

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

Band: 63 (1985)

Heft: 1

Artikel: Erste Erfahrungen beim Bau von Glasfaserkabelanlagen = Premières expériences dans la construction d'installations de câbles à fibres optiques

Autor: Gertsch, Felix / Mignot, Daniel

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-875375>

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: 17.11.2024

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

Erste Erfahrungen beim Bau von Glasfaserkabelanlagen

Premières expériences dans la construction d'installations de câbles à fibres optiques

Felix GERTSCH und Daniel MIGNOT, Bern

Zusammenfassung. Im Fernmeldenetz der PTT sind bereits mehr als 150 km Glasfaserkabel verlegt. Die Glasfaser hat sich in verhältnismässig kurzer Zeit ihren festen Platz in der leitungsgebundenen Nachrichtentechnik gesichert. In diesem Aufsatz wird über den Aufbau der Glasfaserkabelanlagen, die Verbindungstechnik, den Montageablauf, die eingesetzten Geräte und Messapparate sowie über die erhaltenen Ergebnisse berichtet.

Résumé. Plus de 150 km de câbles à fibres optiques sont déjà posés dans le réseau des télécommunications des PTT. En peu de temps, la fibre optique a conquis une place sûre dans le domaine des télécommunications par fil. Les auteurs décrivent la construction des installations de câbles à fibres optiques, la technique de connexion, le déroulement du montage, les appareils et dispositifs de mesure utilisés; ils donnent également des renseignements concernant les premiers résultats obtenus.

Prime esperienze nella costruzione di impianti di cavo in fibra ottica

Riassunto. Nella rete di telecomunicazione delle PTT sono stati posati già più di 150 km di cavo in fibra ottica. La fibra ottica si è affermata in un tempo relativamente breve nella tecnica delle trasmissioni per filo. Gli autori descrivono la struttura degli impianti di cavo in fibra ottica, la tecnica di giunzione, le operazioni di montaggio, gli apparecchi e i dispositivi di misura utilizzati e i risultati ottenuti.

1 Einleitung

Am 4. Dezember 1978 legten die Schweizerischen PTT-Betriebe in ihrem Netz das erste Glasfaserkabel aus. Es war Teil einer Versuchsanlage zwischen den Telefonzentralen Mattenhof und Bollwerk in Bern. Seither sind 15 weitere Kabelanlagen mit einer Gesamtlänge von etwas mehr als 150 km installiert worden. Für die Zukunft zeichnet sich eine rasante Entwicklung im Einsatz dieses neuen Nachrichtenleiters ab. Es sind die hervorragenden Eigenschaften der Glasfaser, die ihre Anwendung in der Fernmeldetechnik so interessant machen.

Mit der Einführung der Glasfaser sah sich der mit der leitungsgebundenen Übertragungstechnik beschäftigte Praktiker vor eine neue, interessante Aufgabe gestellt. Über die Montage von Glasfaserkabeln und die damit gesammelten Erfahrungen wird im folgenden berichtet.

2 Aufbau von Glasfaser-Kabelanlagen

In allen bisher gebauten Anlagen ist die Multimodefaser eingesetzt. Bis auf eine einzige Ausnahme handelt es sich um Fasern mit Gradienten-Index (GI-Fasern). Die bis Herbst 1983 installierten Kabel werden im 1. Fenster, also mit Lichtwellenlängen von 850 nm, mit 8-Mbit/s-Systemen betrieben und benötigen ungefähr alle 10 km einen Zwischenverstärker. Neben den hauptsächlich für das Bezirksnetz gebauten Anlagen sei hier auch noch die erste Glasfaseranlage im Ortsnetz aufgeführt. Sie wurde für das Pilotprojekt der «Breitbandkommunikation» [1] in Marsens eingerichtet.

Seit Herbst 1983 gelangt die GI-Faser im 2. Fenster — für die Lichtwelle von 1300 nm optimiert — zum Einsatz. Spitzenprodukte dieses Fasertyps haben nebst geringerer Dämpfung eine höhere Bandbreite und ermöglichen bei Verstärkerfeldlängen von 18 km die Anwendung von 140-Mbit/s-Übertragungssystemen.

In *Tabelle I* sind die bereits gebauten Kabelanlagen aufgeführt. Die Verstärkerfeldlänge von Glasfaseranlagen ergibt sich in erster Linie aus der optischen Leistung des Senders, den Verlusten in der Faser, den Spleissungen und Steckern sowie der noch detektierbaren Leistung

1 Introduction

Le 4 décembre 1978, l'Entreprise des PTT suisses a posé le premier câble à fibres optiques dans son réseau. Il faisait partie d'une installation d'essai entre les centraux téléphoniques de Mattenhof et de Bollwerk à Berne. Depuis, 15 autres installations de câbles, représentant une longueur de plus de 150 km, ont été réalisées. Le futur est caractérisé par le développement rapide de l'utilisation de tels câbles. Ce sont les propriétés exceptionnelles des fibres optiques qui rendent leur application si intéressante en technique des télécommunications.

Avec l'introduction des fibres optiques, le praticien exerçant son activité dans le domaine de la technique de transmission par fil s'est vu placé devant une tâche nouvelle et intéressante. L'article qui suit renseigne au sujet du montage des câbles à fibres optiques et à celui des expériences faites dans ce domaine.

2 Constitution des installations de câbles à fibres optiques

Dans toutes les installations construites jusqu'ici, on a eu recours à la fibre multimode. A une seule exception près, il s'agit de fibres à gradient d'index (fibres GI). Les câbles posés jusqu'en automne de 1983 sont exploités dans la première fenêtre, donc à des longueurs d'onde de 850 nm et avec des systèmes de transmission à 8 Mbit/s, et nécessitent la mise en place de répéteurs tous les 10 km environ. En plus des installations construites principalement pour le réseau rural, il convient de mentionner ici encore la première installation à fibres optiques réalisée dans le réseau local. Elle a été mise en service pour le projet pilote de «communication à large bande» à Marsens [1].

Depuis l'automne de 1983, on a également recours à des fibres à gradient d'indice dont les caractéristiques sont optimisées pour un fonctionnement dans la deuxième fenêtre, à savoir à une longueur d'onde de 1300 nm. Les produits de qualité supérieure de ces fibres offrent, en plus d'un affaiblissement inférieur, une bande passante plus large et permettent d'utiliser des systèmes de

Tabelle I. Übersicht der verlegten Glasfaserkabelanlagen
Tableau I. Aperçu des installations de câbles à fibres optiques réalisées

Anlage, Strecke Installation, tronçon	Baujahr Année de construction	Länge Longueur (km)	Mittlere Spleissdämp- fung aus Rückstreu- messung Affaiblisse- ment d'épis- sure moyen mesuré par rétrodiffusion (dB)	Strecken- dämpfung zwischen Endstellen (Mittelwert) Affaiblisse- ment moyen de la section entre la terminaisons de câble (dB/km)	Bandbreite — 3 dB optisch Largeur de bande — 3 dB optique (MHz)	Faser Fibres	
						Anzahl Nombre	λ (nm)
Bern/Mtf—Bern/lt TL Lausanne Lausanne—Morges	1982	6,0	0,25	2,90	≥ 170	9	0,85
	1982	3,7	0,25	4,00		8	
	1982	10,2	0,26	3,21	> 135	8	
Aarau—Seon	1982	2,1	0,29	3,38	≥ 376	8	
		3,1	0,29	3,32	≥ 262	8	
		9,2	0,30	3,15	≥ 149	8	
St. Gallen—Herisau Basel—Rheinfelden—Möhlin	1983	8,2	0,25	2,80	≥ 145	9	
	1982/83	9,2	0,26	2,74	≥ 120	8	
		10,4	0,25	2,77	≥ 120	8	
Seon—Boniswil Marsens	1983	4,7	0,28	2,97	≥ 226	8	
		4,1	0,28	3,05	≥ 245	8	
		1,2	0,30	4,2	≥ 430	8	
SBG Zürich Niederurnen—Glarus DEC Genève Bern/lt—TZV	1983	2,4	0,25	2,0	≥ 260	8	1,3
	1984	11,4	0,15	0,68	≥ 290	10	
	1984	1,5	—	0,92	≥ 540	12	
	1984	4,1	0,11	0,83		10	

des optischen Empfängers. Sie ist im weiteren abhängig von der Bandbreite der verwendeten Fasern und richtet sich aus wirtschaftlichen und praktischen Gründen auch nach bereits bestehenden Zentralenstandorten. Zwischenverstärker werden möglichst in Zentralen mit gesicherter Stromversorgung untergebracht.

