

Bedürfnisse, Wirtschaftlichkeit, Flexibilität = Nécessité, rentabilité, souplesse

Autor(en): **Trachsel, Rudolf**

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): **55 (1977)**

Heft 1

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-874107>

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.

Bedürfnisse, Wirtschaftlichkeit, Flexibilität Nécessité, rentabilité, souplesse

Rudolf TRACHSEL, Bern

621.315.212.4:621.395.44:621.395.741(494)

Zusammenfassung. Für die Hauptverbindungsstrecken des schweizerischen Fernmeldenetzes muss ein neuer Koaxialkabeltyp sehr hoher Leistungsfähigkeit eingeführt werden. Das neue Kabel muss sowohl analogen, als später auch digitalen Bedürfnissen gerecht werden. Anfänglich werden hauptsächlich 60-MHz-Frequenzmultiplex-Systeme eingesetzt, die später durch eine digitale Technik abgelöst werden. Der Übergang von der analogen zur digitalen Technik soll durch einfachen Austausch der Verstärker ermöglicht werden. Die CCITT¹-Empfehlungen werden soweit als möglich berücksichtigt. Die ersten Koaxialkabelanlagen mit dem neuen Kabeltyp befinden sich bereits im Bau. Es handelt sich um die ersten Teilstücke eines Verbindungsnetzes, das die Schweiz von Ost nach West und von Nord nach Süd durchqueren wird.

Résumé. Les principales artères du réseau suisse de télécommunications doivent être dotées d'un nouveau type de câble coaxial à très hautes performances. Ce nouveau câble doit à la fois convenir, dans l'immédiat, à la transmission de signaux analogiques et, plus tard, à celle de signaux numériques. Les systèmes de multiplexage en fréquence à 60 MHz du premier stade de réalisation seront peu à peu remplacés par des voies de communication fonctionnant en technique numérique. Le passage d'un système à l'autre doit pouvoir se faire par simple échange des amplificateurs. Dans toute la mesure du possible, il sera tenu compte des Avis du CCITT¹. Les premiers tronçons utilisant des câbles coaxiaux de ce genre sont déjà en voie de réalisation. Ils constituent les premiers jalons d'un réseau de jonction traversant la Suisse de l'est à l'ouest et du nord au sud.

Necessità, redditività, flessibilità

Riassunto. Per le assi principali di collegamento della rete svizzera delle telecomunicazioni si deve introdurre un nuovo tipo di cavo coassiale di efficienza molto alta. Il nuovo cavo deve soddisfare sia alle attuali esigenze di carattere analogico, sia a quelle future digitali. In un primo tempo si impiegheranno soprattutto sistemi a multiplex di frequenze che più tardi saranno sostituiti con tecniche digitali. Il passaggio dalla tecnica analogica a quella digitale deve poter essere attuato con la semplice sostituzione degli amplificatori. Per quanto possibile si tien conto delle raccomandazioni CCITT¹. Già sono in corso i lavori di costruzione dei primi impianti di cavi coassiali del nuovo tipo. Si tratta della prima sezione parziale di una rete di collegamento che attraverserà la Svizzera da ovest a est e da nord a sud.

1 Einleitung

Spätestens bei der Einführung des integrierten Fernmeldesystems IFS muss ein neues, sehr leistungsfähiges Übertragungssystem für digitale und analoge Fernleitungen bereitstehen. Obwohl alle Anzeichen dahin deuten, dass sich die Nachrichtentechnik mehr und mehr der digitalen Technik bedient, wird noch lange Zeit ein Bedarf an Frequenzmultiplex-Leitungen (FDM) bestehen bleiben. Deshalb musste ein Kabeltyp gewählt werden, der sowohl der digitalen als auch der analogen Technik genügt.

Für das Bezirksleitungsnetz wurde in der Schweiz vor wenigen Jahren ein sehr geeigneter Kabeltyp, nämlich das Minikoaxialkabel (0,65/2,8 mm) eingeführt. Infolge der verhältnismässig tiefen Kosten der Endausrüstungen für Puls-codemodulation (PCM) eignet sich diese Technik für kurze Strecken besonders gut. PCM-Systeme haben deshalb für Neuanlagen die bisherigen C-Träger (Kurzstanz-FDM-Systeme) schon vollständig abgelöst. Bereits wenige Jahre nach deren Einführung hat die Minikoaxialkabeltechnik in der Schweiz eine recht grosse Verbreitung gefunden, womit günstige Voraussetzungen für die Einführung des IFS geschaffen sind. Mit diesem Minikoaxialkabel konnte ein technisches System gefunden werden, das bei minimalen Initialkosten sowohl technisch als auch leistungsmässig sehr ausbaufähig und flexibel ist.

2 Bedürfnisse betreffend Fernleitungsnetz

Zu Beginn der achtziger Jahre kommt der Ausbau des Kleinkoaxialkabelnetzes praktisch zum Abschluss. Dann werden alle Fernämter, mit Ausnahme von Bulle FR und Schuls GR, an das Koaxialkabelnetz angeschlossen sein. Die 10tubigen Kleinkoaxialkabel weisen bei 12-MHz-Betrieb eine Kapazität von $4 \times 2700 = 10\,800$ Telefonkanälen auf. Dies genügt wohl für die mittleren und kleineren Bündel, nicht aber für die Fernleitungshauptachsen, wie Zürich-

1 Introduction

Il faudra disposer d'un nouveau système de transmission à hautes performances pour signaux numériques et analogiques, au plus tard à la date de mise en service du système de télécommunication intégré IFS. Bien que les télécommunications s'orientent clairement vers les techniques numériques, il est aujourd'hui déjà certain qu'on aura encore longtemps besoin de circuits à multiplexage en fréquence (FDM). De ce fait, on a dû choisir un type de câble répondant à la fois aux exigences de la transmission numérique et à celles de la transmission analogique.

