

Die Wirtschaftlichkeit von PCM-Systemen und ihr Einsatz im schweizerischen Leitungsnetz = L'aspect économique des systèmes à modulation par impulsions et codage (MIC) et leur utilisation dans le réseau suisse des lignes

Autor(en): **Gfeller, Max**

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): **49 (1971)**

Heft 8

PDF erstellt am: **16.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-874292>

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.

Die Wirtschaftlichkeit von PCM-Systemen und ihr Einsatz im schweizerischen Leitungsnetz

L'aspect économique des systèmes à modulation par impulsions et codage (MIC) et leur utilisation dans le réseau suisse des lignes

Max GFELLER, Bern

621.376.56:621.395.7
621.395.74:621.376.56

Zusammenfassung. Die wirtschaftlich vorteilhaften Einsatzmöglichkeiten von PCM-Systemen sind für die Leitungsplanung von Bedeutung. Sie werden im Bezirksnetz als Funktion von Anlagelänge und Leitungszahl abgegrenzt, und zwar getrennt nach Einsatz auf vollbelegten, bestehenden Kabeln oder Neuanlagen. Im 10-Jahres-Plan sind bis 1980 jährlich 8 PCM-Anlagen vorgesehen, die zusammen 120 000 Leitungskilometer oder 15% des Bezirksnetzes ausmachen werden. Für die Fernnetzebene wird dargelegt, warum PCM-Anlagen nur ausnahmsweise vorgesehen werden, trotzdem sie auf kürzeren Distanzen wirtschaftlich sind. Für ein gesamtschweizerisches integriertes PCM-Netz wird zwischen den Netzgruppen wahrscheinlich ein neues Kabelnetz aufgebaut werden müssen.

Résumé. Les possibilités d'utiliser de manière économique et avantageuse les systèmes MIC sont importantes pour la planification des lignes. Dans le réseau rural, ces possibilités sont déterminées par la longueur de l'installation et le nombre des lignes, et varient selon qu'on a affaire à un câble entièrement occupé, à un câble existant ou à une nouvelle installation. Le plan décennal qui s'étale jusqu'en 1980 prévoit le montage annuel de 8 installations MIC, soit en tout 120 000 kilomètres lignes ou 15% du réseau rural. On explique les raisons pour lesquelles, sur le plan interurbain, le montage d'installations MIC restera l'exception, bien que ce système soit économique sur de courts tronçons. Pour un réseau MIC intégré reliant les groupes de réseaux de l'ensemble de la Suisse, il sera probablement nécessaire d'établir un nouveau réseau de câbles.

Economicità dei sistemi a modulazione di impulsi codificati (PCM) e il loro impiego nella rete svizzera delle linee

Riassunto. Le possibilità d'impiegare economicamente e in modo vantaggioso sistemi PCM è importante per la pianificazione delle linee. Nelle reti rurali queste possibilità sono delimitate quale funzione della lunghezza dell'impianto e del numero delle linee e ciò separatamente, secondo l'impiego su cavi esistenti interamente occupati o su impianti nuovi. Nel piano decennale si prevedono fino al 1980 il montaggio di 8 impianti PCM ogni anno; assieme costituiranno una lunghezza di 120 000 km di linee, ossia il 15% della rete rurale. Nel seguito si spiega, perché l'impiego di impianti PCM sulla rete interurbana è prevista solo in casi eccezionali, malgrado siano economici su distanze più brevi. Per costituire una rete PCM integrata per il collegamento tra tutti i gruppi di reti della Svizzera si dovrà stabilire una nuova rete di cavi.

1. Allgemeines

Wie jede andere Unternehmung müssen auch die PTT-Betriebe der Frage der Wirtschaftlichkeit grösste Beachtung schenken. Im Bereiche der Übertragungstechnik hat die Mehrfachausnützung von Leitungen unter Anwendung der Trägerfrequenztechnik dazu reichlich Gelegenheit geboten; trotz zunehmender Ansprüche an die Übertragungsqualität konnten die Leitungskosten gesenkt werden. Seit Ende des zweiten Weltkrieges wurden die verschiedensten, laufend verbesserten Systeme – es handelte sich ausschliesslich um Frequenzmultiplexanlagen – auf paarsymmetrischen und koaxialen Kabeln sowie auf Richtstrahlverbindungen gebaut. Heute verlaufen im schweizerischen Telephonnetz im Fernnetzbereich 90% der insgesamt 2 900 000 Leitungskilometer und in der Bezirksnetzebene 17% der 500 000 Leitungskilometer über Trägerfrequenzkanäle.

Dank der raschen Entwicklung auf dem Gebiete der Halbleiter hat in den letzten Jahren die Technik der Puls-Code-Modulation (PCM) grosse Fortschritte gemacht. In verschiedenen Ländern, vorab in den USA, in Japan und Grossbritannien stehen PCM-Übertragungssysteme bereits in grosser Zahl im Betrieb. Im schweizerischen Leitungsnetz wurden erstmals 1969 zwei 24-Kanal-Anlagen eingesetzt, und seit 1970 sind 30-Kanal-Systeme in für unsere Verhältnisse ansehnlicher Zahl zur Anwendung vorgesehen [1].

Es war die Aufgabe der Leitungsplanung, die wirtschaftlich vorteilhaften Einsatzgebiete für PCM-Systeme in den verschiedenen Netzebenen abzugrenzen, worüber hier berichtet werden soll. Dabei sind folgende allgemeinen Grundsätze zu erwähnen:

1. Généralités

L'entreprise des PTT doit, comme n'importe quelle autre entreprise, vouer toute son attention aux problèmes de la rentabilité.

Dans le domaine de la technique de transmission, l'utilisation multiple des circuits, faisant appel aux installations à courants porteurs, a maintes fois donné l'occasion de réduire les frais d'établissement des lignes, bien que les exigences en matière de qualité de transmission augmentaient. Les systèmes les plus divers et sans cesse améliorés (il s'agissait uniquement d'installations à multiplex de fréquences) ont été mis en service depuis la fin de la 2^e guerre mondiale sur des câbles à paires symétriques et coaxiales ainsi que sur des faisceaux hertziens. En Suisse, ce sont aujourd'hui 90% du chiffre total des 2 900 000 kilomètres lignes du réseau téléphonique interurbain et 17% des 500 000 kilomètres lignes du réseau rural qui empruntent des voies à courants porteurs.

Grâce au développement rapide dans le secteur des semi-conducteurs, la technique de la modulation par impulsions et codage (MIC) a accompli de grands progrès ces dernières années. De très nombreuses installations MIC sont en service dans différents pays, principalement aux Etats-Unis d'Amérique, au Japon et en Grande-Bretagne. Dans le réseau suisse des lignes, nous avons mis en service pour la première fois en 1969 deux installations à 24 voies et prévu depuis 1970 des systèmes à 30 canaux dans un nombre appréciable d'installations, compte tenu de notre situation.

Le service de la planification des lignes fut chargé de délimiter au niveau des différents réseaux les éléments favorables à l'implantation de systèmes MIC économiquement

- Alle Wirtschaftlichkeitsvergleiche zwischen verschiedenen Übertragungssystemen erfolgen auf der Basis der jährlichen Kosten (Amortisation, Verzinsung und Unterhalt), die über eine längere Zeitdauer, von zum Beispiel 20 Jahren, summiert werden.
- Entsprechend dem vorläufig geplanten Einsatz beziehen sich die Vergleiche auf Anlagen für Telephonie mit Leitungen für ein Frequenzband von 300...3400 Hz.
- Die allfällige spätere Eingliederung von PCM-Systemen in ein integriertes Netz kann nicht berücksichtigt und wertmässig ausgedrückt werden, da die Studien hierzu noch nicht genügend fortgeschritten sind.
- Qualitätsunterschiede verglichener Systeme sind ebenfalls nicht in Franken ausdrückbar und werden nicht berücksichtigt, solange die Bedingungen des Dämpfungsplanes 1966 durchwegs erfüllt sind [2].
- Die Zentralen, zwischen denen PCM-Systeme eingesetzt werden, sind mehrheitlich mit Leitungssätzen für Wechselstromwahl ausgerüstet. In den nachfolgenden Wirtschaftlichkeitsvergleichen wird durchwegs mit diesem System gerechnet.
- Trassekosten für Grabarbeiten, Kanalisationen, Kabelauslegung usw. sind je nach den topographischen Verhältnissen sehr unterschiedlich. Die hier aufgeführten Vergleiche wurden mit schweizerischen Mittelwerten gerechnet.
- Wo für PCM-Systeme bestehende Kabel benützt werden, müssen diese eine weitere Lebenserwartung von noch mindestens 15...20 Jahren haben.
- Gegen die Beeinflussung des HF-Telephonrundspruchs durch PCM-Systeme sind je nach Kabelgrösse, Aderdurchmesser und Beschaltung des Kabels mehr oder weniger aufwendige Massnahmen nötig. Die Vergleiche beruhen auf der Annahme, dass PCM-Systeme nur dort eingesetzt werden, wo derartige Massnahmen nicht erforderlich sind oder nur unbedeutend ins Gewicht fallen, das heisst es werden dafür keine zusätzlichen Kosten eingesetzt.

