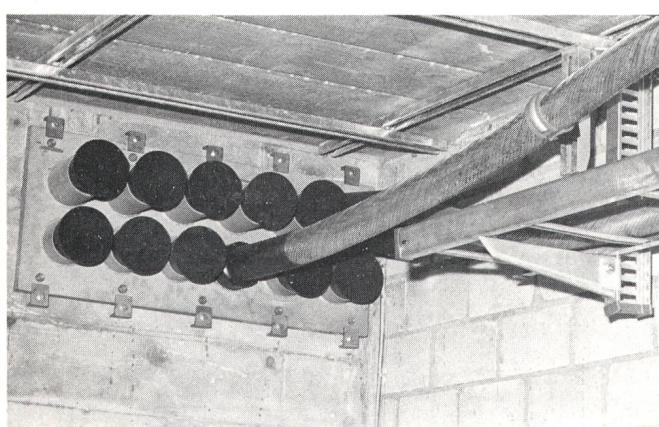
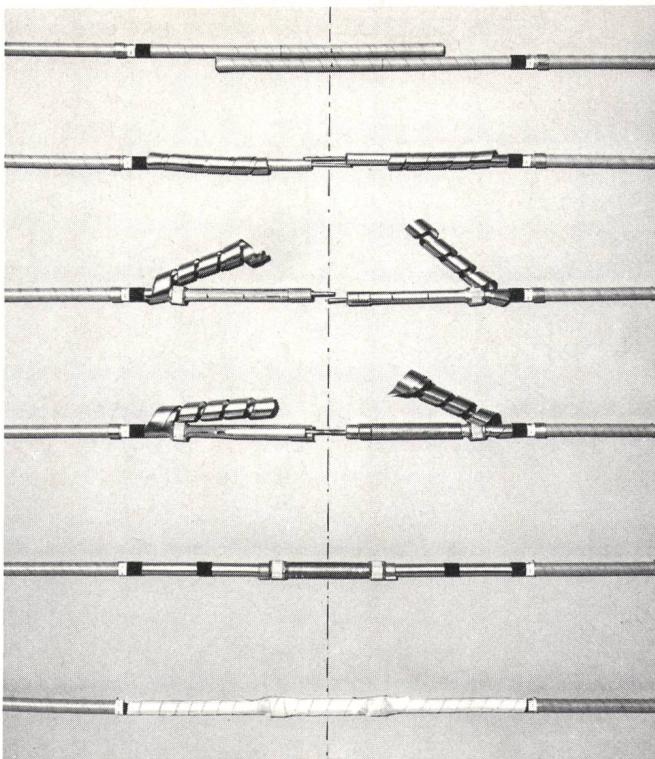


Fig. 4
Rohrbatterie in einer Nische



stet die beste Zugänglichkeit im Störungsfalle. Die Spleissung ist mit einer zweiteiligen Bleimuffe gegen das Eindringen von Feuchtigkeit und zusätzlich gegen mechanische Beschädigungen mit einem auf den Konsolen befestigten Deckblech geschützt (Fig. 8).

Jede Muffe ist in der Spleissnische an die Sammelerde angeschlossen.

343 Spleissung der Signaladern

Zur Verbesserung des Nebensprechens innerhalb der Signalkreisbündel wurde je Verstärkerfeld ein Kreuz-

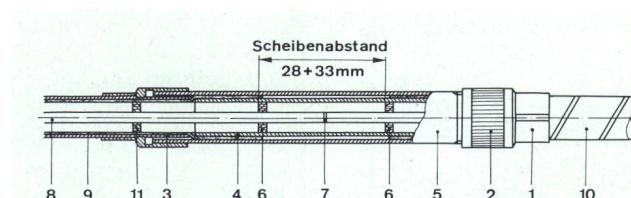


Fig. 6
Gespleisstes Koaxialpaar
1 Klemmhülse
2 Überwurfmutter
3 Distanzhülse
4 Aussenleiterhülse
5 Gewindehülse
6 Teflonscheibe
7 Silberlotplättchen
8 Zentralleiter
9 Aussenleiter
10 Stahlband
11 Polythenscheiben

