

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 34 (1943)
Heft: 4

Artikel: Probleme der drahtlosen Vielfach-Telephonie
Autor: Tank, F.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061711>

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: 18.01.2026

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

dings die Montage von zwei Verbindungsdosen bedingt. Andere Massnahmen sind Durchführungen in getrennten Rohren, Ausgiessen oder Abdichten der Rohre, eventuell kann auch ein Abtüllen genügen. Um Kurzschlüssen in Abzweig- und Verbindungsdosen, wo manchmal Drähte verschiedener Polarität direkt übereinander liegen, vorzubeugen, empfiehlt sich ein Ueberziehen der Leiterenden mit Isolierschläuchen, wobei darauf zu achten ist, dass diese Schläuche etwas in die Rohre hineinragen. Auch dürfte es zweckmässig sein, Rohre mit einem etwas grösseren Durchmesser als nach den Vorschriften für die Verlegung von Al-PU-Draht minimal zulässig ist, zu verlegen, wodurch die Möglichkeit der Beschädigung der Isolation beim Einziehen verringert wird. Ferner sollte mit dem Einziehen der Drähte solange als möglich zugewartet werden; dasselbe gilt auch für das Aufsetzen der Deckel von Abzweig- und Verbindungsdosen. Da eine sorgfältig und nach allen Regeln der Technik ausgeführte Installation mit papierisoliertem Draht etwas mehr Zeit- und unter Umständen auch Material-Aufwand erfordert als eine solche mit gummiisoliertem Draht, so erscheint ein angemessener Zuschlag zu den auf GS-Draht basierten Kosten gerechtfertigt.

Das Starkstrominspektorat und die zuständigen Kommissionen des SEV und VSE, in denen auch die Fabrikanten isolierter Leiter vertreten sind, haben sich neuerdings mit den Problemen, die durch die Verwendung von papierisolierten Leitern im vergangenen Jahre entstanden sind, eingehend befasst. Einige Fragen bedürfen noch einer näheren Abklärung durch Versuche, mit denen sich die Materialprüfanstalt des SEV zu beschäftigen hat. Es betrifft insbesondere die Korrosionsschäden an Al-Leitern, die speziell bei Unterputzmontage in zeitweilig feuchten Räumen, wie Kü-

chen und dgl., festgestellt werden konnten. In einem uns bekannt gewordenen Einzelfall hat die Korrosion unter der Einwirkung von Kondensfeuchtigkeit im Isolierrohr zu einem Unterbruch im Pol- und Nulleiter einer Lichtleitung geführt, ohne dass es dabei zu einem Kurzschluss gekommen ist. Auch bei Aluminiumdrähten mit eingebranntem Isolierlacküberzug konnten Korrosionserscheinungen unter der Lackschicht festgestellt werden. Ob hierfür der Werkstoff, die Fabrikation oder eine andere Ursache verantwortlich gemacht werden können, bleibt noch abzuklären. Zur Beruhigung kann immerhin gesagt werden, dass uns derartige nachteilige Erscheinungen an Al-PU-Leitern in dauernd trockenen Räumen bis heute nicht bekannt sind. Im übrigen haben die Fabrikanten isolierter Leiter die Anregung der Normalienkommission entgegengenommen, die papierisolierten Leiter zu verbessern. In diesem Zusammenhang wurde auch beschlossen, zu prüfen, ob nicht eine Verschärfung der Prüfbestimmungen am Platze wäre. Leider wird man einstweilen wegen der Knappheit an Gummiregeneraten und thermoplastischen Isoliermassen weiterhin gezwungen sein, papierisolierte Leiter zu verwenden, wenn man nicht eine Einschränkung im Installieren in Kauf nehmen will, was aber aus volkswirtschaftlichen Motiven kaum zur Diskussion stehen dürfte. Nur eine weitgehende Aufklärung im Sinne der vorstehenden Ausführungen an alle diejenigen, welche PU-Draht verarbeiten, wird den Bauherren und Installateur künftig vor weiteren unangenehmen Ueberraschungen und Schäden bewahren können. Lässt sich zudem noch eine Verbesserung der Isolation erreichen, so ist zu hoffen, dass bei Befolgung der angegebenen Richtlinien die Schwierigkeiten mit dem papierisolierten Draht als in der Hauptsache überwunden betrachtet werden können. De.

Probleme der drahtlosen Vielfach-Telephonie

Vortrag, gehalten vor der Physikalischen Gesellschaft Zürich am 26. Juni 1942
von F. Tank, Zürich

621.396.41

Das Prinzip der Vielfach-Telephonie wird einleitend auseinandergesetzt. Das Gemeinsame und das Verschiedene bei Uebertragung durch Kabel und auf drahtlosem Weg wird erläutert. Die Entwicklung und die Systeme der drahtlosen Vielfach-Telephonie werden beschrieben. Dann wird auf die gelösten und ungelösten technischen Probleme eingetreten. Schliesslich werden ausgeführte Anlagen kritisch besprochen.