2. Die Wirtschaftlichkeit von PCM-Systemen im Bezirksleitungsnetz

2.1 PCM-Systeme in bestehenden Kabeln

Vorläufig werden PCM-Systeme am häufigsten auf bestehenden Bezirkskabeln eingesetzt. Dabei geht es bei voll belegten niederfrequenten Anlagen immer um die Frage, ob die Leitungserweiterung mit einer neuen Kabelanlage oder mit einem Mehrfachsystem im bestehenden Kabel erreicht werden soll. Die bisher im Bezirksnetz eingesetzten Frequenzmultiplexsysteme C5 und C6 sind sowohl bezüglich Aufwendungen für die Endausrüstungen wie auch Streckenkosten (bedeutend schlechtere Aderausnützung) ungün-

rentables, recherches qui font précisément l'objet du présent article. A ce sujet, il y a lieu de relever les principes généraux suivants:

- toutes les comparaisons de rentabilité entre divers systèmes de transmission se fondent sur les dépenses annuelles (amortissements, intérêts, maintenance), s'additionnant sur une période prolongée de 20 ans par exemple
- compte tenu de l'utilisation prévue actuellement, les comparaisons se rapportent à des installations pour la téléphonie dont les lignes sont conçues pour une bande de fréquences allant de 300 à 3400 Hz
- il n'a pas été tenu compte dans les estimations de la possibilité d'englober ultérieurement des systèmes MIC dans un réseau intégré, les études dans ce domaine n'étant pas encore assez avancées
- les différences de qualité des divers systèmes ne peuvent, elles aussi, point s'exprimer en francs, tant que les conditions du plan de transmission adopté en 1966 sont entièrement remplies [2]. Ces différences ont, par conséquent, été négligées dans la présente étude
- les centraux reliés par des systèmes MIC sont en grande partie munis d'équipements de lignes pour la sélection à courant alternatif. Les comparaisons d'ordre économique qui suivent se fondent uniquement sur ce mode de sélection
- les frais de tracé pour les travaux de fouilles, de canalisations et de pose de câbles sont très différents suivant les conditions topographiques. Les comparaisons retenues ici ont été calculées en s'appuyant sur des valeurs moyennes suisses
- lors de l'utilisation de systèmes MIC sur des câbles existants, il faut pouvoir compter sur une «durée de vie» restante des câbles d'au moins 15 à 20 ans
- l'influence des systèmes MIC sur la télédiffusion à haute fréquence nécessite, suivant la capacité du câble, le diamètre des conducteurs et l'occupation du câble, des mesures plus ou moins coûteuses. Pour les comparaisons qui suivent, nous avons admis que les systèmes MIC ne pourront être mis en œuvre que dans les cas où de telles mesures ne sont pas nécessaires ou qu'elles jouent alors un rôle assez négligeable pour n'entraîner aucuns frais supplémentaires.

2. Rentabilité des systèmes MIC dans le réseau téléphonique rural

2.1 Systèmes MIC sur des câbles existants

Pour l'instant, les systèmes MIC sont installés principalement sur des câbles ruraux existants. Il s'agit alors, pour les installations à basse fréquence entièrement saturées, de savoir si l'augmentation des circuits doit être réalisée par la mise en service d'un nouveau câble ou par un système

stiger als PCM-Systeme. Die nachfolgenden Vergleiche beschränken sich somit auf die Gegenüberstellung eines neuen Bezirkskabels und einer PCM-Anlage in einem bestehenden Kabel.

2.1.1 Strecke Fernendamt-Knotenamt oder direkt angeschlossenes Endamt

Bei gegebenen Endausrüstungs-, Verstärker- und Kabelkosten sind für die Wirtschaftlichkeit nebst den unterschiedlichen Aufwendungen für das Kabeltrasse hauptsächlich die Anlagelänge und die Leitungszahl ausschlaggebend. Vorerst wird für ein mittelgroßes Leitungsbündel der Einfluss der Leitungslänge auf die Kosten untersucht. Es wird angenommen, dass ein bestehendes 78paariges Bezirkskabel voll belegt sei. Die Prognose für den Leitungsbedarf in 20 Jahren – für diese Zeitspanne werden in der Schweiz Neuanlagen im Leitungsnetz dimensioniert – lautet für das entsprechende Bündel auf 270 Stromkreise, was einer mittleren jährlichen Zunahme um 6,5% entspricht. In der *Figur 1* sind für die beiden zu vergleichenden Varianten die

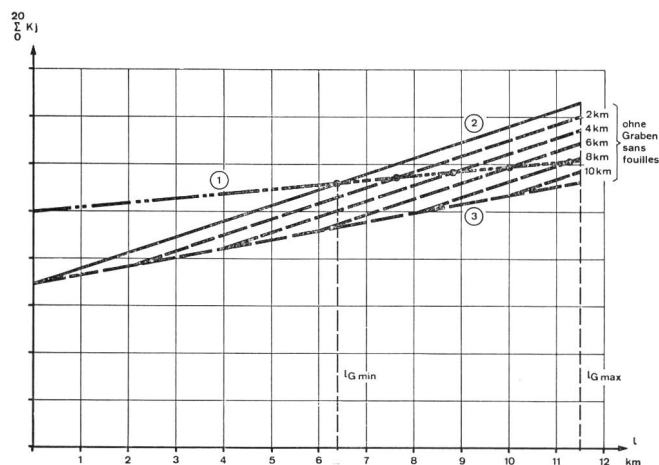


Fig. 1
Summe der jährlichen Kosten K_j für 20 Jahre in Abhängigkeit der Leitungslänge l auf der Strecke Fernendamt – Knotenamt beziehungsweise direkt angeschlossenes Endamt für:

- ① PCM-Anlage auf 8×2 Paaren eines bestehenden Bezirkskabels 78×2
 - ② Neues Bezirkskabel 128/0,6 mm, Stamm/Phantom pupinisiert, mit Grabenkosten auf gesamter Strecke
 - ③ Wie ②, jedoch ohne Grabenkosten
- $l_{G \min}$ und $l_{G \max}$ sind die minimale und maximale wirtschaftliche Grenzlänge

Montant des frais annuels K_j pour 20 ans en rapport avec la longueur des lignes l sur le tronçon «central terminus interurbain – central nodal ou central terminus directement raccordé»

- ① Installation MIC sur 8×2 paires d'un câble rural existant 78×2
 - ② nouveau câble rural 128/0,6 mm bases et fantômes pupinisés, avec frais de fouilles pour tout le tronçon
 - ③ identique à ②, toutefois sans frais de fouilles.
- $l_{G \min}$ et $l_{G \max}$ correspondent à la longueur limite économique minimum et maximum

multiplex à monter sur le câble existant. Les systèmes à multiplex de fréquences, types C5 et C6 exploités jusqu'ici dans le réseau rural, sont tant sur le plan des équipements terminaux que sur celui des frais de tracé (utilisation nettement moins favorable des conducteurs), moins économiques que les systèmes MIC. C'est pourquoi nous nous bornerons à comparer par la suite le coût d'un câble rural neuf avec celui de l'installation MIC sur câble existant.

2.1.1 Tronçon entre un central terminus interurbain et un central nodal ou un central terminus directement raccordé

Pour des frais d'équipements terminaux, d'amplificateurs et de câble donnés, les éléments décisifs pour la rentabilité sont, à côté des dépenses variables pour le tracé, surtout la longueur de l'installation et le nombre de circuits. Examinons tout d'abord, pour un faisceau de moyenne importance, l'influence que la longueur des lignes joue sur les frais. Admettons qu'un câble rural existant de 78 paires soit saturé. La planification des nouvelles installations dans le réseau des lignes se faisant, en Suisse, sur la base d'une estimation des besoins pour les 20 ans à venir, il est nécessaire de prévoir, dans le cas particulier, 270 circuits, ce qui correspond à une augmentation annuelle moyenne de 6,5%. La *figure 1* montre, pour les deux variantes comparées, la somme des frais annuels pendant 20 ans, en fonction de la longueur des lignes.

