

# Brandfaserkabel : Stand der Technik und Pilotprojekte der Telecom PTT

Autor(en): **Aeschbacher, Rudolf / Staub, Thomas**

Objektyp: **Article**

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 (Jahr): **72 (1994)**

Heft 4

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-874704>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Bandfaserkabel — Stand der Technik und Pilotprojekte der Telecom PTT

Rudolf AESCHBACHER und Thomas STAUB, Bern

## 1 Einleitung

### 11 Einführung der Glasfasertechnik in der Schweiz

Die Glasfasertechnik wurde in der Schweiz erstmals 1978 in einem Pilotprojekt in Bern [1] erprobt. Seither werden Glasfaserkabel von der Telecom PTT in zunehmendem Masse eingesetzt. Typische Einsatzgebiete sind die Fern- und Regionalnetze. Im Teilnehmernetz wurden Glasfasern bisher nur dort eingesetzt, wo besonders hohe Übertragungsraten gefordert sind, beispielsweise bei Grosskunden aus dem Dienstleistungssektor (Banken usw.).

Die ersten Übertragungsstrecken wurden bis im Herbst 1983 mit Gradientenindex-Fasern gebaut und im ersten optischen Fenster bei einer Wellenlänge von 850 nm mit 8-Mbit/s-Systemen betrieben. Danach ging man zur nächsten Multimode-Fasergeneration über, die, für eine Wellenlänge von 1300 nm optimiert, über eine geringere Dämpfung und eine höhere Bandbreite verfügte. Mit diesen wurden schon Verstärkerfeldlängen von 18 km und die Anwendung von 140-Mbit/s-Systemen möglich [2]. 1986 wurden dann die ersten Anlagen mit Monomode-Fasern erstellt, die den Übergang zu Übertragungsraten von 565 Mbit/s erlaubten [3].

Die optische Übertragungstechnik brachte so eine ungeheure Steigerung der verfügbaren Bandbreiten und Übertragungsraten. Gleichzeitig erhöhte sich die auf den Kabelquerschnitt bezogene Übertragungsdichte, und die Verstärkerabstände nahmen im Vergleich zur Koaxialkabeltechnik um etwa einen Faktor 20 zu. Diese Faktoren trugen wesentlich dazu bei, den Bau von Fernmeldenetzen zu verbilligen und den Betriebsgewinn zu steigern.

Die Vorteile der neuen Technik erklären denn auch die sprunghafte Entwicklung der Glasfasernetze in der Schweiz: Waren es Ende 1984 erst 16 Anlagen von insgesamt etwas mehr als 150 km Länge [2], so bestanden Ende 1992 bereits über 980 Anlagen im Fern- und Regionalnetz von über 7000 km und einer Faserlänge von fast 140 000 km bzw. 26 000 km im Teilnehmernetz. Das jährliche Bauvolumen der PTT betrug in den letzten Jahren zwischen 20 000 und 40 000 Faserkilometer. Ein wesentlicher Zuwachs ist jedoch erst zu erwarten, wenn die Erschliessung der Lokalnetzebene mit Fasern beginnt.

## 12 Bandfasertechnik

Die Telecom PTT setzte bisher Kabel mit bis zu 100 Fasern ein. Kabel mit 20 bis 40 Fasern sind stark verbreitet, solche mit höherer Faserzahl dagegen selten.

Der heutige Kabelaufbau ist der durchschnittlich niedrigen Faserzahl angepasst. Die *Technik der lose ummantelten Einzelfasern* wird verwendet:

Einzelfasern mit Acrylatbeschichtung (Coating) werden in Zehnergruppen in Kunststoffröhrchen mit einem Innendurchmesser von etwa 2 mm extrudiert. Dieses, als Bündelader bezeichnete, mit wasserabstossender Petrogelfüllung versehene Element bietet den primär beschichteten Fasern einen sekundären Schutz und dient bei der Kabelherstellung als Verseilelement. Die Einfärbung von Fasern und Bündeladern nach einem bestimmten Farbcode ermöglicht die eindeutige Zuordnung der einzelnen Bündeladern und Fasern bei Spleissarbeiten. Gespleisst werden die Fasern einzeln. Eine Bündelader ist schematisch in *Figur 1* wiedergegeben.

Kabel mit diesem Aufbau haben bei einer Faserzahl von 100 Fasern einen Aussendurchmesser von knapp 20 mm.

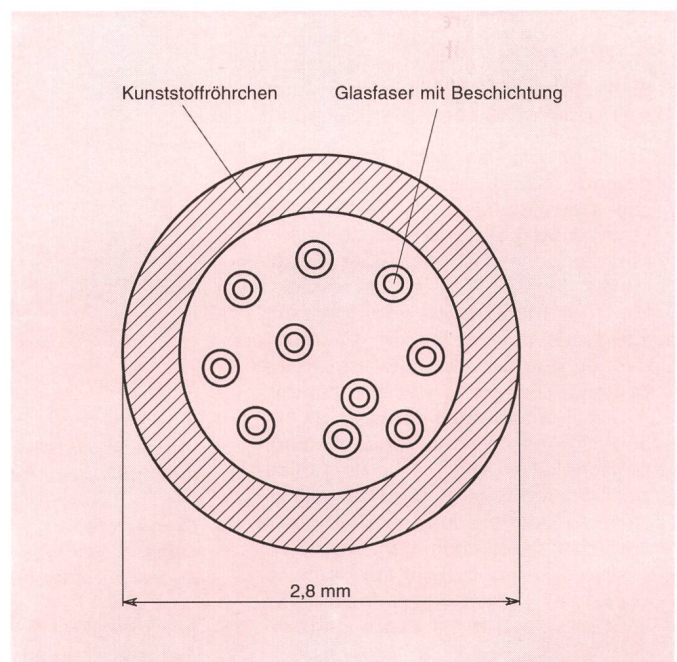


Fig. 1 Bündelader

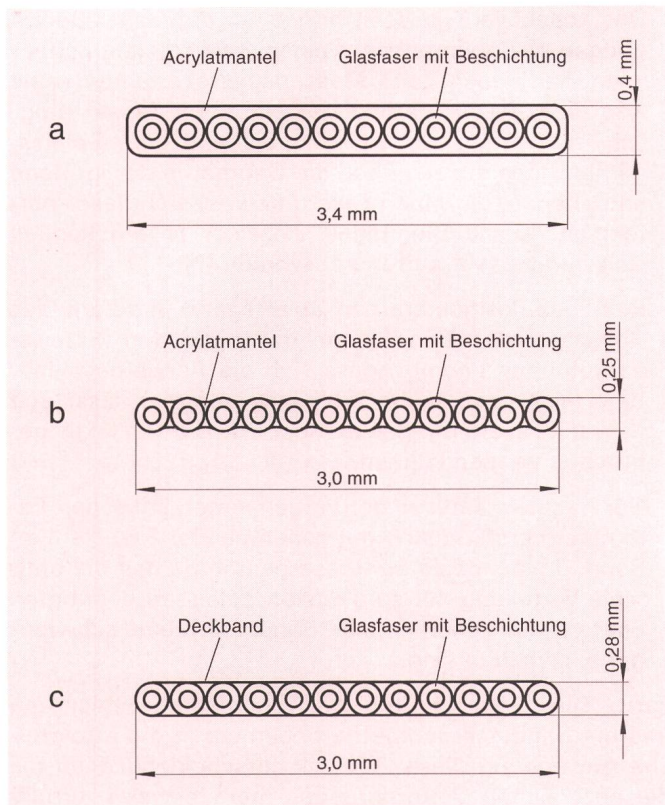


Fig. 2 Aufbau der heute bekannten Bandfasertypen

- Ummantelt
- Geklebt
- Sandwich

Im Gegensatz zur Einzelfasertechnik besteht das kleinste Leitelement bei der *Bandfasertechnik* nicht aus einzelnen, sondern aus mehreren Fasern, die zu einem flachen Band zusammengefasst sind. Die Verbindung der Einzelfasern zum bandförmigen Element kann auf unterschiedliche Weise geschehen. Als Verbindungsmaterial dienen mit Ultraviolettbestrahlung härtende Acrylate, wie sie auch für die Faserbeschichtung gebräuchlich sind. Nach ihrer Form unterscheidet man im wesentlichen zwei Ausführungen, die ummantelte (Fig. 2a) und die geklebte Bandfaser (Fig. 2b). Eine weitere Ausführung stellt der Sandwichtyp (Fig. 2c) dar, der jedoch

