

# Probleme mit Echo

Autor(en): **Nüsseler, Franz**

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): **61 (1983)**

Heft 6

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-875703>

## **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.

# Probleme mit Echo

Franz NÜSSELER, Bern

Zusammenfassung. Bei Telefonverbindungen über grössere Entfernungen kann sich störendes Echo bemerkbar machen. Zur Vermeidung dieses Effektes werden auf Leitungen mit hoher Laufzeit Echosperrern eingesetzt. Der vorliegende Aufsatz behandelt die damit verbundenen Probleme.

## Problèmes relatifs à l'écho

Résumé. Un écho gênant peut parfois apparaître sur les communications téléphoniques à grande distance. Pour pallier cet effet, on utilise des supprimeurs d'écho sur les circuits présentant un temps de propagation élevé. Le présent article traite les problèmes y relatifs.

## Problemi per fenomeni d'eco

Riassunto. Nelle comunicazioni telefoniche su grandi distanze si possono manifestare fenomeni d'eco che disturbano le conversazioni. Per controbilanciare questo effetto si impiegano, sulle linee con elevato tempo di propagazione, dei soppressori d'eco. Quest'articolo tratta i problemi connessi.

## 1 Natur des Echos

Als Echo bezeichnet man die Erscheinung, wenn Schall an einer Wand zurückgeworfen und am Ursprungsort mit Verzögerung wieder wahrgenommen wird. Damit erkennt man die zwei wichtigsten Bedingungen für das Auftreten von Echo:

- eine markante Stossstelle und
- eine spürbare Laufzeit auf dem Echopfad

Eine starke Stossstelle für Schall besteht dann, wenn das Übertragungsmedium brüsk ändert, also z. B. beim Übergang von Luft auf Beton. Da die Schallgeschwindigkeit mit 330 m/s verhältnismässig langsam ist, braucht es keine grossen Distanzen, um Echo als solches wahrzunehmen.

Eine weitere Bedingung ist eine niedrige Dämpfung im Echopfad. Da der zurückgeworfene Schall den Raum zweimal durchlaufen muss, wird er auch zweifach gedämpft. In einem dichten Wald oder bei starkem Schneefall wird der Schall stark gedämpft, und allfälliges Echo ist schwierig wahrzunehmen.

Bei kurzen Echolauftzeiten akzeptieren wir das Echo als Bestandteil der Ambiance. Beispiel:

- Sprache und Musik tönen nicht gleich in einem leeren Keller oder einem vollen Konzertsaal. In der Natur wird das Echo vielfach als Bereicherung empfunden.

## 2 Echo in der Nachrichtentechnik

In der Telefonie unterscheidet man zwischen Übergang auf Zwei- oder auf Vierdrahtleitungen. Die Zweidrahtleitung steht beiden Sprechrichtungen gleichzeitig zur Verfügung. Diese Eigenschaft würde auch die Übertragung von Echo gestatten. Als Echo bezeichnet man auf dieser Leitungsart Reflexionen, die an Stossstellen entstehen. Eine Stossstelle liegt dann vor, wenn Leitungen

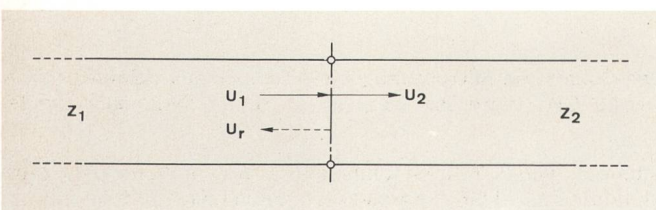


Fig. 1  
Spannungsverhältnisse an einer Stossstelle

mit unterschiedlicher Impedanz zusammengeschaltet sind oder wenn eine Leitung mit einer unpassenden Impedanz abgeschlossen wird (Fig. 1). Die Zusammenhänge sind folgende: Dem Wellenwiderstand  $Z_w$  der Leitung entspricht ein genau definiertes Verhältnis der Spannungswelle  $U_x$  zum zugehörigen Strom  $I_x$  an jedem Punkt der Leitung.

$$Z_w = \frac{U_x}{I_x} \quad Z_1 = \frac{U_1}{I_1} \quad Z_2 = \frac{U_2}{I_2}$$

Ändert nun die Impedanz, so muss sich auch das Verhältnis von Spannung zu Strom ändern. Dies geschieht durch Reflektieren einer Spannungswelle  $U_r$  und einer Stromwelle  $I_r$ .