La variante «nouveau câble rural» se fonde sur la construction d'une nouvelle installation de câble rural 128/0,6 mm utilisant les bases et les fantômes. Ce nouveau câble couvre avec le câble 78×2 les besoins en lignes pour 20 ans. La connexion en 4 fils introduite dès 1965 en Suisse, jusqu'au niveau rural, exige que chaque ligne BF soit raccordée au central terminus interurbain par l'intermédiaire d'un amplificateur terminal qui lui est propre. Il en résulte ainsi, pour cette variante, des frais déjà relativement élevés, qui sont indépendants de la longueur des lignes. Les frais de tracé proprement dit se composent, d'une part, des dépenses en câble et en bobines Pupin, d'autre part des frais de tracé restants. Ceux-ci dépendent dans une mesure importante de la nécessité qu'il y a – sur des tronçons plus ou moins longs du tracé projeté pour le nouveau câble rural – de creuser quoiqu'il en soit une fouille (pour un câble d'abonnés, par exemple) ou de l'existence d'une canalisation pour tirer des câbles, avec une réserve de place suffisante. Les possibilités économiques qui résultent de telles situations sont représentées sur la figure 1, en tranches de 2 km.

La variante «installation MIC» prévoit l'utilisation de 8×2 paires du câble existant 78×2 , pour un équipement complet de 7 systèmes MIC à 30 voies, plus un système de remplacement, ce qui permet la création de 270 circuits. Les équipements terminaux sont mis en service par étapes,

Summen der jährlichen Kosten während 20 Jahren in Funktion der Leitungslänge aufgetragen.

Der Variante «Neues Bezirkskabel» liegt der Bau einer neuen Bezirksanlage 128/0,6 mm mit Stamm/Phantom-Ausnützung zugrunde, womit zusammen mit dem bestehenden Kabel 78×2 der Leitungsbedarf für 20 Jahre gedeckt ist. Die in der Schweiz von 1965 an eingeführte 4-Drahtdurchschaltung bis in die Bezirksebene bedingt, dass jede NF-Leitung über einen ihr fest zugeteilten Gabelendverstärker an das Fernendamt angeschlossen ist, wodurch bereits diese Variante verhältnismässig hohe, längenunabhängige Kosten aufweist. Die eigentlichen Streckenkosten setzen sich zusammen einerseits aus den Aufwendungen für Kabel und Pupinspulen und andererseits aus den übrigen Trasseekosten. Sie sind massgeblich davon abhängig, ob auf dem geplanten Trasse des neuen Bezirkskabels über mehr oder weniger lange Strecken ohnehin ein Graben, zum Beispiel für Teilnehmerkabel, ausgehoben werden muss, oder ob ein bestehendes Kabel-Einzugssystem mit genügender Reserve zur Verfügung steht. Die daraus resultierenden Einsparungsmöglichkeiten sind in Figur 1 in 2 km-Schritten berücksichtigt.

Bei der Variante «PCM-Anlage» werden 8×2 Paare des bestehenden Kabels 78×2 für einen Vollausbau mit 7 PCM-Systemen zu 30 Kanälen plus einem Ersatzsystem ausgerüstet, womit insgesamt ebenfalls 270 Leitungen möglich sind. Die Endausrüstungen werden dem Bedarf entsprechend zeitlich abgestuft eingesetzt. Die längenunabhängigen Kosten ergeben sich aus den Aufwendungen für die PCM-Endausrüstungen und den Kosten für die Gabelendverstärker der verbleibenden NF-Leitungen. In den Streckenkosten sind die Verstärker in Abständen von 1,83 km sowie die zu ihrer Unterbringung nötigen Schächte enthalten.

Die den Schnittpunkten in Figur 1 zugehörigen Längen werden als wirtschaftliche Grenzlängen l_G bezeichnet. Unterhalb der Länge l_G ist eine neue Kabelanlage, oberhalb die PCM-Anlage auf dem bestehenden Kabel wirtschaftlicher. Im angeführten Beispiel liegt der untere Extremwert von l_G bei 6,4 km und gilt für den Fall, dass auf der gesamten Strecke wegen des neuen Bezirkskabels Grabenkosten entstehen. Der obere Extremwert für l_G liegt bei 11,5 km. Dies ist aus Figur 1 nicht ersichtlich, aber darin begründet, dass die Ausführungsbestimmungen zum Dämpfungsplan 1966 für die hier diskutierten Strecken, wegen der begrenzten Leistungsfähigkeit der Gabelendverstärker, Kabel mit 0,6 mm Aderdurchmesser und Stamm/Phantom-Ausnützung nur bis maximal 11,5 km Länge zulassen. Für Strecken über 11,5 km muss entweder bei Kabeln 0,6 mm auf die Phantomausnützung verzichtet und somit ein um 50% grösseres Kabel ausgelegt oder aber der Aderdurchmesser auf 0,8 mm (bis maximal 25 km) oder 1,0 mm erhöht werden. Beide

selon les besoins. Les frais qui sont indépendants de la longueur de l'installation résultent des dépenses afférentes aux équipements terminaux MIC et des frais pour les amplificateurs terminaux des lignes BF restantes. Sont inclus dans les frais de tronçon, les amplificateurs intercalés tous les 1,83 km ainsi que les chambres nécessaires à les loger.

Les longueurs correspondant aux points de croisement mentionnés sur la figure 1 sont désignées comme longueurs limites économiques l_G . Au-dessous de la longueur l_G une nouvelle installation de câble est plus économique qu'une installation MIC montée sur un câble existant. Dans l'exemple présenté, la valeur inférieure extrême de l_G se situe vers 6,4 km, ce qui est valable pour le cas où la pose du nouveau câble rural engendrerait des frais de fouilles sur tout le tronçon. La valeur supérieure extrême de l_G se situe vers 11,5 km. Cette constatation ne ressort pas de la figure 1, mais découle des prescriptions d'exécution du nouveau plan de transmission de 1966. Selon ces dispositions et pour les tronçons dont il est question ici, l'utilisation de câbles à conducteurs de 0,6 mm de diamètre, exploités sur bases/fantômes, n'est autorisée que sur une longueur de 11,5 km, étant données les limites de rendement des amplificateurs terminaux. Pour couvrir des distances supérieures à 11,5 km, avec des câbles de 0,6 mm il est nécessaire soit de renoncer à l'utilisation des fantômes, partant de poser des câbles 50% plus gros, soit d'augmenter le diamètre des conducteurs à 0,8 mm, jusqu'à une longueur maximum de 25 km, ou alors à 1,0 mm. Ces deux variantes provoquent un renchérissement important de l'installation, ce qui fait que les équipements MIC constituent une solution plus rentable pour les câbles d'une longueur supérieure à 11,5 km.

L'influence du nombre des conducteurs sur la longueur limite économique l_G est représentée par la figure 2. Les calculs ont été établis de la même façon que pour l'exemple précédent. C'est avant tout pour les petits faisceaux que l'utilisation de systèmes MIC, sur des distances relativement courtes, est plus économique que la pose d'un nouveau câble. Malheureusement, ce sont également les câbles de faible capacité dans lesquels la présence conjuguée de la télédiffusion haute fréquence et des systèmes MIC peut créer des difficultés, voire empêcher l'utilisation de ces derniers. Il devient alors nécessaire, malgré la rentabilité théorique du système MIC, de poser un nouveau câble ou d'avoir recours à une installation à courants porteurs C 6. Avec les plus gros câbles utilisés pour les circuits de jonction (620/0,6 mm), la longueur limite économique se situe invariablement au-dessus de 10 km. C'est pourquoi, pour les réseaux intercentraux urbains, dont le nombre de conducteurs est de cet ordre de grandeur et dont la longueur ne dépasse que rarement 10 km, les installations MIC ne sont pas économiques et ne sont du reste pas retenues, jusqu'à nouvel avis, dans la planification.

Massnahmen verteuern die Kabelvariante wesentlich, so dass bei Längen über 11,5 km die PCM-Anlage jedenfalls die wirtschaftlichere Lösung darstellt.