L'auteur expose au début le principe de la téléphonie multiple, puis explique les points communs et les divergences entre la transmission par câble et la transmission par T.S.F. Il décrit ensuite le développement et les différents systèmes de la radiotéléphonie multiple, et passe en revue les problèmes d'ordre technique résolus ou encore à résoudre. Finalement, il soumet à un examen critique quelques installations en service.

1.

Die elektrische Nachrichtentechnik steht heute im Zeichen der Vielfachausnutzung ihrer Verbindungswege. Einerseits ergab sich diese Entwicklung als eine notwendige Folge aus der gewaltigen Steigerung des Nachrichtenverkehrs und dem damit verbundenen Bestreben nach möglichst restloser Ausnutzung aller technischen Hilfsmittel, andererseits konnte sie aber erst verwirklicht werden dank der Beherrschung zahlreicher einzelner technologischer, konstruktiver und theoretischer Probleme.

Das Prinzip der Vielfach-Telephonie besteht darin, dass man anstelle von n Uebertragungsweegen, in welchen allen dasselbe Frequenzgebiet benutzt wird, auf einem einzigen Uebertragungsweg n Frequenzbereiche vorsieht, von welchen jeder einzelne einer besonderen Nachrichtenübermittlung dient. Anstelle der Vermehrung der Leitungen tritt also eine Vermehrung der Frequenzen. Die Technik der Vielfachübertragung ist eine Präzisionstechnik der breiten Frequenzbänder, der Filterung und der Frequenzumsetzung. Die Frequenzumsetzung oder Frequenzverschiebung ist das Mit-

tel, telegraphische oder telephonische Zeichen in bestimmte Frequenzbereiche zu verlegen. Es geschieht dies durch die Bildung von Kombinationsfrequenzen, also Summations- und Differenzfrequenzen, vermöge nichtlinearer physikalischer Beziehungen (krummlinige Strom-Spannungs-Kennlinien usw.) bei Ueberlagerung mit einer Hilfsfrequenz. Ein bekanntes Beispiel bildet die Modulation einer hochfrequenten Schwingung durch einen niederfrequenten Vorgang. Wird bei sinusförmig verlaufender Spannung

$$u = U \sqrt{2} \sin \omega_H t$$

die Amplitude $U \sqrt{2}$ oder die Kreisfrequenz ω_H periodisch geändert, so liegt Amplituden- bzw. Frequenzmodulation vor, und man erhält im ersten Falle, den wir im weiteren allein betrachten wollen,

$$U = U_0 (1 + m \sin \omega_N t)$$

bzw.

$$u = U_0 \sqrt{2} (1 + m \sin \omega_N t) \sin \omega_H t.$$

Wesentlich ist hier das Auftreten eines multiplikativen Gliedes $\sin \omega_N t \cdot \sin \omega_H t$, das in Wirklichkeit nur durch nichtlineare Zusammenhänge erhalten werden kann. Es gilt bei Vorgängen solcher Art ganz allgemein, dass sie sich als Superposition periodischer Einzelprozesse darstellen lassen, also ihr besonderes Frequenzspektrum besitzen. Im Falle der einfachen Amplitudenmodulation berechnet man leicht

$$u = U_0 \sqrt{2} \sin \omega_H t + \frac{1}{2} m U_0 \sqrt{2} [\cos (\omega_H - \omega_N) t - \cos (\omega_H + \omega_N) t].$$

Man erhält einen Träger und zwei Seitenbänder; diese entsprechen den Summations- bzw. Differenzschwingungen (Fig. 1).

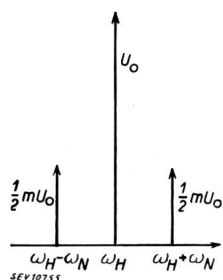


Fig. 1.
Frequenzspektrum bei einfacher Amplitudenmodulation
 $U_0 \sqrt{2}$ Träger-Amplitude, m Modulationsgrad, ω_H hochfrequente Kreisfrequenz, ω_N niederfrequente Kreisfrequenz.

Der niederfrequente Vorgang wird wiederum durch Bildung von Kombinationsfrequenzen zurückerhalten. Man nennt diese Zurückgewinnung häufig Demodulation. So liefert die Differenzfrequenz aus einem Seitenband und dem Träger die Niederfrequenz. Ist dieser nicht mitgeschickt worden, so muss er auf der Empfangsseite mit der nötigen Präzision von neuem zugesetzt werden. Das Mitschicken des Trägers vereinfacht jedoch die Empfangsapparatur. Durch Frequenzumsetzung verschiedener niederfrequenter Vorgänge in eng aneinander anschliessende Frequenzbereiche gelangt man zur eigentlichen Vielfachübertragung. Diese

kann sowohl auf Leitungen als auch drahtlos durchgeführt werden. Sie muss sich aber weitgehend der besonderen Eigenart der Uebertragungsmittel anpassen und besitzt daher für den Kabelweg und für den drahtlosen Weg teilweise ganz verschiedene Lösungen, trotz gemeinsamer Grundgedanken und Grundlagen.

