

**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:** 49 (1971)

**Heft:** 10

**Artikel:** Datenübertragung auf Telephonleitungen = Trasmissione di dati su linee telefoniche

**Autor:** Nüsseler, Franz

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-874304>

### **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:** 14.01.2026

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

# Datenübertragung auf Telephonleitungen

## Trasmissione di dati su linee telefoniche

Franz NÜSELER, Bern

621.395.9: 681.327.8  
681.327.8: 621.395.7

*Zusammenfassung. Die Benützung des Telephonnetzes für Datenübertragung stellt verschiedene neue Probleme, wie sie bisher für Sprachübertragung nur am Rande in Erscheinung traten: Wirkung von Dämpfungs- und Phasenverzerrungen sowie Abstand zwischen Nutzsignal und Störsignalen bei geringer Redundanz der Datenübertragung. Zweck des vorliegenden Artikels ist es, auf diese Probleme näher einzutreten und Lösungen zu zeigen.*

### Transmission de données sur les lignes téléphoniques

*Résumé. L'utilisation du réseau téléphonique pour la transmission de données soulève différents problèmes nouveaux, qui n'apparaissaient jusqu'ici que de façon marginale dans la transmission de la parole, soit effet des distorsions d'affaiblissement et de phase et écart entre les signaux utiles et les signaux perturbateurs pour une redondance minime de la transmission. L'article a pour but d'exposer ces problèmes et de montrer les solutions à envisager.*

*Riassunto. L'utilizzazione della rete telefonica per la trasmissione di dati pone nuovi e svariati problemi, finora di secondaria importanza, per la trasmissione telefonica: influsso della distorsione d'attenuazione e di fase e della distanza tra segnale utile e rumore data la ridondanza limitata della trasmissione di dati. Scopo dell'articolo seguente è di trattare un po' più a fondo questi problemi e di mostrare le possibili soluzioni.*

## 1. Einleitung

Mit der Entwicklung der Nachrichtentechnik werden immer mehr Telephonleitungen ihrem ursprünglichen Verwendungszweck entfremdet. Neben die Telephonie ist die Datenübertragung als Benutzer getreten, die vom Vorhandensein eines ausgedehnten Leitungsnetzes Nutzen zieht. Die Einführung und Verbreitung der Datenübertragung auf dem Telephonnetz stellt nun den Übertragungstechniker vor neue und interessante Aufgaben.

Der wesentlichste Unterschied der Datenübertragung zur Telephonie ist der bedeutend grössere Informationsfluss. Die Übertragungskapazität der Leitungen wird viel besser ausgenutzt, allerdings teilweise auf Kosten der Redundanz. Dies hat zur Folge, dass der kleinste Zeichenfehler zu Wiederholungen zwingt, woraus eine Verminderung der Übertragungsgeschwindigkeit resultieren kann.

## 2. Wählnetz und Mietleitung

Als Mittel zur Datenübertragung dienen heute sowohl das Telephonwählnetz wie auch fest geschaltete Mietleitungen. Die Merkmale einer Wählverbindung sind:

- zweidrähtiger Anschluss an beiden Enden
- der Kunde hat nur einen geringen Einfluss auf den Verbindungsaufbau, etwa indem er bei unbefriedigender Übertragung den Verbindungsaufbau wiederholt oder vom andern Ende aus wählen lässt
- ein Leitungsabschnitt mit starker Pupinisierung schränkt das Frequenzband für die ganze Verbindung ein und reduziert so die Übertragungsgeschwindigkeit
- bei einer Wählverbindung zählen nicht nur die schwachen Punkte der Leitung, sondern auch die Tücken der Telephonzentralen
- Datenübertragung über das Wählnetz kann jedoch kostenmässig interessant sein, solange der Umfang der Datenübertragung bescheiden ist.

## 1. Introduzione

Con il progresso della tecnica della trasmissione le linee telefoniche vengono sempre più distolte dal loro impiego originale. Assieme alla telefonia è subentrata, come utilizzatore, la trasmissione di dati, che approfitta dell'esistenza di una vasta rete di trasmissione. L'introduzione e lo sviluppo della trasmissione di dati sulla rete telefonica pongono al tecnico delle telecomunicazioni problemi nuovi ed interessanti.

La differenza primordiale tra la trasmissione di dati e la telefonia è data dal flusso d'informazione di maggiore portata. La capacità di trasmissione delle linee viene sfruttata meglio, ma in parte a scapito della ridondanza. La conseguenza di questo è che si è obbligati anche per il più piccolo errore, alla ripetizione dei segnali, da cui può risultare una diminuzione della velocità di trasmissione.

## 2. Rete telefonica automatica e linee in locazione

Quali mezzi di trasmissione di dati si utilizza oggi la rete telefonica automatica e linee in locazione fisse. Le caratteristiche di un collegamento in teleselezione sono:

- allacciamento in due fili ai due terminali
- il cliente può influenzare in minima parte la costituzione della comunicazione, come, nel caso di una comunicazione insoddisfacente, ripetere la chiamata o farsi chiamare dall'altro terminale
- una sezione di linea con pupinizzazione pesante limita la larghezza di banda di tutto il collegamento e riduce così la velocità di trasmissione
- in una comunicazione automatica non contano solo i punti deboli della linea, ma anche le insidie delle centrali telefoniche
- la trasmissione di dati sulla rete telefonica automatica può essere interessante dal punto di vista economico fintanto che la quantità della trasmissione di dati è modesta.