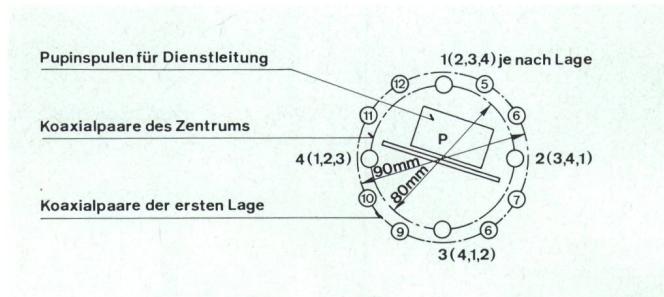


Fig. 7
Aufteilung der Koaxialpaare in einer Verbindungsspleissung
P Pupinspule

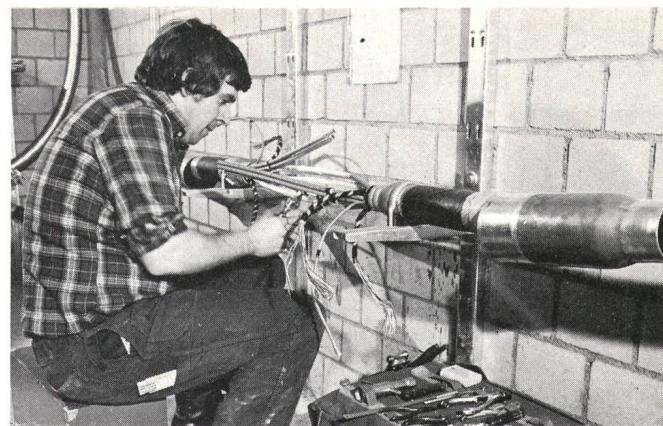


Fig. 8
Spleissen eines Koaxialkabels

◀
Fig. 5
Schematische Darstellung der verschiedenen Vorgänge beim Spleissen eines Koaxialpaars
1 Koaxialpaar numerieren 4 Zentralleiter hartlöten
2 Enden der Koaxialpaare vorbereiten 5 Aussenleiter verbinden
3 Aussenleiter absetzen 6 Aussenleiter isolieren

zungsabgleich ohne Viererabtausch ausgeführt. Das papiersolierte Isolationsüberwachungspaar wurde nach der für solche Adern üblichen Methode gespleist.

35 Montage der Zwischenverstärkerkästen

Die Zwischenverstärkerkästen 12/60 MHz von *Philips* sind in den Zwischenverstärkernischen auf einer Konsole montiert. Der Kasten besteht aus einer Silizium-Aluminium-Gusslegierung mit einem Nylonüberzug als Schutz gegen Korrosion. Er kann druckdicht verschlossen werden und ist mit einem Metallrahmen zur Aufnahme der Verstärkereinschübe versehen.

Beidseits des Kastengehäuses ist ein Flansch mit aufgelötetem Bleikonus angebracht, durch den das Kabel in den Kasten eingeführt wird. Eine verschraubbare Gussmuffe dient als mechanischer Schutz der Kableinführung. Die Koaxialpaare des Kabels sind im Verstärkerkasten auf flexible koaxiale Einzeltuben gespleist, an deren Ende ein Stecker montiert ist. Die Signaladern sind mit je einem Signaladernanschlusskabel auf je eine

