

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 78 (1987)

Heft: 5

Artikel: Einführung der digitalen, optischen Übertragungstechnik bei den SBB

Autor: Müller, F.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-903834>

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: 29.01.2025

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

Einführung der digitalen, optischen Übertragungstechnik bei den SBB

F. Müller

Nach eingehenden Abklärungen haben die SBB Anfang 1986 beschlossen, in ihrem Übertragungsnetz die digitale, optische Übertragungstechnik einzuführen. Im SBB-eigenen Fernmeldenetz wurden bisher für jede Kommunikationsart – Sprache, Text, Daten – besondere Netze verwendet. Neue Dienste lassen sich in solchen Netzen nicht oder nur unwirtschaftlich einführen. Deshalb wird das heutige, analoge Fernmeldenetz längerfristig durch ein ISDN (Integrated Services Digital Network) abgelöst.

A la suite d'études approfondies, les CFF ont décidé au début de l'année 1986, d'utiliser pour leur réseau de transmissions la technique digitale par fibres optiques. Dans leur propre réseau de télécommunications, les CFF ont construit jusqu'à ce jour des réseaux particuliers pour chaque genre de communication – paroles, textes, données. L'intégration de nouveaux services dans cette technique est souvent impossible ou non rentable. C'est pourquoi, à long terme, le réseau analogique des télécommunications sera remplacé par un réseau ISDN (Integrated Services Digital Network).

Adresse des Autors

Franz Müller, Ing HTL, Sektionschef
Kabeltechnik, Bauabteilung der GD SBB,
Mittelstrasse 43, 3030 Bern.

1. Einleitung

Das Fernmeldenetz der SBB besteht aus mehreren Netzen, die in der gleichen Technik wie jene der PTT gebaut sind. Als Teil der Infrastruktur einer modernen und leistungsfähigen Bahn hilft es die Abwicklung von zeitgerechten Betriebsabläufen sicherzustellen.

Im wesentlichen müssen Kommunikationswege für fachspezifische Anlagen bzw. Netze bereitgestellt werden.

Es sind dies:

- beim *Betrieb* Stations-, Strecken-, Signal-, Zugüberwachungs- und Kundentelefone sowie Zugfunk-, Wechsel- und Lautsprechanlagen;
- bei den *Kraft- und Unterwerken* Datenverbindungen für Messwert- und Meldungserfassung sowie Netzsteuerung und einige direkte Sprechverbindungen;
- bei der *Fahrleitung* die zentralisierte Überwachung und Steuerung der Speiseabschnitte auf den Strecken durch Fernsteuerung der Schaltposten;
- beim *Sicherungswesen* die Fernübertragungen für Stellwerk- und Zugnummernmeldeanlagen. Daneben existieren zahlreiche weitere Ausrüstungen, bei denen der Übertragungspfad als galvanische Verbindung ein Teil des ausfallsicheren Stromkreises ist, wie z. B. beim Streckenblock;
- für das *SNA-Datennetz* (System-Netzwerk-Architektur) zum Anschluss von Endgeräten wie elektronische Schaltergeräte, elektronische Platzreservation, CARGO-Domizil, Finanz- und Rechnungswesen, Wagen-Anfrage- und -Meldungssystem usw.

