

**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

**Herausgeber:** Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

**Band:** 25 (1947)

**Heft:** 6

**Artikel:** Grundlagen für moderne Telephonnetze

**Autor:** Keller, H.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-875762>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 06.04.2026

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

# TECHNISCHE MITTEILUNGEN

HERAUSGEGEBEN VON DER SCHWEIZERISCHEN POST-, TELEGRAPHEN- UND TELEPHONVERWALTUNG

## BULLETIN TECHNIQUE / BOLLETTINO TECNICO

PUBLIÉ PAR L'ADMINISTRATION DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES SUISSES

PUBBLICATO DALL'AMMINISTRAZIONE DELLE POSTE, DEI TELEGRAFI E DEI TELEFONI SVIZZERI

### Grundlagen für moderne Telephonnetze<sup>1)</sup>

Von H. Keller, Bern

621.395.74

*Die moderne Telephonie tendiert auf Verbindungen kleiner Dämpfung bei verbreitertem Frequenzband. Diese Qualitätsverbesserungen bedingen umfangreiche Änderungen in der Pupinisierung der Kabel und in der Schaltung der Leitungen in den bestehenden Netzen. Die Trägertechnik erlaubt eine bessere Vielfachausnützung der Leitungen und verschafft gleichzeitig die geforderte Qualität. Für den weiteren Ausbau der Fernleitungsbindel wird daher mit Vorteil die Trägertechnik herangezogen. Der Autor gibt die nötigen Hinweise, wie im schweizerischen Kabelnetz die wünschbaren Verbesserungen realisiert werden könnten.*

*La téléphonie moderne tend à établir des liaisons ayant un plus petit affaiblissement en même temps qu'une bande de fréquence plus large. Ces améliorations de qualité exigent de nombreux changements dans la pupinisation des câbles et dans la connexion des lignes des réseaux existants. La technique des courants porteurs permet une meilleure exploitation en multiple des lignes et procure en même temps la qualité exigée. En conséquence, il sera avantageux d'admettre la technique des courants porteurs pour le développement futur des faisceaux de lignes à grande distance. L'auteur donne les indications nécessaires sur la manière dont les améliorations désirées pourraient être réalisées dans le réseau suisse des câbles.*

An der 2. Tagung für elektrische Nachrichtentechnik in Bern (4. September 1943) hatte ich Gelegenheit, in einem Referat<sup>2)</sup> über die Qualität der telephonischen Übertragung zu sprechen. Das Thema, über das ich heute referiere, behandelt die Konsequenzen aus diesen früheren kritischen Betrachtungen. Lange vor dem zweiten Weltkrieg ist in Fachkreisen für Telephonie die Qualitätsfrage diskutiert worden. Die Erkenntnisse für moderne Über-

tragungsprinzipien für grosse Distanzen reiften viel rascher als der Wille und der Entschluss bei den meisten europäischen Telephonverwaltungen, grosse Summen einzig auf Konto Übertragungsgüte auszugeben. Der Krieg brachte auch hier grosse Wandlungen. Nach den gewaltigen Zerstörungen telephonischer Anlagen in den meisten europäischen Ländern standen die Verwaltungen vor neuen Situationen. Es handelte sich darum, rasch und billig moderne Telephonnetze erstehen zu lassen. So wird verständlich, dass in jüngster Zeit das CCIF (Comité consultatif international téléphonique) in seinen technischen Empfehlungen ziemlich impulsiv und sehr bestimmt vorgeht. Durch die frische Brise sind nun auch die Qualitätsfragen äusserst modern geworden.

#### I

Die neuesten Empfehlungen des CCIF zur Frequenzbanderweiterung mögen in den folgenden acht Punkten umschrieben sein:

1. Die Ausdehnung der Telephoniebandbreite von 300...3400 Hz für jede Verbindung von Abonnet zu Abonnet wird nicht nur für den internationalen Dienst empfohlen, sondern auch für interurbane Zwecke in den Ausrüstungen der einzelnen Länder, für Lokalnetze und Teilnehmerstationen.

2. Man verhüte, bei Neuanlagen Ausrüstungen zu verwenden, die das Frequenzband von 300...3400 Hz verengern.

3. Bestehende Ausrüstungen mit schmalen Frequenzband sollten umgebaut oder nur im Terminalverkehr auf kurze Distanzen verwendet werden, in Bündeln, die für internationale Verbindungen voraussichtlich nicht gebraucht werden.

4. Neuanlagen, die auf dem Trägerprinzip aufgebaut werden, haben die virtuellen Träger in Abständen von 4 kHz aufzuweisen. Wenn aus ökonomischen oder irgendwelchen andern Gründen noch tonfrequente Fernleitungen gebaut werden, soll die

<sup>1)</sup> Vortrag, gehalten an der 6. Tagung für elektrische Nachrichtentechnik am 21. Juni 1947 in Biel.

<sup>2)</sup> Techn. Mitt. PTT 1943, Nr. 6, S. 217.

Pupinisierung so gewählt werden, dass die Grenzfrequenz der Leitungen höher liegt als 4000 Hz und die eingeschalteten Verstärker einwandfrei im Band von 300...3400 Hz zu entzerren vermögen.

5. Pupinierte Bezirks- und Lokalnetze, die zum Anschluss an internationale Verbindungen in Frage kommen, müssen aus Kabeln mit einer Grenzfrequenz von ungefähr 4000 Hz bestehen.