21 Glasfaserkabel

Die Herstellung von Fasern aus Quarzglas in der heute erreichten Reinheit ist das phantastische Ergebnis jahrzehntelanger Forschung und Entwicklung. Mit der Glasfaser verfügt die leitungsgebundene Nachrichtentechnik über den fast idealen Leiter. Die GI-Faser besteht aus einem Kern mit dem Durchmesser von $50 \pm 3 \mu\text{m}$ und dem Mantelglas mit dem Durchmesser von $125 \pm 3 \mu\text{m}$. Der Kern, in ihm wird das zu übertragende Licht geführt, ist aus einer grossen Zahl Glasschichten von unterschiedlicher Brechzahl geformt. Die Brechzahl der einzelnen Schichten ist so gewählt, dass das Brechzahlprofil einen parabolischen Verlauf aufweist. Auf das Mantelglas der Faser wird unmittelbar nach dem Ziehprozess eine Primärbeschichtung aus Kunststoff aufgebracht. Diese Schicht schützt die Glasoberfläche vor Verunreinigungen und vor Bildung von Mikrorissen, die zum Bruch der Faser führen würden.

Das Verseilen der Fasern zu Glasfaserkabeln hat auch die Kabelhersteller vor grosse Probleme gestellt. In erster Linie müssen die dämpfungsarmen Fasern so geschützt werden, dass durch definierte mechanische Beanspruchung keine zusätzlichen Verluste und Beschädigungen auftreten. Man hat grundsätzlich zwischen festummantelten und losen Fasern zu unterscheiden. Bei der festummantelten Faser wird der Primärbeschichtung noch ein Nylonmantel mit einem Durchmesser von 0,9...1 mm umspritzt. Die «lose» Faser liegt frei, bei der einen Kabelkonstruktion in der Rille eines Trägerelements, bei der andern in einem mit Fett gefüllten Kunst-

transmission à 140 Mbit/s n'exigeant des amplificateurs que tous les 18 km.

Le *tableau I* donne un aperçu des installations de câbles déjà réalisées. La distance entre les amplificateurs dans les installations à fibres optiques est déterminée en premier lieu par la puissance de l'émetteur optique, les pertes dans la fibre, les épissures et les connecteurs ainsi que par l'énergie optique minimale que peut détecter le récepteur. De plus, elles dépendent aussi de la bande passante de la fibre utilisée et l'on tient compte encore, pour des raisons économiques et pratiques, de l'emplacement des centraux existants. Les répéteurs sont logés autant que possible dans des centraux dont l'alimentation en courant est assurée.

21 Câbles à fibres optiques

La fabrication de fibres en quartz d'une pureté telle que celle que l'on atteint aujourd'hui est le résultat fantastique de recherches et de développements qui ont duré plusieurs années. La fibre optique représente le conducteur presque idéal pour la technique des télécommunications par fil. La fibre à gradient d'indice se compose d'un cœur dont le diamètre est de 50 ± 3 micromètres et d'une gaine de verre dont le diamètre est de 125 ± 3 micromètres. Le cœur — dans lequel l'énergie lumineuse est transmise — est constitué d'un grand nombre de couches de verre dont les indices de réfraction sont différents. L'indice de réfraction de chacune des couches est choisi de façon que le profil des indices ait une allure parabolique. Immédiatement après le processus de tirage de la fibre, une couche primaire de protection en matière plastique est appliquée sur la gaine de verre. Cette couche protège la surface du verre contre les impuretés et contre la formation de microfissures qui pourraient conduire à la rupture de la fibre.

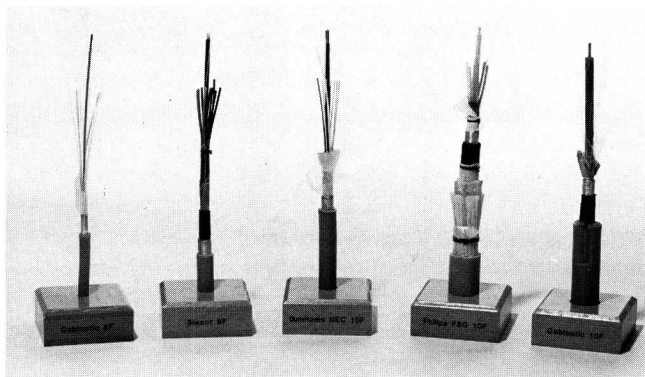


Fig. 1
Verschiedene Arten Glasfaserkabel – Divers types de câbles à fibres optiques

- 1 Cabloptic 1. Generation, 8-Faser – Cabloptic 1^{re} génération, 8 fibres
- 2 Dätwyler/Siecor, 9-Faser – Dätwyler/Siecor, 9 fibres
- 3 NEC/Sumitomo, 10-Faser – NEC/Sumitomo, 10 fibres
- 4 F+G/Philips, 10-Faser – F+G/Philips, 10 fibres
- 5 Cabloptic 2. Generation, 10-Faser – Cabloptic 2^e génération, 10 fibres

stoffröhrchen. Die festummantelte Faser ist sehr praktisch in der Handhabung, was besonders in den Spleissungen von Bedeutung ist, verlangt aber vom Kabelhersteller, dass er die Fasern durch entsprechende Polsterung gut von den im Kabelmantel auftretenden Kräften entkoppelt. Einige der bisher verwendeten Kabelkonstruktionen sind aus *Figur 1* ersichtlich.

Alle gezeigten Kabeltypen enthalten über dem Faserbündel ein Alu-Band als Wasserdampfbarriere. Das Kabel von *Dätwyler/Siecor* ist mit einer Masse gefüllt, jenes von *Felten und Guillaume/Philips* mit einem Quellvlies versehen. Mit Hilfe der beiden Massnahmen sollen das Eindringen und die Ausbreitung von Wasser im Kabel verhindert werden. Einmal in das Kabel oder in die Spleissung eingedrungenes Wasser kann die Glasfasern längerfristig beschädigen.

Die abgebildeten Konstruktionen haben Zugelemente aus Stahldrähten oder aus Kunststoff.

3 Verbinden von Glasfasern

In der leitungsgebundenen Übertragungstechnik müssen einzelne Kabellängen zusammenschaltet werden, damit sich grössere Übertragungsdistanzen überbrücken lassen. Die Anzahl Spleisspunkte ist bei Glasfaser-Kabelanlagen durch den Einsatz von Kabellängen bis zu 2 km kleiner als bei herkömmlichen Kabelanlagen. Während in der Verbindungstechnik von symmetrischen und koaxialen Leitungen Nebensprechprobleme und Impedanzunterschiede im Vordergrund stehen, sind es beim optischen Leiter hauptsächlich die Leistungsverluste an den Verbindungsstellen. Bei der Montage gilt es, diese Verluste durch geeignete Massnahmen so gering wie möglich zu halten.

Man unterscheidet in der Verbindungstechnik zwischen lösbaren und nichtlösbaren Verbindungen. Während eine Steckverbindung lösbar ist, versteht man unter einer Spleissung eine nichtlösbare Verbindung.