2.

Die ersten Versuche, mit Hilfe von Frequenzumsetzung gleichzeitig mehrere Nachrichten über Leitungen zu senden, wurden 1909 von *Ruhmer* und 1910 von *Squier* ausgeführt. Doch dauerte es noch eine Reihe von Jahren, bis die technischen Voraussetzungen für brauchbare Trägerstrom-Uebertragungen geschaffen waren. Zu diesen Voraussetzungen gehörte in erster Linie die Entwicklung der Elektronenröhre. Die ersten Trägerstrom-Systeme findet man in Amerika (Bell) und in Deutschland (Siemens & Halske), zunächst noch auf Freileitungen. So führten im September 1918 *Fassbender* und *Habann* Versuche über einen Dreifach-Telephonieverkehr zwischen Berlin und Potsdam durch, und zwar mit gewöhnlichen Radiowellen auf einer Telephon-Freileitung. Sie erkannten bereits die Möglichkeit der Verwendung einer solchen Hochfrequenz-Vielfach-Telephonie in Stadtnetzen mit Aemterbetrieb und schlugen auch die Kombination von Niederfrequenz- und Hochfrequenz-Uebertragung in ausgedehnten Netzen vor. Ihre Versuche können als Vorläufer unseres heutigen Telephonrundspraches betrachtet werden.

Damit im folgenden sowohl das Gemeinsame als auch das Gegensätzliche der Vielfach-Telephonie auf Kabeln und auf dem drahtlosen Wege in richtiger Beleuchtung erscheine, mögen zunächst einige kurze Bemerkungen über den Stand der Vielfach-Telephonie auf Kabeln eingeflochten werden. Beim

U-System

verwendet man unpupinisierte Leitungen normaler oder angenähert normaler Bauart. Deren mit der Frequenz ansteigende Dämpfung setzt den verwendbaren Uebertragungsfrequenzen und damit auch der möglichen Zahl der Sprechkanäle eine obere Grenze. Bei der Wahl von 60 kHz als obere Grenzfrequenz lassen sich im Bereiche von 12...60 kHz 12 Gespräche in Kanalfolgen von 4 kHz Breite übertragen, was die Beschränkung auf ein einziges Modulations-Seitenband zur Voraussetzung hat und eine Ausfilterung von Träger und zweitem Seitenband erfordert. Für Hin- und Rückweg müssen getrennte Leitungen zur Verfügung stehen. Räumt man dem einzelnen Gespräch eine Frequenzbreite von 0,3...3,4 kHz ein, d. h. 80 % des zur Verfügung stehenden Frequenzbandes, so reicht der verbleibende Rest gerade noch aus, um die Frequenztrennung zwischen den benachbarten Sprechkanälen durch Ausfilterung sicherzustellen. Kennzeichnend ist also die durch die besonderen Eigenschaften des Kabels erzwungene äusserste Zusammendrängung der Sprechkanäle und damit die Forderung nach einer höchst vollkommenen Filtertechnik. Das ganze Frequenzband ist verhältnismässig

breit; seine obere Frequenzgrenze beträgt ein Mehrfaches der unteren Grenzfrequenz.

Noch weiter geht das

B-System

unter Benutzung der Hochfrequenz- oder Breitbandkabel, bei welchem das übertragene Frequenzband sich von 0...5000 kHz erstreckt. Der Bereich von 0...1000 kHz dient dem Fernsprechen, während das Gebiet zwischen 1000 und 5000 kHz zur Verfügung von Fernsehübertragungen gedacht ist. Im Fernsprechbereich lassen sich frequenzmässig 20 Gruppen von U-Systemen unterbringen, deren jedes durch besondere Umsetzerstufen, die Gruppenumsetzer, in den richtigen Frequenzabschnitt verlagert wird. So ergeben sich nicht weniger als 20·12 oder 240 Gespräche, welche in dichtester Folge von 4 kHz aneinandergereiht sind. Das Verhältnis zwischen oberster und unterster Frequenz des gesamten Bandes ist ausserordentlich gross geworden.

Die unvermeidlichen Kabeldämpfungen erfordern den Einbau von hochwertigen Verstärkern in den verhältnismässig kurzen Abständen von etwa 30 km. Der Gewinn an Zahl der Gespräche ist mit einem Verlust an direkter Uebertragungsweite verbunden.

3.