Demgegenüber zeichnet sich die Mietleitung durch folgende Vorzüge aus:

- die Verbindung ist jederzeit betriebsbereit
- auf die Bedürfnisse der Datenübertragung kann bei der Zusammensetzung der Leitung Rücksicht genommen werden
- vierdrähtige Leitungsführung von Endpunkt zu Endpunkt ist in der Regel möglich
- Amplituden- und Phasenverzerrung der Leitung lassen sich korrigieren.

Ob für Zwecke der Datenübertragung das Wählnetz oder eine Mietleitung verwendet werden soll, hängt auch ab von den vorgesehenen Betriebsarten. Auf dem Wählnetz ist ohne besondere Massnahmen nur Simplex- oder Halbduplexverkehr möglich. Vollduplexverkehr geht erst, wenn die beiden Übertragungsrichtungen frequenz- oder leitungs-mässig getrennt werden. Letzteres ist bei Vierdrahtleitungen der Fall. Dabei versteht man unter Vierdrahtleitungen nicht mehr nur zwei metallische NF-Leitungen. Das Fernnetz besteht heute vorwiegend aus Trägerleitungen, die naturgemäss Vierdrahtleitungen sind.

Die verschiedenen gebräuchlichen Zusammensetzungen von Mietleitungen zur Datenübertragung zeigt *Figur 1*. Am Anfang und Ende einer Leitung befindet sich das *Modem*, dessen Aufgabe darin besteht, die digitalen Gleich-

In contrapposizione, la linea data in abbonamento possiede i vantaggi seguenti:

- il collegamento è sempre disponibile
- per la costituzione del collegamento si possono tenere in considerazione le necessità della trasmissione di dati
- normalmente è possibile ottenere un collegamento a quattro fili da un terminale all'altro
- si può correggere la distorsione d'ampiezza e di fase della linea.

Il sistema d'esercizio prescelto indica se si deve usare per la trasmissione di dati la rete telefonica automatica o una linea in abbonamento.

Sulla rete telefonica automatica è possibile il traffico duplex o semiduplex senza dover prendere misure particolari. L'esercizio duplex integrale è possibile solo quando le due direzioni di trasmissione sono separate come linee e frequenze. Quest'ultimo caso è attuabile solo con linee a quattro fili. Oggigiorno non s'intende più sotto linee a quattro fili due linee metalliche a frequenza vocale. La rete interurbana è composta oggi, in parte preponderante, da linee a correnti portanti che per natura sono linee a quattro fili.

La composizione più frequente delle linee di trasmissione di dati affittate è rappresentata nella *figura 1*. All'inizio ed alla fine della linea si trova il *modem*, il cui compito consiste nel trasformare gli impulsi di corrente continua del terminale di dati in segnali analogici, cioè in impulsi di corrente alternata.

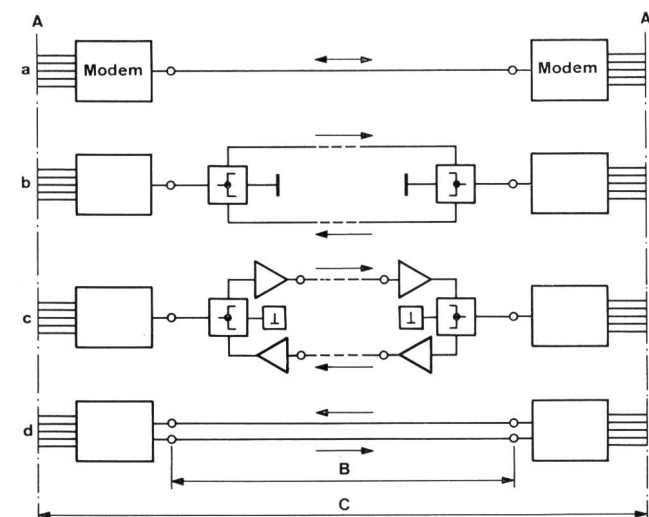
In ricezione il modem ritrasforma i segnali di corrente alternata in segnali digitali. Il modem deve inoltre riconoscere tra i segnali attenuati e distorti dalla linea, quelli originali.

### 3. Problemi della trasmissione

L'informazione viene trasmessa in linea sotto forma di impulsi di corrente alternata modulati in ampiezza, frequenza o fase. A seconda del tipo di modulazione usata e della costituzione del modem è possibile ottenere una maggiore velocità di trasmissione, sempre in funzione della limitata larghezza di banda del circuito telefonico.

Le *proprietà della linea*, che influenzano in modo preponderante la trasmissione di dati, sono la larghezza di banda e la differenza del livello tra il segnale utile e il rumore. Ogni sistema di trasmissione è affetto da distorsioni lineari.

