

Das Nebensprechen auf Freileitungen bei Sprechfrequenz

Autor(en): **Nüsseler, F.**

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): **30 (1952)**

Heft 8

PDF erstellt am: **03.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-876116>

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.

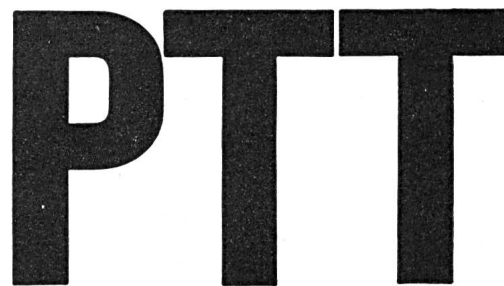
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

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.

TECHNISCHE MITTEILUNGEN

BULLETIN TECHNIQUE



BOLLETTINO TECNICO

Herausgegeben von der Schweizerischen Post-, Telegraphen- und Telephonverwaltung. Publié par l'administration des postes, télégraphes et téléphones suisses. Pubblicato dall'amministrazione delle poste, dei telegrafi e dei telefoni svizzeri

Das Nebensprechen auf Freileitungen bei Sprechfrequenz

Von F. Nüsseler, Bern

621.395.822.1

Zusammenfassung. Der mit der neuen Teilnehmerstation besonders bei höheren Sprechfrequenzen erzielte Dämpfungsgewinn bedingt eine grössere Empfindlichkeit gegen Nebensprechgeräusche. Im folgenden werden die Ursachen des Nebensprechens auf Teilnehmer-Freileitungen untersucht. Zahlenbeispiele geben Anhaltspunkte über die Kopplungen und die zu erwartende Nebensprechdämpfung. Schliesslich wird darauf hingewiesen, wie durch Kreuzungen das Nebensprechen reduziert werden kann.

Résumé. Le gain d'affaiblissement réalisé avec la nouvelle station d'abonné, spécialement dans les fréquences vocales élevées, accuse une sensibilité plus grande par rapport aux bruits dus à la diaphonie. L'auteur examine les causes de la diaphonie sur des lignes aériennes d'abonnés. De nombreux exemples donnent des indications utiles sur les couplages et l'affaiblissement diaphonique à attendre. Pour terminer, l'auteur indique comment on peut diminuer la diaphonie en établissant des croisements.

Die Freileitung bildete während Jahrzehnten das am meisten angewendete Übertragungsglied zwischen Zentralen und Abonnenten. Die zunehmende Verkabelung in den letzten 25 Jahren, sowohl der interurbanen Leitungsstränge als auch der Teilnehmeranschlüsse, hat die Freileitung gegenüber dem Kabel stark ins Hintertreffen gebracht. Damit ist jedoch die Freileitung noch zu keinem Aschenbrödel dasein verurteilt. Wirtschaftlich wie technisch ist und bleibt der Bau von Freileitungen und deren Unterhalt in vielen Fällen immer begründet. Die Freileitung hat neben den sonst vorzüglichen Übertragungstechnischen Eigenschaften einen Nachteil. Damit das Nebensprechen ein erträgliches Mass nicht übersteigt, müssen Kreuzungen eingebaut werden. Gerade das Überhandnehmen der Kabelanlagen brachte es mit sich, dass in den noch bestehenden Freileitungen den Kreuzungen nicht mehr die nötige Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Mit der Einführung der neuen Mikrophon- und Hörerkapsel, die gegenüber den bisherigen Modellen einen Lautstärkegewinn von 1,3...1,5 Neper ergeben und zudem ein breiteres Frequenzband zu übertragen gestatten, werden deshalb von seiten der Teilnehmer Klagen laut über Nebensprechen. Es ist daher gerechtfertigt, die Nebensprechverhältnisse der Freileitung für Sprechfrequenz zu untersuchen.

1. Der Ursprung der Kopplungen

Die Freileitungen der PTT-Verwaltung sind nach einfachen Grundsätzen konstruiert. Man unterschei-

det zwischen Leitungen mit Vierertraversen (Fig. 1) und Leitungen mit Seitenträgern (Fig. 2). Die eine Schlaufe bildenden Drähte liegen auf gleicher Höhe nebeneinander. Diese Drahtführung erleichtert sowohl den Bau als auch den Unterhalt der Freileitungen. Die Parallelführung der Schlaufen bringt es aber mit sich, dass die Stromkreise sich gegenseitig beeinflussen. Sobald auf einer Schlaufe gesprochen wird, so entsteht ein elektrisches und magnetisches Feld um und zwischen den beiden Leitern, das die andern Schlaufen durchdringt. Der dem Speisestrom überlagerte tonfrequente Wechselstrom induziert in den benachbarten Paaren eine mehr oder weniger starke Störspannung, denn die Schlaufen sind elektrisch unsymmetrisch zueinander angeordnet, und es bestehen beträchtliche magnetische und kapazitive Kopplungen. Es sei im folgenden zunächst die magnetische Kopplung näher untersucht.