Bei der Vielfach-Telephonie auf Kabeln liegen die obersten Frequenzabschnitte bereits so hoch, dass eine Abstrahlung derselben auf drahtlosem Weg durch Antennen möglich wäre. Die Vertauschung des Kabels mit dem freien Luftraum als Uebertragungsmittel stellt bestechende Vorteile in Aussicht, so die Ersparnis der Kabelkosten, die Möglichkeit der Erweiterung des benutzten Frequenzraumes bis zu allerhöchsten Frequenzen hinauf, die Auflockerung der einzelnen Gesprächsbereiche und eine dadurch erreichte vereinfachte Filtertechnik usw. Demgegenüber stehen aber gewichtige Einschränkungen und Bedenken, welche der Verlust der anerkannten Vorzüge des Kabels mit sich bringt: wir nennen die grundlegenden Fragen des Uebersprechens und der Stabilität (Konstanz der Pegel), ferner die Schwierigkeit einer einwandfreien Geheimhaltung, der vermehrte Einfluss von Störungen, also überhaupt die allgemeine Verminderung der Sicherheit des Betriebes. Dazu kommt noch das Problem der Wellenknappheit im Luftraum. Derartige Gegensätzlichkeiten zwischen Leitungsübertragung und drahtloser Telephonie und Telegraphie bestanden von jeher; sie werden aber um so bedeutungsvoller, je mehr die verschiedenen Verfahren miteinander in Wettbewerb treten oder sich zu engerer Zusammenarbeit verbinden.

Die drahtlose Vielfach-Telephonie wird in erster Linie durch die Vielfachausnutzung der Antennensysteme nahegelegt. Nicht nur lässt sich dadurch eine Einschränkung an Kosten und Raumbedarf erzielen, sondern es ist unter Umständen nur schwer möglich, eine grosse Zahl von Richtantennen in einwandfreier Weise nebeneinander aufzustellen.

Sodann spielt die bessere Ausnutzung der Sender-Endstufen eine Rolle. Von diesen Gesichtspunkten aus betrachtet liegt das Problem ganz anders als bei der Vielfach-Telephonie auf Kabeln. Da ein Antennensystem nur innerhalb eines verhältnismässig schmalen Frequenzbandes gleichmässige Strahlungseigenschaften besitzt, so ergibt sich daraus die für die drahtlose Vielfach-Telephonie charakteristische Folgerung, dass obere und untere Grenzfrequenz der abgestrahlten Bänder verhältnismässig wenig voneinander verschieden sind. Einen zweiten Grund für diese Massnahme bilden, wie wir noch sehen werden, die Fragen des Uebersprechens. Die übertragenen Frequenzbänder können indessen dem absoluten Frequenzumfange nach sehr breit sein, was praktisch nur möglich ist, wenn die Frequenzen selbst sehr hoch liegen. Die drahtlose Vielfach-Telephonie ist daher vor allem ein Anwendungsgebiet der Technik der kurzen und der ultrakurzen Wellen. Zwölf Gespräche, entsprechend einem U-System, im Bereiche von 12...60 kHz, müssen auf einer Welle von mindestens der Frequenz 2000...3000 kHz oder 100...150 m Wellenlänge übertragen werden, und wenn man zwecks Vereinfachung der Filterfragen zwischen den einzelnen Gesprächskanälen grössere mittlere Frequenzabstände zulassen wollte, würde man zu 50 m Wellenlänge und weniger gelangen.

Es sind an sich sehr verschiedene Systeme der drahtlosen Vielfach-Telephonie möglich, je nach der Zahl der übertragenen Gespräche, je nach dem für die Frequenzumsetzung gewählten Verfahren und je nach der Art der gemeinsamen Benutzung von Schaltelementen und Bauteilen für alle Kanäle. Vor allem aber ist ein Unterschied gegeben durch die Wellenlänge, indem auf Kurzwellen entsprechend deren ausgedehnter Reichweite Vielfach-Telephonie über sehr grosse Distanzen durchführbar ist, während Uebertragungen auf Ultrakurzwellen durch den Sichthorizont eingeschränkt sind und daher — entsprechend der Einschaltung von Zwischenverstärkern bei Vielfach-Telephonie auf Kabeln — zur Ueberbrückung grösserer Entfernungen die Aufstellung von Relaisstationen notwendig machen. Dafür ist aber bei Ultrakurzwellen die Verwendung besonders breiter Frequenzbänder möglich. Die drahtlose Vielfach-Telephonie ist ein an interessanten Möglichkeiten und vielseitigen Problemen reiches und daher für den forschenden Ingenieur besonders reizvolles Gebiet, das sich noch ganz im Flusse der Entwicklung befindet. Im folgenden soll ein Ueberblick über einzelne Fragen und technische Lösungen desselben vermittelt werden, ohne dass innerhalb des knapp zu fassenden Rahmens der Darstellung eine Vollständigkeit angestrebt werden kann.

4.

Bereitet die Vermeidung des nichtlinearen Uebersprechens (Kreuzmodulation), sei es bei gemeinsamer Verstärkung, sei es bei der Frequenzverschiebung, schon bei der Vielfach-Telephonie auf Kabeln erhebliche Schwierigkeiten, so erscheinen

diese noch gesteigert bei der drahtlosen Vielfach-Telephonie.