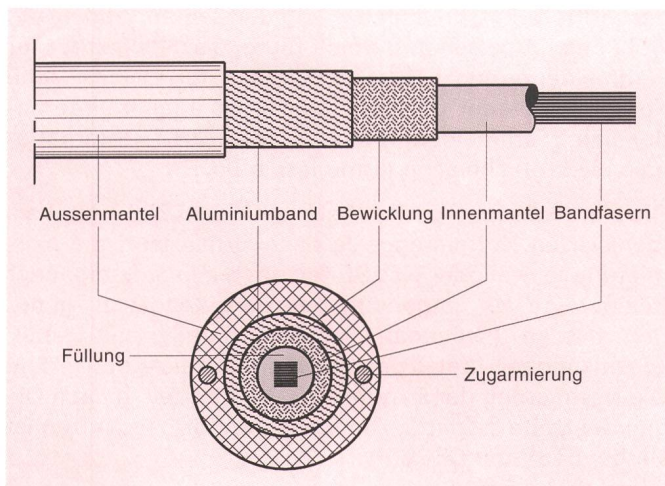


Fig. 3 Bandfaserkabel mit Zentralrohr

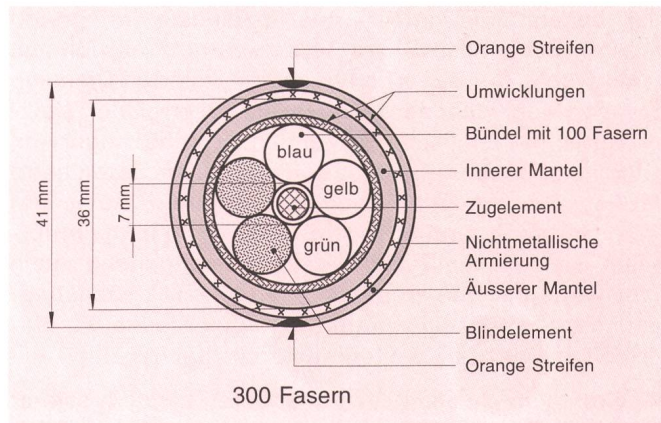


Fig. 4 Bandfaserkabel mit längsgerillten Trägerelementen

heute kaum mehr Bedeutung hat. Beim ummantelten Typ sind die in einem Bändchen zusammengefassten, primär beschichteten Fasern vollkommen von einer zusätzlich aufgetragenen Acrylatschicht umgeben, während beim geklebten Typ lediglich die Zwischenräume zwischen den in einer Ebene angeordneten, primär beschichteten Fasern mit Acrylat gefüllt sind. Im Englischen werden diese beiden Bandfasertypen mit «encapsulated» bzw. «edge bonded» bezeichnet. Beim Sandwichtyp werden die Fasern zwischen einer Basis und einer Deckschicht bandförmig zusammengehalten.

Faserbündchen mit 4 bis 12 Fasern sind heute im Handel erhältlich.

Wie die Einzelfasern werden auch die Bandfasern zu verseilbaren Elementen weiterverarbeitet. Bis heute sind drei grundsätzlich verschiedene Kabelstrukturen mit Bandfasern bekannt. Es sind dies

- Kabel mit einem Zentralrohr, in dem Bandfaserstapel enthalten sind
- Kabel mit einem zentral angeordneten Trägerelement mit Rillenstruktur («slotted core»), in das Bandfaserstapel eingelegt werden
- Kabel mit mehreren verseilten Trägerelementen mit Rillenstruktur.

Typische Querschnitte solcher Kabelaufbauten sind aus den Figuren 3 und 4 ersichtlich.

### 13 Warum Bandfaserkabel?

In diesem Abschnitt wird der Frage nachgegangen, warum und unter welchen Bedingungen Bandfaserkabel verwendet werden, welches die Konsequenzen der Bandfaserstrukturen sind und welche Vor- und Nachteile sie haben.

Die Bandfasertechnologie wurde vor allem in Japan, jedoch auch in den USA bereits in der zweiten Hälfte der achtziger Jahre aufgenommen. 1988 berichtete die Telekommunikations-Betriebsgesellschaft NTT (Nippon Telephone and Telegraph) [4] im Zusammenhang mit Teilnehmernetzen erstmals von Bandfaserkabeln mit bis zu 1000 Fasern. Gleichzeitig veröffentlichten die Japaner damals die Ergebnisse einer neuen Spleissmethode, die es bereits erlaubte, bis zu zehn Fasern gleichzeitig zu spleissen.

1988 begann NTT, integrierte Netzdienste (Integrated Network Systems INS) im Teilnehmernetz anzubieten. Damit wuchs der Bedarf an hochdigitalisierten Diensten in Japan sehr schnell. Der Einsatz faserreicher Netzstrukturen (im Englischen allgemein als «fiber count non reductional loop network configurations» bezeichnet) war gegeben, da die passiven Komponenten, die bei anderen Netzkonfigurationen (z. B. in stern- oder baumförmigen Netzen) gebraucht werden, weitgehend noch nicht verfügbar oder zumindest noch sehr kostenintensiv und unzuverlässig waren. Seither wurde die Bandfasertechnologie stark weiterentwickelt (Kapitel 2).

Die Grundlage zu allen auch in anderen Ländern seither bezüglich Bandfasertechnologie unternommenen Anstrengungen bilden also Netzstrukturen, die — zumindest in wesentlichen Netzabschnitten — hohe Faserzahlen bedingen.

Welches sind nun aber die Vor- und Nachteile dieser noch jungen Technik? Bei den Vorteilen sind folgende Punkte von vorrangiger Bedeutung:

- Bandfasern erlauben die Herstellung von Kabeln mit wesentlich gesteigerter Faserdichte. Aus 1992 veröffentlichten Untersuchungen [5] ist u. a. zu entnehmen, dass Kabel mit 1500 Fasern bei einem Aussendurchmesser von nicht mehr als 35 mm hergestellt werden können. Der Platzbedarf für Glasfaserkabel in den Kanalisationen der Teilnehmernetzebene wird dadurch stark vermindert.
- Bandfasern ermöglichen das kollektive Spleissen oder Massenspleissen. Die Dauer der Spleissarbeit wird dadurch verkürzt. Diese Reduktion der Montagezeit ist von der Faserzahl je Band abhängig. Ab Bändchen mit mindestens vier Fasern stellt sich im Vergleich zu Einzelfaserspleissungen eindeutig eine Optimierung ein, die bereits zu Buche schlägt.
- Bandfasern sind für die Verwendung von Mehrfachsteckern grundsätzlich geeignet. Die dafür benötigte Steckertechnologie ist jedoch noch wenig entwickelt.

Fazit: Raumbedarf und Zeitfaktor sind also die wichtigsten Argumente, die für eine Verwendung von Bandfasern sprechen. Die Bandfasertechnik ist jedoch auch mit Nachteilen behaftet:

- Die Bewegungsfreiheit von Bandfasern ist im Vergleich zu jener von Einzelfasern eingeschränkt. Dies ist durch die Geometrie der Bandfaser bedingt, die Biegebewegungen nur quer zur Faserachse zulässt und Torsionsbewegungen weitgehend ausschließt. Die Folgen davon sind einerseits ein gewisser Mehraufwand im Kabelaufbau (Verbesserung der mechanischen Eigenschaften des Kabels hinsichtlich Biege-, Zug- und Torsionsverhalten), und andererseits sind besondere Massnahmen bei der Montage zu ergreifen, die übermässige mechanische Beanspruchung, besonders aber Torsion der Bandfasern im Spleissbereich verhindern. Wird der eingeschränkten Bewegungsfreiheit der Bandfaser bei Konstruktion und Bau von Bandfaserkabelanlagen nicht genügend Rechnung getragen, ist mit unerwünschten optischen und mechanischen Effekten zu rechnen [6], die auf ständig wirkende Belastung zurückzuführen sind.