2. Die magnetische Kopplung

Die magnetische Kopplung kann mit der Gegeninduktivität M eines Transformators verglichen werden. Zwischen zwei miteinander magnetisch gekoppelten Stromkreisen besteht nämlich folgende Beziehung:

$$e_2 = - M_{12} \cdot \frac{di_1}{dt} \text{ Volt} \quad \begin{matrix} i_1 = \text{Strom im Primärkreis} \\ e_2 = \text{Spannung im Sekundärkreis} \end{matrix}$$

M ist der die gestörte Schlaufe durchdringende Kraftfluss nach dem induzierenden Strom differenziert. Die mittlere Feldstärke im Flächenelement ist (Fig. 3):

Schlaufe

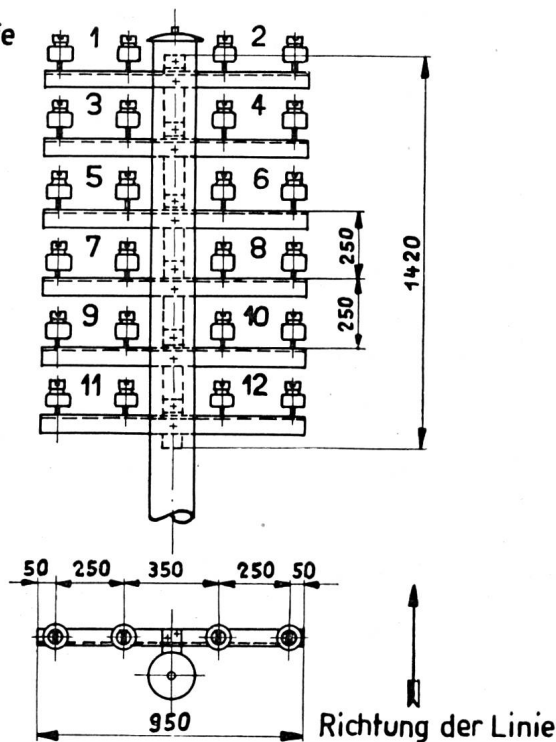


Fig. 1. Bild der Leitung mit Vierertraversen

$$H_x = \frac{J}{2\pi \cdot x} \quad \text{A/cm}$$

Dabei beträgt die Induktion

$$B_x = \mu \cdot \mu_0 \cdot H_x \quad \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{cm}^2}$$

und man erhält den Kraftfluss im Flächenelement dF zu

$$d\oint_x = B_x \cdot dF = B_x \cdot dx \cdot l \quad \text{V} \cdot \text{s}$$

Der Gesamtkraftfluss wird

$$\oint = \int B_x \cdot dx \cdot l \quad \text{V} \cdot \text{s}$$

Für die folgende Leiteranordnung wird der Kraftfluss $\oint$ durch die Schlaufe II (Fig. 4)

$$\oint = \oint_1 + \oint_2$$

$$\oint_1 = \text{Kraftfluss vom Leiter 1}$$

$$\oint_2 = \text{Kraftfluss vom Leiter 2}$$

$$\oint_1 = \int_{x=r_{13}}^{x=r_{14}} B_x \cdot dx \cdot l = \int_{x=r_{13}}^{x=r_{14}} \mu \cdot \mu_0 H_x \cdot dx \cdot l$$

$$\oint_1 = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{J_1}{2\pi} \cdot l \int_{x=r_{13}}^{x=r_{14}} \frac{1}{x} \cdot dx$$

Die Auflösung des Integrals ergibt:

$$\begin{aligned} \oint_1 &= \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{J_1}{2\pi} \cdot l \cdot \left(\ln \frac{1}{r_{14}} - \ln \frac{1}{r_{13}} \right) \\ &= \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{J_1}{2\pi} \cdot l \cdot \ln \frac{r_{13}}{r_{14}} \quad \text{V} \cdot \text{s} \end{aligned}$$

Den Kraftfluss vom Leiter 2 erhält man analog zu

$$\oint_2 = \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{J_1}{2\pi} \cdot l \cdot \ln \frac{r_{24}}{r_{23}}$$

und der Gesamtkraftfluss wird

$$\begin{aligned} \oint &= \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{J_1}{2\pi} \cdot l \cdot \left(\ln \frac{r_{13}}{r_{14}} + \ln \frac{r_{24}}{r_{23}} \right) \\ &= \mu \cdot \mu_0 \cdot \frac{J_1}{2\pi} \cdot l \cdot \ln \frac{r_{13} \cdot r_{24}}{r_{14} \cdot r_{23}} \quad \text{V} \cdot \text{s} \end{aligned}$$

Daraus wird die magnetische Kopplung zu

$$M = \frac{\oint}{J} = \frac{\mu \cdot \mu_0}{2 \cdot \pi} \cdot l \cdot \ln \frac{r_{13} \cdot r_{24}}{r_{14} \cdot r_{23}} \quad \text{Hy}$$

Als Symbol für die magnetische Kopplung bei Leitergebilden wird allgemein m verwendet. Für Freileitungen kann man die Permeabilität $\mu = 1$ setzen, und man erhält nach Einsetzen des Wertes $\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-3} \text{ Hy/km}$ die kilometrische Kopplung zu

$$m = 0,2 \cdot \ln \frac{r_{13} \cdot r_{24}}{r_{14} \cdot r_{23}} \quad \text{mHy/km}$$

Die Grösse der magnetischen Kopplung hängt also von der geometrischen Anordnung der Schlaufen ab, das heisst von den gegenseitigen Drahtabständen.