Es mögen Eingangs- und Ausgangsspannung eines Vierpoles z. B. einer Verstärkerröhre u_e und u_a in einer von der Linearität abweichenden Weise zusammenhängen und in folgender Art darstellbar sein

$$u_a = C_0 + C_1 u_e + C_2 u_e^2 + C_3 u_e^3 + \dots$$

Die Eingangsspannung selbst bestehe aus einer Summe von periodischen Gliedern

$$u_e = \sum_{i=1}^n u_i = \sum_{i=1}^n U_i \sqrt{2} \cos(\omega_i t + \varphi_i).$$

Die einzelnen Glieder der Potenzreihe lassen sich nun auswerten gemäss dem polynomischen Lehrsatz

$$(u_1 + u_2 + \dots + u_n)^p = \sum \frac{p!}{\nu_1! \nu_2! \dots \nu_n!} \cdot u_1^{\nu_1} \cdot u_2^{\nu_2} \dots \cdot u_n^{\nu_n}$$

mit der Nebenbedingung $\nu_1 + \nu_2 + \dots + \nu_n = p$; $\nu_1 \nu_2 \dots \nu_n$ sind ganze Zahlen, einschliesslich der Null. Die so gewonnenen Ausdrücke enthalten noch Produkte und Potenzen, lassen sich aber in Summen linearer Cosinus- und Sinusglieder überführen. Die Gesamtheit dieser Summen stellt das Frequenzspektrum des Vorganges dar, welches charakteristisch und höchst aufschlussreich ist. Es enthält nicht nur die einzelnen Kreisfrequenzen ω_i und ganze Vielfache davon, entsprechend gewissen Verzerrungen, sondern insbesondere in gesetzmässiger Weise auch Kombinationsfrequenzen $\pm \nu_1 \omega_1 \pm \nu_2 \omega_2 \pm \nu_3 \omega_3 \dots \pm \nu_n \omega_n$, ebenfalls mit der Nebenbedingung $\nu_1 + \nu_2 + \dots + \nu_n = p$. So liefert das quadratische Potenzglied Cosinus- und Sinusglieder mit den Summations- und Differenzfrequenzen $\pm \omega_i \pm \omega_k$, das kubische Potenzglied Frequenzkombinationen von der Form $\pm 2\omega_i + \omega_k$, $\pm \omega_i + 2\omega_k$ oder $\pm \omega_i + \omega_k \pm \omega_l$ usw.

Es ist nun von grosser Bedeutung, dass keine der infolge von Nichtlinearitäten entstehenden Kombinationsfrequenzen in den Uebertragungsbereich falle oder dann wenigstens deren Amplitudenbetrag von sehr geringer Grösse bleibe. Sind Ω_1

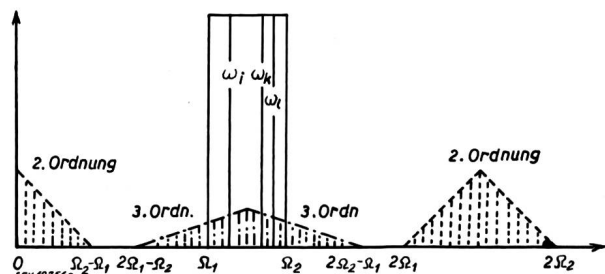


Fig. 2.

Kombinationsspektren 2. und 3. Ordnung eines zwischen den Kreisfrequenzen Ω_1 und Ω_2 eingeschlossenen kontinuierlichen Frequenzbandes.

und Ω_2 die untere und obere Grenzfrequenz des Uebertragungsbereiches, dessen Frequenzen ω also zwischen Ω_1 und Ω_2 eingeschlossen liegen, so braucht man nur $\Omega_2 < 2\Omega_1$ zu wählen, um sicher

zu sein, dass keine Kombinationsfrequenzen des Potenzgliedes zweiter Ordnung störend wirken: denn diese fallen ausserhalb des Bereiches. Dagegen sind einzelne Kombinationsfrequenzen des Potenzgliedes dritter Ordnung gefährlich. Denn wenn ω zwischen Ω_1 und Ω_2 liegt, so wird $\Omega_1 + \Omega_2 - \omega$ auch diesem Frequenzbereiche angehören, ferner wenigstens teilweise auch $2\omega - \Omega_1$ und $2\omega - \Omega_2$. Ist der Frequenzraum zwischen Ω_1 und Ω_2 gleichmässig mit Frequenzen angefüllt ($\Omega_2 < 2\Omega_1$), wie etwa bei einem Störspektrum, so ergeben sich die in Fig. 2 dargestellten Verhältnisse¹⁾. Die Kombinationen $\pm \omega_i \pm \omega_k$ liegen ausserhalb des Uebertragungsbereiches, während die Kombinationen $\omega_i \pm \omega_k \mp \omega_l$ bzw. $\omega_i + (\omega_k - \omega_l)$ oder $\omega_i - (\omega_k - \omega_l)$, ferner $2\omega_i - \omega_k$, $2\omega_k - \omega_i$ ganz oder teilweise in ihn hineinfallen. Die Dichte dieser Kombinationsfrequenzen ist in Fig. 2 durch die Dachkurve angedeutet.