Ai due estremi della banda trasmessa si possono formare distorsioni d'ampiezza o di fase, per cui la banda da 0,3... 3,4 kHz non viene mai sfruttata integralmente. Specialmente i fianchi ripidi dei filtri dei modulatori provocano distorsioni di fase.



**Fig. 1**  
Mögliche Schaltungen von Mietleitungen für Datenübertragung  
Conessioni possibili di linee in locazione per la trasmissione di dati

- A Schnittstelle - Punto di sezionamento  
B Analogstrecke - Linea trasmissione analogica  
C Datenübertragungsanlage - Sistema di trasmissione di dati  
a) reine Zweidrahtleitung, unverstärkt - linea a due fili semplice, non amplificata  
b) Zweidrahtverbindung mit einem Trägerleitungsabschnitt - linea a due fili con una sezione a correnti portanti  
c) Zweidrahtverbindung mit Gabelverstärkern und Vierdrahtabschnitt - linea a due fili con amplificatori terminali e una sezione a quattro fili  
d) reine Vierdrahtleitung - linea a quattro fili

stromimpulse des Datenendgerätes in Analogsignale, das heisst Wechselstromsignale umzuwandeln; in der Empfangsrichtung bildet das Modem aus den Wechselstromsignalen wieder Digitalsignale. Das Modem muss aber auch aus den durch die Leitung gedämpften und verzerrten Signalen wieder die richtigen ursprünglichen Signale erkennen.

### 3. Übertragungsprobleme

Auf der Leitung wird die Information in Form von amplituden-, frequenz- oder phasenmodulierten Wechselströmen übertragen. Je nach Modulationsart und Aufwand im Modem ist auf der beschränkten Bandbreite der Telefonleitung eine grössere Geschwindigkeit möglich.

Die *Leitungseigenschaften*, die einen wesentlichen Einfluss auf die Datenübertragung ausüben, sind die Bandbreite und der Pegelabstand zwischen Nutz- und Störsignal. Jedes Übertragungssystem ist aber mit linearen Verzerrungen behaftet. An beiden Bandgrenzen können Dämpfungs- und Phasenverzerrungen auftreten, weshalb die Bandbreite von 0,3...3,4 kHz nie voll ausgenutzt wird. Besonders die steilen Flanken der Modulationsfilter sind begleitet von Phasenverzerrungen.

Der Abstand zwischen *Nutz- und Störsignal* kann nicht beliebig gewählt werden. Die Geräusche sind eine Funktion der Leitungslänge, der Natur der Leitung und der Qualität der Linienausrüstungen. Der Pegel des Nutzsignals darf nur so hoch sein, dass die Mehrkanalsysteme nicht übersteuert werden. Im Prinzip sollte der Datenpegel gleich wie für Telefonie -15 dBmO betragen. Um der Datenübertragung etwas entgegenzukommen, hat man vorläufig einen Signalpegel von -13 dBmO zugestanden. Eine Absenkung auf -15 dBmO wird dann als gegeben erachtet, wenn die Datenübertragung gegenüber der Telefonie mehr ins Gewicht fällt, die Modem besser sind und die Leitungen weniger Geräusche aufweisen. Ein zu hoher Signalpegel hätte bei mehrheitlicher Belegung der Mehrkanalsysteme mit Datenübertragung einen höheren Geräuschpegel zur Folge.

Die *Dämpfung* der Leitungen ist mehr oder weniger *frequenzabhängig*. Diese Eigenschaft macht sich besonders auf längeren Ortsleitungen bemerkbar und wirkt sich als Signalverzerrung aus. Die lineare Dämpfungsverzerrung lässt sich auf verschiedene Arten korrigieren. Mit dem *passiven Entzerrer* dämpft man die tiefen Frequenzen zusätzlich, wodurch das Gleichgewicht zwischen tiefen und hohen Frequenzen wieder hergestellt wird (Fig. 2).

Die so entzerrte Leitung weist nun aber eine beträchtliche Dämpfung auf und eine Verstärkung kann notwendig werden. Deshalb kombiniert man die Entzerrung in vielen Fällen mit einem Verstärker. Die Frequenzabhängigkeit des Verstärkungsgrades erreicht man dann durch Reduktion der Gegenkopplung (Fig. 3).