Der Einfluss der Leitungszahl auf die wirtschaftliche Grenzlänge l_G ist in *Figur 2* dargestellt. Die Berechnungen erfolgten gleich wie für das vorerwähnte ausführlich dargestellte Beispiel. Es sind vor allem die kleineren Leitungsbündel, für die bereits auf verhältnismässig kurzen Strecken die PCM-Anlage wirtschaftlicher ist als der Bau einer neuen Kabelanlage. Leider sind es aber ebenfalls die kleinen Kabel, in denen das Nebeneinander von PCM-Systemen und HF-Telephonrundspruch Schwierigkeiten bereitet oder gar unmöglich ist, so dass, trotz theoretischer Wirtschaftlichkeit der PCM-Anlage, ein neues Kabel verlegt oder eine C6-Trägeranlage erstellt werden muss. Bei den grössten für Verbindungsleitungen verwendeten Kabeln 620/0,6 mm liegt die wirtschaftliche Grenzlänge durchwegs über 10 km. Aus diesem Grunde sind, nebenbei erwähnt, für die interzentralen Stadtnetze, deren Aderzahlen in dieser Grössenordnung liegen, deren Leitungslänge aber nur in wenigen Fällen 10 km übersteigt, PCM-Anlagen nicht wirtschaftlich und vorläufig auch nicht geplant.

2.1.2 Strecke Knotenamt-Endamt

Im Knotenamt wird zweidrähtig durchgeschaltet, so dass für die Strecke Knotenamt-Endamt bei der Variante «neues Bezirkskabel» keine Endverstärker erforderlich sind, längenunabhängige Kosten also lediglich für die Kabelkopfbuchten und die Übertragerspulen anfallen. Dafür sind jedoch Kabeladern mit grösserem Querschnitt und damit höheren Streckenkosten nötig. Der Dämpfungsplan 1966 sieht für diese Strecke als Richtwert eine maximale Restdämpfung von 0,3 N einschliesslich Übertrager vor, ein Wert, der mit 1,0-mm-Kabeln bis zu einer Länge von 11 km eingehalten werden kann. Die Verwendung grösserer Aderdurchmesser ist unwirtschaftlich, so dass für Bezirkskabeln über 11 km im Ortsnetz entsprechend weniger Dämpfung zugelassen werden darf.

Der Vergleich mit der PCM-Variante ist nur für 1,0-mm-Kabel sinnvoll, da für kleinere Aderdurchmesser die Kabelvariante in jedem Falle wirtschaftlicher ist. In *Figur 3* sind – gleich wie unter 2.1.1 – für ein mittleres Leitungsbündel (die Leitungszahl wurde zur Zeit 0 zu 60 angenommen) die Summen der jährlichen Kosten über 20 Jahre in Abhängigkeit der Länge aufgetragen. Die Phantomstromkreise dürfen bis 8,8 km ausgenützt werden. Es zeigt sich auch, dass bis zu dieser Länge ein neues Bezirkskabel durchwegs die wirtschaftlichere Lösung ist als eine PCM-Anlage. Im Gebiet 8,8 km...11 km ist vor allem für kleinere Leitungsbündel die PCM-Anlage günstiger als ein neues Bezirkskabel. Über 11 km bringt sie nicht nur wirtschaftliche Vor-

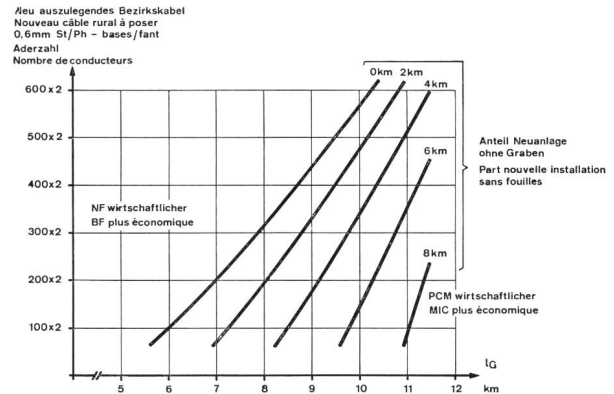


Fig. 2

Einfluss der Leitungszahl und der Grabarbeiten bei der Variante «neues Bezirkskabel» auf die wirtschaftliche Grenzlänge l_G für die Strecke Fernendamt – Knotenamt beziehungsweise direkt angeschlossenes Endamt

Influence du nombre des lignes et des travaux de fouilles dans la variante «nouveau câble rural», sur la longueur limite économique du tronçon «central terminus interurbain – central nodal ou central terminus raccordé directement»

2.1.2 Tronçon central nodal – central terminus

Le tronçon central nodal – central terminus étant connecté en deux fils, il n'est pas nécessaire de prévoir des amplificateurs termineurs et les frais indépendants de la longueur ne portent que sur les bâtis de têtes de câbles et les bobines de translation. Toutefois les conducteurs de ces câbles doivent être d'un diamètre supérieur, d'où des frais de tronçon plus élevés. Le plan d'affaiblissement de 1966 prévoit pour les sections considérées une valeur maximum de l'équivalent fixée à 0,3 N, y compris les translateurs. Cette valeur peut être respectée, avec des câbles à conducteurs de 1,0 mm de diamètre, pour des distances allant jusqu'à 11 km. L'utilisation de conducteurs plus gros n'étant pas économique, il est nécessaire de tolérer un équivalent inférieur dans le réseau local lorsque la longueur des câbles ruraux dépasse 11 km.

La comparaison avec la variante «MIC» n'est judicieuse que lors de l'emploi de câbles de 1,0 mm, vu que la variante «câble» est dans tous les cas plus économique pour des diamètres de conducteurs inférieurs. Comme indiqué sous le point 2.1.1, la *figure 3* représente pour un faisceau de lignes moyen (le nombre des lignes admis au début de la période étant de 60) la somme des frais annuels pour une durée des 20 ans, représentée en fonction de la longueur. Les circuits fantômes peuvent être utilisés sur des distances jusqu'à 8,8 km. Il y a lieu de remarquer qu'en dessous de cette longueur, la pose d'un nouveau câble rural est plus avantageuse que la mise en place d'une installation MIC. Entre 8,8 et 11 km c'est l'installation MIC qui devient plus économique surtout dans le domaine des petits faisceaux de lignes. Au-dessus de 11 km, la possibilité de respecter la

teile, sondern sie ermöglicht zusätzlich, den Richtwert von 0,3 N für die Restdämpfung einzuhalten.

2.2 PCM-Systeme in neuen Bezirkskabeln

Wenn auf einem Bezirksbündel die Leitungsreserven erschöpft sind, jedoch das bestehende Kabel die technischen Bedingungen weder für eine PCM- noch für eine C6-Trägeranlage erfüllt, so muss ein neues Bezirkskabel gebaut werden. In diesem Fall stellt sich die grundsätzliche Frage, ob auch in Zukunft Neuanlagen so zu dimensionieren sind, dass der Leitungsbedarf während 20 Jahren mit NF-Leitungen gedeckt werden kann oder ob Kabelanlagen bewusst mit kleineren Aderzahlen gebaut und bereits vorzeitig mit PCM-Systemen ausgerüstet werden sollen. Zur Klärung werden folgende drei Fälle für die Strecke Fernendamt-Knotenamt beziehungsweise direkt angeschlossenes Endamt untersucht:

- Deckung des Leitungsbedarfes für 20 Jahre durch ein neues Kabel ausschliesslich NF-mässig.
- Dimensionierung der Neuanlage mit NF-Leitungen für 10 Jahre; anschliessend Vermehrung mit PCM-Systemen.
- Auslegung eines Kabels mit minimaler Aderzahl und PCM-Einsatz von Anfang an.