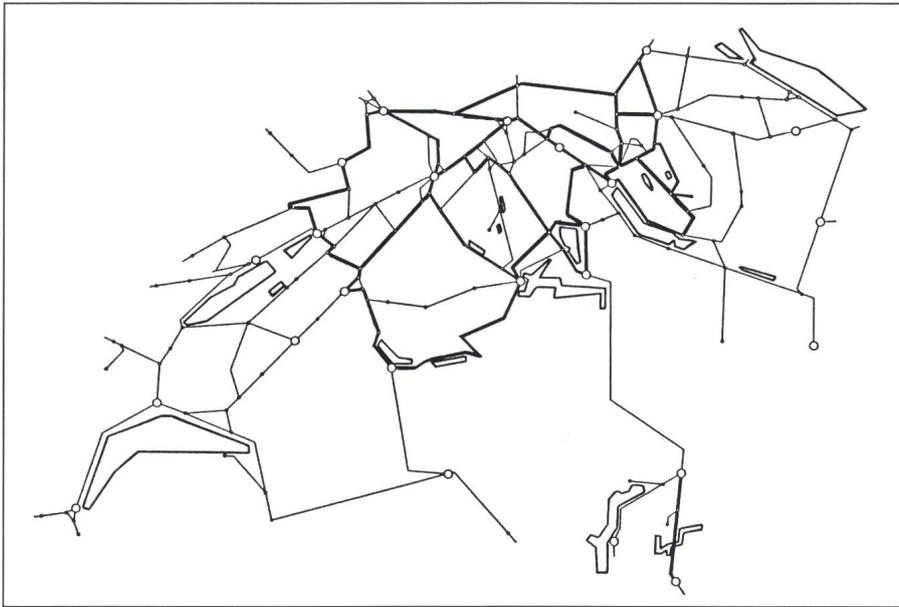
Das Fernmeldenetz muss die verschiedenen Kommunikationsarten orts- und benutzerunabhängig anbieten. Solche hohen Anforderungen können nur durch Integration der bestehenden Netze in ein einziges dienstintegriertes, digitales Netz erfüllt wer-

den, was eine der tiefgreifendsten Innovationen auf dem Gebiet der Telekommunikation bei den SBB darstellt. Als erster Schritt ist die Digitalisierung des Übertragungsnetzes bei gleichzeitiger Einführung der optischen Kabeltechnik geplant. Parallel dazu erfolgt die Einführung der digitalen Vermittlungstechnik.

2. Streckenkabelnetz

2.1 Überblick

Die SBB verfügen über ein eigenes, umfangreiches und weitverzweigtes Fernmeldenetz. Das «Rückgrat» für die verschiedenen Übertragungseinrichtungen bilden die längs dem Bahnkörper von Station zu Station, auf einer Gesamtlänge von rund 3200 km verlaufenden Streckenkabel. Dieses Netz war zur Zeit der Elektrifikation der Bahnen aufgebaut worden und besteht aus etwa 25 verschiedenen Kabeltypen. Mit zunehmenden Bedürfnissen wurde es ab 1963, vorwiegend auf den Hauptstrecken, durch ein zusätzliches Kabel erweitert. Der für diese Erweiterung hauptsächlich eingesetzte Kabeltyp besteht aus 2 Kleinkoaxialtuben und 42 symmetrischen, papierisolierten Aderpaaren. Durch Modulationsverfahren (Trägerfrequenztechnik) ergeben sich Kapazitäten bis zu 60 Kanälen für eine galvanische Vierdrahtleitung und bis zu 300 Kanälen bei Verwendung der Kleinkoaxialtuben. Mit der Einführung der Lichtwellenleitertechnik ab 1986 wird zur Erneuerung des Streckenkabelnetzes ein Lichtwellenleiterkabel (LWL-Kabel) und ein aus Kupferleitern bestehendes Fernsteuerkabel (FSK) ausgelegt. Das FSK wird für Stromkreise verwendet, die sich einstweilen nicht durch optische ersetzen lassen. Später kann wahrscheinlich auf das FSK als Informationsträger verzichtet werden, insbesondere wenn eine Lösung für die



Figur 1 SBB-Streckennetz 1986
 Stärker ausgezogen: erste Etappe des geplanten LWL-Netzes

ausfallsicheren Stromkreise (z. B. Streckenblock) gefunden ist.

Mit der Einführung der digitalen, optischen Übertragungstechnik müssen zur Sicherstellung von Verbindungen Umwege in Form von geschlossenen Schleifen erstellt werden. Dies hat zur Folge, dass mittelfristig (innert etwa 6 Jahren) ein relativ umfangreiches LWL-Kabelnetz aufgebaut werden muss. Figur 1 zeigt den bei den SBB zur Diskussion stehenden mittelfristigen Netzausbau mit einer Länge von etwa 1000 km.