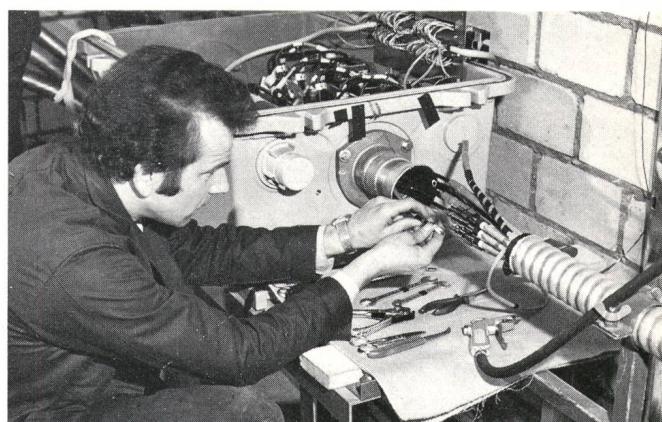


Fig. 9
Einschalten eines Zwischenverstärkers

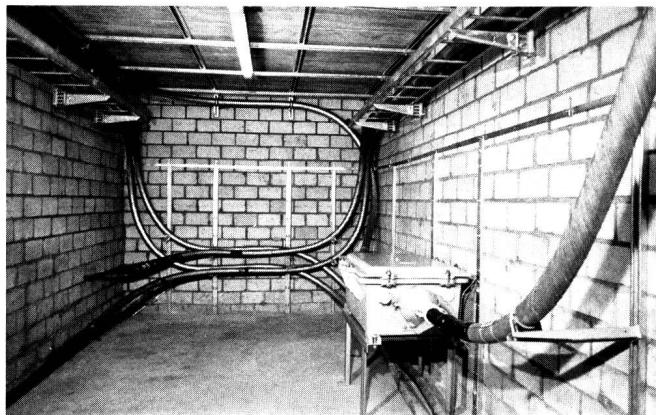


Fig. 10
Nische mit Zwischenverstärker

Trennleiste geschaltet. So kann die Anlage in jedem Zwischenverstärkerkasten vollständig getrennt werden (Fig. 9 und 10).

Figur 11 zeigt einen geöffneten Kasten. Man beachte die in der Mitte angeordneten Trennleisten zur Verbindung beziehungsweise Trennung der Signaladern.

36 Dienstleitung

Als Dienstleitung dient der Vierer 1 der Signaladern. Beide Paare sind mit 177 mHy pupinisiert, wobei die Pupinspulen zusammen mit den künstlichen Verlängerungen auf einer Printplatte montiert sind. Diese ist so konstruiert, dass sie im Zentrum der in der Mitte des Verstärkerfeldes liegenden Verbindungsspleissung Platz findet (Fig. 12 und 13).

Die künstlichen Verlängerungen sind so bemessen, dass damit eine Pupinfeldlänge von 1830 m elektrischer Länge entsteht und dadurch die Dienstleitung in jedem Zwischenverstärker mit einer halben Pupinfeldlänge beginnt oder endet. Grosse Restkopplungen sind durch Einbau von Abgleichkondensatoren auf der Printplatte abgeglichen.

Die Dienstleitung ist in jedem Zwischenverstärker greifbar. Ein parallelgeschalteter externer Anschluss ermöglicht das Eintreten in die Leitung, ohne dass der Zwischenverstärkerkasten geöffnet werden muss (Fig. 14).