6. Zweidrahtverstärker auf extra leicht pupinierten Kabelleitungen sollen in ihren Filterstromkreisen so geändert werden, dass das Sprechband 300...3400 Hz effektiv übertragen wird, sofern diese Leitungen dem Anschluss an internationale Verbindungen zu dienen haben.

7. Auch auf Vierdrahtleitungen mit extra leichter Pupinisierung ist das Sprechband zu erweitern durch Auswechslung der alten Filter in den Abschlusseinheiten.

8. Stromkreise mit mittelstarker Pupinisierung sind zu ändern, vorausgesetzt, dass sie nicht innerhalb einer angemessenen Zeitspanne ausschliesslich für kurze Verbindungen im internen Terminalverkehr verwendet werden können. Den Weitverkehr haben dabei moderne Installationen zu übernehmen.

Das CCIF hat auch die *Bezugsdämpfung der nationalen Systeme* einer Durchsicht unterzogen und neu formuliert. Nach den neuesten Empfehlungen sind heute noch Unterschiede zwischen dem Schalldruck vor dem Mikrophon des Gebers und dem Schalldruck am Hörer der empfangenden Station bis zu 4,6 Neper zulässig. Der Nullpunkt der Bezugsdämpfung<sup>3)</sup> ist bekanntlich fixiert im Ureichkreis in Paris (SFERT<sup>4)</sup>); für jede nationale oder internationale Verbindung müssen die elektroakustischen Werte den festgesetzten Bedingungen genügen. Während früher nur mit den Bezugsdämpfungen der Lokalsysteme gerechnet wurde (Abonnent bis zum ersten Lokalamt), erweiterte man den Begriff «Lokalsystem», indem man vom Teilnehmer bis und mit erstem Fernendamt (centre de groupement = premier bureau interurbain) rechnete. Für internationale Leitungen spricht man in allerneuester Zeit von den Bezugsdämpfungen der nationalen Systeme und rechnet dabei vom Abonnenten bis zu dem Punkt, wo die eigentliche internationale Leitung beginnt. Die neuen Empfehlungen des CCIF für die Bezugsdämpfungen der nationalen Systeme lauten nun:

1. Die Sendebezugsdämpfung des nationalen Systems (Abonnement bis Eingang internationale Leitung) soll 2,1 Neper nicht übersteigen.

2. Die Empfangsbezugsdämpfung des nationalen Systems (Ausgang internationale Leitung bis zum fernen Abonnenten) soll 1,5 Neper nicht übersteigen.

<sup>3)</sup> Bezugsdämpfung 0 Neper für das Senden entspricht 27 mV/ $\mu$ B und für das Empfangen 16  $\mu$ B/V.

<sup>4)</sup> SFERT = Système Fondamental Européen de Référence pour la Transmission téléphonique.

Wird in der internationalen Kopfstation eine Verstärkung eingeführt, so wird diese den Bezugsdämpfungen der nationalen Systeme angerechnet (Fall eines zusätzlichen Verstärkers). Wenn bei gewissen Durchschaltungen in der internationalen Kopfstation durch andere Massnahmen die nominale Restdämpfung auf Seite der internationalen Leitung gesenkt wird, so geht dieser Gewinn auf Konto der Bezugsdämpfungen der nationalen Systeme.

Damit erfolgt nun in Zukunft eine klare und unmissverständliche Aufteilung der maximal zulässigen Dämpfungen. Die maximal zulässige Bezugsdämpfung einer internationalen Verbindung zwischen zwei Abonnenten des gleichen Kontinentes setzt sich daher folgendermassen zusammen:

- 2,1 N für die Sende-Bezugsdämpfung des einen nationalen Systems;
  - 0,8 N Restdämpfung der internationalen Leitung zwischen extremen Kopfzentralen;
  - 0,2 N ca. für zeitliche Änderungen, zum Beispiel durch Temperatureinflüsse;
  - 1,5 N für die Empfangs-Bezugsdämpfung des andern nationalen Systems.
- 
- 4,6 N Grenzwert der totalen Bezugsdämpfung.

Mit der Einführung von neuen Teilnehmerstationen trachtete man in allen Ländern danach, neben der Frequenzbanderweiterung auch die Bezugsdämpfung zu verringern. So wird auch uns die neue schweizerische Teilnehmerstation eine Verbesserung von zirka 0,3 Neper beim Senden und 0,4 Neper beim Empfangen ermöglichen, total zirka 0,7 Neper. Trotzdem liegen die Bezugsdämpfungen des schweizerischen nationalen Systems ungünstig, weil wir bis heute für die interurbanen Leitungen von Fernendamt bis internationale Kopfstation verstärkte Zweidrahtleitungen benützen, deren Restdämpfung nicht wesentlich unter 0,8 Neper gebracht werden kann. Mit alter Station ist die Sende-Bezugsdämpfung unseres nationalen Systems 2,8 statt 2,1 Neper und mit der neuen Station 2,5 statt 2,1 Neper. Beim Empfang sind ähnliche Verhältnisse: 2,3 bzw. 1,9 statt 1,5 Neper, je nach verwendetem Stationstyp.