- Das kollektive Spleissen bringt bei optimalen Bedingungen wie oben erwähnt einen wesentlichen Zeitgewinn. Da jedoch beim Massenspleissverfahren keine Kern-Kern-Positionierung der einzelnen Fasern möglich ist, werden nur dann hinreichend gute Spleissdämpfungen erzielt, wenn die Geometrie der im Band enthaltenen, einzelnen Fasern und der Bandfaser perfekt ist. Kleine Biegungen einzelner Fasern können sich bereits sehr störend auswirken [7].
- Richtiges Positionieren im Spleissgerät und korrektes Spleissen der Bandfasern mit optimalen Spleissdämpfungen bedingt, dass sich die Acrylatbeschichtung leicht und sauber kollektiv entfernen lässt und dass die Fasern mit genügender Präzision kollektiv gebrochen werden können.
- Der negative Einfluss der vorgenannten kritischen Parameter verstärkt sich mit zunehmender Faserzahl im Band, da die ideale Bandfasergeometrie und die optimale Verteilung der zum Fusionspleissen benötigten Energie mit zunehmender Bandfaserbreite schwieriger einzuhalten sind.

Fazit: Die Eigenschaften der Bandfaserbeschichtung und die Bandfasergeometrie beeinflussen die erfolgreiche Anwendung dieser Technik entscheidend. Sind die diesbezüglichen Anforderungen nur teilweise erfüllt, geht der durch kollektives Spleissen erzielbare Zeitgewinn verloren, da Spleissvorgänge häufig wiederholt werden müssen.

## 2 Internationaler Stand

### 2.1 Stand der Normierung

Gegenwärtig noch mangelndes allgemeines Interesse an der Bandfasertechnologie sowie die Tatsache, dass (vor)schnelle Normierung die Weiterentwicklung eines Produktes behindern kann, sprechen gegen ein frühzeitiges Eingreifen der Normierungsorgane. Hersteller und Anwender von Bandfasern, die sich relativ kurzfristig in dieser Technik engagieren möchten, würden umgekehrt natürlich eine frühzeitige Normierung begrüßen. In diesem Sinne könnte sie auch stimulierend wirken.

Die Normierung der Bandfasern ist noch nicht weit fortgeschritten. Entsprechende Arbeiten laufen jedoch sowohl im europäischen Bereich (Europäisches Institut für Fernmeldennormen ETSI und Komitee für elektronische Komponenten der CENELEC CECC) als auch im internationalen (Fernmeldennormenbüro der UIT-T, Internationale elektrotechnische Kommission IEC).

Die Normierungsorgane arbeiten mit dem Ziel einer harmonisierten Normierung. Je nach Organ läuft die Normierung in drei oder vier Stufen ab, die in aufsteigender Reihenfolge als umgebungsbezogene (englisch: generic), Klassen- (sectional), Familien- (family) und Detailspezifikationen (detail specification) bezeichnet werden. Die Normierung der Bandfasern steht zurzeit je nach Organ bei Stufe 2 oder 3. Am weitesten fortgeschritten ist sie bei ETSI und CECC.

Von UIT-T existieren noch keine Normierungsvorgaben für Bandfasern.

Bei IEC hat man sich bisher lediglich auf die Abmessungen der Bandfaser (nur Maximalwerte für Höhe, Breite, Abstand zwischen benachbarten und extrem gelegenen Fasern sowie Planarität) einigen können.

Eine Übereinstimmung mit ETSI bezüglich Abmessungen der Bandfasern ist noch nicht erzielt worden, da ETSI im jetzigen Zeitpunkt die Angabe von Minimal- und Maximalwerten vorzieht.

In der vorläufigen Norm I-ETS 300 226 werden zwar auch Bandfasern berücksichtigt, man beschränkt sich jedoch auf ganz grundlegende Forderungen, beispielsweise den Farbcode, die Auftrennbarkeit der Bandfaser in Einzelfasern, die Entfernbarekeit der Beschichtungen (Coatings von Band- und Einzelfasern) sowie die Planarität.

Der Normierungsstand im CECC entspricht etwa jenem im ETSI. Klassen- und Familienspezifikationen bestehen jedoch hier erst als Entwürfe, die vor der Veröffentlichung als Euronormen noch der üblichen Vernehmlassung zu unterziehen sind. Auch hier sind nur grundlegende Forderungen betreffend Bandfaserkonstruktion enthalten. Zudem werden mechanische Prüfmethode (nur Torsionsverhalten und Aufteilbarkeit) spezifiziert.

Zusammenfassend kann man über den Stand der Normierung von Bandfasern sagen, dass einige Grundforderungen formuliert sind, dass auch geeignete mechanische Prüfmethode zum Teil spezifiziert sind, dass jedoch eine präzise Normierung der Bandfaserdimensionierung noch aussteht.

## 22 Einsatz und Verbreitung

Die japanischen Hersteller und Telecomgesellschaften sind als erste in die Bandfasertechnologie eingestiegen. Seither haben sie ihren Vorsprung in dieser Domäne weiter ausgebaut. Eine vollständige Produktpalette ist inzwischen auf dem Markt erschienen, die vom Bandfaserkabel über die zugehörige Massenspleiss- und Stekerteknik bis zur geeigneten Muffentechnik alles umfasst.

In den USA wurde die Bandfasertechnik mit Blick auf die schnelle Einführung von Glasfaser-Teilnehmeranschlüssen (Fibre to the Home) zwischen 1986 und 1988 stark gefördert. Man ging damals von der Zielvorgabe aus, bis zum Jahre 2000 zwischen 80 und 90 % der US-Haushalte mit Glasfasern zu erschliessen. Aus verschiedenen Gründen mussten diese Ausbaupläne jedoch stark reduziert werden. In den letzten Jahren gab es denn kaum noch einschlägige Publikationen aus den USA, was zumindest auf ein gewisses Desinteresse gegenüber der Bandfasertechnologie hinweist. Persönlichen Kontakten mit Vertretern von *Corning* ist jedoch zu entnehmen, dass Anstrengungen zur Vereinheitlichung der Beschichtungsmaterialien für Einzel- und Bandfasern unternommen werden, die auf einen vermehrten Einsatz der Bandfasern in naher Zukunft hinweisen.

In Europa haben die Engländer als erste Mitte der achtziger Jahre die Bandfasertechnologie während kurzer Zeit erprobt und aufgrund extrem schlechter Erfahrungen sehr bald wieder fallengelassen. In den letzten Jahren wurden in Italien und in Schweden erste Projekte in Bandfasertechnik ausgeführt. In Italien [8] sind 1991

13 000 Faserkilometer verbaut und für 1992 50 000 Faserkilometer geplant worden. Die schwedische Telecomgesellschaft *Telia* ist bereits dazu übergegangen, auf allen Netzebenen ausschliesslich Bandfasern einzusetzen. In der Schweiz [9] ist die Bandfasertechnologie durch *Cabloptic Cortailod* aufgenommen worden.