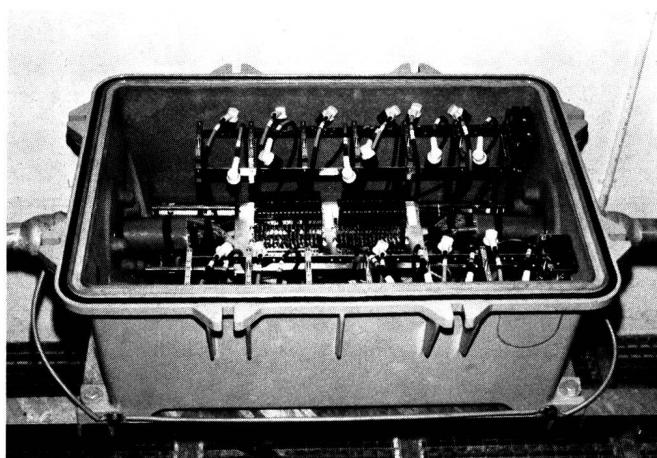


Fig. 11
Offener Zwischenverstärkerkasten

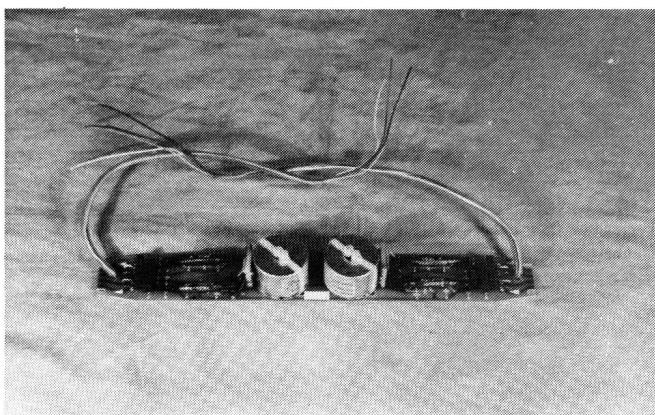


Fig. 12
Printplatte mit künstlichen Verlängerungen bestückt

37 Kabelüberwachung

Ausser den Ausrüstungen für die Überwachung und Kontrolle der Übertragungspegel stehen zwei Einrichtungen für die Feuchtigkeitsprüfung der Anlage zur Verfügung.

371 Isolationsüberwachung

Das papierisierte Isolationsüberwachungspaar ist sowohl in der Verbindungsspleissung als auch in den Zwischenverstärkern durchverbunden und in den Endverstärkerstellen auf die automatische Isolationsmess-einrichtung geführt. Unterschreitet der Isolationswiderstand der Anlage den in der Messeinrichtung eingestellten Minimalwert, wird in der Verstärkerstelle Alarm ausgelöst, und die Leckstelle kann mit einer Fehlereingrenzungsmessung unverzüglich geortet werden.

372 Wasseralarm

Auf dem Boden jedes Zwischenverstärkerkastens ist ein Wasseralarmkontakt montiert. Dringt aus irgend-einem Grund Wasser ein, wird auf der automatischen Kabelüberwachungseinrichtung in der Verstärkerstelle ein Alarm ausgelöst. Auch hier kann der fragliche Zwischenverstärkerkasten mit einer einfachen Fehlereingrenzungsmessung geortet werden.

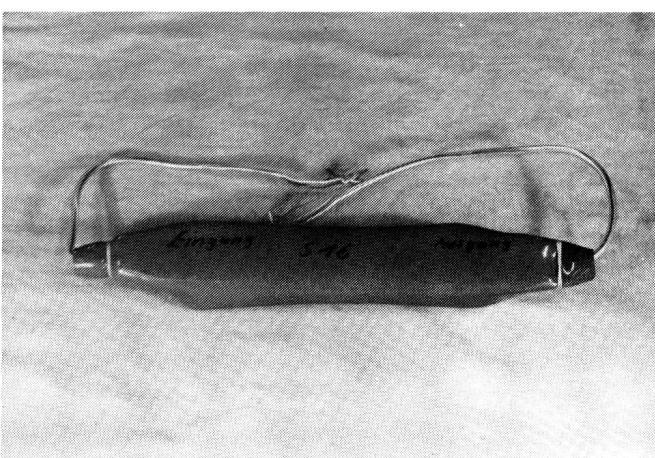


Fig. 13
Printplatte einbaufertig

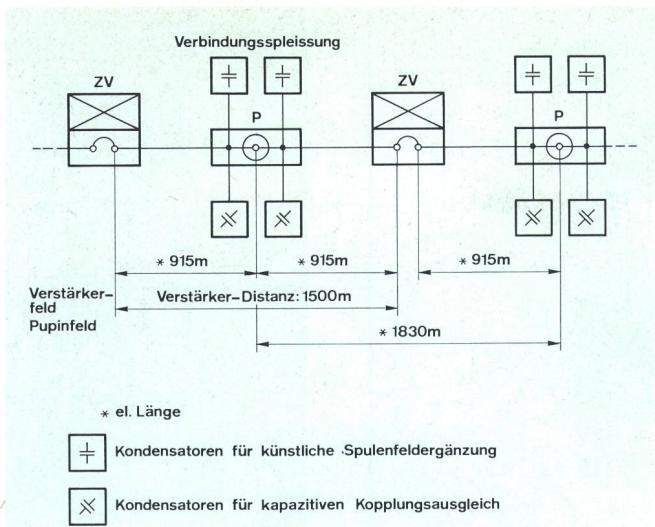


Fig. 14
Schematische Darstellung der pupinisierten Dienstleitung
ZV Zwischenverstärker
P Pupinspule

38 Kabelmontage (Fig. 15 und 16)

Die Ausführung der Spleissarbeiten bot keine Schwierigkeiten, war doch die angewandte neue Spleissmethode bereits erprobt worden. Neu waren lediglich die Bearbeitung des Aluminium-Wellmantels und das Verlöten der Bleimuffen auf ihm. Dies verlangte von den Monteuren eine sorgfältige und zuverlässige Arbeitsausführung, ist doch das Verbinden der verschiedenen Metalle, besonders aber das sichere Verzinnen des Aluminiummantels, nicht ganz problemlos.