3. Kabeltechnik

3.1 Lichtwellenleiterkabel

Die Lebensdauer der Kabel soll mindestens 25 Jahre betragen. Die Qualität der Glasfasern entspricht den Pflichtenheften der PTT-Betriebe. Beim Kabelaufbau wurden die harten Bedingungen berücksichtigt, die im Bereiche der Fahrbahn-Umwelt bestehen. Es kommt ein metallfreies LWL-Kabel mit folgendem Aufbau zur Anwendung (Fig. 2):

- 6 Monomode-Fasern
- Zugelemente aus Kevlar
- Nagetierschutz aus Glaskordeln
- Aussenmantel aus Kunststoff

Die wichtigsten Vorteile des LWL-Kabels sind bekanntlich:

- Immunität gegen elektrische und magnetische Felder (NEMP-sicher)
- Potentialtrennung zwischen Sender und Empfänger durch die Glasfaser
- grosse Bandbreite

- geringe Dämpfung ($\leq 0,5$ dB/km bei 1300 nm)
- geringes Gewicht (etwa 500 g/m)
- kleiner Aussendurchmesser (etwa 20 mm)
- kleine Biegeradien (≥ 30 cm)
- Lieferlängen bis 4 km
- keine Gefährdung des Montage- und Unterhaltspersonals durch Längsspannungen.

Im Bahnbetrieb hat die Immunität gegen elektrische und magnetische Felder grösste Bedeutung.

Bei der Planung einer Anlage ist ferner zu berücksichtigen, dass jede Spleissung sowohl beim Bau der Kabelanlage als auch bei späteren Reparaturen eine zusätzliche Dämpfung von etwa 0,1 dB erzeugt, was also der Dämpfung von ungefähr 200 m Kabel entspricht.

3.2 Spleissung

Die Spleissungen müssen mit Hilfe von speziell für diese Verbindungstechnik entwickelten Spleissgeräten durchgeführt werden. Diese Geräte ermöglichen es, die sehr dünnen Glasfasern ($\varnothing 9 \mu\text{m}$) präzise aufeinander auszurichten und durch Erhitzung im elektrischen Lichtbogen miteinander zu verbinden. Für die Positionierung werden in allen drei Richtungen (x, y, z) hochauflösende, piezokeramische Stellelemente verwendet. Diese werden von einem Mikroprozessor angesteuert, der mit Hilfe einer Lichtdurchtrittsmessung die optimale Ausrich-

tung der beiden zu verschweisenden Glasfasern ermittelt.

Die Arbeitsweise mit einem derartigen Gerät unterscheidet sich grundsätzlich von der Spleissttechnik für Kupferkabel. Das Montage- und Unterhaltspersonal wird in speziellen Spleisskursen mit der neuen Arbeitstechnik vertraut gemacht.

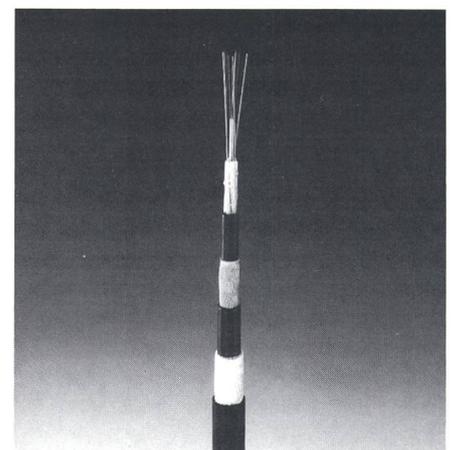
3.3 Stecker und Muffen

Als lösbare Verbindung wird die Singlemode-Kupplung, Typ MMS-0, $\varnothing 3,5$ mm, von Diamond eingesetzt. Die typische Steckerdämpfung beträgt 0,6 dB bei 1300 nm. Dieser Stecker ist kompatibel mit dem heute bei den PTT eingesetzten Steckertyp. Obwohl er feldmontierbar ist, wird er von den SBB als Stecker mit Pigtail vorkonfektioniert eingesetzt. Er kann dann mit einer gewöhnlichen Verbindungsspleissung an das LWL-Kabel montiert werden. Dadurch entfallen die hohen Anschaffungskosten für das Montagewerkzeug und die entsprechende Ausbildung des Montagepersonals. Die Stecker werden in einem Endverschluss, direkt bei den Leitungsausrüstungen, untergebracht.