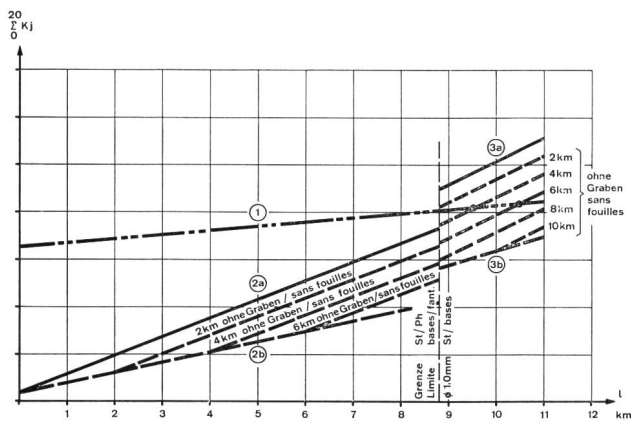


Fig. 3

Summe der jährlichen Kosten K_j für 20 Jahre in Abhängigkeit der Leitungslänge l auf der Strecke Knotenamt-Endamt für:

- ① PCM-Anlage auf 7 × 2 Paaren eines bestehenden Bezirkskabels 60 × 2
- ② Neues Bezirkskabel 104/1,0 mm, Stamm/Phantom pupinisiert
 - a) mit Grabarbeiten, b) ohne Grabarbeiten
- ③ Neues Bezirkskabel 160/1,0 mm, nur Stamm pupinisiert
 - a) mit Grabarbeiten, b) ohne Grabarbeiten

Montant des frais annuels K_j pour 20 ans en rapport avec la longueur des lignes l sur le tronçon «central nodal – central terminus» concernant:

- ① installation MIC 7 × 2 paires d'un câble rural existant 60 × 2
- ② nouveau câble rural 104/1,0 mm, bases et fantômes pupinisés
 - a) avec travaux de fouilles, b) sans travaux de fouilles
- ③ nouveau câble rural 160/1,0 dont uniquement les bases ont été pupinisées
 - a) avec travaux de fouilles, b) sans travaux de fouilles

valeur directive de 0,3N pour l'équivalent vient encore s'ajouter aux avantages d'ordre économique des systèmes MIC.

2.2 Systèmes MIC dans de nouveaux câbles ruraux

La pose d'un nouveau câble rural s'impose lorsque les réserves en lignes d'un faisceau sont épuisées et que les conditions techniques ne permettent de monter ni une installation MIC, ni des porteurs C 6. En ce cas, la question de principe se pose alors de savoir s'il est opportun pour le futur, de dimensionner les installations de manière que les besoins en lignes BF soient couverts pour les 20 ans à venir, ou si l'on doit sciemment poser des câbles de capacité plus faible, dans le dessein de les équiper à plus ou moins brève échéance de systèmes MIC. En vue de tirer cette question au clair, nous avons examiné les trois cas suivants pour le tronçon central terminus interurbain – central nodal, respectivement central terminus raccordé directement:

- couvrir les besoins en lignes pour 20 ans par un nouveau câble composé uniquement de lignes BF
- prévoir une nouvelle installation à lignes BF pour 10 ans; augmenter ensuite sa capacité par le montage de systèmes MIC
- poser un câble ayant un nombre minimum de paires et prévu dès le début pour une exploitation MIC.

L'ensemble des frais annuels pendant 20 ans en fonction de la longueur de l'installation pour un faisceau de lignes moyen, comme indiqué sous 2.1.1 est reporté dans la figure 4, pour ces trois variantes. Comme il fallait s'y attendre, les longueurs limites économiques pour l'exploitation d'installations MIC se situent largement au delà de celle des exemples qui précèdent. Cela s'explique, car s'il est déjà nécessaire de poser un nouveau câble, la prise en considération d'un nombre supplémentaire de paires ne joue, elle, plus un rôle prépondérant. Il s'ensuit donc que l'installation purement BF est la plus rentable jusqu'à une longueur de 15 km; dès 15 km, l'installation mixte (composée de lignes de réserve BF pour la première décennie) devient la plus avantageuse, l'installation purement MIC ne présentant aucun avantage économique, même pour une longueur de 25 km (plus de 95% des faisceaux ruraux n'atteignent pas cette longueur). Dans la pratique, il se révèle que de nouvelles installations de câbles ruraux également supérieures à 15 km sont encore calculées avec des lignes BF pour 20 ans; la raison en est que les prévisions à long terme peuvent malgré tout être dépassées. La mise en service anticipée de systèmes MIC ne présente cependant aucun désavantage d'ordre économique.

Comme déjà cité sous 2.1, la grandeur du faisceau de lignes exerce la même influence sur la longueur limite économique, qui augmente donc aussi pour les systèmes MIC au fur et à mesure que le faisceau grandit. En d'autres

In *Figur 4* sind für diese drei Varianten die über 20 Jahre summierten jährlichen Kosten in Funktion der Anlagelänge wiederum für ein mittelgrosses Leitungsbündel wie unter 2.1.1 aufgetragen. Erwartungsgemäss liegen die wirtschaftlichen Grenzlängen für den Einsatz von PCM-Anlagen bedeutend höher als bei den vorhergehenden Beispielen. Denn: wenn schon ein neues Kabel ausgelegt werden muss, fallen zusätzliche Aderpaare nicht mehr entsprechend ins Gewicht. So ist bis zu einer Länge von 15 km die reine NF-Anlage am wirtschaftlichsten. Über 15 km ist die gemischte Anlage, die mit NF-Leitungsreserven für die ersten 10 Jahre versehen ist, am vorteilhaftesten, während die reine PCM-Anlage auch bei 25 km Länge – mehr als 95% aller Bezirksleitungsbündel sind nicht so lang – noch keinen wirtschaftlichen Vorteil bringt. In der Praxis werden allerdings auch neue Bezirkskabelanlagen von mehr als 15 km Länge immer noch mit NF-Leitungen für 20 Jahre bemessen, und zwar aus dem einfachen Grunde, weil die langfristigen Prognosen doch hie und da übertroffen werden. Der in solchen Fällen notwendige vorzeitige Einsatz von PCM-Systemen bringt dann, wie das vorliegende Beispiel gezeigt hat, keine wirtschaftlichen Nachteile.

Die Grösse des Leitungsbündels hat auch hier den unter 2.1 erläuterten Einfluss auf die wirtschaftliche Grenzlänge, die für den Einsatz von PCM-Systemen mit zunehmender Bündelgrösse ebenfalls steigt. Dies bedeutet, dass es vor allem in den Einzugsgebieten der Ballungszentren, mit ihren grossen Leitungszahlen, angezeigt ist, auch in Zukunft NF-Reserven für 20 Jahre einzuplanen, sofern überhaupt genügend grosse Kabeltypen (maximal 620 × 2) vorhanden sind. Andererseits benötigt man Bezirkskabel für kleine und lange Leitungsbündel vorwiegend in Gebirgsgegenden. Dort fallen die hohen Trasseekosten überdurchschnittlich ins Gewicht, so dass bei Neuanlagen die reine NF-Variante wiederum im Vordergrund steht.

Schliesslich ist noch festzustellen, dass für die Strecke Knotenamt–Endamt die Verhältnisse ähnlich liegen wie für den Abschnitt Fernendamt–Knotenamt beziehungsweise direkt angeschlossenes Endamt. Da die Leitungslänge zwischen Knoten- und Endamt im allgemeinen kleiner ist – 95% der Bündel liegen unter 15 km – wird es auch hier als richtig erachtet, Neuanlagen mit NF-Leitungen für 20 Jahre zu bemessen.

3. Die Wirtschaftlichkeit von PCM-Systemen im Fernleitungsnetz

Die Gegenüberstellung der Kosten von Frequenzmultiplex- und PCM-Systemen ist für die Fernnetzebene im heutigen Zeitpunkt nur bedingt möglich, da hier nicht Gleichwertiges miteinander verglichen werden kann. Frequenzmultiplexsysteme werden im Fernnetzbereich einerseits auf 10tubigen 6-MHz-Kleinkoaxialanlagen 1,2/4,4 mm und andererseits auf

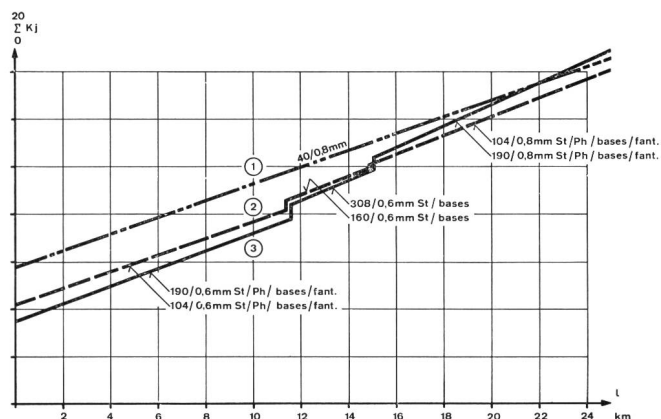


Fig. 4

Summe der jährlichen Kosten K_j für 20 Jahre in Abhängigkeit der Leitungslänge l auf der Strecke Fernendamt–Knotenamt beziehungsweise direkt angeschlossenes Endamt für:

- ① PCM-Anlage auf 10 × 2 Paaren eines neuen Bezirkskabels
- ② Neues Bezirkskabel und nach 10 Jahren PCM-Einsatz auf 6 × 2 Paaren
- ③ Neues Bezirkskabel ohne PCM

Montant des frais annuels K_j pour 20 ans en rapport avec la longueur des lignes l , sur le tronçon «central terminus interurbain – central nodal ou central terminus raccordé directement» concernant:

- ① installation MIC sur 10 × 2 paires d'un nouveau câble rural
- ② nouveau câble rural et après 10 ans d'installation MIC sur 6 × 2 paires
- ③ nouveau câble rural sans MIC

termes, c'est avant tout dans les régions à forte densité de population, où le nombre des lignes est également élevé, qu'il est judicieux de prévoir des réserves de circuits BF pour 20 ans, à condition que l'on dispose d'un type de câble suffisamment grand (au maximum 620 × 2). Des câbles ruraux de capacité plus faible et couvrant de grandes distances sont posés surtout dans les régions montagneuses. Les frais de tracé étant, pour ces installations, au-dessus de la moyenne, la solution faisant appel uniquement à des lignes BF est dans ce cas plus avantageuse.