2.1 Berechnung der induzierten Störspannung

Was zunächst interessiert, ist die Grösse der induzierten Störspannung. Wir betrachten ein kleines Leiterelement dx an der Stelle x der Leitung (Fig. 5). Die durch die magnetische Kopplung in der Leitung 2 induzierte Spannung e_{2x} beträgt an dieser Stelle:

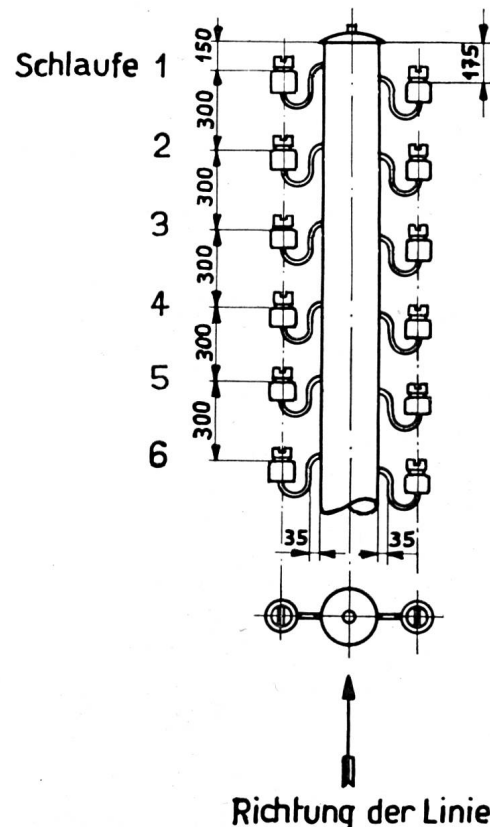


Fig. 2. Bild der Leitung mit Seitenträgern

$$de_{2x} = -J_{1x} \cdot j \cdot \omega \cdot m \cdot dx \quad \begin{array}{l} J_{1x} = \text{Strom in der} \\ \text{Schleufe I} \\ \omega = \text{Kreisfrequenz} \end{array}$$

Dabei kann man J_{1x} durch die Anfangsspannung U_{10} , die Leitungsimpedanz Z_1 und die Übertragungskonstante γ_1 ausdrücken:

$$J_{1x} = \frac{U_{1x}}{Z_1} = \frac{U_{10}}{Z_1} \cdot e^{-\gamma_1 \cdot x}$$

$e = \text{Basis der natürlichen Logarithmen}$

Die induzierte Teilspannung wird somit

$$de_{2x} = \frac{U_{10}}{Z_1} \cdot e^{-\gamma_1 \cdot x} \cdot j \omega \cdot m \cdot dx$$

Die am Leitungsanfang empfangene Störspannung erhält man durch Integration:

$$e_{20} = \int_{x=0}^{x=l} de_{2x} = \int_{x=0}^{x=l} \frac{U_{10}}{Z_1} \cdot j \omega \cdot m \cdot e^{-\gamma_1 x} \cdot e^{-\gamma_2 x} \cdot dx$$

$\gamma_2 = \text{Übertragungskonstante Leitung 2}$

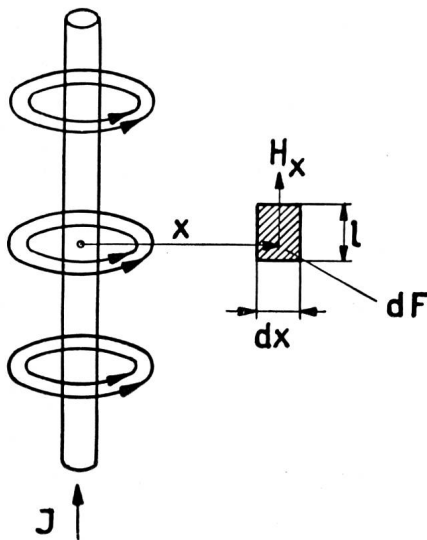


Fig. 3. Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters

Nach Auflösung des Integrals erhält man:

$$e_{20} = \frac{U_{10}}{Z_1} \cdot j \omega \cdot m \cdot \frac{1 - e^{-(\gamma_1 + \gamma_2) \cdot l}}{\gamma_1 + \gamma_2}$$

Dieser Ausdruck ist allgemein gültig für die am nahen Ende empfangene Nebensprechspannung.

Unter der Voraussetzung, dass $(\gamma_1 + \gamma_2) \cdot l < 0,1$ sind, lässt sich die obige Formel vereinfachen. Es kann nach einer Reihenentwicklung analog von

$$e^{-x} = 1 - \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} - \frac{x^3}{3!} + \dots - \frac{x^n}{n!}$$

$\cong 1 - x \quad (x \ll 1) \text{ gesetzt werden:}$

$$\frac{1 - e^{-(\gamma_1 + \gamma_2) \cdot l}}{\gamma_1 + \gamma_2} \cong \frac{1 - [1 - (\gamma_1 + \gamma_2) \cdot l]}{\gamma_1 + \gamma_2} = l$$