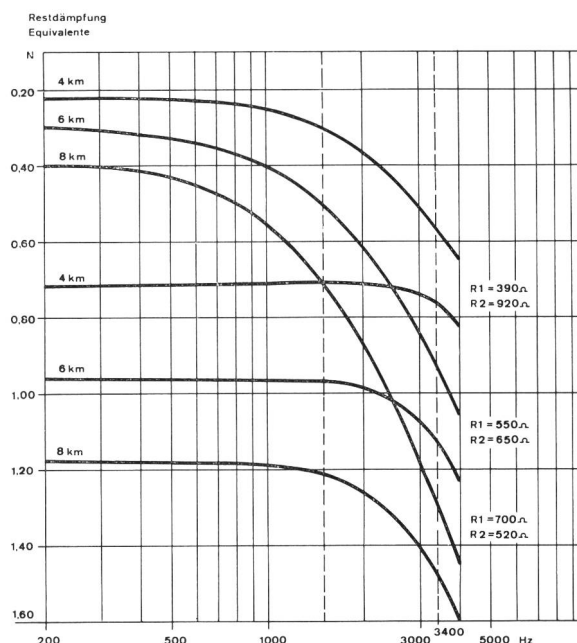
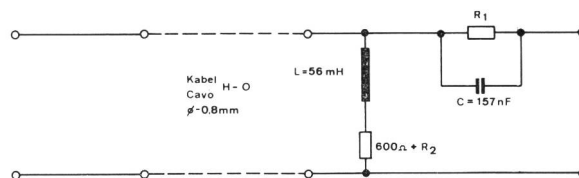


Fig. 2

Dämpfungsentzerrung von Kabel H-O Ø 0,8 mm mit passivem Entzerrer

Correzione della distorsione di ampiezza di un cavo H-O, 0,8 mm Ø con correttore passivo

pazione di canali dei sistemi multiplex per la trasmissione di dati, avrebbe come conseguenza un livello del rumore più alto.

La distanza tra *segnale utile* e *segnale rumore* non può essere scelta liberamente. I rumori sono una funzione della lunghezza, della natura della linea e della qualità delle attrezzature di linea. Il livello del segnale utile non deve essere così alto da sovraccaricare i sistemi multiplex. Per principio il livello dei segnali dati deve comportare -15 dBmO come per la telefonica. Per facilitare la trasmissione di dati, si tollera al momento attuale un livello del segnale di -13 dBmO. Una diminuzione a -15 dBmO viene presa in considerazione quando la trasmissione di dati prende il sopravvento rispetto alla telefonica, quando i modem sono migliori e quando le linee sono meno rumorose. Un livello del segnale troppo alto, nel caso di una preponderante occu-

Eine weitere Beeinflussung des Frequenzganges lässt sich durch niederohmige Speisung und niederohmigen Abschluss der unpupinisierten Ortsleitung erreichen (Fig. 4). Die Unteranpassung ist mit einer starken Reflexion verbunden, die sich aber auf längeren Leitungen wegen der beträchtlichen Dämpfung praktisch nicht auswirkt. Die reflektierte Welle muss dann diesen Leitungsabschnitt zweimal durchlaufen und wird entsprechend gedämpft.

### 3.1 Gruppenlaufzeitverzerrung

Auf idealen Leitungen ergibt sich das Phasenmass zu

$$B = \omega \cdot \sqrt{LC}$$

und daraus erhält man eine Laufzeit

$$\tau = \frac{B}{\omega} = \sqrt{LC}$$

die frequenzunabhängig ist. Wächst nun das Phasenmass schneller oder langsamer als die Frequenz, so ergibt sich eine frequenzabhängige Laufzeit. Für die Übertragung eines Datensignalspektrums zählt nicht die absolute Laufzeit, sondern die Gruppenlaufzeit

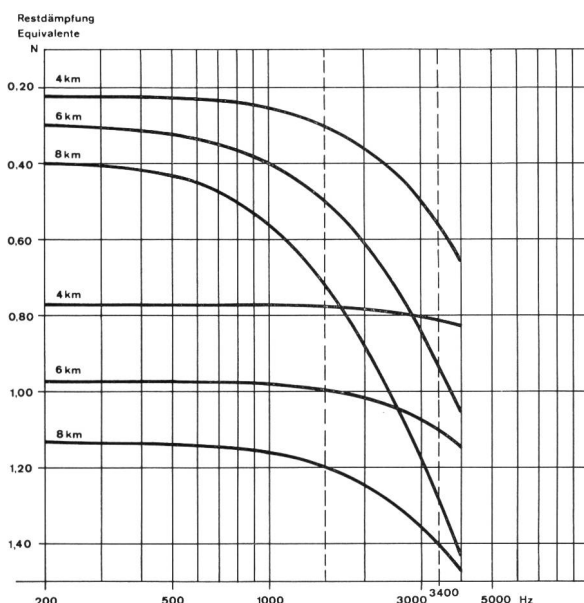
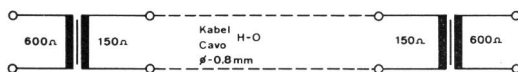


Fig. 4  
Dämpfungsentzerrung von Kabel H-O Ø 0,8 mm mit Unteranpassung  
Correzione della distorsione di ampiezza di un cavo H-O, di 0,8 mm Ø con disadattamento

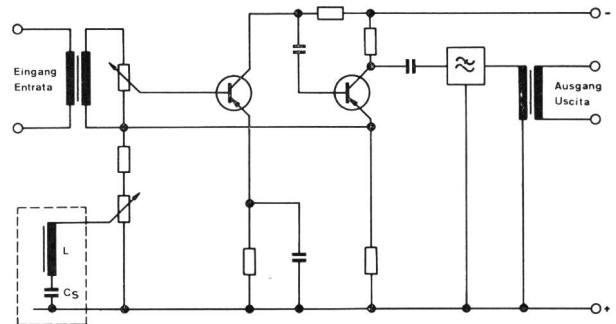


Fig. 3  
Dämpfungsentzerrung mit frequenzabhängiger Gegenkopplung

Correzione della distorsione di ampiezza con controreazione dipendente dalla frequenza