Das Ausmass der Reflexion drückt sich aus im Reflexionskoeffizienten

$$r = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} = \frac{U_r}{U_1}$$

der dem Verhältnis zwischen zurückgeworfenem und einfallendem Signal entspricht. Man erkennt sofort, dass keine Reflexion entsteht, wenn  $Z_2 = Z_1$ , d. h.  $r = 0$  ist. Diese Bedingung ist nur erfüllt, wenn beide Impedanzen über das benützte Frequenzband nach Betrag und Phase übereinstimmen. Stossstellen auf NF-Leitungen lassen sich in der Praxis nie ganz vermeiden. Gründe dazu gibt es genug: Wechsel im Aderdurchmesser, unvollkommene Anpassung der Pupinisierung H-0 auf H-88,5, zusätzliche Längs- und Querimpedanzen in Zentralen usw. Auch die Kombination von zwei markanten Stossstellen kann sich auf die Übertragung auswirken (Fig. 2). Der zum zweitenmal reflektierte Signalanteil überlagert sich dem ursprünglichen Signal, je nach Frequenz in Phase oder Gegenphase (vektoriell). Diese Erscheinung kann man besonders auf Pupinleitungen feststellen. Unpupinisierte Leitungen dagegen haben eine höhere Dämpfung und eine niedrigere Phasendrehung. Für eine spürbare Laufzeitdifferenz braucht es also eine sehr lange Leitung, womit die zugehörige Dämpfung das doppelte Echo unterdrückt.

## 3 Vierdrahtleitung

Die Zweidrahtleitung hat eine beschränkte Reichweite, weil der Gewinn je Verstärker und deren Anzahl aus Sta-

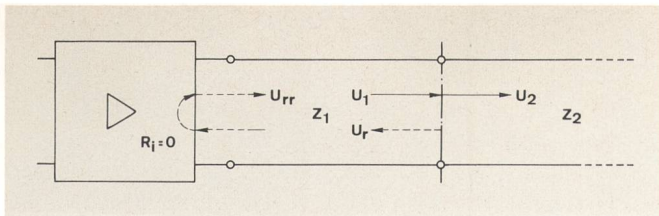


Fig. 2  
Verhältnisse bei doppelter Reflexion

bilitätsgründen beschränkt ist. Aus diesen Gründen kommen für die Überwindung grosser Distanzen nur Vierdrahtleitungen in Frage. Eine Gabelschaltung befindet sich bei dieser Leitungsart im Idealfall nur am Anfang und am Ende. Vierdrahtbetrieb entspricht auch besser dem Prinzip der Trägerfrequenztelefonie und der PCM-Technik, müssen doch die Sprachsignale richtungstrennt behandelt werden.

Was man bei den modernen Vierdrahtleitungen als Echo bezeichnet, ist der Rückfluss, der an den Gabelschaltungen auftritt (Fig. 3). Die Gabelschaltungen werden auch als Vierdrahtabschlüsse bezeichnet, weil sie am Ende der Vierdrahtleitung den Übergang auf Zweidrahtbetrieb ermöglichen. Hier ist es die Verstimmung zwischen den Impedanzen der Zweidrahtleitung und deren Nachbildung, die das Echo ermöglichen. Damit das Echo vom fernen Ende beim Sprechen auffällt, muss es zeitlich verzögert eintreffen. Als praktische Grenze für die minimale Echolauftzeit (hin und zurück), damit das Echo störend wirkt, werden heute 50 ms angesehen. Würden diese 50 ms nur durch die Laufzeiten auf Breitbandkabel oder auf Richtstrahlstrecken verursacht, so würde die Grenzlänge bei 7500 km liegen. Da aber die beteiligten Linienausrüstungen, wie Kanalumsetzer, Primärgruppenumsetzer usw., ebenfalls Laufzeiten haben, liegen die wirklichen Grenzlängen bedeutend tiefer:

- symmetrische Trägerkabel bei 2000 km
- Koaxialkabel bei 2500 km
- Richtstrahl bei 2700 km

Bei diesen Grenzlängen erkennt man, dass auf Verbindungen von der Schweiz nach den meisten europäischen Ländern Echo nicht stören sollte. Die rasante Entwicklung des Telefonverkehrs mit Übersee und die geplante Inbetriebnahme eines europäischen Fernmeldesatelliten lässt aber das Echoproblem in einem ganz andern Licht erscheinen. So trifft auf Satellitenstromkreisen das Echo frühestens nach 500 ms ein und kann sehr störend wirken. Diese Telefonverbindungen würden ohne Massnahmen gegen das Echo nicht befriedigen.

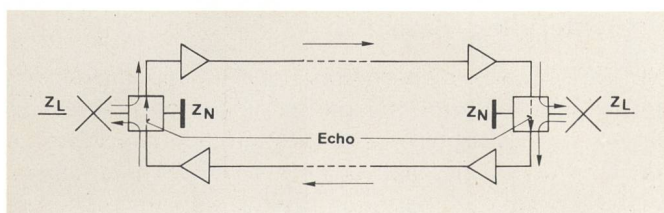


Fig. 3  
Echo an Vierdrahtabschlüssen

#### 4 Verhinderung des Echos

Vorkehrungen zur Vermeidung des störenden Echos auf Telefonverbindungen sind bekannt, lassen sich aber nicht alle ohne weiteres anwenden:

- *Hohe Fehlerdämpfung an den Vierdrahtabschlüssen*  
An festgeschalteten, sogenannten Miet- oder Standleitungen lässt sich an den Gabelschaltungen eine gute Fehlerdämpfung erreichen, vorausgesetzt, dass die Zweidrahtleitung homogen ist und reflexionsfrei abgeschlossen wird. Die letztere Bedingung ist im NF-Bereich nur mit erheblichem Aufwand verwirklichtbar. Die verbleibende Reflexion vom Abschluss wird allerdings durch die Zweidrahtleitung gedämpft. Stossstellen an einem Leitungsübergang lassen sich nur bei einer Phasendrehung  $\beta \cdot l < 0,1$ , d. h. bei kurzer Leitung in der Nachbildung korrigieren. Diese Bedingung ist bei Pulinleitungen nicht erfüllt.

Bei der heutigen Konzeption des schweizerischen Telefonnetzes verlaufen alle Zweidrahtleitungen über mindestens eine Vermittlung, die deren Homogenität unterbricht (Fig. 4). Der Nachbildungsabgleich am Endverstärker oder am Gabelstromkreis verhindert wohl das direkte Echo an der Gabel, hat jedoch auf die Reflexionen vom Leitungsende keinen Einfluss. Wollte man diese Art Echo reduzieren, so müsste die Anpassung bei der Durchschaltung vom Bezirks- auf das Teilnehmerkabel und von diesem auf die Teilnehmerstation wesentlich verbessert werden.

- *Durchgehende Vierdrahtleitung*  
Im Mikrotelefon gehören Mikrofon und Hörer vorerst zu zwei unabhängigen Stromkreisen. Daraus liess sich ableiten, die beiden beteiligten Teilnehmerstationen vierdrähtig miteinander zu verbinden. Durch den Wegfall der Gabelschaltungen würde auch das damit verbundene Echo verschwinden. Diese Lösung kann aber erst in einem vollständig digitalisiertem Netz verwirklicht werden. Aber auch da werden bereits Bedenken angemeldet. Man befürchtet, dass im Teilnehmernetz akustische und elektrische Kopplungen von «Empfang» auf «Senden» sich wie Echo bemerkbar machen könnten.