31 Glasfaserstecker

Mit Steckern werden in der optischen Übertragungstechnik zwei Glasfasern auf einfache Weise verbunden.

Le toronnage des fibres en câbles a placé les fabricants devant des problèmes difficiles à résoudre. Il s'agit, en premier lieu, de protéger les fibres, dont l'affaiblissement est par nature faible, de telle façon que des contraintes mécaniques définies n'entraînent pas une augmentation des pertes ou une détérioration du conducteur optique. Il faut faire une différence fondamentale entre le gainage serré et le gainage lâche des fibres. Pour le gainage serré, les fibres, avec leur protection primaire, sont encore dotées d'une revêtement de nylon de 0,9...1 mm. Dans l'une des constructions du câble, la fibre «libre» repose dans la rainure d'un porteur central. Dans l'autre structure, cette même fibre est placée dans un petit tube de matière plastique rempli de graisse. La fibre à gainage serré est très pratique à manipuler, ce qui est important pour les épissures. Elle exige cependant de la part du fabricant qu'il découple les contraintes apparaissant entre le manteau du câble et la fibre par un rembourrage approprié. Quelques-unes des constructions de câbles utilisées jusqu'ici sont représentées à la *figure 1*.

Tous les câbles représentés sont munis d'une bande d'aluminium enroulée sur le faisceau de fibres, en tant que barrière contre la vapeur d'eau. Le câble de *Dätwyler/Siecor* est rempli d'une masse, celui de *Felten et Guillaume/Philips* est doté d'une structure de fibres textiles expansées. Ces deux mesures permettent d'éviter la pénétration et la propagation d'eau dans le câble. En effet, de l'eau qui aurait pénétré dans le câble où dans une épissure peut, à longue échéance, détériorer la fibre de verre.

Les constructions de câbles représentées sont toutes équipées d'éléments de tirage en fil d'acier ou en plastique.

3 Connexion des fibres optiques

Dans les installations de télécommunication par fil, il y a lieu de relier entre elles les différentes longueurs de câble, afin qu'il soit possible de couvrir de plus grandes distances. Dans les installations de câbles à fibres optiques, le nombre des épissures est inférieur à celui qu'il s'agirait de réaliser dans les installations de câbles traditionnels, étant donné que l'on peut faire appel, avec les fibres optiques, à des sections de câble dont la longueur peut atteindre 2 km. Les problèmes les plus importants apparaissant lors de l'épissure des câbles à paires symétriques et des câbles coaxiaux touchent le domaine de la diaphonie et des écarts d'impédance. Pour les conducteurs optiques, il s'agit de maîtriser principalement la question des pertes d'énergie aux points de jonction. Il s'agit donc de prendre des mesures, lors du montage, permettant de maintenir ces pertes aussi faibles que possible.

Il y a lieu de distinguer entre les jonctions démontables et les jonctions fixes. Alors qu'une jonction par connecteurs est démontable, une liaison par épissures est fixe.

31 Connecteurs pour fibres optiques

Dans la technique de transmission optique, les connecteurs permettent de relier deux fibres optiques de façon simple. L'affaiblissement des connecteurs doit être réduit et ils doivent permettre de réaliser des jonctions

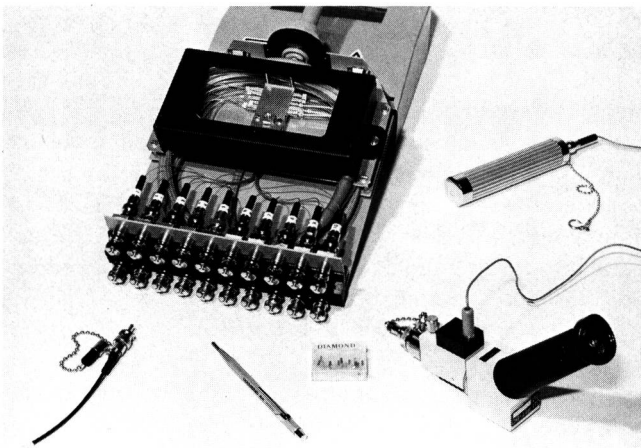


Fig. 2
Offener Kabelverschluss mit GFS-1-Steckern, Spleissung, Inspektionslupe und Reinigungsstift – Terminaison de câble ouverte, avec connecteurs GFS-1, épissure, loupe d'inspection et crayon à pointe nettoyante

Die Stecker sollen dämpfungsarme und gut reproduzierbare Verbindungen ermöglichen. Im Glasfasernetz der Schweizerischen PTT wird der Stecker GFS-1 von Diamond eingesetzt. Er wird beim Hersteller mit einer Faser der gewünschten Länge so präzise montiert, dass die reine Steckerdämpfung $\leq 0,5$ dB ist. Auf der Anlage wird dann lediglich noch das freie Faserende mit der Faser des Kabels zusammengespleisst. Die Qualität der Steckverbindung [2] ist im wesentlichen durch die optischen und die geometrischen Eigenschaften von Fasern und Steckern gegeben. Sie hängt zudem von der axialen Ausrichtung, dem Abstand der Koppelflächen und in ganz besonderem Masse von der Sauberkeit der Steckverbindung ab. Die Verschmutzung der Koppelflächen bot anfänglich einige Schwierigkeiten. Inzwischen wurden einfache Reinigungs- und Kontrollapparate verfügbar, mit denen sich auch in Geräten eingebaute Stecker leicht reinigen lassen (Fig. 2).

32 Spleissen

Glasfasern sollen möglichst verlustarm gespleisst werden. Das lässt sich aus der Forderung nach immer grösseren Verstärkerabständen ableiten. Man hat bei GI-Fasern mit mittleren Spleissdämpfungen von $< 0,3$ dB zu rechnen. Diese Dämpfung entspricht etwa den Verlusten einer 100 m langen Faser bei 850 nm und von 400 m bei einer Faser des zweiten Fensters. Dies zeigt deutlich, dass sich zum Erreichen minimaler Spleissdämpfungen ein gewisser Aufwand schon rechtfertigt. Bisher wurden nur Einzelfaserspleissungen ausgeführt. Die Mehrfaserspleissung, also das gleichzeitige Spleissen von mehreren Fasern, z. B. der zehn Fasern eines Bündels, ist erst bei Kabeln mit einer grösseren Faserzahl vorgesehen.

Beim Spleissen wird die thermische Methode angewandt. Mit den beiden bisher eingesetzten Verfahren konnten, was die Spleissverluste betrifft, keine wesentlichen Unterschiede festgestellt werden. Beim einen Verfahren werden die Faserenden mit Hilfe einer Gasflamme (Fig. 3), beim andern mit einem Lichtbogen verschweisst (Fig. 4).

bien reproductibles. Dans son réseau de câbles à fibres optiques, l'Entreprise des PTT suisses utilise des connecteurs GFS-1 de la maison *Diamond*. Ce connecteur est équipé par le fournisseur d'une amorce de fibre avec une précision telle que l'affaiblissement du connecteur seul est inférieur ou égal à 0,5 dB. Dans l'installation, il suffit ensuite de relier simplement l'extrémité libre de la fibre du connecteur avec la fibre du câble. La qualité d'une jonction par connecteurs [2] dépend principalement des propriétés optiques et géométriques des fibres et des connecteurs. De plus, elle est fonction de l'alignement des fibres, de la distance entre les surfaces de couplage et, d'une façon particulière, de la propreté des connecteurs. Au début, la présence d'impuretés sur les surfaces de couplage entraînait quelques difficultés. Depuis lors, des appareils de nettoyage et de contrôle simples sont disponibles qui permettent de nettoyer facilement tous les dispositifs de jonction démontables, y compris les connecteurs montés dans les équipements (fig. 2).