Das CCIF empfiehlt nicht nur für internationale Netze, sondern auch für die nationalen Netze der einzelnen Telephonverwaltungen die Konstruktion von ausgedehnten *Trägernetzen*, die in absehbarer Zeit die bisherigen interurbanen Tonfrequenznetze abzulösen haben. Nur auf diesem Wege erscheint es realisierbar, in spätern Jahren auch auf internationalem Bereich das breitere Frequenzband von Abonnent zu Abonnent durchzubringen. Trägerleitungen auf nicht pupinierten, symmetrischen Kabeln und auf Koaxialleiter-Kabeln haben beide den Vorteil grosser Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Sprechströme, also kleiner Laufzeit. Die Trägerleitungen ermöglichen daher auch allgemein, die sehr problematischen Echosperrern auf langen internationalen

Leitungen auszumerzen. Die Streitfrage: symmetrische, nichtpupinisierte Mehrleiterkabel contra Koaxialleiter ist dabei sekundärer Art, da beide Typen die gleiche Übertragungsqualität zu bieten vermögen. Interurbane Zweidrahtnetze mit der üblichen Zweidrahtverstärkertechnik gelten als veraltet und überholt.

Damit habe ich kurz die wesentlichsten Gedanken mitgeteilt, die den Ausgang der modernen telephonischen Übertragungstechnik darstellen, ohne auf die weitschichtigen Gebiete der Automatik und Signalisierung einzutreten, die durch diese Änderungen ebenfalls beeinflusst werden.

II

Eine kritische Betrachtung des schweizerischen Telephonnetzes ist hier am Platze. Jeder Beobachter und Kritiker wird zugeben, dass gerade in der Schweiz die Telephonie einen hohen Stand erreicht hat. Der Betrieb wickelt sich sozusagen ohne Wartezeiten ab. Die Automatisierung der Netzgruppen und die zum grössten Teil vollendete Fernwahlaufomatisierung, die vollständige Verkabelung unseres Leitungsnetzes und die im allgemeinen wenig beanstandete Qualität der telephonischen Übertragung im interurbanen Verkehr sind Aktiv-Posten, die nicht ohne weiteres begreifen lassen, dass nun unser Netz im Interesse der internationalen Aspekte in vielen wesentlichen Punkten geändert werden soll. Alle empfohlenen Richtlinien haben natürlich eine unliebsame finanzielle Seite. Die vorgeschlagenen Modernisierungen werden sehr viel Geld kosten. Lohnt es sich, auf Konto Qualitätsverbesserung grosse Summen in unserem Telephonnetz zu investieren? Bei näherer Betrachtung kommen wir zur Bejahung dieser Frage. Wohl sind wir heute noch mit unserem gut ausgebauten Netz an der Spitze von ganz Europa. Jeder ausländische Fachmann, der in der Schweiz unsere telephonischen Anlagen benützt, ist beeindruckt von der Raschheit und Sicherheit, mit der die telephonischen Verbindungen zustandekommen. Und wenn wir im Auslande sind, erkennen wir in gleicher Weise, dass unser eigenes Telephon in vielen Belangen im Vorteil ist. Auch unsere kritische Kundschaft ist im allgemeinen mit dem schweizerischen Telephon zufrieden. Die Empfehlungen des CCIF sind aber nicht gedacht für heute, sondern für morgen. Sie weisen darauf hin, in welcher Richtung die Entwicklung gehen wird.

Was wurde bei uns in dieser Richtung schon vorgekehrt? Nach den Beschlüssen von Montreux im Oktober 1946 wurde der erste entscheidende Schritt getan. Es wurde beschlossen, die Kabelpupinisierung zu ändern; statt der Pupinisierung mit Spulensätzen zu 177/63 mH (Millihenry) wird fortan die Pupinisierung 88,5/31,5 mH angewendet (also gerade die Hälfte). Die Änderung der Pupinisierung auf Bezirks- und Fernkabeln war sehr dringend. Wir sind heute in einer sehr intensiven Bauperiode. Jedes

Kabel, das noch mit der alten Pupinisierung ausgerüstet würde, müsste in einigen Jahren unter zusätzlichen Kosten geändert werden. Die übrigen Empfehlungen des CCIF werden teilweise von selbst realisiert, weil:

1. unsere Verwaltung daran ist, eine neue Teilnehmerstation mit verbreitertem Frequenzband und reduzierter Bezugsdämpfung einzuführen,
2. unser interurbanes Netz hauptsächlich in Form von Trägerleitungen erweitert wird.

Wenn wir mit der heutigen Praxis des massiven Ausbaues von Trägerlinien weiterfahren, so werden alle Hauptbündel, die die Fernknotenämter miteinander verbinden, zum grossen Teil aus modernen Leitungen bestehen. Damit wird von selbst das bisherige interurbane Zweidrahtnetz auf einen sekundären Platz gewiesen. Viel schwieriger wird sein, das bestehende, mittelstark pupinisierte Netz schrittweise zu ändern. Der Hauptausgabenposten auf ausgedehnte Bezirkskabelnetze und auf die Sammelleitungen entfallen, die die Fernknotenämter (FKA) mit den Fernendämtern (FEA) verbinden. Diese Massnahme ist vor allem nötig, um überhaupt erreichen zu können, dass von Abonent zu Abonent im interurbanen und im internationalen Verkehr ein erweitertes Frequenzband realisiert wird. Die Massnahmen unserer Verwaltung sind noch nicht in