## 23 Entwicklungstendenzen

Verfolgt man die Ergebnisse einschlägiger Kongresse und Publikationen, so stellt man eindeutig fest, dass die Bandfasertechnologie an Boden gewinnt. Die weitere Entwicklung dieser Technik wird weiterhin von den Japanern getragen. Der Einsatz der Hersteller und Anwender anderer Länder wächst jedoch laufend. Nachfolgende Bemerkungen illustrieren diese Entwicklungstendenz:

- Von grossen europäischen und amerikanischen Glasfaserherstellern, die früher den Standpunkt vertraten, die Bandfaserproduktion sei Sache der Kabelfabrikanten, ist bekannt, dass sie sich seit kurzer Zeit für die Herstellung von Bandfasern interessieren. Diese Tatsache darf dahingehend interpretiert werden, dass die Industrie in den nächsten Jahren einen Durchbruch der Bandfasertechnik erwartet und sich entsprechend vorbereitet.
- *Alcatel* [10] hat 1992 in Zusammenarbeit mit mehreren europäischen und amerikanischen Tochterfirmen eine grossangelegte Untersuchung über Bandfaserkabel durchgeführt. Als Grundlage dienten die in den beteiligten Ländern (Frankreich, Italien, Deutschland, Norwegen, Schweden, Spanien und USA) geltenden Kabelspezifikationen. Bündchen mit 2, 4, 6, 8, 10 und 12 Fasern in gekapselter und geklebter Ausführung wurden entwickelt und in Kabelkonstruktionen mit Zentralrohr bzw. Sternträger- oder Röhrchenstruktur erprobt. Dieses bedeutende Engagement lässt darauf schliessen, dass bei *Alcatel* weltweit ein wesentlicher Marktanteil im Bereich der Bandfasertechnologie erwartet wird.
- Von *Siemens* [11] ist bekannt, dass Kabelkonstruktionen mit hoher Faserdichte nach japanischem Vorbild in Zusammenarbeit mit *Corning*, *Siecor* und einem japanischen Hersteller entwickelt werden.

Bezogen auf Bandfasern und Bandfaserkabel sind folgende Tendenzen zu erkennen:

- Die japanische Technologie der gekapselten, jedoch leicht auftrennbaren Bandfasern scheint (zumindest auch in Europa) bevorzugt zu werden. Sowohl in Italien als auch in Schweden wird sie verwendet. *Pirelli* bzw. *Ericsson* sind die Lieferanten in den betreffenden Ländern. Sie haben die japanische Technologie voll übernommen.
- Die weitere Kompaktierung der Bandfasern ist bereits erklärtes Ziel japanischer Hersteller. So wurde von *Sumitomo* und NTT [12] über Bestrebungen berichtet, die Beschichtung der Bandfasern so weit zu reduzieren, dass künftig ein Bandfaserstapel von  $10 \times 16$  Fasern die gleichen Ausmasse annimmt wie heute ein konventioneller Bandfaserstapel von  $5 \times 12$  Fasern, nämlich etwa  $3,0 \times 2,0$  mm (Fig. 5).

### 3 Pilotprojekt

#### 31 Allgemeines

Die Bandfasertechnik hat in Netzstrukturen mit extrem hoher Faserzahl eindeutige Vorteile. Diese beruhen einerseits auf Platzeinsparung in Kabelkanalisationen durch Verwendung von Kabeln mit wesentlich erhöhter Faserdichte, andererseits auf Verminderung des Montageaufwandes durch Einsatz der Mehrfachsplicstechnik.

Zwei Pilotprojekte der Telecom PTT dienten dazu, mit der Bandfasertechnik Erfahrungen zu sammeln und abzuklären, unter welchen Bedingungen die neue Technik in den Fernmeldenetzen wirkungsvoll eingesetzt werden kann.

Mit den Anlagen wurden zwei nach Aufbau und Bandstruktur unterschiedliche Bandfaserkabeltypen im Feld geprüft. Ziel war es, die technischen und wirtschaftlichen Aspekte bzw. Vor- und Nachteile beim Einsatz der Bandfasertechnik in den Netzen der Telecom PTT abzuklären. Gleichzeitig konnten auch Erfahrungen in der Projektierung, beim Bau sowie der Montage und bei den Splicsarbeiten gesammelt werden.

Die Pilotanlagen wurden für Echtverkehr und nicht als Strecken für Versuche und Messungen gebaut.

#### 32 Projekte

Der finanzielle Aufwand bewegte sich in dem für Glasfaserkabelanlagen üblichen Rahmen. Man wählte zwei bei den Fernmeldedirektionen bereits ins Bauprogramm aufgenommene Anlagen, die nach der Fertigstellung sofort in Betrieb zu nehmen waren. Mit diesem nicht ganz risikolosen Vorgehen entstanden praktisch keine Mehrkosten.

##### 321 Standorte

Um ein möglichst aussagekräftiges Ergebnis beim Bau der Bandfaserkabelanlagen zu erhalten, hielt man Ausschau nach Kabelprojekten mit für schweizerische Verhältnisse verhältnismässig hohen Faserzahlen. Es war zum vornherein klar, dass solche Vorhaben nur in grösseren Städten zu finden waren. Basel und Zürich boten sich als Pilotstandorte an.

##### 322 Bandfasertypen und -aufbauten

Die eingesetzten Bandfaserkabeltypen sind keine eigens für die Schweiz hergestellten Produkte. Die Auswahl fiel

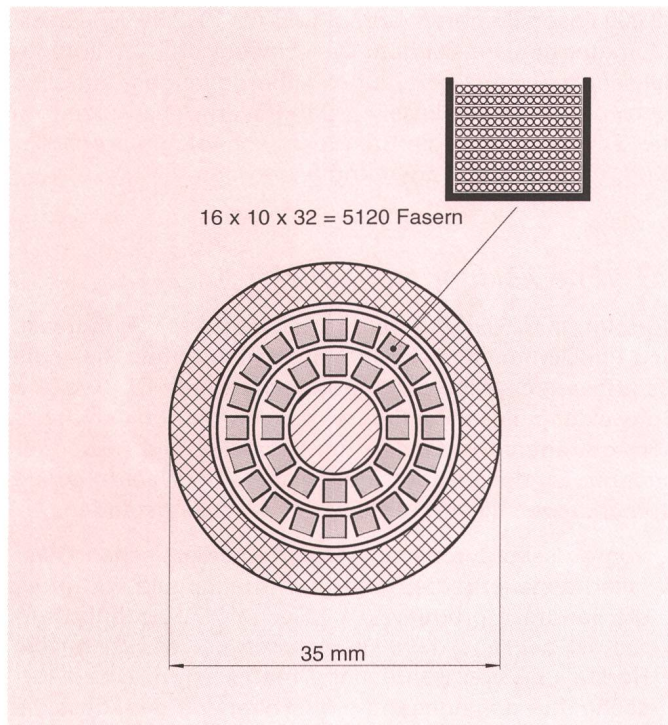


Fig. 5 Bandfaserkabel mit lagenverseilten U-förmigen Trägerelementen

- Eine Erhöhung der Faserzahl im Band von bisher 12 auf maximal 16 Fasern [13] scheint bereits möglich zu sein.
- Die Verbindungstechnik wird entsprechend weiterentwickelt. NTT arbeitet an Steckern für 16fasrige Bandfasern, auf der bekannten Technologie der MT-Stecker beruhend. Parallel dazu läuft auch die Entwicklung der Splicstechnik. Entsprechende Geräte sind jedoch zu diesem Zeitpunkt noch nicht auf dem Markt.
- Eine weitere Verdichtung der Kabelstrukturen ist zu erwarten. NTT publizierte Untersuchungen über Kabel mit konzentrisch angeordneten, U-förmigen Kanälen als Verseilelemente, in welche Bandfaserstapel eingelegt sind [12] (Fig. 5). Mit dieser Anordnung und unter Verwendung kompakter Bandfasern sollen Kabel mit mindestens 4000 Fasern bei einem Aussendurchmesser von nur 35 mm hergestellt werden können. Im Vergleich zu herkömmlicher Einzelfasertechnik mit Bündeladern käme dies etwa einer dreizehnfachen Erhöhung der Faserdichte gleich!

Die Bestrebungen, durch die Anwendung der Bandfasertechnik die Montagezeiten zu verkürzen und den Raumbedarf der Kabel zu verkleinern, gehen also weiter. In einer gemeinsamen Arbeit von Corning und Fujikura [14] ist gar von der Möglichkeit die Rede, 24 Fasern gleichzeitig zu splicen!

Es erstaunt nicht, dass japanische Netzbetreiber bei solchen Aussichten, die extrem hohe Leitungskonzentrationen einschliessen, jetzt schon dazu übergegangen sind, ihre Glasfasernetze permanent zu überwachen!