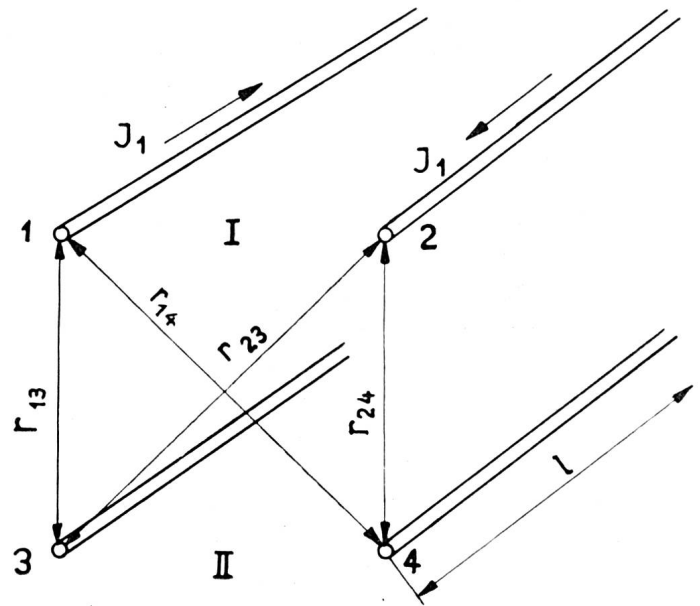


Fig. 4. Schlaufenanordnung und Leiterabstände

Die am nahen Ende empfangene Störspannung wird also

$$e_{20} = \frac{U_{10}}{Z_1} \cdot j \omega \cdot m \cdot l$$

Die Voraussetzung, dass der Ausdruck $(\gamma_1 + \gamma_2) \cdot l \cong 0,1$ sein muss, ist für Freileitungen bei Tonfrequenz relativ leicht erfüllbar. Da $\gamma_1 + \gamma_2$ gegeben ist, muss man danach trachten, dass die Länge l nicht zu gross wird.

2.2 Werte der magnetischen Kopplungen

Für die beiden meist gebräuchlichen Freileitungskonstruktionen wurden für die verschiedenen Schlaufenabstände die magnetischen Kopplungen berechnet. Die nach der Formel

$$m = 0,2 \cdot \ln \frac{r_{13} \cdot r_{24}}{r_{14} \cdot r_{23}} \quad \text{mHy/km}$$

gerechneten Werte ergaben eine gute Übereinstimmung mit Messungen an Freileitungen.

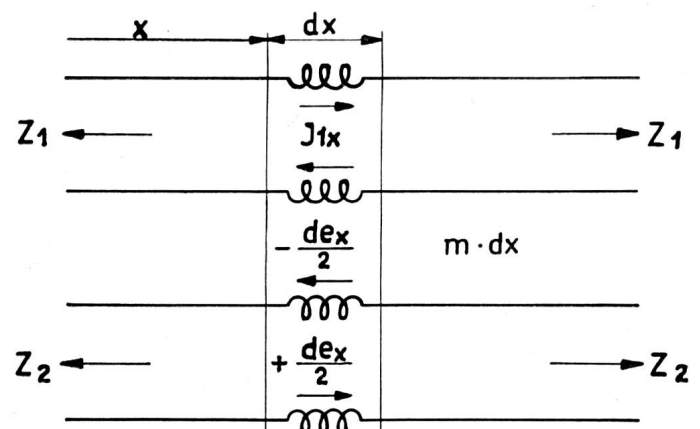


Fig. 5. Längenelement zweier sich beeinflussender Schleifen

a) Für eine Leitung mit Vierertraversen (Fig. 1)

Zwischen den Schlaufen	magnetische Kopplung m
1/3	-0,138 mHy/km
1/5	-0,0445 »
1/7	-0,0207 »
1/2	+0,0318 »
1/4	+0,0191 »
1/6	+0,004 »
1/8	-0,0022 »

b) Für eine Leitung mit Seitenträgern (Fig. 2)

Die Kopplungen wurden für eine mittlere Distanz von 35 cm zwischen dem a- und dem b-Draht gerechnet. Bei Leitungen mit Seitenträgern hängt aber diese Distanz in erster Linie von der Stangendicke ab. Die folgenden Werte gelten also nur für diese Drahtdistanz mit Genauigkeit.

Zwischen den Schlaufen	magnetische Kopplung m
1/2	-0,172 mHy/km
1/3	-0,058 »
1/4	-0,03 »
1/5	-0,016 »

Die Schlaufenbezeichnung 1/2 soll die gegenseitige Lage charakterisieren und entspricht zum Beispiel auch den Kombinationen 2/3, 3/4, 4/5.

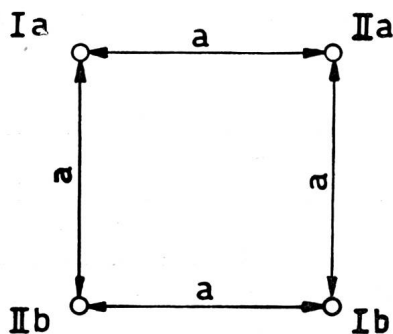


Fig. 6. Symmetrische Schlaufenanordnung (Sternvierer)

2.3 Günstigste Lage der Schlaufen zueinander

Unter gewissen Bedingungen können zwei Stromkreise gegenseitig theoretisch kopplungsfrei sein. Soll die magnetische Kopplung Null werden, so muss der Ausdruck

$$\ln \frac{r_{13} \cdot r_{24}}{r_{14} \cdot r_{23}} \text{ gleich Null sein.}$$

Dies trifft zu für den Wert

$$\frac{r_{13} \cdot r_{24}}{r_{14} \cdot r_{23}} = 1$$

Dieser Gleichung können unzählige Lösungen entsprechen. Eine Lösung wäre der Sternvierer (Fig. 6), denn hier ist ja $r_{13} = r_{14} = r_{23} = r_{24} = a$ und die gesuchte Bedingung zum vornherein erfüllt.