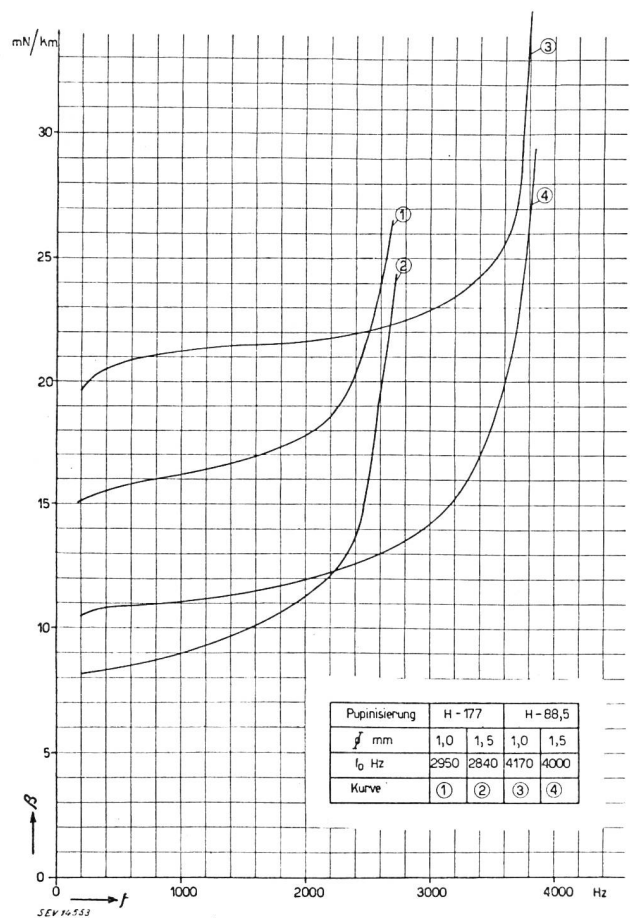


Fig. 1. Berechnete kilometrische Dämpfung  $\beta$  von Pupinkabeln  
 $f$  = Frequenz,  $f_0$  = Grenzfrequenz

allen Teilen bestimmt; das Studium der einzelnen Fragen braucht viel Zeit und Überlegung.

Einige Bilder mögen ein paar wichtige Grundelemente veranschaulichen.

Die Dämpfungskurven Fig. 1 beziehen sich auf die alte und neue Zweidrahtpupinisierung. Die Kurven 1 und 3 sowie 2 und 4 zeigen interessante Dämpfungsbeziehungen. Über 2200 Hz sind Schnittpunkte dieser Kurvenpaare. Sie deuten an, dass an diesen Stellen die Dämpfungswerte gleich gross sind. Für Frequenzen unterhalb dieser Schnittpunkte sind die Dämpfungen mit neuer Pupinisierung grösser, oberhalb kleiner. Die neue Pupinisierung (Kurven 3 und 4) hat ausser der ausgeglicheneren Frequenzkurve den Vorteil eines breiteren Frequenzbandes (siehe die Grenzfrequenzen in Tabelle I, drittletzte Kolonne, die nur für neue Pupinisierung den CCIF-Bedingungen genügen). Die letzte Kolonne gibt die Dämpfungsunterschiede bei 800 Hz für Verstärkerabschnitte von 75 km für gleiche Leitertypen verschiedener Pupinisierung an. Dämpfungsmehrbeträge von 0,41 bzw. 0,17 Neper pro Verstärkerfeld lassen sich in den Zweidrahtverstärkern kompensieren, da der Maximalbetrag von 2 Neper noch nicht überschritten ist. Zudem liegen die Dämpfungsverhältnisse für die neue Pupinisierung bei oberen Frequenzlagen günstiger.

TABELLE I

Dämpfungswerte und Grenzfrequenzen der Pupinisierungen  
H—177—63— und H—88,5—31,5

Pupinisierung	Ø mm	Strom- kreis	β mN/km		f <sub>0</sub> Hz	b für 75 km f=800 Hz N	Δ b N
			800 Hz	2000 Hz			
H—177—63	1,0	St	16,0	17,8	2950	1,20	
		Ph	17,2	18,9	3950	1,29	
	1,5	St	8,8	11,3	2840	0,66	
		Ph	9,9	11,8	3780	0,74	
H—88,5—31,5	1,0	St	21,3	21,6	4170	1,60	0,40
		Ph	22,6	23,1	5560	1,70	0,41
	1,5	St	10,9	12,0	4000	0,82	0,16
		Ph	12,1	13,3	5350	0,91	0,17

Für interurbane Zwecke gelten künftig Zweidrahtleitungen als veraltet. Interurbane und internationale Leitungen haben zum mindesten vom ersten Fernknotenamt ab aus Vierdrahtleitungen (Fig. 2) zu bestehen. Es sind dabei zwei Typen möglich: Tonfrequente metallische Vierdrahtleitungen leichter Pupinisierung oder Trägerleitungen nach dem Zwölf-, Vierundzwanzig- oder Koaxialsystem. Im Terminalverkehr wird ihre Restdämpfung auf 0,8...1,0 Neper eingestellt, im Durchgangsverkehr kann die Dämpfung auf 0...0,2 Neper reguliert werden. Zweidrahtleitungen sind nur noch für Sammelleitungen und für die Netzgruppen zu projektieren.