Da die Starkstrominstallation zur Zeit der Kabelmontage in den Nischen noch nicht eingerichtet war, mussten als Stromquellen für die Beleuchtung sowie für die elektrische Hartlötevorrichtung fahrbare Notstromgruppen eingesetzt werden. Erschwerend wirkte sich der Umstand aus, dass im Tunnel nur dieselangetriebene Fahrzeuge verwendet werden durften, weil zu diesem Zeitpunkt die Tunnelentlüftung noch nicht in Betrieb stand.

39 Kontrollmessungen

391 Messung der Versuchs-Kabellänge

Nachdem es sich beim Koaxialkabel im Gotthard-Strassentunnel einerseits um einen neuen Kabeltyp mit Aluminium-Wellmantel und anderseits um vorher noch nie verlegte Längen von etwa 750 m handelte, beschloss man, vor der endgültigen Kabelbestellung eine Versuchslänge unter den herrschenden Bedingungen auf der Baustelle einzuziehen. Damit galt es zu überprüfen, ob und gegebenenfalls in welchem Masse sich die elektrischen Eigenschaften des Kabels durch die mechanischen Beanspruchungen verändern. Die Untersuchung bestand in einer Reihe von Messungen, die

- nach dem Einzug des Kabels in die Rohranlage,
- nach dem Einführen des Kabels in die erste Nische,
- nach dem Einführen des Kabels in die zweite Nische

durchgeführt wurden.

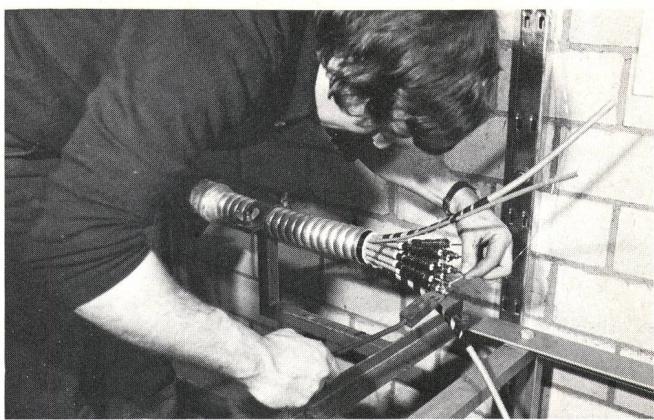


Fig. 15
Vorbereiten eines Kabels zur Einführung in den Zwischenverstärker

Die Ergebnisse wurden anschliessend den Messwerten vor der Verlegung, also den Herstellungswerten gegenübergestellt. Im wesentlichen handelte es sich um den Vergleich der Impedanzregelmässigkeiten (Echobilder), gemessen mit Impulsen von 10 ns und 40 ns, sowie die Rückflussmessungen im Frequenzbereich von 10...500 MHz.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass der Einzug keine Veränderungen der elektrischen Eigenschaften zur Folge hat, sofern die Verlegung problemlos ausgeführt werden kann, das heisst die zulässigen Zugkräfte nicht überschritten werden und das Einführen in die Nischen sorgfältig geschieht.

Gestützt auf diese Erfahrung wurde entschieden, die folgenden Messungen bei der Montage in zwei Phasen durchzuführen.