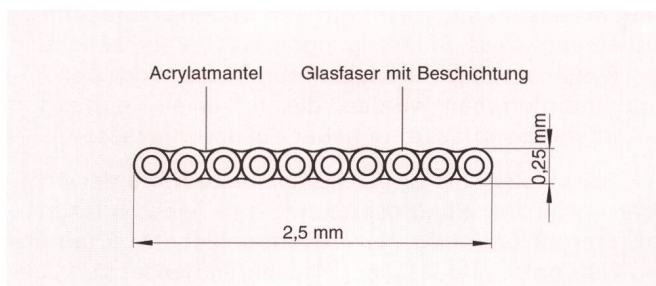


Fig. 6 Geklebte Bandfaser mit zehn Fasern

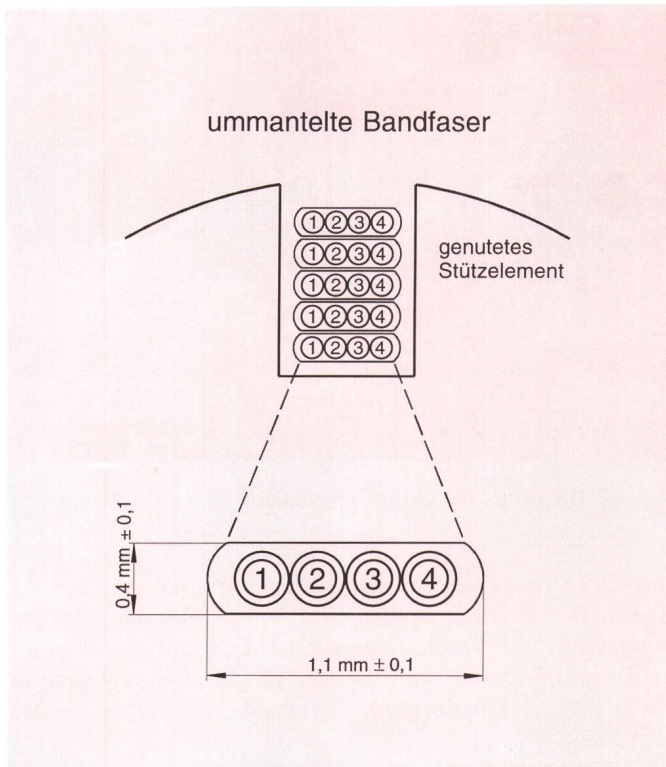


Fig. 7 Ummantelte Bandfaser

auf Kabel aus dem Weltmarkt, die möglichst nahe an die Pflichtenheftwerte der Telecom PTT herankommen. Sie weisen sowohl bei der Bandfaser als auch beim Aufbau technische Unterschiede auf.

Das in Basel verwendete Bandfaserkabel enthält *geklebte Bandfasern* mit zehn Fasern (Fig. 6). Für die Kabelkonstruktion wird ein Zentralrohr verwendet, das bis zu zehn Bandfasern aufnehmen kann. Sie enthält ein Aluminiumband und zwei Längsdrähte aus Stahl und ist somit nicht metallfrei (Fig. 3).

Ein anderer, metallfreier Bandfaserkabeltyp aus vollständig ummantelten Bandfasern mit je vier Fasern wurde in Zürich eingesetzt. Die im Stützelement vorhandenen fünf Längsnuten nehmen fünf Bänder, d. h. 20 Fasern je Nute auf (Fig. 7). Das Stützelement mit den 100 Fasern (Fig. 8) dient als Grundeinheit.

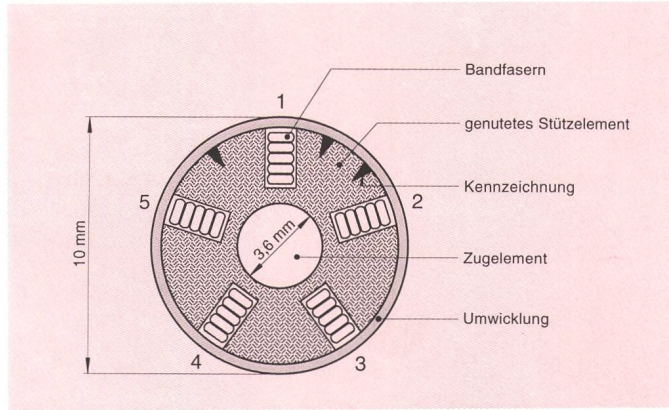


Fig. 8 Aufbau des Kabelbündels

### 33 Bau und Montage der Anlage in Basel

Der schematische Aufbau dieser Pilotanlage ist aus *Figur 9* ersichtlich. Die Kabel wurden im Sommer 1992 gemäss PTT-Pflichtenheft für Glasfaserkabel geprüft und auf die Baustelle geliefert.

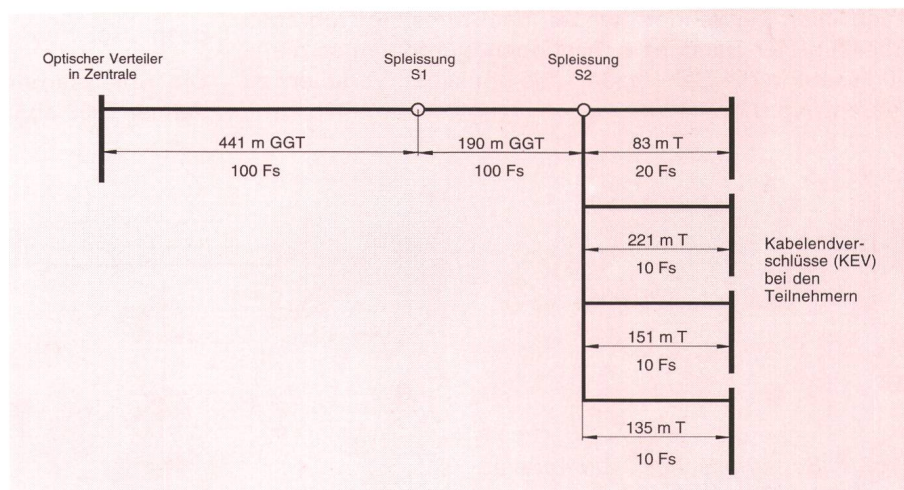
Das Kabel mit den zwei metallischen Längsdrähten im Mantel zeigte sehr starke Federwirkung, was sich auf das Einziehen in die Betonrohranlagen ungünstig auswirkte. Mit zusätzlichen Befestigungen in den Schächten und Stollen war eine den Anforderungen genügende Platzierung des Kabels trotzdem noch möglich.

Das am optischen Verteiler OV 92 eingeführte 100fasrige Bandkabel wurde mit einem eigens für diese Anwendung entwickelten «Aufteiler» auf 20 Fasern (zwei 10er-Bändchen) je Kunststoffröhrchen aufgeteilt und direkt zu den Schubladen des Verteilers geführt.

Die Spleissungen in den Schubladen des optischen Verteilers erstellte man in Bandfasertechnik. Die Anschlussfasern mit Stecker (Pigtails) von jeweils zehn Steckern wurden ausgerichtet (planarisiert), zu einem 10er-Bändchen verarbeitet und als Mehrfachspleissung in einem Arbeitsgang gespleisst.

Für die Spleissungen in der Anlage verwendete man das bei Telecom PTT bereits bekannte Muffenmaterial mit besonderen Halterungen für Bandfaser-Spleisskassetten (Fig. 10).