Depuis peu d'années, le réseau des lignes rurales suisses a été équipé d'un type de câble très performant, à savoir le câble minicoaxial (0,65/2,8 mm). En raison du coût relativement favorable des équipements terminaux pour modulation par impulsion et codage (MIC), la technique numérique se prête particulièrement bien aux transmissions à courte distance. De ce fait, les systèmes MIC ont entièrement remplacé les installations à porteurs «C» (systèmes à courte distance FDM), lors de l'établissement de nouvelles installations. Peu d'années après leur introduction en Suisse, les câbles minicoaxiaux se sont largement imposés, ce qui a créé des conditions favorables à l'implantation du système IFS. Compte tenu des faibles coûts initiaux, le câble minicoaxial offre une grande souplesse d'emploi et s'adapte facilement aux exigences spécifiques, tant du point de vue technique que de celui du débit d'information.

2 Besoins au niveau du réseau interurbain

Au début des années 1980, le stade final d'extension des câbles coaxiaux à paires de petit diamètre sera pratiquement atteint. A ce moment-là, tous les centres interurbains, à l'exception de ceux de Bulle FR et de Schuls GR seront reliés au réseau des câbles coaxiaux. Exploités à 12 MHz, les câbles coaxiaux à 10 tubes de petit diamètre

¹ Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique

Bern–Lausanne–Genf. Eine Berechnung hat ergeben, dass auf den Hauptverbindungsstrecken eine Kapazität entsprechend 30 000–50 000 Telefonleitungen notwendig ist, worin eine Reserve für Breitband- und Datenübertragung von etwa 10% inbegriffen ist.

Der neue Kabeltyp wird im Zeitraum von 1978...2000 zum Einsatz gelangen. Unter Berücksichtigung der Lebensdauer von etwa 30 Jahren wurde die Leistungsberechnung für das Jahr 2020 vorgenommen. Selbstverständlich besteht durchaus die Möglichkeit, dass die Koaxialkabeltechnik bereits in den nächsten 10...20 Jahren durch neue Übertragungsmedien, zum Beispiel optische Faserkabel, ersetzt wird. Die Bauplanung darf sich jedoch nicht auf technische Spekulationen einlassen, weshalb in der Schweiz für die konkrete Bauplanung immer auf betrieblich geprüfte Systeme abgestützt wird. Sobald neue technische Systeme einen genügenden betrieblichen Reifegrad erreicht haben, werden diese in die Planung einbezogen.

Die Leistungsberechnung stammt noch aus der Zeit vor der Wirtschaftsrezession. In einer neuen Prognose müsste der Planungswert um etwa 20% gekürzt werden. Auf die Wahl des Kabeltyps hätte dies jedoch keinen Einfluss, weil die 10tubigen Koaxialkabel keiner internationalen Norm entsprechen.

3 Systemwahl, Wirtschaftlichkeit

Folgende Kabeltypen und Übertragungssysteme wurden in die Systemwahl einbezogen:

- 12tubige Jumbokoaxialkabel
3,7/13,5 mm 60 MHz FDM 560 Mbit/s PCM
- 12tubige Grosskoaxialkabel
2,6/ 9,5 mm 60 MHz FDM 560 Mbit/s PCM
- 18tubige Kleinkoaxialkabel
1,2/ 4,4 mm 12 MHz FDM 120 Mbit/s PCM
- Kombiniertes Kabeltyp mit 6 Jumbo-Tuben und 12 Kleinkoaxialtuben.

Die Minikoaxialkabel scheiden für das Fernnetz aus wirtschaftlichen und technischen Gründen aus. Die sehr hohe Verstärkerzahl würde sich ungünstig auf Preis und Qualität auswirken.

Das kombinierte Jumbo-Kleinkoaxialkabel schied verhältnismässig früh aus dem Evaluationsverfahren aus, weil einheitliche Kabelanlagen und damit eine uniforme Systemtechnik erhebliche Vorteile bieten. Einheitliche Systeme gestatten eine bessere Ausnutzung der Reserven, einfachere Spleissung der Tuben, übersichtlichere Einsatzplanung und Vereinfachungen beim Betrieb und Unterhalt. In bezug auf die Verstärkerfeldlängen hätten jedoch die Jumbo- und die Kleinkoaxialtuben eine gute Übereinstimmung ergeben.

In die Wirtschaftlichkeitsberechnung müssen grundsätzlich folgende Parameter einbezogen werden:

- Leitungslänge
- Leistungsfähigkeit
- Technik (PCM/FDM)
- Netzstruktur
- Kabeltyp

offrent une capacité de transmission de $4 \times 2700 = 10\ 800$ voies téléphoniques. Cela suffit pour les faisceaux moyens et petits, mais non pour les artères principales telles que celle de Zurich-Berne-Lausanne-Genève. Un calcul a montré qu'il était nécessaire de prévoir une capacité de 30 000...50 000 circuits téléphoniques sur les tronçons principaux, compte tenu d'une réserve d'environ 10% pour les transmissions à large bande et la transmission de données.

Le nouveau type de câble sera mis en service dans la période allant de 1978... 2000. En admettant une durée de vie de 30 ans, on a calculé sa capacité en fonction des besoins de l'an 2020. Il est bien entendu possible que la technique des câbles coaxiaux soit déjà supplantée dans les 10...20 ans à venir par de nouveaux moyens de transmission, par exemple les fibres optiques. Dans le domaine de la planification de construction, il est cependant impossible de s'appuyer sur des spéculations techniques, raison pour laquelle la planification concrète en Suisse a toujours été fondée sur des systèmes ayant fait leurs preuves dans l'exploitation. Dès que de nouvelles techniques atteignent une maturité suffisante, on les intègre dans la planification. Selon un nouveau pronostic, il faudrait réduire d'environ 20% les valeurs planifiées. Cela n'aurait pourtant aucune influence sur le type du câble, vu que les coaxiaux à 10 tubes ne répondent pas à une norme internationale.