32 Epissage

Il y a lieu de réaliser des épissures de fibres optiques dont l'affaiblissement soit aussi réduit que possible. Cette exigence découle du fait que l'on cherche à obtenir des sections d'amplification toujours plus longues. Avec les fibres à gradient d'indice, l'affaiblissement provoqué par une épissure est en moyenne inférieur à 0,3 dB. Cet affaiblissement correspond environ aux pertes engendrées par 100 m de fibre à 850 nm et à 400 m pour une fibre de la deuxième fenêtre. Cela montre, on ne peut mieux, qu'il est judicieux de mettre en œuvre des moyens importants pour la réalisation d'épissures offrant un affaiblissement minimal. Jusqu'ici, on a réalisé uniquement l'épissage de fibres isolées. La jonction simultanée de plusieurs fibres, par exemple des dix fibres d'un faisceau, n'est prévue que pour les câbles comprenant un nombre plus important de fibres.

Pour l'épissage, on utilise la méthode thermique. En ce qui concerne les pertes dans les épissures, les deux procédés auxquels on a fait appel jusqu'ici n'ont pas permis de déceler des différences importantes. Avec l'une des méthodes, les extrémités des fibres sont soudées à l'aide d'une flamme à gaz (fig. 3) alors que dans l'autre

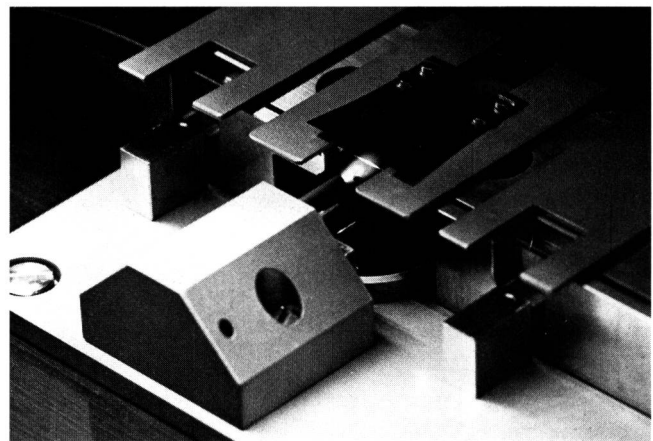


Fig. 3
Schweissen mit Hilfe der Gasflamme – Soudage à l'aide d'une flamme de gaz

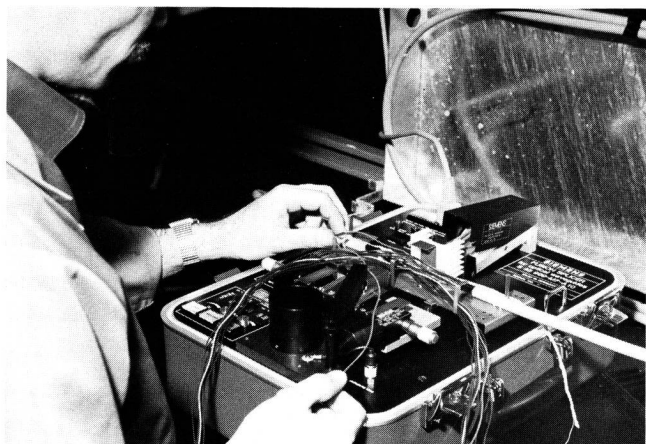


Fig. 4
Spleissvorbereitungen mit Lichtbogenschweisgerät – Préparation pour le soudage à l'arc électrique

Die Verluste in der Spleissung sind abhängig von den geometrischen und den optischen Eigenschaften der Fasern, der Schweisstemperatur und der Schweissdauer und zu einem ganz beträchtlichen Masse von der handwerklichen Ausführung. Der Spleisser hat auf grösste Sorgfalt und Sauberkeit bei der Faservorbereitung, beim Herstellen der Bruchflächen und beim Ausrichten der Fasern vor dem Auslösen des Schweissvorganges zu achten.

Nach dem Verschweissen wird der einzelne Faserspleiss in einer Hülse oder einem Röhrchen vor mechanischer Beanspruchung geschützt. Die Schweissstelle wird im Spleisschutz in einer aushärtenden Masse eingebettet. Als sehr praktisch hat sich das schrumpfbares Schutzröhrchen erwiesen.

Die Spleissung eines Glasfaserkabels wird in einer Kunststoffmuffe untergebracht. In der Muffe befinden sich die zum Spleissen notwendige Faserreserve sowie die Schutzhülsen oder -röhrchen der Faserschweisstellen. Die Arbeits- und die Spleissreserve müssen in der Spleissung so angeordnet sein, dass die Faser und vor allem die Schweissstelle keinerlei Druck, Zug oder Torsionsspannungen ausgesetzt sind. *Figur 5* zeigt die bisher eingesetzten Spleissmuffen. Für die festummantelte Faser des 1. Fensters wurde eine runde Kassette verwendet, während für das Spleissen der losen, in einem Röhrchen liegenden Faser die in der Bildmitte zu erkennende Methode angewandt wurde.

Damit bei längerwelligem Licht keine zusätzlichen Verluste auftreten, wurde der Biegeradius der Fasern vergrössert. Dies hatte zur Folge, dass eine etwas grössere Spleissmuffe gewählt werden musste. In der im unteren Teil des Bildes liegenden Kunststoffmuffe konnten die Spleissungen aller Kabelkonstruktionen untergebracht werden.

Man erreichte dadurch eine Vereinheitlichung beim Einsatz der Muffen. Es können in der Muffe 40 Einzelfasern gespleisst werden. Eine wesentlich höhere Zahl Fasern lässt sich in der Muffe unterbringen, wenn Kabelkonstruktionen mit Bündelfasern, z. B. bis zu zehn Fasern in einem Röhrchen, benötigt werden. Die Kunststoffmuffen zeichnen sich durch eine einfache, rasche und sichere Montage aus. Die Bohrungen für die Kabeleinfüh-

procédé on a recours au soudage par l'arc électrique (*fig. 4*).

Les pertes engendrées par l'épissure dépendent des propriétés géométriques et optiques de la fibre, de la température et de la durée du soudage et, dans une grande mesure, de la dextérité apportée à l'exécution. L'épisseur doit travailler avec le plus grand soin et dans des conditions de propreté maximales lors de la préparation des fibres, de la confection des surfaces de jonction et lors de l'alignement des conducteurs optiques avant le déclenchement du processus de soudage.

Après le soudage, chaque point d'épissure est recouvert d'une douille ou d'un petit tube, en tant que protection contre les contraintes mécaniques. Le point de soudage et sa protection primaire sont ensuite plongés dans une masse durcissante. Les tubes de protection autorétractiles se sont révélés très pratiques.

L'épissure d'un câble à fibres optiques est logée dans un manchon en matière plastique. La réserve de fibres nécessaire à l'épissure ainsi que les douilles ou tubes de protection des points de jonction se trouvent également dans le manchon. Les réserves de fibres pour le travail et l'épissage doivent être disposées dans le manchon de telle façon que les fibres et, en premier lieu, les points de jonction ne soient soumis à aucune force de pression, de traction ou de torsion. La *figure 5* montre le genre de manchon d'épissure utilisé jusqu'ici. Pour les fibres de la première fenêtre à gainage serré, on a fait appel à une cassette ronde, alors que pour les épissures des fibres à gainage lâche, placées dans un tube de protection, on a eu recours à la méthode reconnaissable au centre de la figure.