Eine andere, interessante Lösung ist im Bild der Vierertraversen möglich, und zwar für zwei nicht auf der gleichen Stangenseite liegende Schlaufen. Für die normale Konstruktion trifft dies bei einem Vertikal-

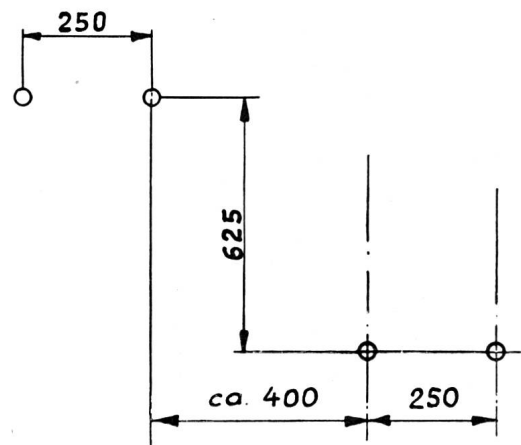


Fig. 7. Minimale Kopplung bei Vierertraversen

abstand von 625 mm zu (Fig. 7). Aus der Zusammenstellung der Kopplungswerte für Vierertraversen sieht man gleich, dass für die vertikalen Schlaufendistanzen 500 mm (1/6) und 750 mm (1/8) minimale Kopplungen zu erwarten sind. Das Wechseln des Vorzeichens der gerechneten Werte weist darauf hin, dass zwischen den beiden Schlaufen irgendwo Null sein muss. Das Minimum in Abhängigkeit der Vertikaldistanz ist übrigens nicht sehr ausgeprägt und für praktische Zwecke kann man die günstigste Distanz zu 500 mm = 2 Traversendistanzen annehmen.

3. Die kapazitive Kopplung

Zwischen den Adern einer Schlaufe besteht im Betrieb ein elektrisches Feld. Die Adern einer danebenliegenden Schlaufe liegen in diesem Feld an Punkten verschiedenen Potentials. Es müssen kapazitive Kopplungen bestehen, wie dies aus Fig. 8 hervorgeht.

Schleufe II liegt im Nebenschluss zur Schleufe I. Sie erhält ganz automatisch einen Teil der Spannung U_1 .

Trotz des relativ grossen Leiterabstandes ist die kapazitive Kopplung nicht zu vernachlässigen. Unter der Voraussetzung einer homogenen (unpupinisierten) Leitung besteht folgender Zusammenhang zwischen kapazitiver und magnetischer Kopplung:

$$k = \frac{4 \cdot C_I \cdot C_{II} \cdot c^2}{2} \cdot m \quad \text{für } \mu = 1 \quad \varepsilon = 1$$

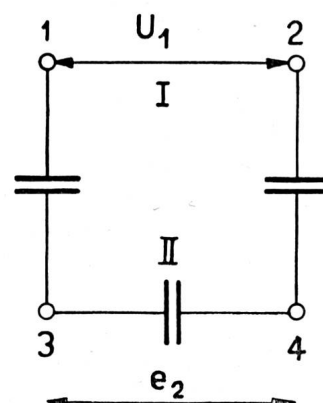


Fig. 8. Kopplungskapazitäten zwischen zwei Stromkreisen

Darin bedeuten:

C_I und C_{II} = Betriebskapazität der beiden Paare
 l = Leitungslänge in cm
 c = Lichtgeschwindigkeit in cm/sek.
 k = kapazitive Kopplung Stamm/Stamm

Durch Einsetzen der Werte erhält man für

$$k = 360 \cdot C_I \cdot C_{II} \cdot m \quad \text{pF/km} \quad \begin{matrix} C \text{ in nF/km} \\ m \text{ in mHy/km} \end{matrix}$$

Die obige Beziehung zeigt die Abhängigkeit der beiden Kopplungen. Abgesehen von den Werten der Betriebskapazität sind sie einander direkt proportional. Der Einfluss der Kapazitätsunsymmetrien gegen Erde ist vernachlässigbar, da die Abstände gegen Erde gross sind gegenüber den Drahtdistanzen.

Für eine Freileitung mit Vierertraversen, Bronze-draht $\varnothing$ 1,5 mm, Drahtabstand 250 mm, erhält man beispielsweise folgende kapazitive Kopplung:

$$k = 360 \cdot 4,8^2 \cdot 0,138 = 1140 \text{ pF/km} \quad C_I = C_{II} = 4,8 \text{ nF/km}$$

An bestehenden Leitungen wurden Werte von 1000...1200 pF/km gemessen.

4. Das aus magnetischer und kapazitiver Kopplung resultierende Nebensprechen

Die magnetische Kopplung erzeugt in der zweiten Schlaufe eine elektromotorische Kraft, sobald in der ersten gesprochen wird. Unter dem Einfluss des elektrischen Feldes der ersten Schlaufe treten in der zweiten Schlaufe Ströme auf, die durch die Grösse der kapazitiven Kopplung gegeben sind. Diese Nebensprechvektoren setzen sich zum resultierenden Nebensprechen zusammen. Die Nebensprechdämpfung A_d lässt sich grundsätzlich nach folgender Formel berechnen:

$$A_d = \ln \frac{2 \sqrt{Z_1 \cdot Z_2}}{\omega \sqrt{\left(\frac{k \cdot Z_1 \cdot Z_2}{4} \pm m\right)^2 + \left(\frac{r}{\omega}\right)^2}} \quad \text{Neper}$$

r = reeller Anteil der magnetischen Kopplung

Im Ausdruck $\left(\frac{k \cdot Z_1 \cdot Z_2}{4} \pm m\right)$ gilt das Zeichen + für das Nahnebensprechen und – für das Fernnebensprechen. Das Nebensprechen sollte also in der Regel stärker sein. Das Glied $\frac{r}{\omega}$ kann man vernachlässigen, da der reelle Anteil der magnetischen Kopplung normalerweise gering ist. Da die Beeinflussung von Teilnehmerleitungen unter sich untersucht wird, dürfen wir setzen $Z_1 = Z_2 = Z$. Wir erhalten deshalb

$$A_d = \ln \frac{2Z}{\frac{\omega k \cdot Z^2}{4} \pm \omega m} \quad \text{Neper}$$