3 Choix du système, considérations économiques

Lors du choix, on a tenu compte des types de câbles et des systèmes de transmission suivants:

- Câble coaxial de grande capacité (Jumbo) à 12 tubes
3,7/13,5 mm 60 MHz FDM 560 Mbit/s MIC
- Câble coaxial à 12 tubes
2,6/ 9,5 mm 60 MHz FDM 560 Mbit/s MIC
- Câble coaxial à 18 tubes
1,2/ 4,4 mm 12 MHz FDM 120 Mbit/s MIC
- Câble combiné à 6 tubes de forte capacité et 12 tubes de petit diamètre

L'emploi de câbles minicoaxiaux pour le réseau interurbain est exclu, en raison de considérations économiques et techniques. Le très grand nombre d'amplificateurs nécessaires exercerait une influence défavorable sur les coûts et sur la qualité de transmission. Lors du choix, le câble combiné à tubes coaxiaux de petit diamètre fut assez rapidement écarté, vu que des installations de câbles uniformes et un système homogène présentent des avantages certains. Des systèmes uniformes permettent une meilleure utilisation des réserves, une épissure simple des tubes, une planification claire de l'exploitation ainsi qu'un service et un entretien simplifiés. En ce qui concerne la longueur des sections d'amplification, les tubes à forte capacité ou les câbles à paires coaxiales de petit diamètre auraient en revanche fourni des résultats concordants.

Dans le calcul de la rentabilité d'un système, il faut toujours tenir compte des paramètres suivants:

- Longueur du circuit
- Capacité de transmission
- Technique utilisée (MIC/FDM)
- Structure du réseau
- Type du câble

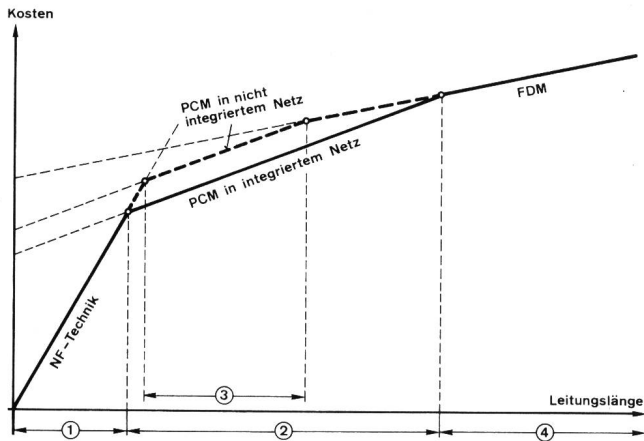


Fig. 1
Einsatzbereich der NF-, PCM- und FDM-Technik – Zone d'utilisation de la technique BF, MIC et FDM

Kosten – Coûts
 NF-Technik – Technique BF
 PCM in integriertem Netz – MIC dans le réseau intégré
 PCM in nicht integriertem Netz – MIC dans le réseau non intégré
 Leitungslänge – Longueur des circuits

4 Die Wirtschaftlichkeit als Funktion der Leitungslänge

Die PCM-Endausrüstungen sind kostenmässig rund 20% billiger als FDM-Endausrüstungen. In einem integrierten PCM-Fernmeldesystem werden zudem die Kanalmultiplexer zwischen den Vermittlungsstellen nicht benötigt, so dass hier Kosteneinsparungen im Vergleich zur heutigen FDM-Technik in der Grössenordnung von 30...40% möglich sind. Demgegenüber liegen die Leitungskosten pro Kilometer für digitale Systeme etwas höher als für analoge Systeme.

Figur 1 zeigt die grundsätzliche Abhängigkeit der Kosten und der Leitungslänge. Die kostengünstigste Anwendungsreihenfolge in Abhängigkeit zunehmender Leitungslänge lautet demnach:

- 1 Niederfrequenztechnik
- 2 PCM in integriertem Netz
- 3 PCM in nichtintegriertem Netz
- 4 FDM-Technik

Für das schweizerische Fernleitungsnetz kann die optimale Wirtschaftlichkeit ganz eindeutig durch eine konsequente Anwendung der integrierten PCM-Leitungs- und Vermittlungstechnik gefunden werden.

5 Wirtschaftlichkeit in Abhängigkeit von Kabeltyp, Übertragungssystem und Übertragungskapazität

Die Verhältnisse und Abhängigkeiten sind in Figur 2 dargestellt. Sie können wie nachstehend erwähnt interpretiert werden.

51 FDM-Technik

511 12tubiges 3,7/13,5-mm-Jumbokoaxialkabel 60 MHz

Diese Variante zeigt über den ganzen Bereich die verhältnismässig höchsten Kosten. Als grosser Nachteil müsste zudem bei diesem Kabeltyp der sehr grosse Durchmesser von 83 mm über Armatur in Kauf genommen werden. Dieses Kabel liesse sich nicht in die standardisierten Kunststoffrohr-Blockanlagen einziehen, und zudem

4 Relation entre la rentabilité et la longueur des circuits

Les équipements terminaux MIC sont environ 20% meilleur marché que les équipements terminaux FDM. Dans un système de télécommunication intégré MIC, on peut, de plus, renoncer aux multiplexeurs de voies entre les points de commutation, ce qui représente une économie de l'ordre de 30...40% par rapport à la technique FDM actuelle. En contre-partie, les coûts par kilomètre de circuits numériques sont quelque peu plus élevés.

La figure 1 montre la relation de principe entre les coûts et la longueur des circuits, en fonction de la technique appliquée. Le classement des domaines d'utilisation à partir du coût le plus faible par kilomètre conduit aux résultats suivants:

- 1 Technique basse fréquence
- 2 MIC (réseau intégré)
- 3 MIC (réseau non intégré)
- 4 Technique FDM (multiplexage par répartition en fréquence)

Au vu du graphique, il apparaît clairement qu'un optimum de rentabilité du réseau suisse des lignes interurbaines ne peut être obtenu que par l'emploi systématique de circuits et de techniques de commutation intégrés MIC.