Fig. 9 Schematischer Längenplan für Projekt Basel



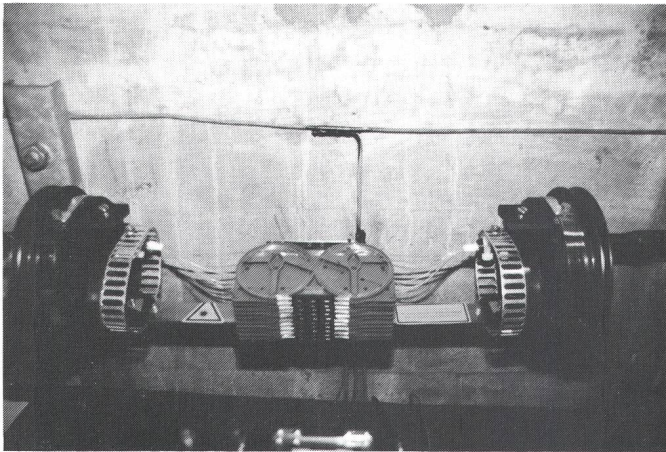


Fig. 10 Muffe mit Spleisskassetten

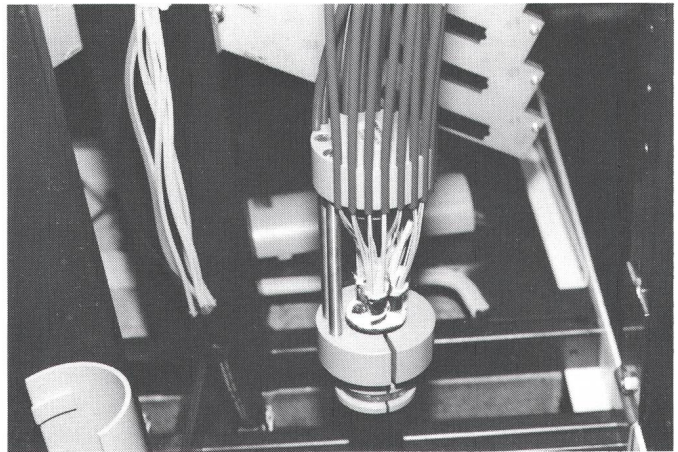


Fig. 12 Aufteiler für Bandfaserkabel

Die geklebte 10er-Bandstruktur erwies sich als verhältnismässig empfindliches Element bei der Handhabung in den Muffen. Bei einzelnen Bändchen zeigten sich Längsrisse in den Klebstellen, was jedoch keine übertragungstechnischen Qualitätseinbußen zur Folge hatte.

Das Werk konnte als erste Bandfaserkabelanlage der Schweiz mit vier Kunden Anfang November 1992 dem Betrieb übergeben werden.

### 34 Bau und Montage im Projekt Zürich

Der schematische Aufbau dieser Pilotanlage ist aus Figur 11 ersichtlich.

Es kam das bis heute grösste in der Schweiz verlegte Glasfaserkabel mit 400 Fasern zum Einsatz. Nach Pflichtenheft geprüft und auf die Baustelle geliefert wurden die Kabel im Herbst 1992. Das 41 mm dicke 400fasrige Kabel eignet sich sehr gut für den Einzug in die Kanalisation der Telecom PTT. In den Gebäuden musste jedoch beim Verlegen dem minimalen Biegeradius – dem 15fachen Kabeldurchmesser – die nötige Beachtung geschenkt werden. Durch das Entfernen der Armatur wurde der Durchmesser auf 36 mm verkleinert und somit der minimale Biegeradius auf 54 cm reduziert. Erst mit dieser Massnahme wurde die Einführung in den optischen Verteiler OV 92 bei den engen Verhältnissen über Kabelrechen und Hohlböden überhaupt möglich.

Der bereits in Basel eingesetzte «Aufteilertyp» wurde auch hier verwendet, wobei das Kunststoffröhrchen über fünf 4er-Bändchen geschoben wurde, um so die je 20 Fasern in die Schubladen des optischen Verteilers zu führen (Fig. 12).

Die Spleissungen im optischen Verteiler wurden in Bandfasertechnik ausgeführt, d. h. die Anschlussfasern von jeweils vier Steckern wurden ausgerichtet und zu einem 4er-Bändchen verarbeitet, so dass anschliessend eine Mehrfachspleissung erstellt werden konnte (Fig. 13).

Nur ein Teil der 400 Fasern wurde im optischen Verteiler auf Stecker gespleisst. Die im heutigen Zeitpunkt noch nicht verwendeten Fasern wurden in den Schubladen nur geschlauft (Fig. 14), so dass sämtliche Fasern für Messungen greifbar sind. Damit konnte die Zahl der mit Stecker bestückten Schubladen um 14 reduziert werden, was eine bedeutende Kosteneinsparung brachte. Je nach Bedarf werden später weitere Schubladen mit Steckern eingebaut und gespleisst.

Die vom Lieferanten angebotene Muffentechnik mit Kunststoffhüllen (Titelbild) und einem Fassungsvermögen von bis zu 1000 Fasern konnte ohne Änderungen eingesetzt werden. Vorgängig der Aufnahme der Spleissarbeiten in den Schächten wurde eine ganztägige Instruktion durch den Lieferanten für unser Handwerkerpersonal durchgeführt und anschliessend die Betreuung bei der ersten Spleissung übernommen. Dank dieser guten Vorbereitung konnten die restlichen Spleissungen ohne nennenswerte Probleme erstellt werden.

Die 4er-Bändchen konnten von den Fernmeldespezialisten zur Aufnahme der Bandfaserpleissungen trotz der neuen Technik mit sehr guten Spleissdämpfungswerten gespleisst werden.

Die Spleissarbeiten an den Hauptkabeln wurden Ende Januar 1993 abgeschlossen. Bis heute stehen vier Breit-

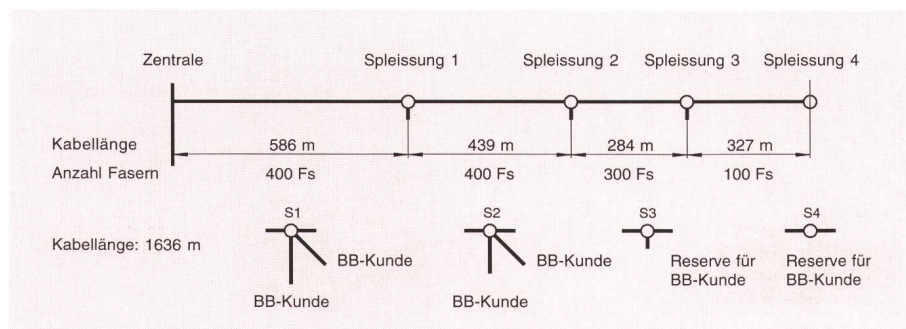


Fig. 11 Schematischer Längenplan für Projekt Zürich



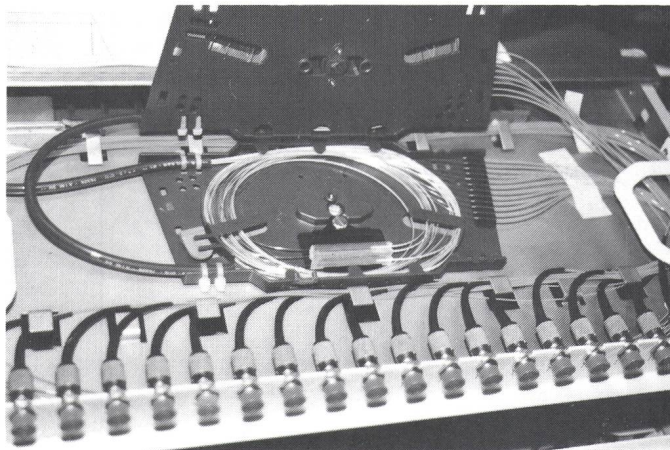


Fig. 13 Spleissung der Bandfasern auf Pigtails

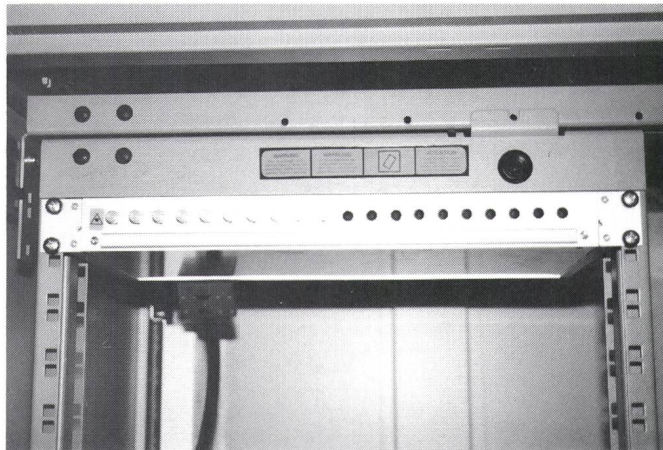


Fig. 15 Endstelle bei Breitbandkunde

bandanschlüsse in Betrieb (Fig. 15). Weitere Breitbandanschlüsse sind für die nächsten Monate vorgesehen. Dabei sollen Glasfaserkabel der heutigen Bündeladertechnik auf die Bandfaserkabeladern gespleisst werden.