Afin que des pertes supplémentaires n'apparaissent pas avec la lumière de longueur d'onde supérieure, on a augmenté le rayon de courbure des fibres. Il a donc fallu choisir un manchon d'épissure un peu plus gros. Le manchon en matière plastique représenté dans la partie

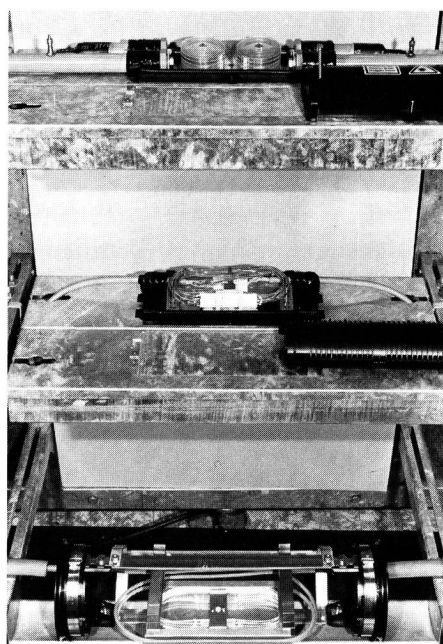


Fig. 5
Glasfaserspleissungen – Epissures de fibres optiques



Fig. 6
Aufnahme während eines Ausbildungskurses – Vue prise pendant un cours d'instruction

rungen sind zum Teil bereits vorhanden, oder sie müssen dem Kabeldurchmesser entsprechend ausgeführt werden. Die Kabeleinführungen sowie die Muffenschalen bzw. der Muffenmantel werden mit plastisch bleibenden Dichtungsbändern oder -schnüren abgedichtet. Der Muffenkörper wird mit Schrauben, Stahlbändern oder Keilschienen zusammengehalten. Die Wasserdichtigkeit der Muffe ist gewährleistet. Trotz der unvermeidlichen Wasserdampfdiffusion bleibt die Feuchtigkeit in der Muffe dank des mitverpackten Trocknungsmittels auch nach mehreren Jahrzehnten noch weit unterhalb der kritischen Werte.

4 Ausbildungskurse

Kabelanlagen werden vom Personal der PTT-Betriebe geplant, projektiert, gebaut und unterhalten. Es ist besonders im Störfall wichtig, dass die Fachleute aus den Bauabteilungen der Fernmeldekreisdirektionen mit den Eigenschaften der Kabelanlagen vertraut sind. Nur dadurch ist die raschmögliche Behebung von allfälligen Betriebsstörungen sichergestellt.

Bereits frühzeitig wurde erkannt, dass die Glasfaser sehr bald ihren festen Platz beim Bau von neuen Kabelanlagen einnehmen werde. Man hat sich daher entschlossen, das zum Bau einer Anlage notwendige Personal aus der jeweiligen Fernmeldekreisdirektion zu rekrutieren und es vor den Montagearbeiten im Felde in einem zentralen Kurs in die neue Technik einzuführen. Die Ausbildungskurse dauern zwei Wochen und verfolgen den Zweck, die Teilnehmer theoretisch und praktisch in der Behandlung von Fasern und Kabeln, in der Handhabung der Werkzeuge und Geräte sowie in der Spleiss- und Messtechnik auszubilden (Fig. 6). Mit vielen Spleissversuchen wird angestrebt, gut reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten und eine möglichst grosse Sicherheit in die Arbeitsabläufe zu bringen.

Die Vorbereitung der Handwerker auf die neue Aufgabe hat sich gut bewährt; sie hat bisher wesentlich zu einem fast reibungslosen Ablauf der Montagearbeiten beigetragen. Denn nur der routinierte Handwerker ist in der Lage, auch unter ungünstigen Arbeitsbedingungen, etwa in Plattenschächten mit wenig Licht, mit Staub, bei Kälte, Hitze, hoher Luftfeuchtigkeit, Zugluft usw., gute Spleissungen anzufertigen.

inférieure de la figure permet de loger les différentes épissures de tous les types de câbles.

On a obtenu ainsi une unification des manchons. Ceux-ci permettent, par exemple, de loger jusqu'à 40 épissures de fibres isolées. Le manchon peut contenir un nombre nettement plus élevé de fibres si l'on utilise des câbles à faisceaux de fibres comprenant, par exemple, jusqu'à 10 fibres dans un tube. Les manchons en matière plastique permettent un montage simple, rapide et sûr. Les percements pour l'introduction des câbles existent déjà en partie ou alors ils doivent être exécutés conformément au diamètre des câbles utilisés. Les ouvertures d'introduction des câbles, les interstices entre les demi-coquilles ou dans le manteau du manchon sont rendus étanches à l'aide de bandes ou de cordons d'étanchéité. Les parties formant le corps du manchon sont fixées à l'aide de vis, de bandes d'acier ou de glissières coniques. L'étanchéité à l'eau du manchon est ainsi garantie. Malgré la diffusion inévitable de vapeur d'eau, l'humidité à l'intérieur du manchon reste loin en dessous des valeurs critiques, même après des décennies, grâce à la mise en place d'un dessicatif lors du montage de l'épissure.

4 Cours de formation

Les installations de câbles sont planifiées, projetées, construites et entretenues par du personnel de l'Entreprise des PTT. Il est donc particulièrement important, en cas de dérangement, que les spécialistes des divisions de construction des directions d'arrondissement des télécommunications connaissent parfaitement les propriétés des installations de câbles. C'est à cette condition seulement que la suppression de dérangements d'exploitation éventuels est assurée.

On s'est rendu compte très tôt déjà que les fibres optiques prendraient rapidement une place de plus en plus importante dans la construction des nouvelles installations de câbles. C'est pourquoi on a décidé de recruter le personnel nécessaire à la construction de ces installations au sein des directions d'arrondissement des télécommunications concernées et de le faire participer à un cours d'introduction dans cette nouvelle technique, avant qu'il soit appelé à exécuter les travaux de montage en campagne. Les cours d'instruction durent deux semaines. Ils ont pour objectif de former les participants, tant sur le plan de la théorie que sur celui de la pratique, en ce qui concerne la manipulation des fibres et des câbles, l'utilisation de l'outillage et des appareils et la technique d'épissage et de mesure (fig. 6). En donnant l'occasion aux participants de réaliser un grand nombre d'épissures, on cherche à obtenir des résultats bien reproductibles et une sécurité aussi grande que possible en ce qui concerne le déroulement des travaux.

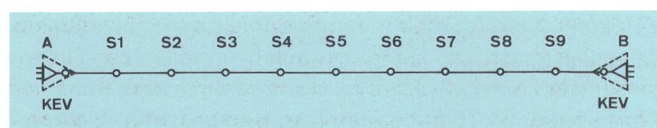


Fig. 7
Beispiel eines Anlageaufbaues – Exemple de structure d'une installation

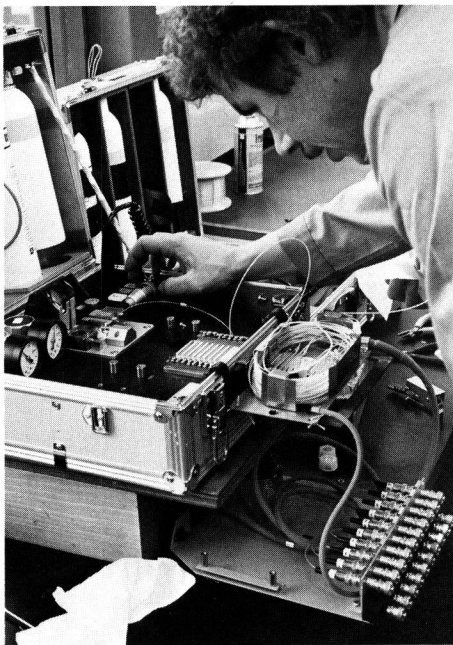


Fig. 8
Einschalten des Kabelendverschlusses – Montage d'une terminaison de câble

5 Montage der Glasfaser-Kabelanlage

Mit dem Zusammenspleissen der einzelnen Kabellängen wird begonnen, sobald die Kabelzuggruppe der Bauabteilung alle Längen eines Verstärkerfeldes in die Kanäle oder Rohranlagen eingezogen hat. *Figur 7* zeigt das Beispiel einer Anlage mit neun Spleissungen (S1...S9) und zwei Kabelendverschlüssen (KEV).