5 Rentabilité en fonction du type de câble, du système et de la capacité de transmission

Les conditions et dépendances sont représentées à la figure 2; elles appellent les commentaires suivants.

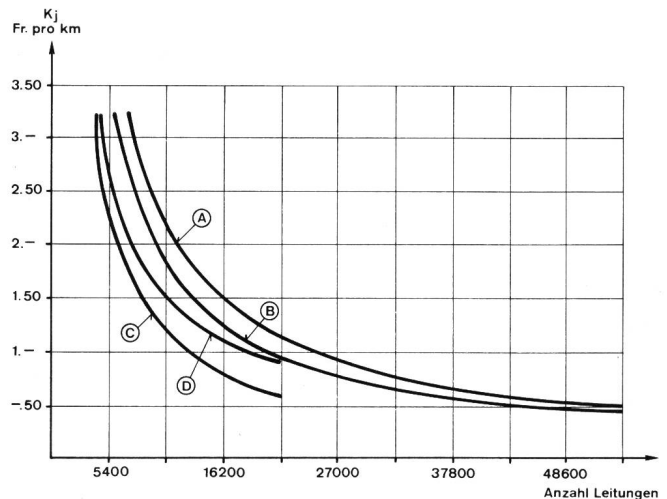


Fig. 2
Leitungskosten je km und Telefoniekanaal (angenommene Distanz 75 km) – Coûts des circuits par km et nombre de voies téléphoniques (distance admise 75 km)

- | | | |
|----------------------------------|-------------|--------|
| Kurve A für Koaxialkabel 12 R | 3,7/13,5 mm | 60 MHz |
| Courbe A pour câble coaxial 12 R | | |
| Kurve B für Koaxialkabel 12 R | 2,6/9,5 mm | 60 MHz |
| Courbe B pour câble coaxial 12 R | | |
| Kurve C für Koaxialkabel 4 R | 2,6/9,5 mm | 60 MHz |
| Courbe C pour câble coaxial 4 R | | |
| Kurve D für Koaxialkabel 18 r | 1,2/4,4 mm | 12 MHz |
| Courbe D pour câble coaxial 18 r | | |

In den Kurven A, B und D ist ein Ersatzsystem enthalten, während in Kurve C keines vorhanden ist – Dans les courbes A, B et D, on tient compte d'un système de remplacement, mais non dans la courbe C

Fr. pro km – Fr. par km
 Anzahl Leitungen – Nombre de circuits
 Kj – Jährliche Kosten – Frais annuels

müssten die sehr grossen Kabeltrommeln mit Spezialfahrzeugen transportiert werden. Übertragungstechnisch wies dieser dämpfungsarme Kabeltyp selbstverständlich einige Vorteile auf.

512 12tubiges 2,6/9,5-mm-Grosskoaxialkabel 60 MHz

Diese Variante erweist sich im gewünschten Bereich von 30 000...50 000 Leitungen als die günstigste. Kabeltechnisch handelt es sich im Prinzip um eine Erweiterung und Verbesserung der bestehenden Anlagen. Die Neuinvestitionen bei den Kabelfabriken sind am geringsten. Es besteht die Möglichkeit, diesen Kabeltyp beziehungsweise diese Koaxialtube sehr vielseitig einzusetzen.

513 18tubiges 1,2/4,4-mm-Kleinkoaxialkabel 12 MHz

Infolge zu kurzer Verstärkerabstände ist der Einsatz von 60-MHz-Systemen weder wirtschaftlich noch technisch empfehlenswert. Für 12 MHz weist diese Variante im Bereich unter 21 600 Leitungen eine gute Wirtschaftlichkeit auf. Für die Vergangenheit und Gegenwart stellt somit diese Variante der Kleinkoaxialkabeltechnik eine sehr gute Lösung dar, womit die Richtigkeit des Beschlusses der Generaldirektion PTT aus dem Jahre 1962 für den Einsatz 10tubiger Kleinkoaxialkabel bestätigt wird.

Für die Zukunft vermag jedoch diese Lösung den Anforderungen bezüglich Übertragungskapazität nicht zu genügen.

52 PCM-Technik

Beim Abschluss dieser Studie standen uns noch keine Preise für PCM-Leitungssysteme im Bereich von 560 Mbit/s zur Verfügung. Diese Kapazität ist notwendig, um auf eine mit einem 60-MHz-System einigermaßen vergleichbare Leistungsfähigkeit zu kommen (60 MHz = 10 800 Kanäle je System; 560 Mbit/s = 7680 Kanäle je System).

Die Variante *Jumbo-Koaxialkabel* für PCM fällt mit der gleichen Begründung, wie bereits unter 511 dargestellt, ausser Betracht (unvorteilhafte Kabeltechnik).

Kleinkoaxialkabel gestatten die Übertragung von 560 Mbit/s leider noch nicht, und es ist sehr ungewiss, ob dies je technisch möglich und wirtschaftlich sein wird, beträgt doch der Verstärkerabstand weniger als 1 km, was sich für Weitverkehrssysteme übertragungstechnisch nachteilig auswirken würde.

Demgegenüber muss festgehalten werden, dass sich die Kleinkoaxialkabeltechnik auf den weniger wichtigen Fernleitungsstrecken mit 140-Mbit/s-Verstärkern sehr gut eignet. Das bestehende 10tubige Kleinkoaxialkabelnetz bietet somit eine sehr gute Gewähr für eine erfolgreiche Einführung der PCM-Leitungstechnik auf unserem Netz für die mittleren und kleineren Verkehrsachsen.

Für die grossen Verkehrsachsen erweist sich somit das 12tubige Grosskoaxialkabel auch für die PCM-Technik am vorteilhaftesten.