Constatons enfin que les conditions entre central nodal – central terminus sont pratiquement les mêmes que pour le tronçon central interurbain – central nodal ou central terminus directement raccordé. La longueur des lignes entre un central nodal et un central terminus étant d'ordinaire plus courte (95% des faisceaux sont inférieurs à 15 km), il est également judicieux dans ce cas-là de calculer de nouvelles installations avec lignes BF pour 20 ans.

3. Rentabilité des systèmes MIC dans le réseau téléphonique interurbain

Mettre en regard les frais d'installation d'un équipement de multiplex de fréquences avec le coût d'un système MIC, au niveau du réseau interurbain, n'est possible de nos

4tubigen 12-MHz-Koaxialanlagen 2,6/9,5 mm ausgebaut. Beides sind Übertragungsmittel mit einer Kapazität von etwa 5000 Telefonstromkreisen, die ihrem Einsatz entsprechend mit aufwendigen Mess- und Schaltmöglichkeiten ausgerüstet sind. Im Fernnetz werden zudem Richtstrahlverbindungen mit 1800 allenfalls sogar 2700 Kanälen je Anlage zur Sicherung der Kabelverbindungen eingesetzt.

Die schweizerischen PTT-Betriebe verfügen vorderhand nur über ein 30-kanaliges PCM-System, das bezüglich Mess- und Schaltkomfort auf die Anwendung im Bezirksnetz ausgerichtet ist und vor allem für weniger grosse Leitungszahlen in Frage kommt. Korrekterweise müsste aber ein PCM-System mit Multiplexern höherer Ordnung für grössere Leitungszahlen je System und mit auf den Fernbetrieb ausgerichteten Mess- und Schaltmöglichkeiten zum Vergleich herangezogen werden. Dafür sind jedoch leider noch keine Kostenangaben vorhanden.

Der Wirtschaftlichkeitsvergleich in *Figur 5* zwischen einem PCM-Kanal, wie er im Bezirksnetz eingesetzt wird, und Frequenzmultiplexkanälen auf Koaxialkabeln ist somit nur unter den angebrachten Vorbehalten zu verstehen und gibt lediglich eine Grössenordnung der wirtschaftlichen Grenzlänge zwischen den beiden Systemen. Es ist daraus aber auch ersichtlich, dass die für PCM-Systeme noch wirtschaftliche Länge erhöht werden kann, wenn durch grössere Kanalzahlen je System und die damit verbundene bessere

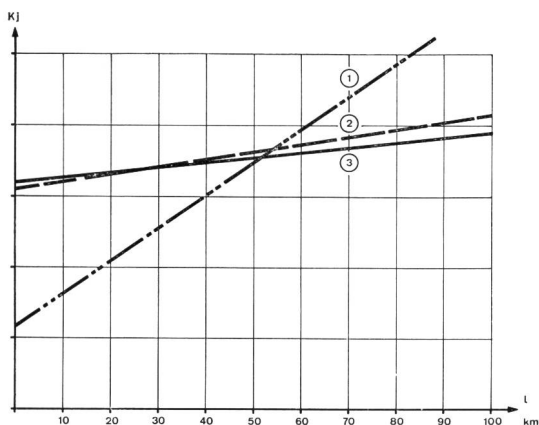


Fig. 5

Jährliche Kosten K_j pro Telefonie-Kanal in Abhängigkeit der Leitungslänge l im Fernnetz für:

- ① PCM-Kanal eines 30-Kanal-Systems
- ② Kanal einer 10tubigen 6-MHz-Kleinkoaxialanlage 1,2/4,4 mm
- ③ Kanal einer 4tubigen 12-MHz-Koaxialanlage 2,6/9,5 mm

Frais annuels K_j par voie téléphonique, en rapport avec la longueur des lignes l dans le réseau interurbain concernant:

- ① voie MIC d'un système à 30 voies
- ② voie d'une installation coaxiale à petit diamètre 1,2/4,4 mm, de 6 MHz et 10 tubes
- ③ voie d'une installation coaxiale 2,6/9,5 mm de 12 MHz et 4 tubes

jours que dans certaines conditions, la comparaison d'éléments semblables ne pouvant être entreprise. Dans le réseau interurbain, les systèmes à multiplex de fréquences sont montés sur des petits câbles coaxiaux à 6 MHz (10 tubes 1,2/4,4 mm) ou sur des câbles coaxiaux 12 MHz à tubes de 2,6/9,5 mm. Ces deux moyens de transmission, d'une capacité d'environ 5000 circuits téléphoniques, sont équipés de dispositifs de connexion et de mesure importants, en rapport avec leur utilisation. De plus, des liaisons à faisceaux hertziens, comprenant 1800, voire 2700 voies sont également utilisées pour des raisons de sécurité.

L'entreprise des PTT suisses ne dispose pour l'instant que d'un système MIC à 30 voies, dont les possibilités de connexion et de mesure relativement réduites sont prévues pour l'exploitation dans le réseau rural et s'appliquent en particulier à des installations dont le nombre des lignes n'est pas très élevé. Pour établir une comparaison valable, il faudrait le mettre face à face avec un système MIC à multiplexeurs d'une catégorie plus élevée, prévu pour un nombre de lignes par système plus grand, équipé de dispositifs de connexion et de mesure correspondant à l'exploitation interurbaine. A ce sujet, il n'existe malheureusement pour l'instant encore aucune donnée concernant les frais.

La comparaison de rentabilité représentée par la *figure 5*, entre une voie MIC utilisée dans le réseau rural et les voies pour le multiplexage de fréquences sur câbles coaxiaux ne peut être soutenue qu'en tenant compte des réserves précitées et ne donne qu'un ordre de grandeur de la longueur limite économique entre ces deux systèmes. Mais il est également possible d'en déduire que la longueur économique pour les systèmes MIC peut encore être prolongée lorsqu'on arrive à augmenter le nombre des voies par système, ce qui engendre une diminution des frais de tronçon, conséquence d'une meilleure utilisation des lignes. Ces résultats peuvent être atteints pour autant que le prix des équipements terminaux ne soit pas trop renchéri par les multiplexeurs nécessités en supplément. D'autre part, les efforts entrepris pour diminuer tout spécialement les frais des équipements terminaux des systèmes à multiplex de fréquences permettent de penser qu'en fin de compte la course reste ouverte dans le domaine de la rentabilité des systèmes de transmission du réseau interurbain.

4. Conclusions et perspectives

4.1 L'utilisation de systèmes MIC dans le réseau des lignes rurales

Les indications données sous 2 permettent de prévoir, sur le plan économique, un engagement avantageux des systèmes MIC pour une grande partie du réseau des lignes

Leitungsausnutzung die Streckenkosten gesenkt werden können, ohne die Endausrüstungen durch die zusätzlich nötigen Multiplexer wesentlich zu verteuern. Andererseits sind jedoch auch bei den Frequenzmultiplexsystemen Bestrebungen im Gange vor allem die Kosten der Endausrüstungen zu senken, so dass schliesslich das Rennen um die Wirtschaftlichkeit der Übertragungssysteme im Fernleitungsnetz weiterhin noch offen bleibt.