Die heutige Tandemtechnik benützt zur Durchschaltung einer Vierdraht- und einer Zweidrahtleitung einen Zweidraht-Tandemverstärker (Fig. 3). Die Dämpfungsregulierung erfolgt dabei automatisch

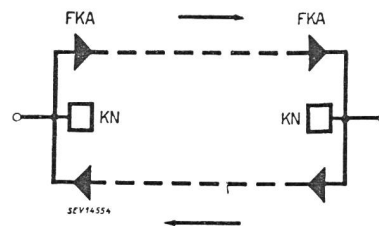


Fig. 2  
Vierdraht-Terminal  
FKA = Fernknotenamt  
(mit Verstärker),  
KN = Kabelnachbildung  
Zwischen den  
FKA verläuft die  
Vierdrahtleitung

durch Verstellen der angedeuteten Dämpfungsreguliersätze. Da die Tandemverstärker nur das bisherige schmale Frequenzband durchlassen, muss im künftigen Netz diese Technik der Tandemverstärker geändert werden.

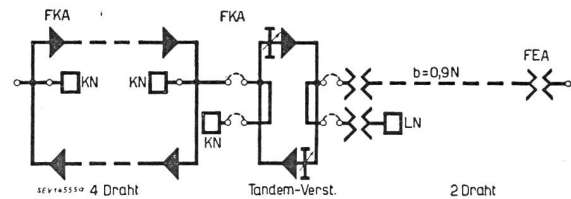


Fig. 3. Vierdraht-Zweidraht-Tandem mit Wahlverstärker  
FKA Fernknotenamt, FEA Fernendamt, KN Kompromiss-  
nachbildung, LN Leitungsnachbildung

Ist die rechts in Fig. 3 angedeutete Zweidrahtleitung mit neuer Pupinisierung versehen, dann liegt es nahe, für die Tandemschaltung im Fernknotenamt überhaupt keine Tandemverstärker mehr anzuwenden (Fig. 4). Die Dämpfungsregulierung geschieht in gleicher Weise durch die automatischen Schaltmittel des Amtes an den in die Abschlusseinheit der Vierdrahtleitung versetzten Dämpfungsreguliersätzen. Zudem können die bis jetzt in die Abschlusseinheiten der Vierdrahtleitung eingebauten begrenzenden Filter weggelassen werden. Die Schaltungen werden im neuen System damit wesentlich vereinfacht.

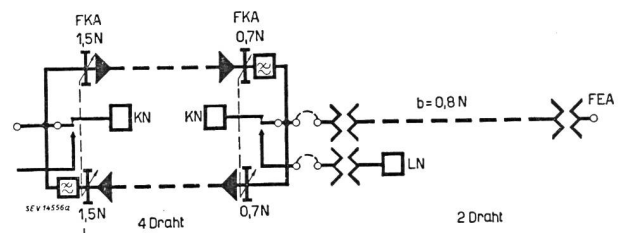


Fig. 4. Vierdraht-Zweidraht-Tandem ohne Wahlverstärker  
(Bezeichnungen wie in Legende Fig. 3)

Das oberste Schema in Fig. 5 zeigt das bisherige Tandemprinzip nach unsern Grundforderungen. Es basiert auf der automatischen Durchschaltung von Tandem- und Sammelleitungen vornehmlich für Zweidrahtbetrieb. Je nach den Dämpfungen werden Tandemverstärker automatisch in die Leitung geschaltet. Die Restdämpfung der Leitung von Fernendamt zu Fernendamt reguliert sich auf 0,8...1,2 Neper. Zusammen mit den Netzgruppendämpfungen

von je 0,7 Neper erhält die Leitung von Endamt zu Endamt (EA) die Restdämpfung 2,6 Neper. Wenn wir die Bezugsdämpfung der alten Teilnehmerstation hinzuzählen (Station bis EA), erhalten wir rund 4 Neper Bezugsdämpfung von Teilnehmer zu Teilnehmer im Weitverkehr. Dabei ist wohl zu beachten, dass das übertragene Frequenzband nur von 300 bis zirka 2300 Hz reicht. *Die alten Tandemverbindungen sind daher charakterisiert durch hohe Bezugsdämpfung bei schmalem Frequenzband.*

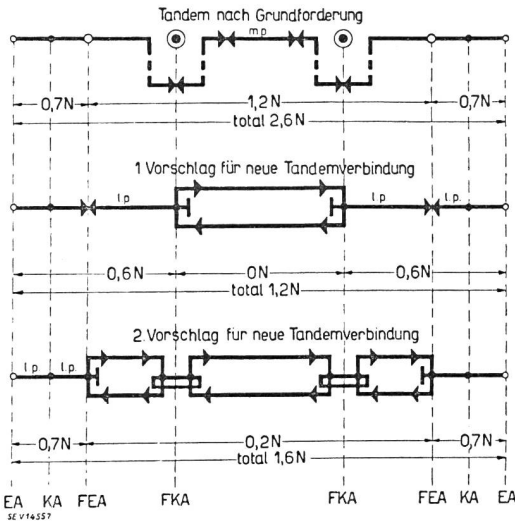


Fig. 5. Prinzipschaltungen für Tandemverbindungen  
EA Endamt, KA Knotenamt, FEA Fernendamt  
FKA Fernknotenamt

Die übrigen Schaltungen (Fig. 5) sind Vorschläge, wie im künftigen Netz nach den neuen CCIF-Empfehlungen ausser dem verbreiterten Frequenzband auch die Bezugsdämpfung von Abonnent zu Abonnent verbessert werden kann. Zwischen den Fernknotenämtern bestehen die Tandembündel aus Vierdraht oder Trägern. Die Sammelleitungen zwischen Fernknotenämtern und Fernendämtern sind leicht

pupinisiert. Die Bezirkskabel sind in gleicher Weise auf Pupinisierung H-88,5 umgestellt. Zudem ist die neue Station in Verwendung. Somit ist möglich, das verbreiterte Frequenzband von 300...3400 Hz effektiv zu übertragen.