6 Vergleich der zulässigen Verstärkerfeldlängen zwischen analogen und digitalen Systemen

Der zulässige Verstärkerabstand in Abhängigkeit der Übertragungskapazität und des Kabeltyps ist in *Figur 3* dargestellt.

51 Technique FDM

511 Câble coaxial 3,7/13,5 mm à 12 tubes 60 MHz

Les coûts comparatifs, selon cette variante, sont les plus élevés pour toute l'échelle des capacités admises. En outre, ce type de câble présente encore l'inconvénient majeur d'un très fort diamètre (83 mm mesuré sur l'armure). Ce câble ne pourrait être tiré dans les installations normalisées du système par blocs de tubes en matière plastique; par ailleurs, il faudrait transporter les bobines de câbles de très grandes dimensions avec des véhicules spéciaux. En revanche, ce type de câble présenterait évidemment certains avantages, vu l'affaiblissement minime dont il est affecté.

512 Câble coaxial 2,6/9,5 mm à 12 tubes de grand diamètre 60 MHz

Dans l'échelle des capacités désirées de 30 000...50 000 circuits, cette variante est la plus économique. Du point de vue des câbles, il s'agit en fait d'un agrandissement et d'une amélioration des installations existantes. Au niveau des fabriques de câbles, les investissements portant sur de nouvelles installations sont les plus faibles. Il est possible d'utiliser ce type de câbles ou de tubes dans des domaines très variés.

513 Câble coaxial 1,2/4,4 mm à 18 tubes de petit diamètre 12 MHz

Tant du point de vue économique que technique, il est peu recommandable d'utiliser des systèmes à 60 MHz avec ce câble, vu le grand nombre d'amplificateurs intermédiaires. A 12 MHz, pour une capacité inférieure à 21 600 circuits, la rentabilité est bonne. Un coup d'œil sur le passé et sur le présent montre que la technique des câbles coaxiaux de petit diamètre est une bonne solution et que la décision prise en 1962 par la Direction générale de l'Entreprise des PTT suisses d'utiliser de tels câbles à 10 tubes était fort pertinente.

A l'avenir, cette solution ne parviendra cependant pas à satisfaire aux exigences sous le rapport de la capacité de transmission.

52 Technique MIC

A l'achèvement de cette étude, nous ne disposons pas encore des prix concernant les circuits MIC fonctionnant dans la plage de 560 Mbit/s. Or, cette capacité est nécessaire, si l'on veut parvenir à des performances à peu près comparables à celles d'un système à 60 MHz (60 MHz = 10 800 voies par système; 560 Mbit/s = 7680 voies par système).

Pour les raisons évoquées sous le paragraphe 511, la variante des *câbles coaxiaux à forte capacité (Jumbo)* n'entre pas en considération pour le système MIC (technique des câbles peu avantageuse).

Les *câbles à paires coaxiales de petit diamètre* ne permettent malheureusement pas la transmission de signaux à 560 Mbit/s et l'on ne sait pas encore si cela sera un jour possible, tant du point de vue technique que de celui de la rentabilité. En effet, la longueur des sections d'amplification est inférieure à 1 km, ce qui est défavorable à l'égard de la transmission pour les systèmes de grande portée.

A l'opposé, il faut relever que la technique des câbles coaxiaux à paires de petit diamètre donne de très bons résultats dans les artères interurbaines moins importantes

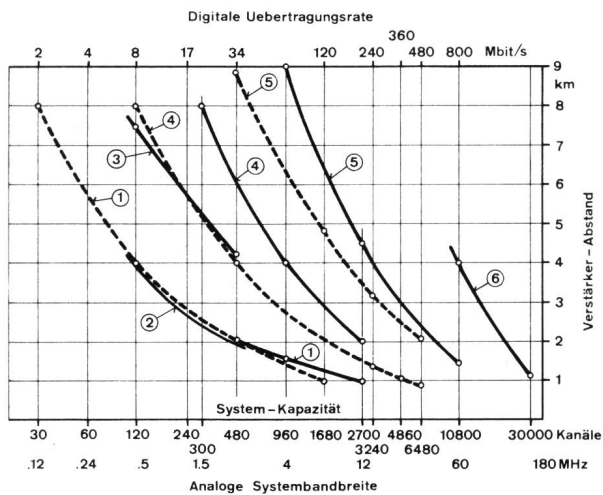


Fig. 3
Vergleich von Verstärkerfeldlängen zwischen analogen und digitalen Übertragungssystemen – Comparaison des sections d'amplification entre systèmes de transmission analogiques et numériques

- ① 2,8-mm-Minikoaxialkabel – Câble numérique minicoaxial 2,8 mm
- ② 0,6-mm-Paar-Kabel 28 nF/km – Câble à paires symétriques 0,6 mm 28 nF/km
- ③ 1,2-mm-Paar-Kabel 30 nF/km – Câble à paires symétriques 1,2 mm 30 nF/km
- ④ 4,4-mm-Kleinkoaxialkabel – Câble à tubes de petit diamètre 4,4 mm
- ⑤ 9,5-mm-Grosskoaxialkabel – Câble coaxial de grand diamètre 9,5 mm
- ⑥ 15-mm-Koaxialkabel (nicht normiert) – Câble coaxial 15 mm (non normalisé)

Digitale Übertragungsrate – Débit binaire
 Verstärkerabstand – Distance entre amplificateurs
 Systemkapazität – Capacité du système
 Analoge Systembandbreite – Largeur de bande en technique analogique
 Kanäle – Canaux
 — Analoge Übertragung (FDM) – Transmission analogique (FDM)
 - - - Digitale Übertragung (PCM) – Transmission numérique (MIC)

Die üblichen Verstärkerabstände betragen bei:

– Digitaltechnik

	34 Mbit/s (480 Telefonie- kanäle)	140 Mbit/s (1520 Telefonie- kanäle)	560 Mbit/s (6080 Telefonie- kanäle)
Kleinkoaxialkabel	4 km	2 km	1 km
Grosskoaxialkabel	9 km	4,5 km	2,25 km

– Analogtechnik

	12 MHz (2700 Telefonie- kanäle)	60 MHz (10 800 Telefonie- kanäle)
Kleinkoaxialkabel	2 km	–
Grosskoaxialkabel	4,5 km	1,5 km

Daraus folgt, dass infolge der hohen Bandbreite die Verstärkerabstände bei digitalem Übertragungssystem um rund 30% kürzer gewählt werden müssen als bei analogen Systemen. Dies ist der Hauptgrund, weshalb die digitalen Systeme höhere Kosten pro Kilometer verursachen als Analogsysteme.