4.1 Der Einfluss der Impedanz Z

In der voranstehenden Formel ist der kapazitive Anteil mit Z^2 multipliziert. In anderer Form geschrieben ist die Nebensprechdämpfung:

$$A_d = \ln \frac{2}{\frac{\omega k \cdot Z}{4} \pm \frac{\omega m}{Z}} \quad \text{Neper}$$

Daraus ersieht man gleich, dass bei zunehmendem Wert der Leitungsimpedanz die Bedeutung der kapazitiven Kopplung zu-, diejenige der magnetischen Kopplung abnimmt. Wäre die Leitung mit einer rein induktiven oder kapazitiven Impedanz abgeschlossen, so würde dies noch einen Vorzeichenwechsel der Kopplungen nachsichziehen. Für eine homogene Freileitung, deren Abschluss der charakteristischen Leitungsimpedanz $Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$ entsprechen würde (L =

Leitungsinduktivität, C = Leitungskapazität), wäre der kapazitive und magnetische Anteil gleich gross. Da eine Freileitung eine geringe Dämpfung aufweist, ist deren Impedanz weitgehend durch den Abschlusswiderstand (Teilnehmerstation) gegeben. Wir nehmen diesen zu 600 Ohm an. Dieser Wert ist kleiner als die charakteristische Leitungsimpedanz $\sqrt{\frac{L}{C}}$ (z. B. für Bronze $\varnothing$ 1,5 mm, Drahtabstand a = 250 mm, $\sqrt{\frac{L}{C}} = 712 \text{ Ohm}$). Deshalb ist der Einfluss der kapazitiven Kopplung geringer als derjenige der magnetischen Kopplung, er ist aber noch lange nicht vernachlässigbar.

5. Reduktion des Nebensprechens

Die in einer Schlaufe infolge Parallelführung induzierten Störspannungen lassen sich praktisch zum grössten Teil durch den Einbau von Kreuzungen (Fig. 9) eliminieren. Dadurch sollen sich die in den beiden Leitungshälften induzierten Spannungen und Ströme aufheben. Bedingung ist jedoch, dass die Spannungen und Ströme weder eine merkbare Dämpfung noch Phasendrehung aufweisen. Dieser Forderung entspricht man, indem, wie schon früher dargelegt wurde, der Ausdruck $|\gamma_1 + \gamma_2| \cdot l < 0,1$ sein muss. Dabei bedeutet l den mittleren Abstand der beiden auszukreuzenden Leitungsteile.

Dass dieser Abstand nicht beliebig gross gewählt werden darf, geht aus folgendem hervor:

Für eine Freileitung aus Bronzedraht $\varnothing$ 1,5 mm und 250 mm Drahtabstand beträgt die Ausbreitungskonstante

$$\gamma = \sqrt{(R'^2 + \omega^2 L'^2)(G'^2 + \omega^2 C'^2)} \quad \text{pro km}$$

für die Frequenz 800 Hertz $|\gamma| = 0,029$
 2000 Hertz $|\gamma| = 0,051$

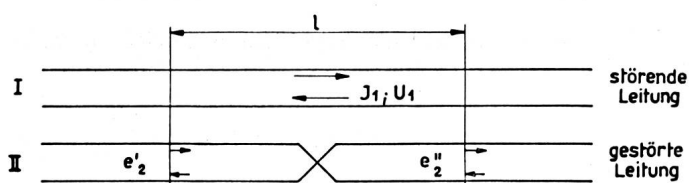


Fig. 9. Wirkung einer Kreuzung

Die Ausbreitungskonstante γ wächst mit der Frequenz stark an. Da das Nebensprechen für tiefe und höhere Frequenzen reduziert werden sollte, nehmen wir als obere Grenze für die Länge $l = 0,8$ km an. Bei 2000 Hertz wird der Ausdruck

$$(|\gamma_1 + \gamma_2|) \cdot l = (|0,051 + 0,051|) \cdot 0,8 = 0,0816 < 0,1$$

Durch die Wahl von 800 m als mittleren Abstand der auszukreuzenden Schleifen ist auch die maximale Länge einer Ausgleichseinheit zu 1600 m gegeben. Dies will sagen, dass innerhalb von 1600 m die Schleifen untereinander ausgekreuzt sein müssen.

Damit die Kreuzungen wirksam sind, müssen sie an Punkten eingebaut werden, die die Leitung (evtl. Ausgleichseinheit) in symmetrische Teile aufteilt. Diese Bedingung lässt sich praktisch nicht immer verwirklichen. Bei der Aufteilung soll auf jeden Fall nicht die Stangenanzahl massgebend sein, sondern die wirkliche Länge zwischen den Stangen. Da die Kreuzungen natürlich auf einem Stützpunkt angebracht werden müssen, muss unter Umständen schon zum vornherein mit gewissen Restkopplungen gerechnet werden. Bei schlecht reglierten Freileitungen können sich die Kopplungen nicht vollständig aufheben. Sobald ein Draht mehr Durchhang hat als die andern, so ändert für die betreffende Strecke auch die magnetische und kapazitive Kopplung. Trotz der Kreuzung können deshalb noch Kopplungen wirksam sein, die schwierig zu erfassen sind. Sollte eine Leitung plötzlich schlecht werden, so ist die Leitung auf Reglage und Isolation nachzusehen.