4. Schlussfolgerungen und Ausblick

4.1 Der Einsatz von PCM-Systemen im Bezirksleitungsnetz

Die Ausführungen unter 2. lassen den wirtschaftlich vorteilhaften Einsatz von PCM-Systemen für einen grossen Bereich des Bezirksleitungsnetzes erwarten, sind doch 45% der Bündel zwischen Fernendämtern und Knotenbeziehungsweise direkt angeschlossenen Endämtern länger als 11,5 km und 30% der Bündel Knotenamt-Endamt länger als 8,8 km. In der Praxis sieht es jedoch etwas anders aus; denn neben den Mindestanforderungen an Leitungszahl und -länge sind noch folgende Punkte zu berücksichtigen:

- a) Ein bestehendes Bezirkskabel muss in der Regel eine weitere Lebenserwartung von mindestens 15...20 Jahren aufweisen, damit sich seine Ausnutzung mit PCM-Systemen lohnt. Kurzzeitigere PCM-Einsätze werden nur dann geplant, wenn damit der Bau einer an sich wirtschaftlichen Bezirkskabelanlage um einige Jahre hinausgeschoben werden kann, um sie dann im gemeinsamen Trasse mit einer ohnehin zu erstellenden Anlage, wie einem Kleinkoaxialkabel, zu verwirklichen.
- b) Da vielerorts, und zwar vor allem auf langen Strecken, schon C-Träger eingesetzt sind und die entsprechenden Kabel bereits ein überdurchschnittliches Alter aufweisen, fallen derartige Strecken für die PCM-Ausnutzung oft ausser Betracht.
- c) In kleinen Kabeln bis zu 30 Paaren ist es nicht möglich, die beiden PCM-Übertragungsrichtungen auf zwei verschiedene Lagen zu verteilen, was zu Schwierigkeiten führen kann.
- d) Der im Band 175...340 kHz übertragene HF-Telephonrundspruch und PCM-Leitungen dürfen sich auf keinen Fall in der gleichen Lage des Kabels befinden; vielmehr ist dazwischen nach Möglichkeit eine Lage vorzusehen, die nur NF-Stromkreise enthält, was wiederum eine bestimmte Mindestkabelgrösse voraussetzt.
- e) In Bezirkskabeln geführte Teilnehmeranschlussleitungen, auf denen auch der HF-Telephonrundspruch übertragen wird, sind in vielen Fällen ebenfalls ein unüberwindbares Hindernis für die PCM-Ausnutzung solcher Kabel.

Die Beeinflussung des HF-Telephonrundspruchs durch PCM-Anlagen stellt ein schwieriges Problem dar, zu dessen Lösung es noch weiterer, eingehender Studien bedarf.

rurales; entre centraux terminus interurbains et centraux nodaux ou terminus directement raccordés, ce ne sont en effet pas moins de 45% des faisceaux dont la longueur est supérieure à 11,5 km, tandis qu'entre centraux nodaux et centraux terminus 30% des faisceaux ont une longueur supérieure à 8,8 km. Il en va toutefois un peu différemment dans la pratique, car, à côté des exigences minimum quant au nombre et à la longueur des lignes, il est nécessaire de tenir compte des points suivants:

- a) il faut pouvoir compter avec une durée de vie d'encore au moins 15 à 20 ans des câbles existants, pour que leur utilisation avec des systèmes MIC vaille la peine. L'engagement à court terme des systèmes MIC n'est planifié que lorsqu'il permet de retarder de quelques années la pose d'un câble rural, en elle-même rentable, pour la réaliser plus tard, dans un tracé commun avec un autre câble, un petit câble coaxial par exemple, qui de toutes façons devrait être installé.
- b) comme en maints endroits et avant tout sur de longs parcours des porteurs C sont déjà en service, et que l'ancienneté des câbles correspondants dépasse largement la moyenne, l'utilisation de systèmes MIC sur ces tronçons n'entre pas en considération.
- c) les petits câbles jusqu'à 30 paires ne permettent pas de répartir les deux sens de transmission MIC dans deux couches différentes, ce qui peut être la source de difficultés.
- d) les circuits MIC et de la télédiffusion HF, dans la bande de 175 à 340 kHz, ne peuvent en aucun cas être situés dans la même couche du câble; ces circuits doivent au contraire être séparés par une couche qui comprend uniquement des circuits BF, impératif qui implique de nouveau des câbles d'une certaine grandeur.
- e) les lignes pour le raccordement d'abonnés (utilisées également pour la transmission de la télédiffusion HF) dans les câbles ruraux peuvent être un obstacle à l'utilisation d'équipements MIC.

L'influence des installations MIC sur la télédiffusion HF est un problème épineux qui, si l'on veut arriver à le résoudre, doit faire l'objet d'études encore plus approfondies. Lorsque comme dans les cas c), d) et e) il n'est pas possible d'arriver à une solution satisfaisante, on a recours à une solution de rechange, en l'occurrence les porteurs C 6, pour autant que ceux-ci soient plus économiques que la pose d'un nouveau câble.

Malgré les difficultés inhérentes à la mise en service des systèmes MIC dans le réseau rural, le plan décennal des services des télécommunications prévoit, jusqu'en 1980, la construction de 8 installations MIC en moyenne par année. Ceci signifie que d'ici là, 15% de l'ensemble du réseau rural, soit 120 000 kilomètres lignes, transiteront par des installa-

Wo eine befriedigende Lösung in den Fällen c), d) und e) nicht möglich ist, werden vorläufig als Ausweichmöglichkeit C6-Träger verwendet, falls diese wirtschaftlicher sind als eine neue Bezirkskabelanlage.

Trotz diesen Einschränkungen für die Anwendung von PCM-Systemen im Bezirksleitungsnetz sieht der 10-Jahresplan der Fernmeldedienste bis 1980 den Bau von durchschnittlich 8 PCM-Anlagen in jedem Jahr vor, womit bis zu diesem Zeitpunkt vom gesamten Bestand des Bezirksnetzes rund 15% oder 120 000 Leitungskilometer über PCM-Anlagen geführt werden. Zusätzlich werden auf einzelnen Bezirksstrecken voraussichtlich PCM-Systeme für schnelle Datenübertragungskanaäle benötigt. Langfristige Prognosen über Ort und Umfang solcher Anlagen sind heute allerdings nicht möglich.

In den bisher gebauten Bezirkskabelanlagen sind keine besonderen Massnahmen für einen spätern Einsatz von PCM-Systemen getroffen worden. Bei den in den letzten Jahren erstellten Anlagen wurden aber grundsätzlich keine Anschlussleitungen für Teilnehmer mehr zugelassen. Ferner weisen diese neuern, nach wie vor mit NF-Leitungsreserven für 20 Jahre dimensionierten Kabel meist derart grosse Aderzahlen auf, dass die spätere PCM-Ausnützung nebst der HF-Telephonrundsprach-Übertragung möglich sein wird. Da jedoch im Blick auf ein integriertes PCM-Nachrichtennetz vermehrt, und nach und nach in allen Bezirkskabeln, mit der PCM-Übertragung zu rechnen ist, sind der Aufbau und die Montagetechnik solcher Kabel in der nächsten Zeit grundsätzlich neu zu überdenken.

4.2 Der Ausbau des Fernleitungsnetzes

Nach den Ausführungen in 3. sind PCM-Systeme unter Berücksichtigung der angebrachten Vorbehalte auf Fernleitungsstrecken bis 50 km wirtschaftlicher als Frequenzmultiplexsysteme. Im schweizerischen Leitungsnetz sind rund 5% der Fernleitungsbindel kürzer als 50 km. Es ist jedoch zu bedenken, dass die Kabelanlagen im Fernnetz höchstens in Ausnahmefällen für nur ein einziges Bündel benützt werden; in der Regel enthält ein Fernkabel mehrere Bündel, die über andere Kabelanlagen nach ihren entsprechenden Endpunkten verlängert werden. Mit andern Worten: ein grosser Teil der Fernleitungsbindel setzt sich aus zwei oder mehr Kabelabschnitten zusammen, wobei aus Qualitäts- und Wirtschaftlichkeitsgründen die Durchschaltung ganzer Leitungspakete, zum Beispiel in Form von Sekundärgruppen, angestrebt wird. Beliebige Durchschaltmöglichkeiten setzen eine einheitliche Modulationstechnik voraus, deren Bedeutung mit der zunehmenden Vermaschung des Netzes und der vermehrten Schaltung direkter Leitungsbindel noch wächst; PCM-Systeme gelangen somit im Fernleitungsnetz nur in Ausnahmefällen auf kurzen Strecken zur Anwendung.

tions MIC. En plus, il est probable que certains tronçons ruraux seront renforcés par des systèmes MIC pour créer des canaux de transmission de données. A ce jour, il est toutefois impossible d'établir des prévisions à long terme quant au lieu et à l'importance de telles installations.