Zur Aufnahme und zum Schutz der Glasfaserspleisse werden spezielle Kunststoffmuffen verwendet. Sie können bis zu 20 Glasfaserspleisse aufnehmen, sind 310 mm lang, 135 mm breit und haben ein Gewicht von 1,5 kg.

3.4 Verlegungsart

Das LWL-Kabel wird grundsätzlich zusammen mit einem FSK ausgelegt. Bei Hauptstrecken werden die Kabel in meistens vorhandene Kabelkanäle verlegt.



Figur 2 Aufbau des Glasfaserkabels für die SBB

Wo auf Nebenstrecken kein Kabelkanal vorhanden ist, werden die Kabel wie folgt verlegt: Der etwa 30 cm tiefe Graben erhält eine Sand- oder Splitt-einlage, auf die das Kabel gelegt wird. Das Kabel wird dann mit einem halben Zoreisen (mechanischer Schutz) abgedeckt, worauf der Graben zuge-schüttet wird.

4. Übertragungs-einrichtungen

Die Übertragungseinrichtungen stellen den unterschiedlichen Fernmel-debenutzern dienstunabhängige Kom-munikationswege zur Verfügung. Es müssen Kommunikationswege für fachspezifische Anlagen bzw. Netze bereitgestellt werden für:

- den Betrieb
- die Kraft- und Unterwerke
- den Fahrleitungsdienst
- das Sicherungswesen
- das SNA- (System-Netzwerk- Architektur-)Datennetz.

Es ist anzunehmen, dass auf den heute und in Zukunft wichtigen Strecken mit intensivem Verkehr der Bedarf an hochwertigen Kommunikationskanälen noch steigen wird, dies insbesondere durch die vermehrte zentralisierte Überwachung und Koordination des Betriebsablaufes.

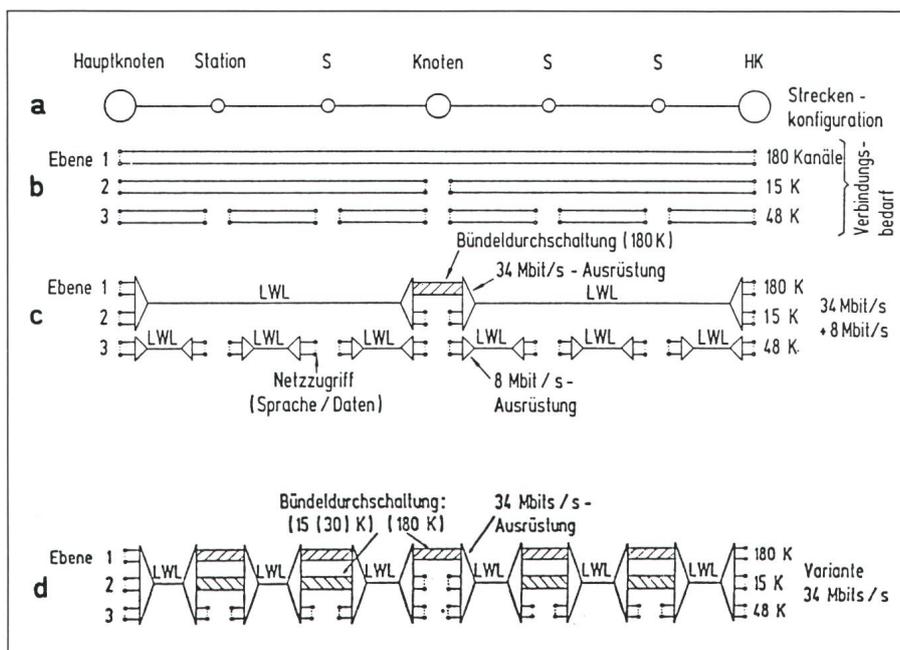
Es soll ein transparentes Übertra-gungsnetz geschaffen werden, das dem Anwender Kommunikationskanäle in verschiedenen Hierarchiestufen zur Verfügung stellt. Grundsätzlich sind drei Funktionsebenen vorgesehen (Fig. 3):