L'attenuazione delle linee è più o meno *dipendente dalla frequenza*. Questa proprietà si fa sentire specialmente su linee locali molto lunghe e si presenta come distorsione del segnale. Le distorsioni lineari d'attenuazione si possono correggere in modi diversi. Col *correttore passivo* si attenuano maggiormente le frequenze basse così da raggiungere un equilibrio tra le frequenze basse e alte (figure 2).

La linea corretta in questo modo possiede però una notevole attenuazione che può esigere l'amplificazione di segnali. Per questo si combina in molti casi la correzione dell'attenuazione con un amplificatore. La dipendenza del guadagno dell'amplificatore rispetto alle frequenze, si ottiene riducendo la controreazione (figura 3).

Un ulteriore influsso sulla curva di risposta si può ottenere con l'alimentazione e la terminazione a bassa resistenza della linea locale non pupinizzata (figura 4). Il disadattamento comporta una forte riflessione, che su linee di una certa lunghezza, causa la forte attenuazione, non si fa notare. L'onda riflessa deve percorrere due volte questa sezione di linea e viene attenuata adeguatamente.

### 3.1 Distorsione del tempo di propagazione di gruppo

Su una linea ideale la costante di fase si calcola con

$$B = \omega \cdot \sqrt{LC}$$

e da questo si deduce il tempo di propagazione

$$\tau = \frac{B}{\omega} = \sqrt{LC}$$

che è indipendente dalla frequenza. Se lo sfasamento aumenta più velocemente o più lentamente della frequenza, allora si ottiene un tempo di propagazione dipendente dalla

$$\tau_g = \frac{dB}{d\omega}$$

Als Faustregel gilt, dass die Gruppenlaufzeitverzerrung

$$\Delta \tau_g = \tau_{g2} - \tau_{g1} = \frac{dB_2}{d\omega} - \frac{dB_1}{d\omega} = \Delta \frac{dB}{d\omega}$$

im benötigten Frequenzbereich kleiner sein sollte als die Dauer eines bit:

$$\Delta \tau_g < \frac{1}{\text{Anzahl bit/s}}$$

Spürbare Gruppenlaufzeitverzerrungen treten besonders bei Pupinleitungen und in den Modulationsfiltern der Kanalumsetzer auf. Die Pupinleitung hat den Charakter eines Tiefpasses, und die Phase  $B$  wächst gegen die Grenzfrequenz zu schneller als die Frequenz. Der Trägerkanal wird zu einem Bandpass, wobei die steilen Filterflanken zusätzliche Phasendrehung mit sich bringen. Bei Pupinleitungen wächst die Gruppenlaufzeitverzerrung mit der Leitungslänge bei Trägerleitungen mit der Anzahl der in Serie geschalteten Kanalumsetzer.

Gruppenlaufzeitverzerrungen lassen sich korrigieren, wenn sie auf einem regelmässigen Verlauf der Phase beruhen. Die Wirkungsweise eines passiven Gruppenlaufzeitentzerrers lässt sich an Fig. 5 erklären:

Zwischen der Frequenz 0 und  $\infty$  dreht die Phase des gezeichneten Vierpols um  $2\pi$ . Massgebend für die Korrektur ist nun der Verlauf der Phase in diesem Intervall. Je steiler die Phase im Resonanzbereich dreht, desto ausgeprägter ist auch dort die Korrektur der Gruppenlaufzeit. Die Form der Korrekturkurve lässt sich mit dem Verhältnis von  $L/C$  verändern. Die Dämpfung eines solchen Gliedes beträgt etwa 0,3 dB und ist nahezu frequenzunabhängig. Die aktiven Entzerrer dagegen gestatten die gleichzeitige Korrektur des Amplituden- und Phasenverlaufes. Je nach Aufwand sind es mehrere Glieder, die bei verschiedenen Resonanzfrequenzen die Gruppenlaufzeit und die Dämpfung bis auf eine verbleibende Welligkeit ausgleichen.

### 3.2 Zur Einmessung

Bei der Einmessung von Datenübertragungsleitungen ist der Pegelplan zu berücksichtigen (Fig. 6). Der Signalpegel soll um 13 dB unter dem Messpegel liegen. Die Pegelanpassung erfolgt vor dem Eingang zum ersten Kanalumsetzer. Da in der Regel der Pegel gesenkt werden muss, kann man die Absenkung mit einer Dämpfungsentzerrung kombinieren. Wird eine Leitung spezieller Qualität nach M 102 verlangt, so ist allenfalls durch eine Messung der Gruppenlaufzeit zu prüfen, ob die vorgeschriebenen Werte eingehalten sind.