392 Messung der Übertragungseigenschaften ohne Zwischenverstärker (Fig. 17)

Zur Beurteilung der Einzellängen und der Spleissungen wurden vor dem Einschalten der Zwischenverstärker folgende Messungen ausgeführt:

- Impedanzregelmässigkeit nach dem Impulsverfahren mit Impulsen von 10 ns und 40 ns, von beiden Seiten gemessen
- Rückflussdämpfung bei einer Bezugsimpedanz von $Z_0 = 75 \Omega$



Fig. 16
Einfügen eines Zwischenverstärkers

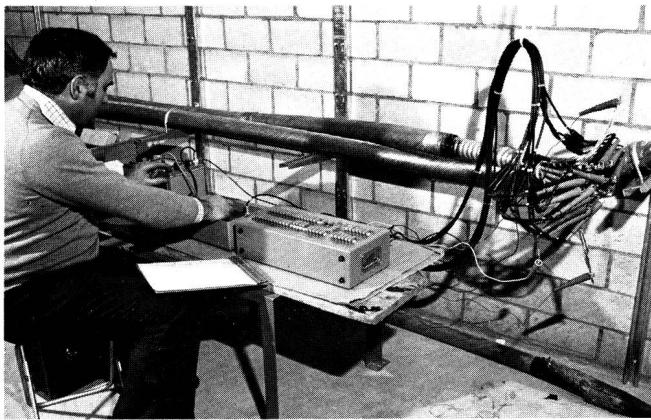


Fig. 17
Kontrollmessungen vor dem Einbau der Zwischenverstärker

- im Frequenzbereich 10...60 MHz
- im Frequenzbereich 60...500 MHz
- Widerstands-, Isolations- und Spannungsprüfungen

Anschliessend wurden die Kabel zum Erstellen der Verbindungsspleissungen freigegeben, wobei gleichzeitig die Kopplungswerte der Signalvierer gemessen und durch Einbau von Korrekturkondensatoren auf der die Pupinspulen tragenden Printplatte korrigiert wurden.

Erst nach diesen Messungen konnten die Kabelstrecken zum Einbau der Zwischenverstärker freigegeben und danach die Schlusskontrollmessungen der Verstärkerfelder ausgeführt werden (Fig. 18).

393 Messung der Verstärkerfelder mit eingeschalteten Zwischenverstärkern

Die auf allen Verstärkerfeldern eingehaltenen elektrischen Werte sind nachstehend aufgeführt, wobei folgende Abkürzungen gelten:

- Z Zentralleiter eines Koaxialpaars
- A Aussenleiter eines Koaxialpaars
- E Erde
- Σ alle Aussenleiter, Signaladern, Bleimantel und Erde, ohne den zu messenden Aussenleiter oder Signaladersektor



Fig. 18
Messwagen im Einsatz

- Gleichstrommessungen	
<i>Widerstand</i>	Richtwert
Koaxialpaare:	
Zentraleiter	$R' = 3,3 \Omega/\text{km}$
Aussenleiter	$R' = 2,3 \Omega/\text{km}$
Signaladern:	
PE-isolierte Vierer unpupinisiert	$R' = 66,6 \Omega/\text{km}$
Papierisoliertes Paar für Isolationsüberwachung	$R' = 66,6 \Omega/\text{km}$
Pupinspule	$RP = 5,0 \Omega/\text{Draht}$
- Spannungsprüfungen	
Z_{1-12} gegen A_{1-12}	3500 V =
A_{1-12} gegen Σ	2500 V =
alle Signaladern gegen Σ	2500 V =
eine Signalader gegen alle andern	
Signaladern + E	625 V =
- Isolation	
Z_{1-12} gegen A_{1-12}	Minimalwert 50 000 M Ω km
A_{1-12} gegen Σ	1 000 M Ω km
alle Signaladern gegen Σ	10 000 M Ω km
eine Signalader gegen alle andern Signaladern	10 000 M Ω km
- Impedanzregelmässigkeit nach dem Impulsverfahren	
Messgerät: Echometer HDW T 05/9	
- Messung mit 10-ns- \cos^2 -Impuls	
100 % der Werte eines Verstärkerfeldes	$\geq 46 \text{ dB}$
- Messung mit 40-ns- \cos^2 -Impuls	
100 % der Werte eines Verstärkerfeldes	$\geq 52 \text{ dB}$
Maximal 1 Wert je Verstärkerfeld	$\geq 52 \text{ dB} \leq 54 \text{ dB}$
Übrige Werte eines Verstärkerfeldes	$\geq 54 \text{ dB}$

Das Verstärkerfeld wird von beiden Seiten gemessen und die Kabeldämpfung automatisch kompensiert. Die Kurven bei den 40-ns-Impulsmessungen werden für jedes Koaxialpaar fotografisch registriert (Fig. 19).