- *Adaptive elektronische Nachbildungen* wurden schon entwickelt, haben sich aber in der Praxis nicht durchgesetzt.

- *Höhere Restdämpfung*  
Die Restdämpfung zwischen den Vierdrahtabschlüssen bestimmt auch die Wirkung des Echos. Erhöht man beispielsweise die Restdämpfung um den Betrag  $a$ , so wird das Echo um  $2a$  gedämpft. Die erwähnte Restdämpfung ist aber ein fundamentaler Bestandteil des Dämpfungsplanes, weshalb hier der Spielraum zur Beeinflussung des Echos sehr beschränkt ist.

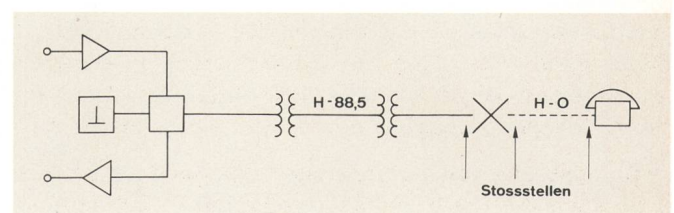


Fig. 4  
Inhomogenitäten der Zweidrahtleitung

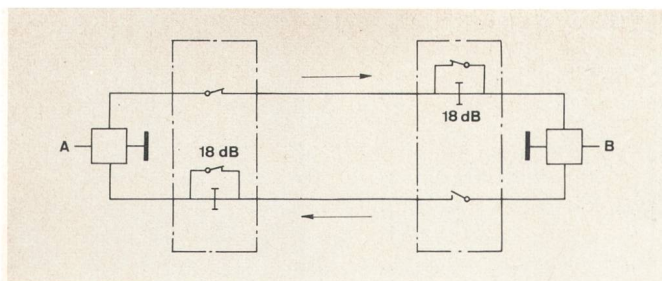


Fig. 5  
Einsatz der Echosperren

### – Echosperren

Obwohl mit einigen Nachteilen verbunden, haben sich die Echosperren in den letzten Jahren allgemein durchgesetzt. Es sei hier kurz das Funktionieren der gebräuchlichen Halbechosperren in Erinnerung gerufen (Fig. 5):

Wenn A zu B spricht, so wird die Gegenrichtung in der Sperre bei B unterbrochen. Spricht B zu A, so ist das Umgekehrte der Fall. Daraus ist ersichtlich, dass nur ein Teilnehmer gleichzeitig sprechen kann. Verleidet es nun dem Partner, dauernd zuzuhören, so kann er dem Dauersprecher ins Wort fallen. Diese Möglichkeit nennt man Doppelsprechen. Während dieser Zeit sind beide Sprechpfade offen, aber mit je 18 dB gedämpft. Das Echo wird also, verglichen mit der Sprache, um zusätzliche 18 dB gedämpft und dürfte kaum mehr stören.

Bei Datenübertragung ist die gleichzeitige Übertragung in beiden Richtungen erwünscht, wobei das Echo bei den Geschwindigkeiten von 1200 bit/s und 2400 bit/s akzeptiert wird. Für diese Betriebsart wird die Echosperre durch ein Signal von 2100 Hz, das während mindestens 400 ms zu Beginn einer Übertragung ausgesendet wird, neutralisiert. Spätestens 50 ms nach diesem Neutralisierungssignal müssen dann Daten ausgesendet werden. 250 ms nach Ende der Übertragung wird die Neutralisation aufgehoben, und die Echosperre ist wieder wirksam.

Echosperren können aber auch mit einer eingebauten Taste oder über einen Steuerdraht vom Transitamt her neutralisiert werden. Letzteres ist dann aktuell, wenn zwei internationale Abschnitte durchgeschaltet werden, die bei der Transitstelle bereits mit Echosperren bestückt sind. Man will damit vermeiden, dass in einer Verbindung mehr als zwei Echosperren wirken.