5.1 Zulässige Länge der Parallelführungen

Um sich ein Bild von den entstehenden Nebensprechdämpfungen machen zu können, wurden die theoretischen ungekreuzten Leitungslängen berechnet, bei welchen die Nahnebensprechdämpfung zwischen zwei Schleifen den Wert von 7,5 Neper für die Frequenz 800 Hertz erreicht. (7,5 Neper Nebensprechdämpfung gilt gegenwärtig als zulässiger Minimalwert für Teilnehmerleitungen.)

Für eine Leitung mit Vierertraversen erhält man folgende Längen

Schleife	theoretische Länge
1/3	540 m
1/5	1660 m
1/7	3580 m
1/2	2360 m
1/4	3900 m
1/6	~ 18600 m
1/8	~ 34000 m

Die analoge Rechnung ergibt für eine Seitenträgerleitung:

1/2	600 m
1/3	1750 m
1/4	3380 m
1/5	6340 m

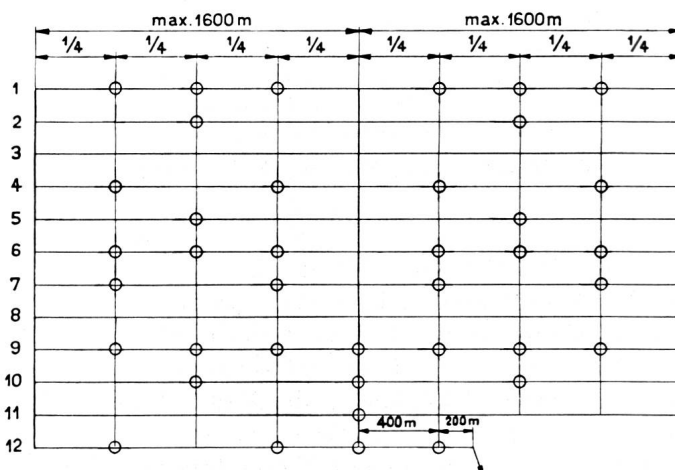


Fig. 10. Beispiel eines Kreuzungsplanes für Vierertraversen

Diese Resultate sind unter Beachtung der im vorangehenden Abschnitt erwähnten Einschränkungen hinzunehmen, das heisst: Guter Zustand der Leitung in bezug auf Isolation und gleichmässigen Durchhang.

Vielfach wird man erstaunt sein zu vernehmen, dass Parallelführungen von über 540 m schon unzulässig starkes Nebensprechen erzeugen sollten. Nach unserer Rechnung würde bei Vierertraversen 540 m Parallelführung für 800 Hertz eine Nebensprechdämpfung von 7,5 Neper ergeben. Mit zunehmender Frequenz wird jedoch die Nebensprechdämpfung geringer. Der mit der neuen Mikrophon- und Hörerkapsel erzielte Dämpfungsgewinn, besonders bei höheren Frequenzen, wirkt sich hier als Nachteil aus. Deshalb ist auch zu begreifen, dass, nach dem Auswechseln der alten Mikrophon- und Hörerkapseln durch neue, der Teilnehmer sich plötzlich über Nebensprechgeräusche beklagen kann.

6. Praktische Regeln zu einem Kreuzungsplan

Bei der Aufstellung eines Kreuzungsplanes soll man sich an folgende Regeln halten.

1. Es soll danach getrachtet werden, mit möglichst wenig Kreuzungen eine wirksame Auskreuzung zu erreichen. Dies vereinfacht den Bau und vermeidet unnötige Kosten.
2. Die maximale Länge einer Ausgleichseinheit soll nicht länger als 1600 m werden.
3. Der gleiche Kreuzungsschritt soll sich bei Vierertraversen auf gleicher Höhe nicht wiederholen.

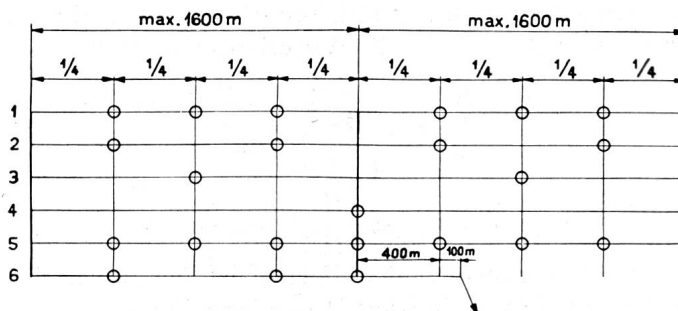


Fig. 11. Beispiel eines Kreuzungsplanes für Seitenträger

4. Untereinander soll sich der gleiche Kreuzungsschritt erst nach zwei Vertikalschlaufenabständen wiederholen.
5. Unterwegs abzweigende Schlaufen dürfen nicht mehr als 400 m ungekreuzte Länge gegen die nächste Schlaufe aufweisen, sonst wird das Nebensprechen zu stark. Damit ist auch festgelegt, dass Freileitungen, die mehr als 400 m lang sind, ausgekreuzt werden müssen.

Figur 10 zeigt die Anwendung dieser Grundsätze für eine Gerüstleitung (Vierertraversen) und Figur 11 für eine Seitenträgerleitung. Dass man auf den obersten Schlaufen mit mehreren Kreuzungen beginnt, ist eine Erfahrungstatsache; zwischen diesen kann am ehesten durch Ableitung Nebensprechen entstehen.