Die besondere Form $\omega_i \pm (\omega_k - \omega_l)$, in welcher einzelne Kombinationsglieder der dritten Ordnung auftreten, besagt, dass irgendeine Frequenzdifferenz $\omega_k - \omega_l$ sich einer dritten Frequenz ω_i anfügt, wie ein Seitenband zum Träger. Irgendwelche Seitenbänder können daher an fremde Träger sich anschliessen und Uebersprechen verursachen, das gerade dann besonders störend wirkt, wenn der fremde Träger nicht besprochen wird. Besitzt das zum Träger U_1 gehörige Seitenband den Betrag $\frac{1}{2} m U_1$, wo m den Modulationsgrad bedeutet, so lässt sich leicht berechnen, dass der fremde unbesprochene Träger U_2 ein neues Seitenband erhält von der Grösse

$$U_s = \frac{3}{2} m C_3 U_1^2 U_2.$$

Die dadurch entstehende Störung kann vermieden werden, wenn die Arbeitskennlinie des Verstärkers bzw. Vierpoles möglichst keine kubischen und höheren Potenzglieder enthält. Durch geeignete Wahl des Arbeitspunktes und durch schwache Aussteuerung der Röhren lässt sich dies zu einem grossen Teil erreichen. Ferner sollen die Träger reduziert, möglichst überhaupt beseitigt, oder nichtbesprochene Träger durch eine Regelschaltung klein gehalten werden. Auch mit Hilfe der Dynamikkompensation wird eine erhebliche Verbesserung zu erreichen sein.

In ähnlicher Weise sind die Betrachtungen zu führen, wenn ein zwischen Ω_1 und Ω_2 liegendes Frequenzspektrum möglichst frei von Verzerrungen und Uebersprechen in einen andern Frequenzbereich umgesetzt werden soll.

5.

Wie bereits erwähnt, sind für die drahtlose Vielfach-Telephonie u. a. die Probleme der Pegelhal-

¹⁾ Vergl. auch F. Strecker, Hochfrequenztechnik und Elektroakustik, Bd. 49 (1937), Nr. 5, S. 165. — E. Hölzler, Hochfrequenztechnik und Elektroakustik, Bd. 52 (1938), Nr. 4, S. 137.

tung, d. h. der Konstanzhaltung der Spannungen am Empfängeranfang, des Schutzes vor Störungen und der Wahrung des Geheimnisses von grosser Wichtigkeit. Sie treten schon bei der einfachen drahtlosen Telephonie auf und haben dort auch teilweise schon Lösungen gefunden. Die Pegelregelung geschieht durch die bekannten Verfahren des Schwundausgleiches. Namentlich bei der Uebertragung von Wahlimpulsen und bei Anschluss der Empfangsstationen an Amtsleitungen muss sie imstande sein, den Pegel innerhalb vorgeschriebener Grenzen zu halten. Ihre Wirkung geht aus dem Beispiel in Fig. 3 hervor²⁾.

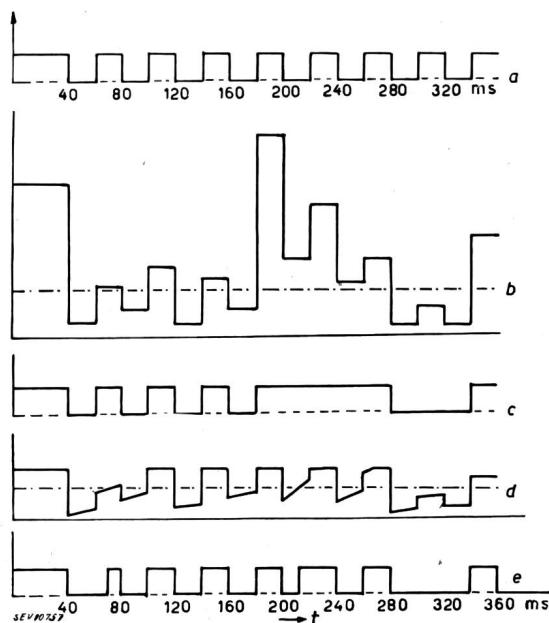


Fig. 3.

Regelung von Impulszeichen

a Zeichen gesendet. b Empfangsspannung ungeregelt. c Zeichen geschrieben ohne Regelung. d Empfangsspannung geregelt. e Zeichen geschrieben mit Regelung.

Unter Umständen muss auch die Zeitdauer von Wahlimpulsen korrigiert werden. Eine einfache, diesem Zwecke dienende Schaltung ist von Heierle angegeben worden³⁾.