## 5 Probleme mit Echosperren

Die Erläuterung der Echosperre lässt auf ein problemloses Funktionieren schließen. Die Wirklichkeit ist aber doch etwas anders. Obwohl man die Echosperre seit mehr als 50 Jahren kennt, ist man immer noch auf der Suche nach etwas Besserem. Man akzeptiert die Echosperre dort, wo sie das kleinere Übel darstellt. Diese Problematik wird durch die Tatsache belegt, dass die Studienkommission XII des CCITT unter drei Fragen die verschiedenen Aspekte studiert. Hier einige Probleme:

- Kumulierung von Sprachsteuerungen und deren Auswirkung auf die Übertragungsqualität (z. B. Kompan-der, Lautsprechertelefon, TASI, sprachgesteuerte Verstärker usw.)

- Einsatzpegel der Sprachsteuerung und deren Reagieren auf Raum- und Leitungsgeräusche
- Wahl der Überhangzeit für die Freigabe der Sperre
- Bestimmung des Einsatzortes der Echosperren
- Zusätzliche Laufzeit von der Echosperre bis zum Vierdrahtabschluss, z. B. durch nationale Verlängerungen
- Starker Rückfluss an den Gabeln, der ein Mitsprechen simulieren kann

Wichtig ist vor allem, dass Echosperren verschiedener Fabrikate miteinander kompatibel sind. Diese Forderung ist erfüllt, wenn sie den folgenden Empfehlungen des CCITT entsprechen:

Avis G. 131	Stabilität und Echo	Tome III
Avis G. 161	Echosperren für kurze oder lange Laufzeit	Tome III
Avis G. 164	Echosperren	Tome III
Avis M. 660	Periodische Prüfung der Echosperren	Tome IV

## 6 Echokompensatoren

Grosse Hoffnungen setzt man heute auf die sogenannten Echokompensatoren. Anstatt den Echopfad zu sperren, wird eine getreue Kopie des Echos in Gegenphase eingespielt. Damit soll das Echo kompensiert, d. h. ausgelöscht werden. Auch diese Art der Echobewältigung ist nicht einfach. Zwei Aspekte dokumentieren dies deutlich: Das Echo selbst ist nicht eine lineare Funktion des ankommenden Signals, und das Eintreten ins Gespräch soll beiden Partnern jederzeit möglich sein. Echokompensatoren gibt es erst in kleinen Versuchsserien. Offenbar befriedigen sie noch nicht ganz.

Die Logik der Echokompensatoren würde einfacher, wenn diese bei der Gabelschaltung eingesetzt würden. Da aber bei weitem nicht alle Telefonverbindungen Echolaufzeiten von 50 ms und mehr aufweisen und somit nicht unbedingt eine Echosperre benötigen, kann diese Forderung aus wirtschaftlichen Gründen nicht erfüllt werden.

## 7 Kontrolle der Funktion der Echosperren

Telefonieren über Verbindungen mit Echo ist unangenehm. Hört man die eigenen Worte nachhallen, so fehlt eine Echosperre am fernen Ende, oder diese funktioniert nicht. Bei sehr starkem Echo könnte auch die Nachbildung unterbrochen sein. Im CCITT wurden Prüfmetho- den für Echosperren aufgestellt, die sich auf die Echosperren allein beziehen. Über das Funktionieren von Leitung und Echosperre zusammen kann man sich durch Beobachten der Gespräche an einem Pegelpunkt zwischen Vierdrahtleitung und Echosperre überzeugen: Ein ankommendes Signal soll nicht wieder abgehen, und ein gesendetes Signal darf nicht zurückkommen.

## 8 Schlussfolgerung

Mit der Zunahme des internationalen Telefonverkehrs müssen auch mehr Echosperren eingesetzt werden. Es laufen gegenwärtig ernsthafte Bestrebungen, diese zu verbessern. Im Idealfall sollten die Teilnehmer nichts mehr von einer zeitweiligen Sperre merken. Was aber nicht kompensiert werden kann, sind die langen Laufzeiten. Mit diesen müssen wir uns abfinden.