7 Übertragung von Fernsehprogrammen über koaxiale Fernkabel

Obwohl die bestehenden 6-MHz- und 12-MHz-Koaxialkabelsysteme eine Übertragung von Fernsehprogrammen gestatten, wurde bisher in der Schweiz von dieser Möglich-

avec amplificateurs à 140 Mbit/s. Dès lors, le réseau des câbles à 10 tubes permettra sans doute d'introduire avec succès la technique MIC dans les tronçons de moyenne et de faible capacité du réseau.

En ce qui concerne les artères de trafic principales, le câble à 12 tubes de grand diamètre est sans doute le plus favorable également dans l'optique de la technique MIC.

6 Comparaison entre les sections d'amplification admissibles pour systèmes analogiques et systèmes MIC

La figure 3 montre l'écart admissible entre amplificateurs en fonction de la capacité de transmission et du type de câble.

Les écarts usuels entre amplificateurs sont:

– En technique numérique

	34 Mbit/s (480 voies télé- phoniques)	140 Mbit/s (1520 voies télé- phoniques)	560 Mbit/s (6080 voies télé- phoniques)
Câbles à tubes de petit diamètre	4 km	2 km	1 km
Câbles à tubes de grand diamètre	9 km	4,5 km	2,25 km

– En technique analogique

	12 MHz (2700 voies télé- phoniques)	60 MHz (10 800 voies télé- phoniques)
Câbles à tubes de petit diamètre	2 km	–
Câbles à tubes de grand diamètre	4,5 km	1,5 km

Il en résulte que les sections d'amplification sont environ 30% plus courtes dans les systèmes numériques que dans les systèmes analogiques, en raison de la grande largeur de bande. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle les coûts par kilomètre sont plus élevés dans les systèmes numériques que dans les systèmes analogiques.

7 Transmission de programmes de télévision par câbles coaxiaux interurbains

Bien que les systèmes de câbles coaxiaux à 6 MHz et à 12 MHz existants permettent la transmission de programmes de télévision, il n'a pas été fait usage de cette possibilité en Suisse jusqu'ici. L'infrastructure des liaisons de télévision repose entièrement sur les circuits à faisceaux hertziens. De plus, les points terminaux du réseau interurbain de téléphonie ne coïncident pas avec ceux du réseau de télévision.

Aujourd'hui, l'établissement du réseau de base de la télévision est pratiquement achevé; des liaisons complétant cette infrastructure peuvent être mises sur pied à un coût intéressant.

Le plan décennal de la Division de la radio et de la télévision de la Direction générale des PTT suisses ne prévoit pas la transmission de programmes de télévision par câ-

keit kein Gebrauch gemacht. Der Ausbau des Fernleitungsnetzes stützt sich vollständig auf die Richtstrahltechnik. Die Endpunkte des Telefonie-Fernnetzes stimmen örtlich mit jenen des Fernsehens nicht überein.

Der Ausbau des TV-Richtstrahl-Basisnetzes ist heute praktisch abgeschlossen; allfällige zusätzliche Verbindungen können aufgrund dieser Infrastruktur sehr günstig erstellt werden.

Im 10-Jahres-Plan der Radio- und Fernsehabeilung sind keine Übertragungen von Fernsehprogrammen über Fernkabel vorgesehen. Die langfristige Entwicklung ist aber schwer abzuschätzen. Da die Koaxialkabelanlagen ohne grossen Mehraufwand fernsehtauglich gebaut werden können, wurde beschlossen, die Toleranzen der Kabel so zu wählen, dass eine TV-Übertragung nicht ausgeschlossen wird. Dies betrifft in erster Linie die Impedanzregelmässigkeit der Kabelsektionen und die Stossdämpfungen in den Spleissungen.

8 Systemflexibilität für analoge und digitale Technik

Die notwendige Flexibilität in bezug auf die Leistungsfähigkeit ist durch den Einsatz von 12-MHz- und 60-MHz-Analogsystemen beziehungsweise von 34-Mbit/s-, 120-Mbit/s- und 560-Mbit/s-Digitalsystemen gut gewährleistet. Kritischer ist der Übergang von der Analog- zur Digitaltechnik. Um diesen zu erleichtern, wird gefordert, dass dieselben Verstärkerkasten sowohl analoge als auch digitale Anlagen beherbergen können. Um eine volle Flexibilität zu erreichen, wird auch gefordert, dass die Speisung jedes Verstärkers über den Innen- und Aussenleiter «seiner» Koaxialtube geschieht. Zur Sicherung des Bedienungspersonals vor Hochspannungsunfällen wird der maximale Strom zwischen einem beliebigen Aussenleiter und der Erde auf weniger als 50 mA begrenzt.

Ohne Mehrkosten wird eine weitere Erhöhung der Einsatzflexibilität durch einfaches Umstecken der Verstärker erzielt, so dass jede Tube des Kabels für beide Übertragungsrichtungen verwendet werden kann.