7. Freileitungen mit Phantomausnutzung

Noch ist nicht jedes Endamt durch ein Bezirkskabel an sein Knotenamt angeschlossen. Um auf solchen Verbindungsleitungen zwischen zwei Zentralen Material zu sparen, überlagert man zwei gewöhnlichen Stromkreisen (Stamm) einen Phantomstromkreis. Bei Freileitungen nennt man dies auch Duplexierung.

Da die oberirdischen Verbindungsleitungen zwischen Zentralen ständig an Bedeutung verlieren, sei

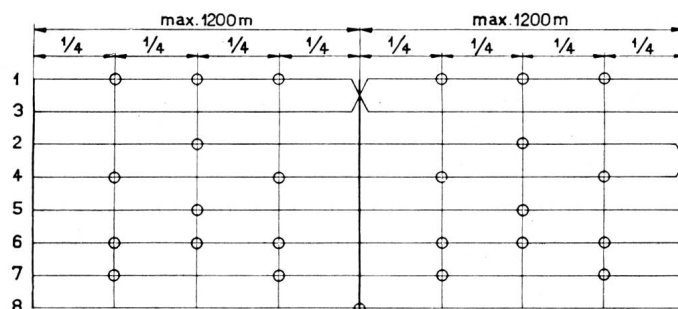


Fig. 12. Vierertraversenleitung mit zwei Schlaufenkreuzungen

die Auskreuzung von Freileitungen mit Phantomausnutzung nur kurz gestreift.

Selbstverständlich bildet sich um die Phantomstromkreise auch ein elektromagnetisches Feld. Deshalb muss man danach trachten, durch Kreuzungen sowohl die Phantomstromkreise unter sich, als auch diese gegenüber den Stammstromkreisen kopplungsfrei zu halten. Diese zusätzlichen Duplexkreuzungen sollen aber die Auskreuzung der Basisstromkreise nicht stören. Eine Duplexkreuzung ändert die Distanzen den benachbarten Stromkreisen gegenüber. Deshalb bringt ein Ausgleich der Basisstromkreise über eine Schlaufenkreuzung hinaus nicht mehr den gewünschten Erfolg. Fig. 12 zeigt die Anwendung dieser Grundsätze für eine Leitung mit Vierertraversen und zwei Phantomleitungen.

Le déparasitage des tubes d'éclairage à fluorescence dans la gamme de 150 à 1500 kHz

Par J. Meyer de Stadelhofen, Berne

621.396.828:621.327.4

Résumé. Le comportement des tubes d'éclairage à fluorescence est tout d'abord analysé au point de vue haute fréquence. On montre que pour obtenir un déparasitage toujours efficace il faut employer simultanément un filtre de réseau et un blindage du tube. Par ce moyen on arrive avec des dispositifs simples à réduire les perturbations à $\frac{1}{10}$ de leur valeur primitive dans le cas particulier et spécialement défavorable traité à titre d'exemple.

Le nombre de plaintes concernant les perturbations dues aux tubes d'éclairage à fluorescence s'accroît de façon alarmante, comme le prouve la statistique de la figure 1 établie par la section radio de la direction générale des PTT ainsi que les constatations de l'association «Pro Radio».

Or, le succès des essais entrepris pour déparasiter ces tubes s'avère des plus capricieux. On constate que

a) les auditeurs se plaignent surtout du bruit permanent causé par les tubes et très peu des perturbations bien plus intenses, mais de faible durée, qui se produisent au moment de l'enclenchement;

b) le niveau perturbateur dépend dans de très grandes proportions du tube utilisé. (Certains tubes ne perturbent pour ainsi dire pas, tandis que d'autres gênent considérablement);

c) au cours de la vie utilisable, un même tube peut

Radioentstörung der Fluoreszenz-Beleuchtungsröhren im Bereiche von 150 bis 1500 kHz

Von Jean Meyer de Stadelhofen, Bern

621.396.828:621.327.4

Zusammenfassung. Eine typische Form von Fluoreszenzbeleuchtungsapparat wird vorerst hochfrequenzmässig analysiert. Es wird bewiesen, dass die gleichzeitige Verwendung eines Netzfilters und einer Abschirmung um die Röhre herum für eine sichere Entstörung unerlässlich ist. Messungen zeigen, dass durch einfache Massnahmen für den ausgewählten ungünstigen Fall eine Reduktion der Störungen auf $\frac{1}{10}$ ihres ursprünglichen Wertes möglich ist.

Nach einer Statistik der Radiosektion der Generaldirektion PTT und Feststellungen der «Pro Radio» nimmt die Zahl der Klagen von seiten der Radiohörer wegen Störungen durch Fluoreszenzröhren in bedrohlicher Weise zu (vgl. Fig. 1).

Der Erfolg der gewöhnlichen Störschutzmassnahmen ist aber von Fall zu Fall ganz verschieden. Es lässt sich folgendes feststellen:

a) Die Radiohörer werden durch das dauernde Geräusch der Fluoreszenzröhren mehr belästigt als durch die kräftigeren, aber kurzen Störungen, die beim Zünden der Röhre auftreten.

b) Der Störpegel variiert von Röhre zu Röhre; einige stören fast gar nicht, während andere sehr lästige Störungen hervorrufen.

c) Je nach Ort, Zeit und Raumtemperatur kann