Die Montage beginnt mit dem Anschliessen des Kabelendverschlusses in einer der Endstellen (Zentrale). Durch dieses Vorgehen werden definierte Einkopplungspunkte hergestellt, die für die umfangreichen Messungen zweckmässig sind. Bei dieser Arbeit wird die Verbindung zwischen den Glasfasersteckern mit Faserende und den Fasern des Kabels hergestellt (*Fig. 8 und 9*).

Während des Spleissens der Glasfasern ist es nicht möglich, die Qualität der Spleissverbindung nur visuell zu beurteilen. Deshalb werden bei den Spleissarbeiten die entstandenen Verluste in den Spleissungen vom Messingenieur mit der Rückstreulichtmethode direkt ermittelt.

Die Rückstreumessgeräte arbeiten wie ein Impulsreflektometer, wobei die Lichtstreuung im Kern der Faser zur Beurteilung der Übertragungseigenschaften der Glasfaser herangezogen wird. Durch diese Messung erhält man Angaben über Verluste entlang der Glasfaser und Informationen über punktförmige Störstellen wie Spleissdämpfungen, Inhomogenitäten der Fasern und Faserbrüche (*Fig. 11*). Um eine optimale Beurteilung der Grösse der Spleissdämpfung zu machen, muss die Rückstreulichtmessung in beiden Übertragungsrichtungen durchgeführt werden.

Nach der Montage des Kabelendverschlusses, z. B. in A (*Fig. 7*), werden mit zwei Montagegruppen die Spleissungen S1 und S2 erstellt (*Fig. 10*). Die Qualität der Spleisse wird von S3 und dem Kabelendverschluss in A aus ermittelt.

La préparation des artisans à leur nouvelle tâche a fait ses preuves; elle a contribué jusqu'ici à un déroulement presque sans accroc des travaux de montage. En effet, seuls les artisans ayant acquis une certaine routine sont capables d'effectuer des épissures de bonne qualité dans des conditions de travail défavorables tel que c'est le cas dans les chambres à plateaux, peu éclairées, empoussiérées, exposées au froid ou à la chaleur, aux courants d'air, voire à une humidité de l'air élevée.

5 Montage des installations de câbles à fibres optiques

Dès que le groupe de tirage des câbles de la division de construction a terminé le tirage dans les tuyaux ou les canaux de toutes les longueurs d'une section d'amplification, on peut commencer avec l'épissure des différentes sections de câbles isolés. La *figure 7* illustre l'exemple d'une installation comprenant 9 épissures (S1...S9) et 2 terminaisons de câbles (KEV).

Le montage commence par le raccordement d'une terminaison de câbles à l'une des extrémités de l'installation (central). Ce procédé permet d'établir des points de couplage définis, nécessaires pour les nombreuses mesures qui devront être réalisées par la suite. Lors de ces travaux, on établit la liaison entre les connecteurs de fibres optiques et leur amorce et les différentes fibres du câble (*fig. 8 et 9*).

Au cours de l'épissure des fibres optiques, il n'est pas possible d'apprécier la qualité de la jonction uniquement par des moyens visuels. C'est pourquoi les pertes dans les épissures sont déterminées directement par l'ingénieur de mesure, à l'aide de la méthode de rétrodiffusion.

Les appareils de mesure de rétrodiffusion travaillent comme un réflectomètre à impulsions, la dispersion de lumière dans le cœur de la fibre étant utilisée pour l'appréciation des propriétés de transmission de cette dernière. Cette mesure permet d'obtenir des informations concernant des perturbations ponctuelles éventuelles, telles que les affaiblissement d'épissure, les inhomogénéités des fibres et les ruptures de fibres (*fig. 11*). Afin qu'il soit possible d'apprécier de façon optimale la gran-

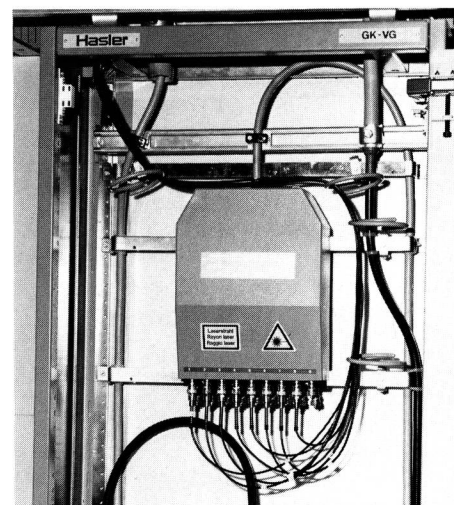


Fig. 9
Kabelendverschluss in Glasfaserverteilergerüst – Terminaison de câble dans un bâti de répartition pour câbles à fibres optiques



Fig. 10
Spleissarbeiten im Felde – Travaux d'épissure en campagne

Weil die Glasfaserkabel keine metallischen Leiter enthalten, wird eine Glasfasergegensprechstation – durch die Hauptabteilung Forschung und Entwicklung der Generaldirektion der PTT-Betriebe entwickelt – eingesetzt. Nur so kann zwischen den Mess- und den Spleisspunkten eine gute Sprechverbindung gewährleistet werden. Der Messingenieur teilt den Fernmeldespezialisten in S 2 und S 1 mit, ob die Qualität der Spleissungen den Anforderungen entspricht. Ungenügende Spleissverbindungen werden sofort neu gefertigt. Die Erfolgsquote der Spleissverbindungen beträgt im Durchschnitt 70 %, d. h. dass zum Zusammenspleissen von acht Fasern zwölf Spleissverbindungen erstellt, also vier Verbindungen nochmals gefertigt werden müssen.

Der Zeitaufwand, um ein Kabel mit zehn Glasfasern zu spleissen, beträgt einschliesslich Vorbereitungs- und Abschlussarbeiten sowie Messungen etwa 2 Tage.

Nach Abschluss der Arbeiten an jeder Spleissung werden die Fasern mit dem Dämpfungsmessplatz geprüft, um festzustellen, ob in den Spleisspunkten keine Fasern verwechselt wurden.

Anschliessend werden die zwei nächsten Spleissungen, in diesem Beispiel S 3 und S 4, gefertigt. Die Kontrollmessung geschieht von S 5 und dem Kabelendverschluss in A aus. Wenn die Anlage bis in die Mitte eines Verstärkerfeldes gespleisst ist, wird die Montage von der andern Endstelle aus in Richtung Mitte des Verstärkerfeldes fortgesetzt. Diese Massnahme ist bei grossen Verstärkerfeldabständen notwendig, weil der beschränkte Dynamikbereich der Rückstremessgeräte eine zuverlässige Beurteilung der Spleissdämpfung von einer gewissen Länge der Anlage an nicht mehr ermöglicht. Die Anlage wird dann mit den Spleissungen S 8 und S 9 weiter montiert. Die Messungen werden von S 7 und dem Kabelendverschluss B aus durchgeführt. *Figur 11* zeigt die Rückstrekurve einer Messung mit mehreren Spleisspunkten. Ist die Anlage von B aus bis in die Mitte des Verstärkerfeldes gespleisst, wird als letzte Spleissung jene in der Mitte des Verstärkerfeldes erstellt.

Montagemessungen im Felde

Um die erforderlichen Messungen im Felde durchführen zu können, bedarf es besonderer Fahrzeuge. Diese VW-

deur de l'affaiblissements des épissures, il est nécessaire d'effectuer la mesure par rétrodiffusion dans les deux sens de transmission.