Die Geheimhaltung lässt sich in verschiedener Weise erreichen⁴⁾. Im allgemeinen steigt der Aufwand an Mitteln rasch mit dem verlangten Grade an Sicherheit des Gesprächsgeheimnisses. Ein häufig angewendetes Verfahren ist dasjenige der Seitenband-Umkehr. Dabei wird eine Trägerfrequenz von 3000 Hz mit dem von 300...2700 Hz reichenden Sprechband moduliert, worauf Träger und oberes Seitenband wegfiltriert werden, so dass lediglich das untere Seitenband übrigbleibt. In diesem entsprechen die langsamen Frequenzen der hohen Frequenzlage der Sprache und umgekehrt. Dieses verkehrte Band wird nun zur Modulation des Senders benützt, von ihm ausgestrahlt und muss auf der Empfangsseite wieder rückverwandelt wer-

den. Dies geschieht durch Ueberlagerung mit einer Trägerschwingung genau derselben Frequenz, die zur Herstellung des verkehrten Bandes verwendet wurde. Die Sicherung ist also eine doppelte. Nicht nur verunmöglicht das verkehrte Seitenband ein direktes Abhören mit einfachen Apparaturen, sondern die Rückverwandlung mit Hilfe der notwendigen Einrichtungen gelingt erst bei genauer Kenntnis der Frequenz der zuzusetzenden Trägerwelle.

Der Schutz gegen Störungen, schon in der einfachen drahtlosen Telephonie ein Problem, das nur teilweise mit Erfolg lösbar ist, bietet bei drahtloser Vielfach-Telephonie insofern noch zusätzliche Schwierigkeiten, als auch auf den Zusammenhang zwischen Störeinwirkung und Breite des empfangenen Frequenzbandes zu achten ist. Liegt die Möglichkeit starker Störungen vor, so muss der absolute Betrag des für die Uebertragung dienenden Frequenzbandes gering gehalten werden, was die verwendbare Zahl der Sprechkanäle beschränkt. So wird die transozeanische drahtlose Vielfach-Telephonie im allgemeinen nur wenige Sprechkanäle benutzen, während bei der Verwendung von Ultrakurzwellen in Sichtdistanz wegen deren hoher Störfreiheit die breiten Modulationsbänder viel eher ausgenutzt werden können. In allen Fällen ergibt sich die Notwendigkeit sehr guter Richtantennen. Sie besitzen überdies den Vorteil hoher Energie-Ersparnisse auf der Senderseite.

Ein Teilschema aus einer Empfangsanlage, in welcher zahlreiche Korrektur- und Sicherungskunstgriffe zur Anwendung gelangen, wie Schwund-

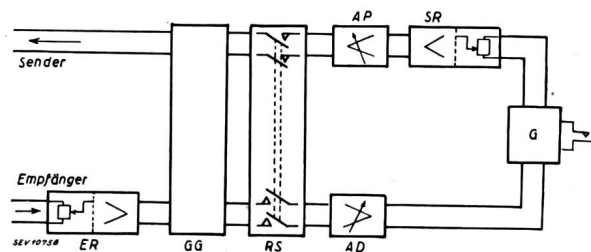


Fig. 4.

Block-Schema einer Funkgabel

ER Empfangsregler. SR Senderegler. RS Rückkopplungssperre. AP Amplitudenpresser. AD Amplitudendehner. G Gabel. GG Geheimhaltungsgerät.

regelung, Geheimhaltungsschaltung, Rückkopplungssperre, Kompression (für die Sendung) und Expansion (für den Empfang) der Dynamik der Sprache zeigt Fig. 4⁵⁾.

6.

Innerhalb der letzten Jahre sind mehrere transozeanische Vielfach-Telephonie-Verbindungen erstellt worden, welche Anspruch darauf machen dürfen, als besonders vollkommene Leistungen der Technik bezeichnet zu werden. Erwähnt sei u. a. der drahtlose Vielfach-Telephonieverkehr zwischen Deutschland und Amerika⁶⁾ und derjenige zwischen den Niederlanden und Niederländisch-In-

²⁾ Aus Telefunken-Ztg., Bd. 13 (1932), Nr. 60, S. 44.

³⁾ J. Heierle, Bulletin SEV, Bd. 33 (1942), Nr. 15, S. 413.

⁴⁾ Vergl. z. B. Telefunken-Ztg., Bd. 10 (1929), Nr. 53, S. 35.

⁵⁾ Telefunken-Mitt., Bd. 22 (1941), Nr. 86, S. 60.

⁶⁾ Telefunken-Mitt., Bd. 22 (1941), Nr. 86, S. 56.

dien⁷⁾. Die Zahl von zwei bis drei gleichzeitigen Gesprächen und ein bis zwei Telegrammen ist vorläufig nicht überschritten worden. Bemerkenswert ist die konsequente Durchführung der Einseitenband-Uebertragung, welche nicht nur hinsichtlich einer höheren Störfreiheit des Empfanges, sondern namentlich vom Standpunkte der besseren energetischen Ausnutzung der Senderendstufe Vorteile bietet. Sie hat eine sehr vollkommene Technik der Frequenzumsetzung und Filterung zur Voraussetzung. Zur Ausübung der höchsten Frequenzen werden äusserst stabile Kristallfilter mit verhältnismässig sehr schmalen Durchlassbereich verwendet. Die Dämpfungskurve eines solchen ist in Fig. 5 wiedergegeben⁸⁾. Die Trägerwelle des Senders wird nicht ganz ausgeschaltet, sondern nur amplitudenmässig stark herabgesetzt, so dass sie auf der Empfangsseite zur Konstanthaltung der dort unabhängig erzeugten, die rückbildende Frequenzumsetzung veranlassenden Trägerfrequenz dienen