Der erste Vorschlag geht nun dahin, zur wesentlichen Verringerung der Bezugsdämpfung *Zweidrahtverstärker in den Fernendämtern* einzuschalten. Diese Verstärker müssen natürlich auf das verbreiterte Frequenzband angepasst sein. Wie Fig. 5 zeigt, würde es gelingen, die Restdämpfung von Endamt zu Endamt im Prinzip bis auf 1,2 Neper zu senken. Zusammen mit den Bezugsdämpfungen für Senden und Empfangen der neuen Teilnehmerstationen übersteigt die Bezugsdämpfung von Abonnent zu Abonnent nicht einmal 2 Neper. Der Gewinn gegenüber alten Tandemverbindungen kann somit mit 2 Neper verbucht werden. Der Nachteil dieser Schaltung besteht darin, dass die neuen Zweidrahtverstärker *die Automatik der Fernendämtern komplizieren*. Zweidrahtverstärker in Fernendämtern müssen natürlich nur in Fällen grosser Dämpfung eingeschaltet werden.

Der zweite Vorschlag geht darauf aus, die übertragungstechnisch günstigeren Vierdrahtleitungen in Richtung gegen die Abonnenten fortzusetzen. Es sollten von jedem Fernknotenamt zu seinen Fernendämtern Vierdrahtbündel oder Träger zur Verfügung stehen. Vierdraht oder Träger von Fernendamt zu Fernendamt wird auch von der englischen Verwaltung als technisch beste Lösung betrachtet. *Neue Sammelkabel zwischen Fernknotenämtern und Fernendämtern sind daher so zu konstruieren, dass später Vierdrahtbetrieb möglich ist.*

Bei den Umpupinierungen bestehender Netze werden die alten Spulen nicht wertlos. Die neue Pupinisierung ist so gewählt, dass zwei parallelgeschaltete alte Spulensätze die Induktivitäten der neuen Spulen ergeben. Daher ist nur die Hälfte aller Leitungen mit neuen Spulen auszurüsten.

TABELLE II

Materialaufwand verschiedener Übertragungssysteme für je ein Bündel zu 576 Leitungen für die Strecke Zürich—Lausanne (225 km)

Übertragungssystem	Fernleitung					pro Endausrüstung	Fernleitung + 2 Endausrüstungen	
	Kabel	Cu t ca.	Zwischen-Verstärker-Stationen	Versärker pro Station	Anzahl Röhren Total <sup>2)</sup>	Anzahl Röhren ca. <sup>2)</sup>	ca. Röhren Total	pro Kanal
4 Draht Tonfrequenz	2 × 384 Aderpaare 0,9 mm Ø <sup>1)</sup>	2000	2	1152	6912	1152	9216	16
Trägersystem 12-Kanal	2 × 48 nichtpup. Aderpaare 1,3 mm Ø	500	9	96	2880	850	4580	8
Trägersystem 24-Kanal	2 × 24 nichtpup. Aderpaare 1,3 mm Ø	250	9	48	1440	800	3040	5
Koaxialleiter-System	2 koaxiale Leiter	50	22	2	138	870	1878	3

<sup>1)</sup> Mit Phantomausnutzung.

<sup>2)</sup> Mit Empfangsverstärker ohne Sendeverstärker.

<sup>3)</sup> Mit Sendeverstärker.

In Tabelle II werden die vier Systeme von Vierdrahtleitungen unter der Annahme gleicher Zahl von Verbindungswegen und gleicher Entfernung hauptsächlich im Kupferbedarf und der erforderlichen Verstärkerröhrenzahl miteinander verglichen. Es handelt sich um:

1. Tonfrequente Vierdrahtleitungen über 0,9-mm-Adern leichter Pupinisierung.
2. Vierdrahtleitungen als Träger nach dem Zwölfkanal-System über symmetrische, nichtpupinisierte Aderpaare von 1,3 mm Durchmesser.
3. Vierdrahtleitungen als Träger nach dem Vierundzwanzigkanal-System, Adern gleich wie unter 2.
4. Vierdrahtleitungen als Träger in einem Koaxialleiter-System mit Innenleiter 2,5 mm Durchmesser und einem Innendurchmesser des Aussenleiters von ca. 9 mm.

Wie Tabelle II zeigt, sinkt der Kupferbedarf sehr stark in der Reihenfolge der bezeichneten Systeme. Dies ist die Folge der gesteigerten Mehrfachausnutzung der Fernleitungen. Alle Trägersysteme haben mehr oder weniger komplizierte Endausrüstungen zu beiden Seiten der Fernleitung. Die Röhrenzahl verkleinert sich trotzdem bei steigender Mehrfachausnutzung durch Träger. Der *Röhrenbedarf pro Telephonkabel* sinkt in der Reihenfolge der angeführten Systeme von 16 auf 3 Röhren. Zwischenverstärker im Koaxialsystem, über die gleichzeitig mehr als 500 Kanäle übertragen werden, müssen eine hochgezüchtete Betriebssicherheit aufweisen.