Die Aussenleiter des Kabels und die Verstärker können sowohl erdisoliert als auch geerdet betrieben werden. Neueste Erkenntnisse zeigen, dass eine Isolation der Aussenleiter übertragungstechnische Vorteile bringt. Damit bekennen wir uns in der Schweiz wiederum zur Technik der isolierten Aussenleiter, nachdem dieses System bei der Kleinkoaxialkabeltechnik aus Gründen der Wirtschaftlichkeit vorübergehend aufgegeben worden war.

9 Beschlüsse

Aufgrund eines Antrages der Planungskommission Fernmeldebau haben die Schweizerischen Fernmelde-dienste folgende Beschlüsse gefasst:

- Von 1978 an werden auf den Hauptachsen des schweizerischen Fernleitungsnetzes 12tubige Koaxialkabel 2,6/9,5 mm eingesetzt.
- Auf diesen Kabeln kommt vorerst die 60-MHz-FDM-Technik zur Anwendung. Später (von etwa 1982 an) werden über dieselben Kabel PCM-Systeme höherer Ordnung (120 und 560 Mbit/s) eingesetzt.
- In naher Zukunft sind keine Fernsehübertragungen über das Fernleitungskabelnetz geplant. Die Möglichkeit für solche Übertragungen soll jedoch nicht verbaut werden.

bles interurbains. Il est toutefois difficile de prévoir l'évolution à long terme. Vu qu'il est possible, sans grands frais supplémentaires, de construire des installations de câbles coaxiaux se prêtant aussi à la transmission de programmes de télévision, les PTT ont décidé de choisir les tolérances des câbles de manière à ne pas exclure les transmissions télévisuelles. Les paramètres entrant surtout en ligne de compte ici sont la régularité d'impédance des sections de câbles et l'affaiblissement de réflexion aux épissures.

8 Souplesse des systèmes à l'égard des techniques analogique et numérique

L'emploi de systèmes analogiques à 12 MHz et à 60 MHz ainsi que de systèmes numériques fonctionnant à des débits de 34 Mbit/s, 120 Mbit/s et 560 Mbit/s assure la souplesse nécessaire en matière d'acheminement du trafic. Le passage de la technique analogique à la technique numérique constitue un problème plus ardu. En vue d'assurer cette transition, on exige que les coffrets d'amplificateurs puissent aussi bien abriter des installations analogiques que des installations numériques. La souplesse d'exploitation visée veut aussi que chaque équipement puisse être alimenté par l'intermédiaire du conducteur intérieur et extérieur de «son» tube coaxial. Enfin, on a veillé à éviter tout accident dû au courant fort par une limitation à 50 mA du courant maximal entre tout conducteur extérieur et la masse.

Un autre accroissement de la souplesse d'emploi est encore atteint, sans augmentation du coût, par la possibilité d'enficher simplement les amplificateurs, ce qui permet d'utiliser chaque tube du câble pour les deux sens de transmission.

Il est possible d'exploiter les paires coaxiales et les amplificateurs avec ou sans mise à la terre. Des études récentes ont montré qu'il était favorable, du point de vue de la transmission, d'isoler les conducteurs extérieurs. C'est pourquoi nous sommes revenus en Suisse à la technique de l'isolation des conducteurs extérieurs, après l'avoir abandonnée quelque temps pour des raisons d'économie dans le réseau de câbles à paires de petit diamètre.

9 Décisions

Au vu d'une proposition de la commission de planification des équipements de télécommunications, les services des télécommunications suisses ont décidé ce qui suit:

- A partir de 1978, les artères principales du réseau interurbain suisse seront équipées de câbles coaxiaux à 12 tubes 2,6/9,5 mm.
- Pour l'instant, la technique 60 MHz FDM sera appliquée sur ces câbles. A une date ultérieure (à peu près à partir de 1982), ces câbles véhiculeront des signaux d'équipements MIC d'un ordre plus élevé (120 et 560 Mbit/s).
- Aucune transmission télévisuelle sur le réseau des câbles interurbains n'est prévue dans un avenir rapproché. Toutefois, la possibilité de réaliser de telles transmissions doit demeurer intacte.
- La construction de câble choisie est la variante comprenant 4 tubes centraux et 8 tubes disposés sur la couche extérieure.
- Les installations suivantes ont été approuvées: 1979 Bâle-Olten