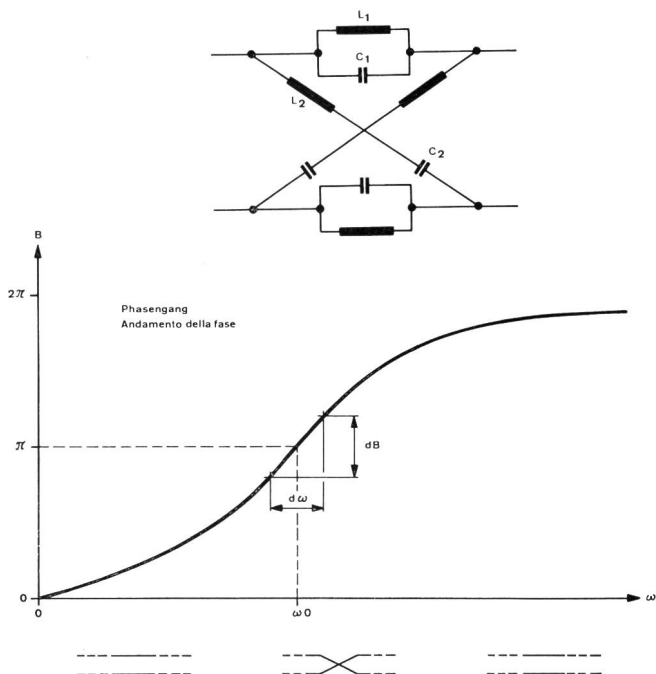


Fig. 5  
Passiver Gruppenlaufzeitentzerrer  
Correttore di fase passivo

frequenza. Per la trasmissione dello spettro dei segnali di dati non conta il tempo di percorrenza assoluto, ma quello di gruppo

$$\tau_g = \frac{dB}{d\omega}$$

Semplificato vale per la distorsione di propagazione di gruppo

$$\Delta \tau_g = \tau_{g2} - \tau_{g1} = \frac{dB_2}{d\omega} - \frac{dB_1}{d\omega} = \Delta \frac{dB}{d\omega}$$

che nella gamma di frequenze utilizzate deve essere più piccolo della durata di un bit

$$\Delta \tau_g < \frac{1}{\text{Quantità bit/s}}$$

Sensibili distorsioni del tempo di propagazione di gruppo si presentano specialmente nel caso di linee pupinizzate e nei filtri dei modulatori di canale. La linea pupinizzata possiede le caratteristiche di un filtro passa-basso e la costante di fase  $B$  aumenta verso la frequenza di taglio troppo velocemente rispetto alla frequenza. Il canale a corrente portante si presenta come un filtro passa-banda dove i fianchi dei filtri provocano ulteriori distorsioni di fase.

La distorsione del tempo di propagazione di gruppo aumenta con la lunghezza della linea pupinizzata e, nel caso di linee a correnti vettrici, con la quantità di modulatori



Die Geräuschspannung wird mit dem Telefonfilter gemessen, die Bewertung entspricht mit guter Annäherung den Ansprüchen der Datenübertragung. Die Werte müssen eindeutig unter der Ansprechgrenze des Modems liegen. Zur Beobachtung des Datensignals oder von Störimpulsen leistet der Kathodenstrahloszilloskop gute Dienste. Durch Anschaltung eines asymmetrischen Gerätes werden jedoch allfällig vorhandene Längsspannungen des NF-Kabels in Querspannungen umgewandelt und geben dann ein falsches Bild. Solche Messfehler vermeidet man mit einem Trennübertrager.

Bei Vierdrahtleitungen kommt man oft aus praktischen Gründen in die Lage, in Schlaufe zu messen. Am Ort, wo die Schlaufe erstellt wird, müssen aber die relativen Pegel eingehalten werden. Dies bedingt in den meisten Fällen ein Dämpfungsglied. Wird die Leitung beim Teilnehmer geschlaucht, so sind in der Regel keine Anpassungsglieder vorhanden. Besteht die Teilnehmerleitung aus einem längeren Abschnitt unpupinisiertem Kabel, so wird die Dämpfungsverzerrung mehr als doppelt so hoch als für die einfache Leitung. Diese Erscheinung ist darauf zurückzuführen, dass die Restdämpfung wegen der Fehlanpassung nicht propor-

di canale inseriti in serie. Si possono correggere le distorsioni del tempo di propagazione di gruppo quando si ha un andamento regolare della fase.<sup>1</sup> Il funzionamento di un correttore passivo di questo tipo di distorsione si può spiegare con la figura 5:

Tra la frequenza 0 e  $\infty$  la fase del quadripolo disegnato varia di  $2\pi$ . Determinante per la correzione è l'andamento della fase in questo intervallo. Nella zona di risonanza, più velocemente varia la fase, più intensa è in questa zona la correzione del tempo di propagazione di gruppo. La forma della curva del correttore si può variare con il rapporto L/C. L'attenuazione di un elemento simile comporta ca. 0,3 dB ed è quasi indipendente dalla frequenza. I correttori attivi permettono per contro contemporaneamente la correzione della curva di risposta e della fase. A seconda della composizione si inseriscono diversi elementi che correggono con diverse frequenze di risonanza il tempo di propagazione di gruppo e l'attenuazione lasciando una leggera ondulazione residua.