Fig. 6 zeigt das *Prinzip der koaxialen Telephon-systeme*. Es dürfen dabei die Zwölf- und Vierundzwanzig-Trägerkanalsysteme als bekannt vorausgesetzt werden. Über diesen Stoff wurde in früheren Vorträgen und in zahlreichen Publikationen in den Technischen Mitteilungen der TT-Verwaltung und im Bulletin SEV berichtet. Weniger bekannt scheint mir die Technik der koaxialen Systeme zu sein. Da diese Einrichtungen vielleicht auch bei uns eine Zukunft haben werden, möchte ich mit wenigen Worten das Wesentliche andeuten.

Eine koaxiale Leitung bietet die Möglichkeit, 600 Telephonkanäle aufzunehmen. Für den Sprechverkehr in beiden Richtungen braucht es zwei solcher Leiter. Wenn die Abstände der Zwischenverstärker auf 10 km limitiert werden, dann steht für die Telephonie ein Frequenzband von 60...2600 kHz zur Verfügung. Wie 600 tonfrequente Kanäle durch mehrmalige Modulation frequenzmässig verschoben werden, möge Fig. 6 mit einigen ergänzenden Erklärungen zeigen.

Die Gliederung der 600 Kanäle erfolgt von Seite Tonfrequenz (Bild oben) zuerst in 50 Zwölfergruppen. Die erste Frequenzumsetzung (Kanalmodulation) bringt alle diese Basisgruppen in das Frequenzband 60...108 kHz. Es handelt sich auch hier um Einseitenbandübertragung mit unterdrückten Trägern. Die zweite Umformung, die sogenannte Gruppenmodulation, fasst je 5 solche Gruppen zusammen und versetzt sie durch Anwendung von fünf

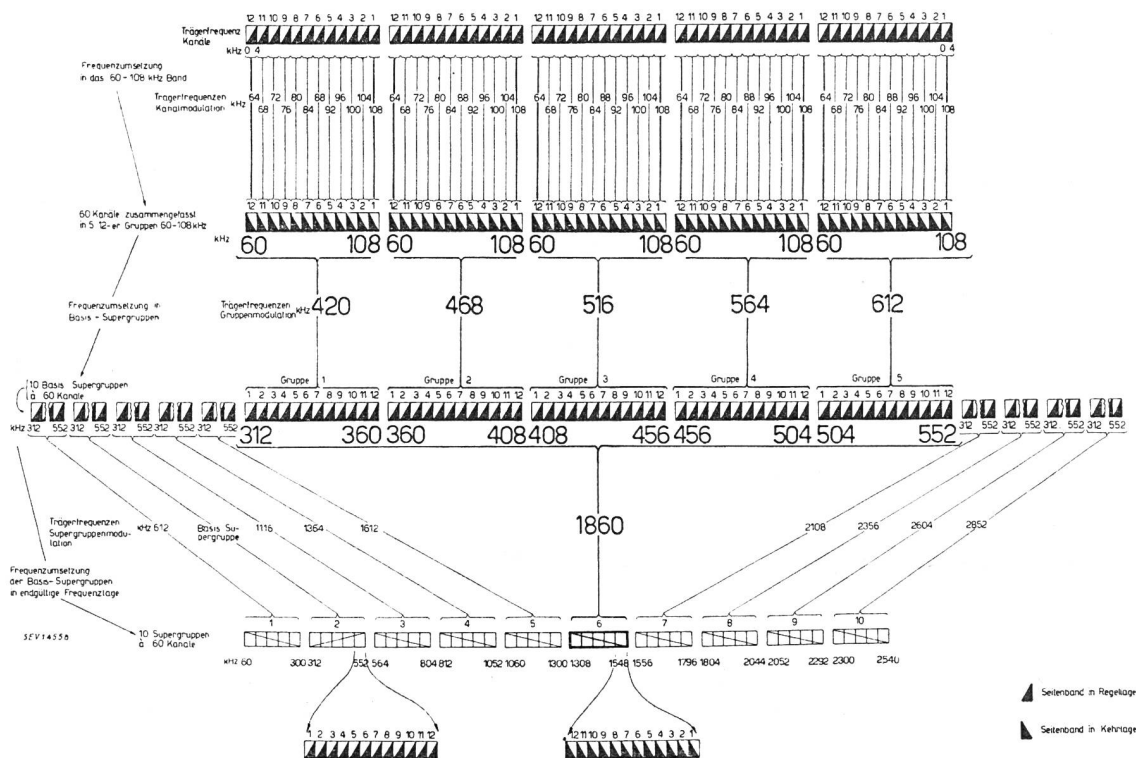


Fig. 6. Prinzip der koaxialen Telephon-systeme (Erläuterungen im Text)

verschiedenen Trägerfrequenzen in eine sogenannte Basis-Supergruppe.

Jede Basis-Supergruppe enthält 60 Kanäle und deckt lückenlos das Band von 312...552 kHz. Bis zu dieser Etappe werden sämtliche 10 Basis-Supergruppen gleich behandelt. Bei der dritten Frequenzumsetzung wird jede dieser 10 Supergruppen zu 60 Kanälen durch die sogenannte Supergruppen-Modulation an den definitiven Platz im Frequenzband versetzt.