Une fois le montage de la terminaison de câble effectué, par exemple en A (fig. 7), les épissures S 1 et S 2 sont réalisées par deux groupes de montage (fig. 10). La qualité des épissures est déterminée à partir de la terminaison de câbles A et de l'épissure S 3.

Etant donné que les câbles à fibres optiques ne contiennent aucun conducteur métallique, on utilise un dispositif d'intercommunication sur fibres optiques, développé par la division principale des recherches et du développement de la direction générale de l'Entreprise des PTT. Ce n'est qu'à l'aide de cet appareil que l'on peut établir une bonne liaison de conversation entre les points de mesure et les points d'épissure. L'ingénieur de mesure communique aux spécialistes des télécommunications présents aux points d'épissure S 2 et S 1 si la qualité des épissures répond aux exigences. Les jonctions dont la qualité est insuffisante sont refaites immédiatement. Le taux de succès est en moyenne de 70 %, c'est-à-dire que pour épisser 8 fibres il est nécessaire de réaliser 12 jonctions, ce qui signifie en d'autres termes que 4 jonctions doivent être répétées.

Le temps nécessaire pour épisser un câble à 10 fibres optiques est d'environ 2 jours, y compris les travaux de préparation, d'achèvement et de mesure.

Une fois les travaux terminés à chaque épissure, les fibres sont contrôlées à l'aide de la place de mesure d'affaiblissement, afin qu'il soit possible de déterminer si aucune fibre n'a été croisée dans l'un ou l'autre des points d'épissure.

On passe ensuite à l'exécution des 2 épissures suivantes à savoir, dans l'exemple cité, S 3 et S 4. La mesure de contrôle a lieu alors depuis l'épissure S 5 et depuis la terminaison de câble A. Lorsque les épissures d'une installation de câbles sont réalisées jusqu'au milieu de la section d'amplification, on continue le montage depuis l'autre extrémité, en direction du milieu de la section. Cette mesure est nécessaire lorsque la distance entre amplificateur est élevée, vu que la dynamique limitée des appareils de mesure de rétrodiffusion ne permet plus, à partir d'une certaine longueur de l'installation,

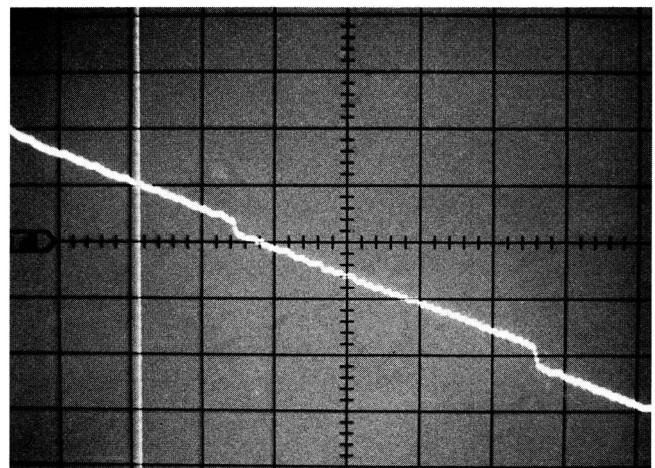


Fig. 11
Rückstrekurve mit verschiedenen Spleisspunkten – Courbe de rétrodiffusion avec plusieurs points d'épissure

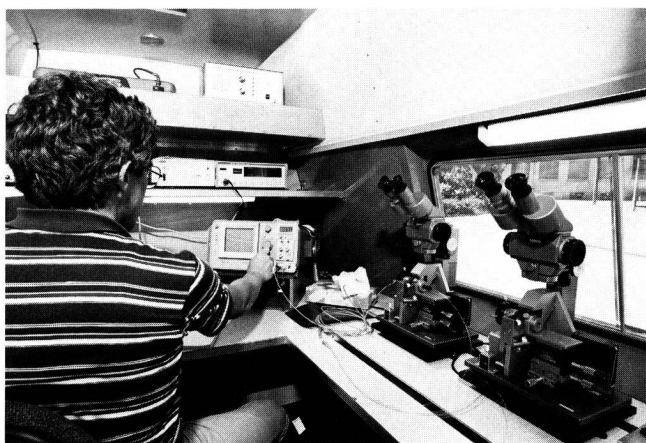


Fig. 12
Montagemessungen im Messwagen – Mesures dans le fourgon de mesure

Kastenwagen sind den Bedürfnissen der Glasfasermontage entsprechend ausgerüstet: zweckmässiger Arbeitsplatz für die Kontrollmessungen, autonome Stromversorgung, Mikroskop, Glasfasergegensprechstation, Funk, Natel, das nötige Material, um einen geöffneten Schacht vorschriftsgemäss zu signalisieren, verschiedene Werkzeuge zum Vorbereiten des Messendes eines Glasfaserkabels. Zudem besteht die Möglichkeit, das zu messende Glasfaserkabel direkt durch eine besondere Öffnung auf den Messplatz ins Wageninnere zu führen (Fig. 12).

Schlusskontrollmessungen

Nach Abschluss der Spleissarbeiten wird auf der fertig montierten Anlage eine Schlusskontrollmessung durchgeführt. Dabei wird von jeder Faser die Rückstreuurve mit dem Rückstreulichtmessplatz und einem Koordinatenschreiber protokolliert. So lassen sich später allfällig auftretende Veränderungen an den Glasfasern oder den Spleissungen feststellen.

Im weitem wird eine Dämpfungsmessung über das gesamte Verstärkerfeld vorgenommen. Bei dieser Messung wird ein optischer Sender über einen Faservorspann von etwa 1000 m an einen der Kabelendverschlüsse angeschlossen. Auf der andern Seite der Anlage wird ein geeichter optischer Empfänger angeschlossen. Mit dieser Messung wird die gesamte Dämpfung einer Faser eines Verstärkerfeldes ermittelt. Sie setzt sich aus den Verlusten in den Steckern, den Kabeldämpfungen und der Summe der Spleissdämpfungen zusammen. Die Dämpfung wird zwischen den Kabelendverschlüssen zehnmal gemessen, da durch die Reproduzierbarkeit der Steckverbindungen gewisse Streuungen entstehen können.

Auswertung der Montagemessungen

Von den Montagemessungen werden die Rückstreu-dämpfungen der Spleissungen und die Dämpfungsmessungen der gesamten Kabelanlage ausgewertet.

Auswertung der Rückstremessungen

Von allen Fasern wird die mittlere Spleissdämpfung aus den Rückstremessungen nach folgender Formel ermittelt:

une appréciation fiable de l'affaiblissement d'épissure. Le montage de l'installation se poursuit donc avec les épissures S 8 et S 9. Les mesures sont ensuite exécutées depuis l'épissure S 7 et depuis la terminaison de câble B. La figure 11 montre la courbe de rétrodiffusion d'une mesure avec plusieurs points d'épissure. Lorsque l'installation est épissée depuis la terminaison de câbles B jusqu'au milieu de la section d'amplification, on réalise la dernière épissure au milieu de cette section.

Mesures au cours du montage en campagne

Pour effectuer les mesures nécessaires en campagne, on a besoin d'un véhicule particulier. Ces fourgons VW sont équipés en fonction des besoins dans le domaine du montage des fibres optiques: les spécialistes disposent ainsi d'une place de travail rationnelle dotée, entre autres choses, d'une alimentation en courant autonome, d'un dispositif d'intercommunication sur fibres optiques, d'un équipement de radiocommunication, d'un raccordement téléphonique au Natel, du matériel nécessaire pour signaler une chambre à câbles ouverte ainsi que de l'outillage pour la préparation de la terminaison de mesures d'un câble à fibres optiques. De plus, il est possible d'introduire l'extrémité du câble à fibres optiques à mesurer directement dans le fourgon de mesure, jusqu'à la place de mesure, grâce à une ouverture prévue à cet effet (fig. 12).