### 3.2 La misura di attivazione

Per la misura di attivazione di una linea di trasmissione di dati bisogna rispettare il piano delle attenuazioni (figura 6). Il livello del segnale dev'essere 13 dB al di sotto del livello di misura. L'adattamento del livello avviene all'entrata della prima modulazione di canale. Dato che normalmente il livello dev'essere abbassato, questo abbassamento si può combinare con una correzione di attenuazione. Se è richiesta una linea di qualità speciale secondo M 102, si deve controllare, con una misura del tempo di propagazione di gruppo, se i valori prescritti sono rispettati.

Il rumore viene misurato con il filtro telefonico, la valutazione corrisponde, con buona approssimazione, alle esigenze della trasmissione di dati. I valori devono rimanere inequivocabilmente al di sotto dei limiti di reazione del modem. L'oscilloscopio a raggio catodico rende un ottimo servizio per l'osservazione dei segnali dati e degli impulsi perturbatori. Con l'allacciamento di un apparecchio asimmetrico, le eventuali tensioni longitudinali di un cavo in bassa frequenza, vengono trasformate in tensioni trasversali e danno un quadro errato. Questi errori di misurazione si possono evitare con un trasformatore di separazione.

Nel caso di una linea a quattro fili, per motivi di ordine pratico, si può misurare il doppino. Nel luogo ove avviene il ritorno, si devono rispettare i livelli relativi. Questo richiede nel maggior numero dei casi l'inserimento di un attenuatore. Se il ritorno viene fatto presso l'abbonato, non sono necessari, normalmente, adattamenti. Se la linea dell'abbonato è composta da una lunga tratta di cavo non pupinizzato, la distorsione di attenuazione è più grande del doppio che per una linea semplice. Questo effetto avviene perchè

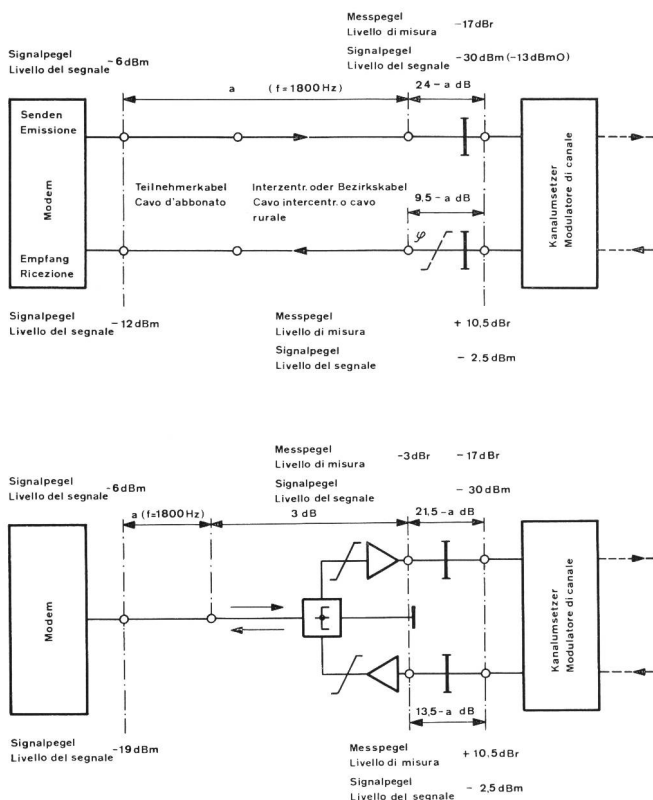


Fig. 6  
Pegelplan für Datenübertragung auf Mietleitungen mit Trägerkanal  
Diagramma dei livelli per la trasmissione di dati su linee in locazione  
con canali a correnti portanti

tional mit der Länge zunimmt. Die genaue zweifache Dämpfungsverzerrung erhält man jedoch, wenn man beim Teilnehmer ein Dämpfungsglied mit einer Impedanz von 600 Ohm und etwa 20 dB Dämpfung in die Leitung einfügt.

Bei Datenübertragungsanlagen, deren erster und letzter Abschnitt zweidrähtig ist, im mittleren Abschnitt aber aus einer Trägerleitung besteht, kommt man in Versuchung, die Restdämpfung der ganzen Verbindung zugunsten der Datenübertragung möglichst niedrig einzuregeln. Die Praxis hat nun aber gezeigt, dass diese Massnahme zu Fehlern Anlass gibt. Obschon bei den Vierdrahtabschlüssen die Nachbildung bestmöglich der Impedanz der Zweidrahtleitung entsprechen soll, kann man nie ganz verhindern, dass ein Teil des Signals in den Gegenpfad geht. Beim zweiten Vierdrahtabschluss fliesst dann wieder ein Restsignal in den Vierdrahtzweig und überlagert sich dem ursprünglichen Signal. Je grösser die Verstärkung im Vierdrahtzweig ist, desto stärker wird auch dieses Restsignal. Da es gegenüber dem ursprünglichen Signal verspätet eintrifft, kann es sich nur noch störend bemerkbar machen. Aus diesem Grunde wurde die Restdämpfung einer Zweidrahtverbindung auf 14 dB festgelegt.