Fig. 6 zeigt nur den Werdegang der Supergruppe 6 im Detail, während die übrigen 9 Supergruppen nur angedeutet sind. Nun steht das Bataillon von 600 Verbindungseinheiten diszipliniert und frequenzmässig gut ausgerichtet auf einer Linie von 60...2540 kHz. Die einzelnen Kanäle folgen sich lückenlos. Frequenzabstände von 12 oder 8 kHz finden sich nur zwischen einzelnen Supergruppen. Da auch die obersten Kanäle in ihrer absoluten Frequenz auf 2...3 Hz genau zu liegen haben, folgt unmittelbar, dass die Frequenzgenauigkeit des Systems mindestens  $1 \cdot 10^{-6}$  betragen muss. Der Mutter-Oszillator, der alle Frequenzen kontrolliert, muss sogar auf  $1 \cdot 10^{-7}$  genau sein. Auf Längenmass bezogen würde das heissen, einen Kilometer auf  $\frac{1}{10}$  mm genau zu messen. Dieses Frequenzband von 600 nebeneinander liegenden Kanälen wird nun über das koaxiale Kabel als Ganzes übertragen. Am fernen Ende wird mit den gleichen Trägerfrequenzen, die übrigens im Bild vollständig angedeutet sind, *demoduliert*. *Durch den rückläufigen Vorgang entstehen aufs neue die 600 hörbaren tonfrequenten Kanäle.*

Abzweigungen von Leitungen in Zwischenämtern (z. B. in Olten) auf koaxiale Kabel anderer Richtungen können so gemacht werden, dass mit Filtern ganze Supergruppen aus dem Kabel herausgenommen und umgeleitet werden. Diese Praxis erlaubt daher nicht, kleinere Bündel als 60 Leitungen abzuzweigen. Sind Abzweigungen auf Trägerkabel nach dem Zwölf- oder Vierundzwanzigkanal-System auszuführen, dann muss zuerst durch passende Demoduliereinrichtungen auf die Primär-Basisgruppen 60...108 kHz demoduliert werden. So wird es möglich, auch einzelne Zwölfergruppen- auf andere Trägerkabel zu überführen, ohne zuerst auf Tonfrequenz zurückzugehen. Für unsere schweizerischen Verhältnisse erscheinen uns die Zwölf- und Vierundzwanzigkanal-Systeme flexibler als die Koaxial-Systeme.

Der kleine Materialaufwand bei Anwendung koaxialer Leiter wirkt sich ebenfalls günstig aus im Bau der Zwischenverstärkerstationen. Die Linien-Breitbandverstärker folgen sich allerdings dicht, und zwar in Abständen von zirka 10 km. Die Stationen bestehen im Prinzip nur aus 2 Betriebsverstärkern von sehr geringem Raumbedarf. Doch erfordert die Betriebssicherheit die Bereithaltung von zwei Re-

serve-Verstärkern. Die Energielieferungsanlage reduziert sich auf ein Minimum, da die Energie von Industriefrequenz (50 Hz) neben dem bestehenden Telephonie-Frequenzband auf den Innenleitern von 2 Koaxialleitern übertragen werden kann. Die erforderliche Spannung beträgt zirka 360 V. So gelingt es, von einer bemannten Station aus nach beiden Seiten je 2...3 unbemannte Stationen mit der erforderlichen Betriebsenergie zu versehen. Der Platzbedarf dieser Stationen ist theoretisch so klein, dass ein Raum in der Grösse einer normalen Telephonkabine genügen könnte. Zur Vornahme der Messungen und des Unterhaltes empfiehlt sich aber, den Raum etwas grösser zu halten.

Die Betriebssicherheit spielt hier eine überragende Rolle. Auftretende Fehler, z. B. der Ausfall einer Verstärkerröhre, können zum Betriebsunterbruch der ganzen Anlage von 600 Telephonverbindungen führen. Besondere Vorkehrungen zur automatischen Einschaltung der Reserve-Verstärker komplizieren wiederum diese an und für sich einfachen Stationen. Auch der Störungsdienst auf den eigentlichen Koaxialleitern ist erschwert durch die Doppelspurigkeit der Kabelverwertung. Das Kabel wird einerseits als Hochfrequenzkabel zur Vielkanaltelephonie und andererseits als Starkstromkabel zur Energie-Übertragung benützt.

Koaxialkabel enthalten in der Regel 2...5 Koaxialleiter innerhalb des gemeinschaftlichen Bleimantels. Für die automatische Störungsanzeige stehen einzelne Vierer zur Verfügung, die zudem als Füllmaterial zwischen den Koaxialleitern gebraucht werden. Um diese beschriebene Gruppe von Koaxialleitern kann noch eine Lage von Vierdraht-Vierern gelegt werden für Leitungen kleinerer Distanz. Der automatische Ruf erfolgt pro Kanal mit sogenannten Tonfrequenzrufsätzen in den Endausrüstungen. Die tonfrequenten Rufströme werden gleich dem Sprechkanal moduliert und demoduliert. Die Signalisierungen werden durch die Sprechströme nicht beeinflusst. Besondere Pilotfrequenzen regulieren automatisch die Restdämpfung im Weitverkehr. Die Wartung dieser komplizierten Gebilde ist nicht leicht. Alle Typen von Trägeranlagen erheischen grossen Platzbedarf in den Zentralen. Die Raumknappheit zwingt zur Konstruktion von Endausrüstungen kleinerer Abmessungen.

Damit habe ich in kurzen Zügen die Hauptmerkmale moderner Telephonnetze umschrieben. Wie weit in den einzelnen Ländern die CCIF-Empfehlungen realisiert werden können, hängt nicht allein vom guten Willen der verantwortlichen Leiter der Telephonverwaltungen ab, sondern ebensowohl von den Geldmitteln, die ihnen hierfür zur Verfügung gestellt werden können.