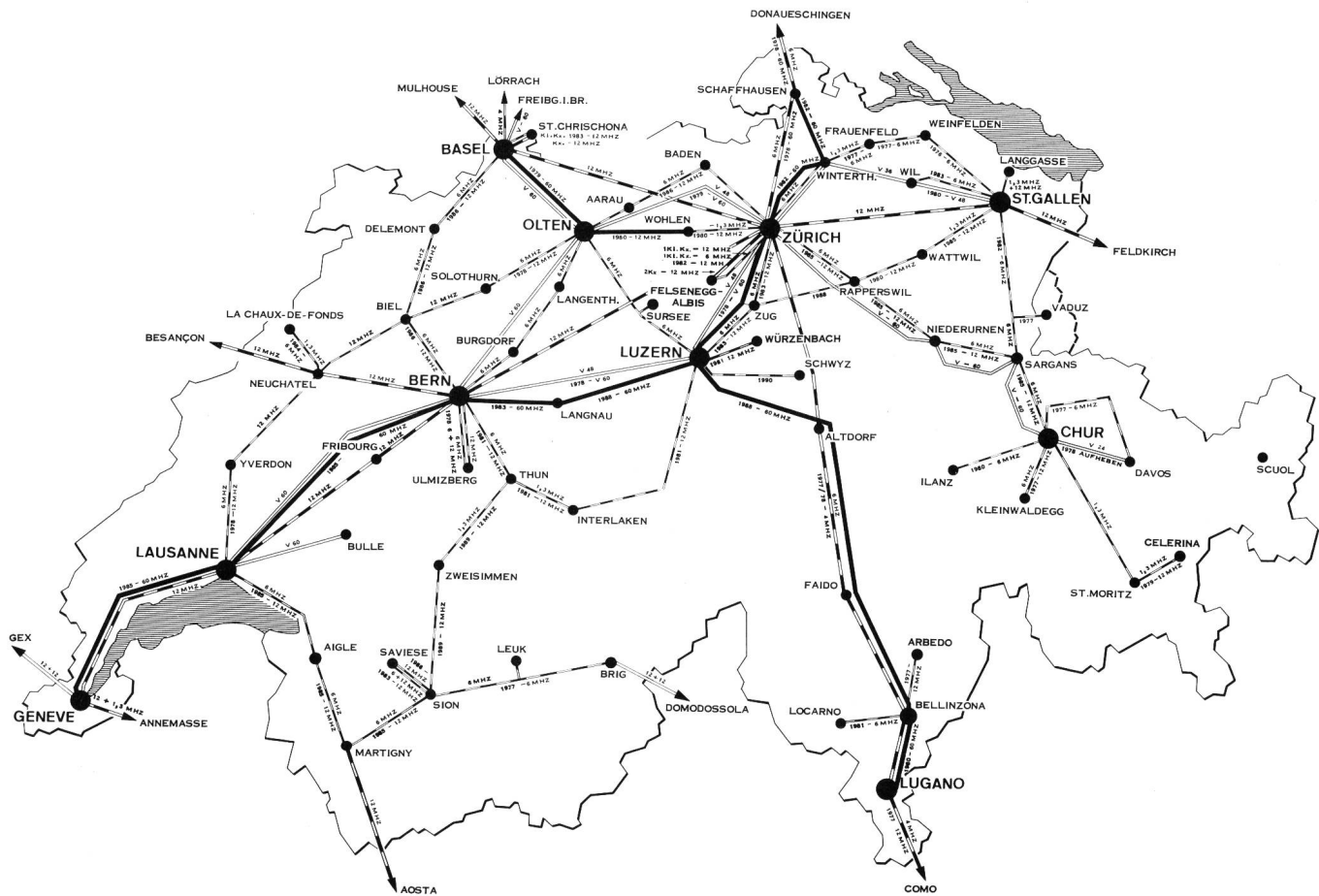


Fig. 4
Netz der paarsymmetrischen Trägerkabel, der Koaxialkabel 2,6/9,5 mm und der Kleinkoaxialkabel 1,2/4,4 mm – Réseau des câbles porteurs à paires symétriques, des câbles coaxiaux 2,6/9,5 mm et des câbles coaxiaux à paires de petit diamètre 1,2/4,4 mm
 10-Jahres-Planung 1978/87 – Plan décennal 1978/87
 Stand: Ende 1976 – Etat: fin 1976

— Paarsymmetrische Trägerkabel – Câbles porteurs à paires symétriques
 — Koaxialkabel 2,6/9,5 mm 12 R – Câbles coaxiaux 2,6/9,5 mm 12 R

— Koaxialkabel 2,6/9,5 mm 4 R – Câbles coaxiaux 2,6/9,5 mm 4 R
 - - - Kleinkoaxialkabel 1,2/4,4 mm – Câbles coaxiaux à paires de petit diamètre 1,2/4,4 mm
 Jahrzahl: Geplante Einschaltungen oder Erweiterungen – Année: Mises en service ou agrandissements prévus

- Als Kabelkonstruktion wird die Variante mit 4 Tuben im Zentrum und 8 Tuben in der äusseren Lage gewählt.
- Folgende erste Anlagen sind genehmigt:
 - 1979 Basel–Olten
 - 1979 Lugano–Bellinzona
 - 1980 Olten–Wohlen
 - 1981 Winterthur–Schaffhausen
- Weitere potentielle Ausbaumöglichkeiten sind in *Figur 4* dargestellt.

- 1979 Lugano–Bellinzona
- 1980 Olten–Wohlen
- 1981 Winterthur–Schaffhausen
- D'autres possibilités d'extension potentielles sont représentées à la *figure 4*.

10 Schlussfolgerungen

Mit dem neuen 12tubigen Koaxialkabel vom Typ 2,6/9,5 mm können sehr leistungsfähige Übertragungssysteme in analoger als auch digitaler Technik geschaffen werden. Diese Systeme werden sowohl quantitativ als auch qualitativ modernsten Ansprüchen genügen können. Die neue Technik benötigt in jeder Hinsicht einen sehr sorgfältigen Systemaufbau. Im besonderen muss die Kabelfabrikation hohen Ansprüchen genügen. Die Verstärker müssen sehr genau auf die Kabeleigenschaften abgestimmt werden, da sich bei der sehr grossen Anzahl Verstärker auch kleinste Fehler in unzulässiger Weise aufaddieren. Da das Kabel in der Lage ist, Übertragungsgeschwindigkeiten von einigen hundert Mbit/s zu bewältigen, werden diese Übertragungsmittel auch in der neuen digitalen Umwelt der Nachrichtentechnik Bestand haben können.

10 Conclusions

Le nouveau câble coaxial à 12 tubes du type 2,6/9,5 mm représente un moyen de transmission extrêmement efficace tant dans le domaine de la technique analogique que dans celui de la technique numérique. La quantité et la qualité des signaux que ces systèmes seront capables de véhiculer répondront aux exigences les plus récentes. Toutefois, la nouvelle technique impliquera à tous égards un mode de construction très soigné. La fabrication des câbles, en particulier, devra satisfaire à des critères sévères. Il sera nécessaire d'adapter très exactement les amplificateurs aux caractéristiques des câbles, étant entendu que les plus petites erreurs, vu le grand nombre des répéteurs, s'additionneraient dans une proportion inadmissible. Vu que ce type de câble décrit est en mesure d'acheminer des signaux à des débits binaires de plusieurs centaines de Mbit/s, il parviendra également à assurer le rôle qui lui est dévolu dans le domaine des télécommunications fondé sur la technique numérique.