Mesures de contrôle final

Une fois que les travaux d'épissure sont terminés, on effectue une mesure de contrôle final de l'ensemble de l'installation montée. A cette occasion, on enregistre, à l'aide d'une imprimante à coordonnées connectée à la place de mesure de rétrodiffusion, la courbe de rétrodiffusion de chaque fibre. Il est ainsi possible de se rendre compte plus tard de modifications éventuelles qui pourraient apparaître sur les fibres optiques ou dans les épissures.

De plus, une mesure d'affaiblissement portant sur l'ensemble de la section d'amplification est exécutée. Pour se faire, on connecte un émetteur optique à l'une des terminaisons de câbles par l'intermédiaire d'une amorce de fibres d'environ 1000 m de longueur. Un récepteur optique étaloné est raccordé à l'autre extrémité de l'installation. Cette mesure permet de déterminer l'affaiblissement global d'une fibre pour une section d'amplification. Celui-ci se compose des pertes dans les connecteurs, de l'affaiblissement du câble et de la somme des affaiblissements d'épissure. L'affaiblissement entre les terminaisons de câbles est mesuré 10 fois, vu qu'étant donné la reproductibilité des connections démontables il faut s'attendre à une certaine dispersion des résultats.

Interprétation des mesures effectuées en cours de montage

Parmi les différentes mesures exécutées en cours de montage, seuls les affaiblissements de rétrodiffusion des épissures et les mesures d'affaiblissement de l'ensemble de l'installation de câbles font l'objet d'une interprétation.

Interprétation des mesures de rétrodiffusion

Un affaiblissement moyen d'épissure pour toutes les fibres est calculé sur la base des mesures de rétrodiffusion et en s'aidant de la formule suivante:

$$Asr = \left[\sum_i \left(\frac{Asr_{Ai} + Asr_{Bi}}{2} \right) \right] / n$$

Asr = mittlere Rückstreuungsdämpfung aller Fasern

Asr_{Ai} = Rückstreuungsdämpfung von Seite A des i-ten Spleisses

Asr_{Bi} = Rückstreuungsdämpfung von Seite B des i-ten Spleisses

n = Anzahl Faserspleisse

Auswertung der Dämpfungsmessungen

Aus der Messwertreihe der Dämpfungsmessungen wird die mittlere Dämpfung jeder Faser berechnet und auf den kilometrischen Wert umgerechnet. Tabelle I enthält die Messresultate der bereits gebauten Kabelanlagen.

Abnahmemessungen

Nach Beendigung der Montagearbeiten werden auf der gesamten Anlage von der Hauptabteilung Forschung und Entwicklung PTT (V) Abnahmemessungen durchgeführt. Diese dienen speziellen Untersuchungen und besonders dem Erfassen der Bandbreite der Glasfasern. Die in der Tabelle auf Seite 20 aufgeführten Werte für die Bandbreite wurden den Abnahmeberichten von V entnommen.

6 Schlussbemerkungen

Die Glasfasertechnik hat sich in der verhältnismässig kurzen Einführungsphase von fünf Jahren stark gewandelt. Das stürmische Entwicklungstempo war deutlich daran erkennbar, dass wohl Kabel mit GI-Fasern im 2. optischen Fenster erhältlich waren, die Auslieferung der entsprechenden, im Felde einsetzbaren Messgeräte aber erst mit einiger zeitlicher Verzögerung einsetzte. Ein weiterer grosser Schritt in der Glasfasertechnik steht mit der Einführung der Monomodefaser im Fernnetz unmittelbar bevor. Dieser Fasertyp wird bei Verstärkerfeldlängen von 30 km die Anwendung von 565-Mbit/s-Systemen ermöglichen.

Die bisher erreichten Montageergebnisse entsprechen den Erwartungen; sie sagen aber über das Langzeitverhalten der Kabelanlagen noch wenig aus. Mit dem Bau der Glasfaser-Kabelanlagen konnten in den Bereichen Kabeleinzug, Personalausbildung, Montage- und Messtechnik wertvolle Erfahrungen gesammelt werden. Die am Bau von Glasfaser-Kabelanlagen beteiligten Fachleute haben sich der neuen Aufgabe in kurzer Zeit angepasst.

Durch den vermehrten Einsatz von Glasfasern im Fernmeldenetz wird sich die Montagetechnik noch wandeln müssen. Neue Spleisstechniken, Materialien, im Feld montierbare Stecker und neue Geräte werden dazu verhelfen, Glasfaser-Kabelanlagen noch wirtschaftlicher und betriebssicherer zu bauen.

Bibliographie

- [1] *Bütikofer J.-F. und Stettler U.* Pilotanlage Breitbandkommunikation in Marsens FR. Techn. Mitt. PTT, Bern 61 (1983) 12, S. 414.
- [2] *Novak R.* Optische Stecker. Techn. Mitt. PTT, Bern 60 (1982) 4, S. 178.

$$Asr = \left[\sum_i \left(\frac{Asr_{Ai} + Asr_{Bi}}{2} \right) \right] / n$$

Asr = affaiblissement moyen de rétrodiffusion pour toutes les fibres

Asr_{Ai} = affaiblissement de rétrodiffusion à partir de l'extrémité A de l'épissure i

Asr_{Bi} = affaiblissement de rétrodiffusion à partir de l'extrémité B de l'épissure i

n = nombre d'épissures de fibres

Interprétation des mesures d'affaiblissement

En se fondant sur la série de mesures d'affaiblissement, on détermine l'affaiblissement moyen pour chaque fibre optique et on le calcule pour une distance de 1 km. Le tableau I contient les résultats de mesure concernant les installations de câbles déjà construites.

Mesures de recette

A la fin des travaux de montage, la division principale des recherches et du développement des PTT (V) procède à des mesures de recette. Elles permettent de faire des examens particuliers et, entre autres choses, de déterminer la bande passante des fibres optiques. Les valeurs de la bande passante portées dans le tableau I ont été tirées des rapports de recette de la division principale des recherches et du développement.

6 Conclusions

La technique des fibres optiques s'est profondément modifiée au cours de sa période d'introduction relativement courte de 5 ans environ. On a pu se rendre compte du rythme de développement effréné par le fait que des câbles à fibres optiques à gradient d'indice travaillant dans la deuxième fenêtre optique pouvaient être obtenus sur le marché alors que la livraison des appareils de mesure correspondants utilisables en campagne ne fut possible qu'avec un certain retard. Un autre grand progrès dans la technique des fibres optiques réside dans l'introduction prochaine des fibres monomodes dans le réseau interurbain de télécommunication. Ce type de fibres permettra l'utilisation de systèmes à 565 Mbit/s dans des installations de câbles dont la longueur des sections d'amplification sera de 30 km.

Les résultats obtenus dans les travaux de montage correspondent aux pronostics; ils donnent cependant encore peu de renseignements quant au comportement des installations de câbles à long terme. La construction d'installations de câbles à fibres optiques a permis de faire des expériences précieuses dans les domaines du tirage des câbles, de la formation du personnel et de la technique de montage et de mesure. Les spécialistes ayant participé à la construction des installations de câbles à fibres optiques se sont adaptés rapidement à leur nouvelle tâche.

L'utilisation accrue de fibres optiques dans le réseau des télécommunications entraînera encore une évolution de la technique de montage. Des nouveautés dans le domaine des méthodes d'épissage, dans celui des matériaux, l'apparition de connecteurs pouvant être montés en campagne ou celle de nouveaux appareils permettront de construire les installations de câbles à fibres optiques de manière encore plus économique et plus sûre.