Aucune mesure n'a été prise dans les installations de câbles ruraux construites jusqu'ici en vue de l'emploi ultérieur de systèmes MIC. Cependant, pour des raisons de principe, les lignes pour raccordements d'abonnés ne sont plus tolérées dans les câbles ruraux posés depuis quelques années. D'autre part, les câbles sont calculés comme par le passé avec des réserves de lignes BF pour 20 ans; la conséquence est la présence d'un nombre de paires généralement important, ce qui facilite l'utilisation de systèmes MIC aux côtés de la télédiffusion HF. L'évolution en direction d'un réseau d'information MIC intégré entraînera petit à petit l'adoption des systèmes MIC dans tous les câbles ruraux, évolution qui nécessitera à brève échéance de repenser fondamentalement la construction et le montage de tels câbles.

4.2 L'extension du réseau des lignes interurbaines

Comme constaté sous 3 – mises à part les réserves qui ont été formulées – les systèmes MIC restent, pour des tronçons de lignes interurbaines d'une longueur inférieure à 50 km, plus économiques que les systèmes à multiplex de fréquences. Dans le réseau téléphonique suisse, à peu près 5% des faisceaux de lignes interurbaines ont une longueur inférieure à 50 km. Mais il est bon de se pénétrer de l'idée que la mise à contribution d'un faisceau unique reste l'exception dans les installations de câbles du réseau interurbain; en règle générale, un câble interurbain contient plusieurs faisceaux qui empruntent d'autres installations de câbles pour rejoindre leurs points terminus correspondants. En d'autres termes, une grande partie des faisceaux de lignes interurbaines sont constitués de deux ou plusieurs tronçons de câbles, ce qui amène à rechercher – pour des raisons de qualité et de rentabilité – la commutation de paquets de lignes, sous la forme de groupes secondaires, par exemple. Des possibilités de connexion quelconques supposent une unité dans la technique de la modulation qui gagne encore en importance avec le resserrement des mailles du réseau et l'accroissement des connexions de faisceaux de lignes directes; ils en résulte, qu'à part quelques exceptions, les systèmes MIC ne sont pas utilisés sur de courts tronçons.

Pour le moment, l'extension du réseau téléphonique interurbain suisse continue de se faire à l'aide de systèmes à multiplex de fréquences [3]. Le développement du réseau des câbles coaxiaux de petit diamètre constitue le centre de gravité du plan décennal des télécommunications, réseau

Das schweizerische Fernleitungsnetz wird vorläufig noch mit Frequenzmultiplexsystemen [3] weiter ausgebaut. Nach dem 10-Jahresplan der Fernmeldedienste liegt dabei das Schwergewicht beim Ausbau des Kleinkoaxialnetzes, das heute zu etwa 30% erstellt ist und auch künftig im Jahr um 100 km 10tubiger Kabelanlagen erweitert werden soll. Die Kapazität des Koaxialnetzes 2,6/9,5 mm wird durch den Umbau vom 4- oder 6-MHz- auf den 12-MHz-Betrieb mehr als verdoppelt, während für die paarsymmetrischen Trägerkabel 24/1,3 mm, zwecks Modernisierung der Linienausrüstungen, der Umbau auf V-60-Betrieb vorgesehen ist. Richtstrahlverbindungen für 1800 oder allenfalls 2700 Kanäle, die für grosse Entfernungen wirtschaftlich sind, ergänzen mit durchschnittlich einer Anlage je Jahr das Kabelausbauprogramm.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass in den nächsten 10 Jahren die noch sanierungswürdigen niederfrequenten Fernkabel auf H-88,5/31,5 umpupinisiert werden. Bei dieser Gelegenheit ist beabsichtigt, auf diesen DM-Kabeln PCM-Anlagen einzubauen, mit denen nicht in erster Linie Leitungen für die Telephonie, sondern solche für schnelle digitale Datenübertragung geschaffen werden.

Auf welche Art in ferner Zukunft die PCM-Übertragung zwischen den Netzgruppen im Rahmen eines integrierten PCM-Netzes erfolgen soll, ist noch nicht abgeklärt. Jedenfalls wäre es schade, dafür Kleinkoaxialanlagen zu benutzen, das heisst einen Kabeltyp, der hohen Nebensprechanforderungen genügt, ausgerechnet für eine Modulationsart einzusetzen, die an die Nebensprechdämpfung minimale Bedingungen stellt. Ferner ist zu bedenken, dass PCM-Kanäle etwa 10mal mehr Bandbreite benötigen als Analogkanäle. Eine 6-MHz-Kleinkoaxialanlage müsste also PCM-mässig mit 60 MHz Bandbreite oder einer Bitfolgefrequenz von 120 Mbit/s betrieben werden, nur um die gleiche Kanalzahl wie heute zu übertragen. Es ist also damit zu rechnen, dass für ein integriertes PCM-Netz in der Fernebene, das heisst zwischen den Netzgruppenhauptämtern, ein neues Kabelnetz, wahrscheinlich ergänzt durch breitbandige Richtstrahlverbindungen, aufgebaut werden muss, für das der geeignete Kabeltyp noch zu suchen ist, der jedoch möglicherweise nicht allzusehr von den heute gebräuchlichen paar- oder sternverseilten symmetrischen Kabeln verschieden sein wird.

Bibliographie

- [1] *Ritschard R.* Der Einsatz von PCM-Anlagen im Bezirksnetz. Techn. Mitt. PTT 1970, Nr. 4, S. 136 ff.
- [2] *Valloton J., Nüsseler F.* Der Dämpfungsplan 1966. Techn. Mitt. PTT 1967, Nr. 9, S. 486 ff.
- [3] *Trachsel R.* Der Ausbau des schweizerischen Fernleitungsnetzes 1968–1988. Techn. Mitt. PTT 1968, Nr. 2, S. 49 ff.

qui est actuellement en service à raison de 30% environ et qui continuera de s'accroître chaque année de 100 km de câbles à 10 tubes. La capacité du réseau coaxial 2,6/9,5 mm sera plus que doublée par l'adaptation des installations de 4 et 6 MHz à une exploitation à 12 MHz et il est prévu de moderniser les équipements de lignes des câbles porteurs à paires symétriques 24/1,3 mm pour passer à l'exploitation sur système V-60. Des faisceaux hertziens de 1800, le cas échéant 2700 voies, qui sont économiques pour de grandes distances, complètent chaque année, par une installation en moyenne, le programme d'extension des câbles.

Pour être complet, mentionnons encore qu'au cours de la prochaine décennie, les câbles interurbains à basse fréquence dont l'assainissement se justifie seront repupinisés à 88,5/31,5 mH. A cette occasion il est prévu de monter sur ces câbles des systèmes MIC à l'aide desquels seront créés en premier lieu, non pas des circuits téléphoniques mais des canaux de transmission rapide de données sous forme digitale.

Il reste encore à examiner de quelle manière il sera possible, à longue échéance, de réaliser les transmissions MIC entre les groupes de réseaux, dans un réseau MIC intégré. De toute façon, il serait dommage d'utiliser à cet effet les installations de câbles coaxiaux de petit diamètre, c'est-à-dire un type de câble satisfaisant à des conditions de diaphonie sévères, pour un genre de modulation qui ne requiert pas des valeurs d'affaiblissement diaphonique élevées. Enfin, il ne faut pas perdre de vue que les voies MIC nécessitent une largeur de bande dix fois supérieure à celle des voies analogiques. Par conséquent, une installation coaxiale de petit diamètre devrait, du point de vue MIC, être exploitée avec une largeur de bande de 60 MHz ou une fréquence de succession des bits de 120 Mbit/s, ceci pour atteindre au moins le même nombre de voies qu'actuellement. Pour un réseau MIC intégré au niveau interurbain – reliant donc les centraux principaux des groupes de réseaux – il va falloir compter avec l'établissement d'un nouveau réseau de câbles qui pourra être complété par des faisceaux de liaisons hertziennes à large bande; il va sans dire qu'il faudra rechercher pour ce nouveau réseau, un type de câble approprié, dont les caractéristiques ne seront probablement pas très différentes des câbles à paires symétriques toronnés par paires ou en étoile.

Bibliographie

- [1] *Ritschard R.* Emploi d'installations à modulation par impulsions et codage (MIC) dans le réseau rural. Bull. techn. PTT (1970) N° 4, p. 136.
- [2] *Valloton J., Nüsseler F.* Le plan de transmission 1966. Bull. techn. PTT (1967) N° 9, p. 486.
- [3] *Trachsel R.* L'extension du réseau téléphonique interurbain suisse de 1968 à 1988. Bull. techn. PTT (1968) N° 2, p. 49.