### 35 Auswertung der Ergebnisse

#### 351 Allgemeines

Um die Bandfaser-Spleissarbeiten genau zu analysieren, wurde der Aufwand für die einzelnen Arbeitsschritte bei sämtlichen Spleissungen zeitlich genau erfasst, um feststellen zu können, ob nach den ersten Erfahrungen der Spleisser bereits zeitliche und/oder qualitative Unterschiede auftreten (Tabelle).

#### 352 Analyse

Betrachtet man nur die effektiven Spleisszeiten, so wird der Vorteil der 10er-Bändchen offensichtlich. Berücksichtigt man aber auch die Qualität der Spleissungen und die Aufteilungsmöglichkeiten auf kleinere Faserzahlen als 10, so liegen die überwiegenden Vorteile auf der Seite der 4er-Bandstruktur mit ummantelten Bändchen. Zeiteinsparungen gegenüber der heutigen Technik sind eindeutig vorhanden. Es dürfen aber auf keinen Fall nur die reinen Spleisszeiten berücksichtigt werden.

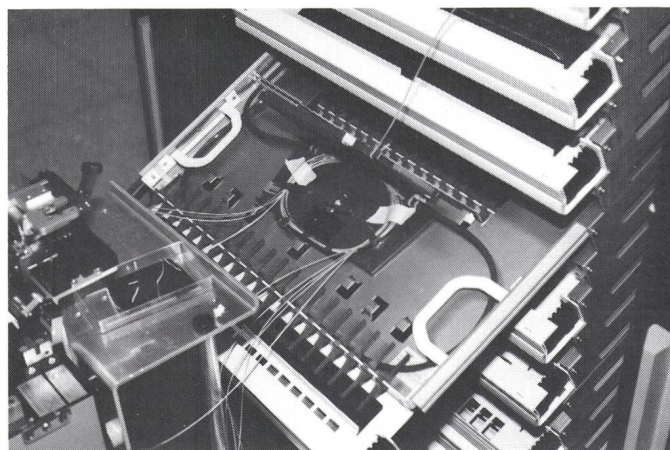
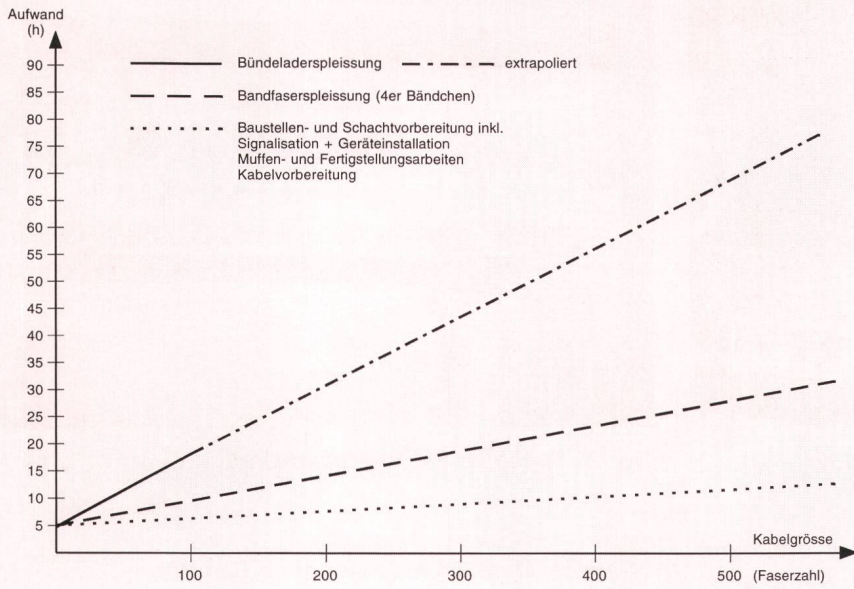


Fig. 14 Bandfaserspleissung im optischen Verteiler

Tabelle. Unterschiede zwischen Bandfaser- und Bündeladerkabel

Gegenstand	Bandfaserkabel	Bündeladerkabel
Kabeldurchmesser bei 100 Fasern	17 mm	18,5 mm
Kabelseelendurchmesser für Kabel grösser als 100 Fasern	10 mm	13,5 mm
Kabeldurchmesser für 100 bis 500 Fasern		
– nicht armiert	36 mm	44 mm (theoretisch)
– armiert	41 mm	50 mm (theoretisch)
Spleisszeit je Faser (ohne Vorbereitungsarbeiten)	2 min	6 min
Fasern in Muffen	Band ungeschützt	geschützt in Kunststoff-Röhrchen
Aufteil- und Trennmöglichkeit		Einzelfaser
– geklebttes Band	auf Bandgrösse beschränkt	
– ummanteltes Band	möglich auf Einzelfasern	
Muffentechnik	Kassetten oder Kunststoffhüllen (max. 1000 Fasern)	Kassetten (max. 120 Fasern)
Laserstrahlungsenergie	10er-Band = 10mal grösser 4er-Band = 4mal grösser	1mal

Fig. 16 Spleissaufwand



Analysiert man den totalen Zeitaufwand für jede Spleissung einschliesslich Schacht- und Kabelvorbereitung, Geräteinstallationen, Muffen- und Fertigstellungsarbeiten, so stellt man fest, dass gerade diese Arbeiten besonders für kleinere Kabel einen wesentlichen Teil ausmachen. Dieser Zeitaufwand ist mit Ausnahme der Kabelvorbereitungen praktisch für alle Kabelgrössen gleich gross. Aus *Figur 16* wird ersichtlich, dass die zeitlichen Einsparungen mit der Bandfasertechnik erst von einer bestimmten Kabelgrösse (Faserzahl) an ins Gewicht fallen.

Von welcher Kabelgrösse an die Bandfasertechnik nun wirtschaftlicher ist als die heutige Bündeladertechnik, hängt natürlich nicht nur vom Spleissaufwand ab. Folgende Punkte sind in der Analyse mit einzubeziehen, um neben den wirtschaftlichen noch andere, ebenso wichtige Aspekte zu berücksichtigen:

– *Vermischung der Bandfaser- mit der Bündeladertechnik*

Bündeladertechnik können auf Bandfaserkabel gespleisst werden. Erst die Erfahrung wird aber zeigen, wie problematisch das Einführen der Bündeladern in die Bandfasermuffe sein wird. Welcher Art allenfalls auftauchende Probleme sind, erfährt man erst, wenn weitere Breitbandkabelanschlüsse auf das installierte Hauptkabel in Bandfasertechnik gespleisst werden.

– *Aufteil- und Trennmöglichkeit der Bandfasern*

Die *geklebten Bändchen* lassen sich nicht aufteilen. Die kleinstmögliche Aufteilung bei solchen Kabeln entspricht deshalb der Zahl der Fasern je Band. Bei Spleissarbeiten sind immer alle Fasern je Band betroffen.

Bei *ummantelten Bändchen* ist eine Aufteilung auf einzelne Fasern möglich. Im Normalfall wird aber auch bei Störungen das ganze Bändchen gespleisst.

– *Kabelpreise*

Die heute bekannten Preise für Bandfaserkabel mit 100 Fasern sind praktisch gleich wie für Kabel mit Bündeladern.

– *Beschaffung der Mehrfachspleissgeräte*

Heute sind in der ganzen Schweiz etwa 100 Einzelfaserspleissgeräte im Einsatz. Eine Umrüstung auf Mehrfachspleissgeräte wäre mit etwa Fr. 80 000.— je Gerät verbunden.

– *Instruktion der Fernmeldespezialisten*

Der Instruktionaufwand der Fernmeldespezialisten mit Glasfaserspleiss-Erfahrung als Umschulung für die Bandfasertechnik wird als relativ gering eingeschätzt und mit einem Tag angenommen.