#### 4. Schlussbetrachtung

Die Datenübertragung ist ein interessanter, aber anspruchsvoller Benützer des Fernmeldenetzes. Schwierigkeiten entstehen teilweise dadurch, dass der Übertragungstechniker die besonderen Ansprüche der Datenübertragung noch nicht richtig kennt. Auch spricht der Datenspezialist von bit/s, von Zeichenverzerrungen, von Fehlerraten für bits und Blöcke, also in Ausdrücken, mit denen der Leitungsspezialist wenig anfangen kann. Leider besteht auch keine direkte Beziehung zwischen diesen Merkmalen und den Leitungseigenschaften. Denn zwischen der Leitung und dem Datenendgerät liegt das Modem, das je nach Geräteaufwand auf der gleichen Leitung eine grössere oder kleinere Übertragungsgeschwindigkeit ermöglicht. Auch ist die Störanfälligkeit je nach Modulationssystem verschieden.

Mit der Zunahme an Erfahrung und den Kenntnissen in den Verstärkerdiensten über die besonderen Bedürfnisse der Datenübertragung wird auch dieser neue Benützer der Telephonnetze einen gesicherten Platz erhalten.

#### Bibliographie

- Fontanellaz G. Wesen und Probleme der Datenübertragung. Techn. Mitt. PTT 1961, Nr. 4, S. 109 ff.
- Fontanellaz G. Datenübertragung auf dem öffentlichen Fernmeldenetz. Techn. Mitt. PTT 1964, Nr. 11, S. 429 ff.
- Jaquier J. J. Un modem PTT pour la transmission de données sur le réseau commuté. Bull. techn. PTT 1969, Nr. 9, p. 372 ss.
- Jaquier J. J., Lutz H. P. Die schnelle Datenübertragung. Techn. Mitt. PTT 1970, Nr. 8, S. 329 ff.

l'attenuazione residua, causa il disadattamento, non aumenta proporzionalmente con la lunghezza. La distorsione di attenuazione doppia esatta si ottiene quando presso l'abbonato si intercala in linea un attenuatore con un'impedenza di 600  $\Omega$  e ca. 20 dB di attenuazione.

Quando gli impianti di trasmissioni di dati hanno la tratta iniziale e finale della linea a due fili e la tratta intermedia formata da un canale a corrente portante, si è tentati di regolare l'equivalente di tutto il collegamento il più basso possibile in favore della trasmissione dati. La pratica ha mostrato che questo genera dei guasti. Nonostante nella terminazione la linea artificiale debba rispecchiare nel migliore dei modi l'impedenza della linea a due fili, non si può evitare completamente che una parte del segnale venga inviato nella direzione contraria. Nella seconda terminazione una parte del segnale scorre di nuovo nell'altro lato quattro fili e si sovrappone al segnale originale.

Più grande è il guadagno negli amplificatori a quattro fili, più grande è questo segnale residuo. Dato che questo segnale arriva in ritardo rispetto al segnale originale, non può che provocare un disturbo. Per questo motivo l'equivalente di un collegamento a due fili è fissato in 14 dB.

#### 4. Conclusioni

La trasmissione di dati è un utilizzatore interessante ma esigente della rete delle telecomunicazioni. Le difficoltà si presentano perché il tecnico delle trasmissioni non conosce ancora esattamente le pretese particolari della trasmissione dati. Lo specialista dei dati parla di bit/s, di distorsione dei segnali, della quota di errori di bit e blocchi per mezzo di espressioni con cui lo specialista delle linee non può far niente.

Purtroppo non esiste nessuna relazione diretta tra queste caratteristiche e le proprietà della linea, poichè tra la linea e l'apparecchiatura dati si trova il modem, che a seconda della sua costituzione, permette sulla stessa linea una velocità di trasmissione maggiore o minore. Anche la possibilità di guasti varia con il sistema di modulazione.

Con l'incremento dell'esperienza e delle conoscenze nel servizio delle amplificatrici in merito alle necessità particolari della trasmissione di dati anche questi utilizzatori della rete telefonica avranno un posto assicurato.

#### Bibliografia

- Fontanellaz G. «Wesen und Probleme der Datenübertragung.» Bollettino tecnico PTT, 1961, n° 4, pag. 109 e segg.
- Fontanellaz G. «Datenübertragung auf dem öffentlichen Fernmeldenetz.» Bollettino tecnico PTT, 1964, n° 11, pag. 429 e segg.
- Jaquier J. J. «Un modem PTT pour la transmission de données sur le réseau commuté.» Bollettino tecnico PTT, 1969, n° 9, pag. 372 e segg.
- Jaquier J. J., Lutz H. P. «Die schnelle Datenübertragung.» Bollettino tecnico PTT, 1970, n° 8, pag. 329 e segg.