- Rückflussdämpfung
- Messgerät: Elcom NA 900 A Bezugsimpedanz $Z_0 = 75 \Omega$
- Rückflussdämpfung im Frequenzbereich 10...60 MHz $A_{r\min} \geq 35 \text{ dB}$

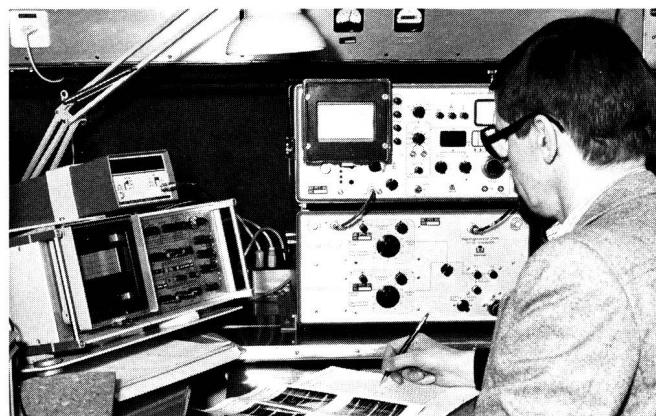


Fig. 19
Aufnahme eines Messprotokolls

- Rückflussdämpfung im Frequenzbereich 60...600 MHz
 $A_{r\min} \geq 20 \text{ dB}$

Das Verstärkerfeld wird von beiden Seiten gemessen.

Für beide Frequenzbereiche werden der minimale Rückflussdämpfungswert und die zugehörige Frequenz gemessen und in einem Messprotokoll festgehalten.

- Übertragungseigenschaften der Dienstleitung

Benützte Adern:	Vierer 1
Pupinisierung:	H-177
Pupinfeldlänge:	1830 m
Betriebsdämpfung Am' zwischen 600 Ω:	~ 0,33 dB/km
Impedanz Z bei 800 Hz:	1700 Ω

394 Beurteilung der Messergebnisse

Ohne auf alle Einzelheiten der Messergebnisse einzutreten, können folgende Schlüsse gezogen werden:

- Die elektrischen Eigenschaften der Kabelanlage sind als sehr gut zu bezeichnen, und die Anlage wird den Bedürfnissen des in erster Phase vorgesehenen 4-MHz- und später auch jenen des 60-MHz-Betriebes vollauf genügen.
- Es ist vorgesehen, gemäss der heutigen Planung, die Anlage später mit einer PCM-Anlage für 556 Mbit zu

betreiben. Auch in diesem Fall wird sie den Anforderungen genügen.

- Die erstmalige Verwendung von 12tubigen Koaxialkabeln mit Aluminium-Wellmantel hat sich bewährt. Obwohl hier ein solcher Mantel in erster Linie zur Herabsetzung des Kabelgewichtes gewählt wurde, hat es sich gezeigt, dass dieser auf Anlagen, wo ein besserer elektrischer Mantelschutzfaktor notwendig ist, verwendet werden kann.
- Es hat sich ferner gezeigt, dass auch bei extremen Zugbelastungen, bei sorgfältiger Verlegung, die elektrischen Eigenschaften der Koaxialtuben durch den Kabelzug nicht verändert werden.

4 Schlussbemerkung

Der Bau und die Montage des ersten Koaxialkabels durch den Gotthard-Strassentunnel stellten viele neue, bisher unbekannte Probleme. Jedoch soll nicht unerwähnt bleiben, dass alle Arbeiten auf der Anlage nur dank dem vollen Einsatz aller Beteiligten der Generaldirektion sowie dank der umsichtigen und zuverlässigen Arbeitsausführung der Mitarbeiter der Kreistelefondirektion Bellinzona und einer engen Zusammenarbeit mit dem Kabellieferanten zu einem guten Abschluss geführt werden konnten. Diese Anlage hat einige sehr wichtige Erkenntnisse gebracht, die beim weiteren Bau des Fernmeldenetzes mit 12tubigen Kabeln von richtungsgebender Bedeutung sein werden.