- Direkte Verbindungen der Hauptknoten in Ebene 1
- Erschliessung der Knoten über Ebene 2
- Stationsverbindungen in Ebene 3

Bestimmte, streckenbezogene Stromkreise müssen weiterhin auf Kupferadern (FSK, Ebene 4) betrieben werden. Langfristig sind aber auch dort neue Übertragungsverfahren anzustreben.

In Figur 3c und 3d sind zwei über-tragungstechnische Lösungen darge-stellt.

Für jede Stelle mit Kommunika-tionsbedarf ist ein Netzzugriff vorge-sehen, welcher dem Teilnehmer den



Figur 3 Zuordnung der Funktionsebenen im zukünftigen SBB-Netz

Der Verbindungsbedarf einer übertragungstechnisch zu erschliessenden Strecke gemäss a) wird in drei Funktionsebenen aufgeteilt (b).

Die «technischen Ebenen» müssen nicht den Funktionsebenen entsprechen, sondern können z.B. zwei-stufig (c) oder einstufig (d) ausgelegt sein.

Einstieg in das Übertragungsnetz er-möglicht. Die Teilnehmerschnittstelle gestattet die wahlweise Übertragung von Sprache, Text und Daten.

Zur Sicherstellung der Übertra-gungswege bei Systemausfall sind geeignete Ersatzwege (Dreiecksbildung) vorgesehen, wobei die Umweschaltung übertragungstechnisch (System-umschaltung) oder vermittlungstech-nisch (Umwegsteuerung durch intelli-gente Vermittler) erfolgen kann. Wäh-rend der Aufbauphase des digitalen Übertragungsnetzes ergibt sich ein ge-mischter Betrieb von analogen und digi-talen Strecken. Für Umweschaltun-gen muss eine gegenseitige System-kompatibilität gewährleistet sein.

5. Schlussbemerkungen

Die Mikroelektronik ermöglichte die Fortschritte in der digitalen Signal-verarbeitung und führte damit zur grossen Verbreitung der digitalen Übertragungstechnik. In der optischen Übertragungstechnik haben die Mo-nomode-Glasfasern dank ihrer gros-sen Bandbreite und kleinen Dämp-fung im Fernbereich die Multimode-Glasfasern verdrängt. Die optischen

Eigenschaften der Monomode-Glasfa-sern werden durch verfeinerte Fabri-kationsmethoden künftig noch verbes-sert. Bei den wesentlichen Elementen der optischen Leitungsausrüstung, den elektro-optischen und opto-elektri-schen Wandlern, sind ausgereifte Pro- dukte auf dem Markt.

Die Stecker- und Spleisstech-nik ist soweit entwickelt, dass der prakti-sche Einsatz gewährleistet ist. Auch die Messgerätech-nik hat das Entwick-lungsstadium hinter sich. Felddaugli-che, kompakte Geräte werden angebo-ten.

Aufgrund der technischen und wirt-schaftlichen Gegebenheiten fällt heute ein Kostenvergleich mit der bisherigen Technik zugunsten der digitalen, opti-schen Übertragungstechnik aus. Die technische Entwicklung sowie die se-rienmässige Herstellung begünstigen eindeutig die neue Technik.

Erste Versuche mit einem LWL-Ka-bel haben die SBB ab 1984 auf der Strecke Zug-Luzern gemacht. Mit der Verlegung von LWL-Kabeln im Streckenkabelnetz wurde 1986 begonnen. Mit der Einführung der digitalen, opti-schen Übertragungstechnik entsteht langfristig ein den Bedürfnissen der SBB angepasstes, modernes Fernmel-denetz.