– *Laserstrahlung*

Das Ende eines Bändchens wirkt wie *eine* Lichtquelle, da die Fasern satt aneinander liegen. Es kann hier somit eine erhöhte Gefahr für die Augen auftreten, wenn bei einer Kabelbeschädigung die Bändchen gebrochen werden und die Leistung der Lichtquelle nicht vermindert wird.

– *Künftige Netzstrukturen*

Heute werden vor allem in Japan Kabel mit Faserzahlen von einigen Tausend Fasern verbaut. Diese faserreichen Netzstrukturen stehen in krassem Gegensatz zu den faserarmen Netzstrukturen in der Schweiz. Solange hierzulande das Schwergewicht auf höhere Übertragungsgeschwindigkeiten gelegt wird, werden die Kabel mit kleinen Faserzahlen weiterhin den Hauptanteil in den Netzen ausmachen.

## 4 Schlussfolgerung

Die Bandfasertechnik ist heute so weit ausgereift, dass sie gut beherrschbar ist. Die mit den zwei Pilotanlagen

gesammelten Erfahrungen zeigen, dass die ummantelten gegenüber den geklebten Bandfasern eindeutige Vorteile aufweisen. Probleme bei der Handhabung und beim Entfernen der Beschichtung traten nur beim geklebten Band auf. Wird in Zukunft infolge Netzstrukturänderungen die Faserzahl je Kabel gegen 100 und darüber steigen, werden aus heutiger Sicht nur Bandfaserkabel mit ummantelten Bändchen in Frage kommen oder allenfalls eine neue, heute nicht bekannte Kabelkonstruktion.

Von Ende 1994 an könnte, wenn in grossen Industriezentren vermehrt Glasfaserkabel mit Faserzahlen von 100 oder mehr verlangt werden, ein punktwieser Einsatz von Bandfaserkabeln geprüft werden. Mit diesem Vorgehen würden auch die Beschaffungskosten für Mehrfachsplessgeräte in Grenzen gehalten werden.

## Bibliographie

- [1] *Kobelt Chr.* Erstes Glasfaserkabel in der Schweiz verlegt. Bern, Techn. Mitt. PTT, 57 (1979) 2, S. 61
- [2] *Gertsch F.* und *Mignot D.* Erste Erfahrungen beim Bau von Glasfaserkabelanlagen. Bern, Techn. Mitt. PTT, 63 (1985) 1, S. 19—28
- [3] *Kobelt Chr.* Eine elektronische Nationalstrasse für die Ostschweiz. Bern, Techn. Mitt. PTT 64 (1986) 5, S. 268—270
- [4] *Kaawase M.* et. al. Loop Network Configuration for Subscriber Loops and Single Mode Optical Fiber Ribbon Technologies Suitable for Mid-Span Access. Proc. IWCS 88, S. 141—149.
- [5] *Tomita S.* et. al. Preliminary Research into Ultra High Density and High Count Optical Fiber Cable. Proc. IWCS 91, S. 8—15.
- [6] *Bischoff J.-C.* und *Perry B.* OTDR Measurements on Fibre Ribbons: Backscattering Trace Dependence on the Polarisation State of Light. Proc. EFOC & N 93, S. 75—79.
- [7] *Able K.* Fiber Curl Challenges Mass Fusion Splicing. Fiberoptic Product News 6/93, S. 17—19.
- [8] *Calantoni A.* Field Trials in Italy with the Ribbon Cable System. Proc. EFOC/LAN 92, S. 238—244.

- [9] *Piffaretti J.* und *Jenzer B.* Etude et fabrication de ruban de fibres optiques. Bern, Techn. Mitt PTT, 71 (1993) 6, S. 322—330
- [10] *Bonicef JP.* et. al. An international Development on Ribbon Technology and Evaluation of Applicability to National Specifications. Proc. IWCS 92, S. 25—31.
- [11] *Nassar H.* und *Oestreich U.* Design and Qualification of Gas Pressurized and Water Blocked Slotted Core Ribbon Cable. Proc. IWCS 91, S. 16—23.
- [12] *Tomita S.* et. al. Preliminary Research into High-Count Pre-Connectorized Optical Fiber Cable. Proc. IWCS 92, S. 5—12.
- [13] *Saito M.* et. al. 16-Fiber Ribbon for Ultra High Density and High Count Optical Fiber Cable. Proc. IWCS 93, S. x—y.
- [14] *Duke M.P.* et. al. Understanding Mass Fusion Splicing Technique. Lightwave 3/93, S. 50—53.

## Abkürzungen

CECC	Cenelec Electronic Components Committee
EFOC/LAN/ EFOC & N	European Optical Communications and Network (wichtiger Europäischer Kongress über Optische Mess- und Netzwerktechnik)
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
IEC	International Electrotechnical Commission
I-ETS	Interim European Telecommunication Standard
INS	Integrated Network Systems
UITT-T	Union internationale des télécommunications, Bureau de normalisation des télécommunications (vormals CCITT)
IWCS	International Wire and Cable Symposium (weltweit grösster Kabeltechnologie-Kongress)
NTT	Nippon Telegraph and Telephone Corporation

## Zusammenfassung

*Bandfaserkabel — Stand der Technik und Pilotprojekte der Telecom PTT*

Die Grundlagen der Bandfasertechnik werden vorgestellt. Es wird gezeigt, weshalb und unter welchen Bedingungen Bandfaserkabel in Fernmeldenetzen anderer Länder heute schon angewendet werden. Weiter wird über Einsatz, Verbreitung sowie heute erkennbare Entwicklungstendenzen der Bandfasertechnik informiert. Erste Erfahrungen, die beim Bau von zwei Pilotanlagen in Basel und Zürich gewonnen werden konnten, werden erläutert. Zur Vermeidung zusätzlicher Kosten wurden die Anlagen für Echtverkehr und nicht nur zu Mess- und Versuchszwecken erstellt. Die Zeiteinsparungen bei Spleissarbeiten fallen erst bei grösseren Faserzahlen ins Gewicht.

## Résumé

*Câbles optiques à rubans — état de la technique et projet pilote de Télécom PTT*

Les auteurs présentent les bases de la technique des câbles optiques à rubans et expliquent pourquoi et à quelles conditions ils sont utilisés aujourd'hui déjà dans les réseaux de télécommunication d'autres pays. On informe en outre sur l'emploi, la diffusion et les tendances de développement actuellement envisageables pour de tels supports et relate les premières expériences faites lors de la construction de deux installations pilotes à Bâle et à Zurich. Les installations ont été conçues pour l'écoulement de trafic réel et non à des fins d'essais et de mesures pour éviter des coûts supplémentaires. Seul l'épissurage d'un grand nombre de fibres permet de gagner du temps.

## Riassunto

*Cavi ottici a nastro — stato della tecnica e progetti pilota delle Telecom PTT*

Gli autori presentano le basi della tecnica dei cavi ottici a nastro e spiegano perché e a quali condizioni questi cavi vengono già oggi impiegati in determinate reti di telecomunicazione di altri Paesi. Essi informano inoltre sull'impiego, sulla diffusione come pure sulle tendenze della tecnica dei cavi ottici a nastro. Illustrano infine le prime esperienze fatte durante la costruzione di due impianti pilota a Basilea e a Zurigo. Per evitare costi supplementari gli impianti sono stati allestiti per il traffico reale e non solo per misure e prove. È possibile risparmiare tempo per quanto riguarda i lavori di giunzione solo se il numero di fibre è elevato.

## Summary

*Band Fiber Cable — PTT Telecom State of the Art and Pilot Projects*

The basics of the ribbon fibre technology are presented in this article. The authors show why and under which conditions ribbon fibre cable is used today in telecommunications networks of other countries. Furthermore, information is given about ribbon fibre technology application, spread as well as development tendencies revealing today. First experiences gained with the construction of two pilot installations in Basel and Zurich are shown. In order to avoid additional costs the installations were built for real traffic and not only for measuring and test purposes. The time saved with splice work is of importance only with larger numbers of fibres.