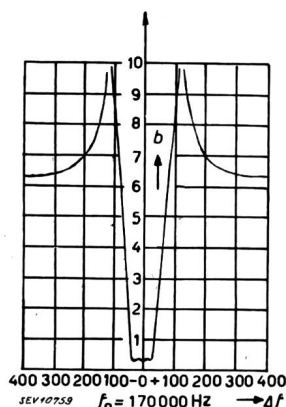


Fig. 5.
Durchlasskurve eines Kristallfilters
(nach oben aufgetragen
Dämpfung in Neper).

kann. Zugleich steuert sie den Schwundausgleich. Einen Begriff von der Vielgestaltigkeit der konstruktiven Aufgaben und deren Lösung sowohl auf der Sende- wie auf der Empfangsseite derartiger Anlagen kann nur die ausführliche Beschreibung vermitteln.

7.

Kommerzielle Anlagen für Vielfach-Telephonie auf Ultrakurzwellen sind in Europa wohl zum ersten Mal von der Standard-Gesellschaft ausgeführt worden⁸⁾. Erwähnenswert ist die von ihr 1936 erstellte Verbindung zwischen Schottland und Irland auf Wellenlängen zwischen 3 und 6 m mit 9 Sprechkanälen und 50 Watt Sendeleistung über eine Distanz von 65 km. Die Ultrakurzwelle wird mit 9 Hilfsfrequenzen moduliert, welche im Bereiche von 150...300 kHz liegen und ihrerseits mit den niederfrequenten Gesprächen moduliert sind. Die Träger sowohl dieser Hilfsfrequenzen als der Ultrakurzwellen-Träger werden mitübertragen. Das System zeichnet sich also durch grosse Einfachheit aus. Eine erhebliche Schwierigkeit bietet das Problem des Uebersprechens, verursacht durch Nicht-

linearitäten der Verstärkerröhren. Fig. 6 zeigt das Blockschema einer Sende-Empfangsstation.

Grosses Interesse dürfen die in Amerika geschaffenen Ultrakurzwellen-Verbindungsleitungen beanspruchen, welche mit Zwischenstationen ausgerüstet sind. Die ersten dürften schon vor etwa 10 Jahren zu Versuchszwecken gebaut worden sein. Eine von New York über New Brunswick und Arneys Mount nach Philadelphia im Jahre 1935

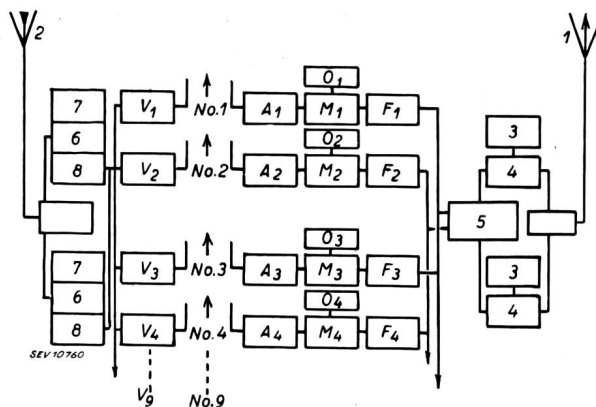


Fig. 6.

Vielfach-Telephonie-Verbindung Schottland-Irland mit 9 Sprechkanälen. — Blockschema des Sende-Empfängers

1 Sende-Antenne, 2 Empfangs-Antenne, 3 UKW-Generator, 4 Mischstufe, 5 Modulationstransformator, 6 UKW-Verstärker und erster Detektor, 7 Ueberlagerungsschaltzylinder, 8 Zwischenfrequenz-Verstärker und zweiter Detektor $V_1 V_2 - V$ Trägerfrequenz-Verstärker und Niederfrequenz-Ausgang, $F_1 F_2 - F_0$ Bandfilter, $O_1 O_2 - O_0$ Hochfrequenz-Generatoren, No. 1, No. 2 bis No. 9 Teilnehmer-Leitungen, $A_1 A_2 \dots A_0$ Niederfrequenz-Eingang und Verstärker, $M_1 M_2 \dots M_0$ Mischstufen.

erstellte Verbindung besitzt eine totale Länge von 150 km und 2 Zwischenstationen. Sie ist in erster Linie für die Uebertragung ruhender Bilder (Faksimile) gedacht und arbeitet deshalb mit der verhältnismässig geringen totalen Bandbreite von 20 kHz, innerhalb welcher zwei Kanäle für Bildübertragung und drei Telegraphiekanäle untergebracht sind. Jede Zwischenstation ist entsprechend Hin- und Rückweg mit 2 Sendern und 2 Empfängern ausgerüstet, welche sich im selben Gebäude befinden. Die Antennen sind auf 70 m hohen Türmen unmittelbar nebeneinander angebracht. Sie sind als ein Richtsystem, bestehend aus horizontalen Dipolen, ausgeführt, hinter welchem im Abstand von einer Viertel-Wellenlänge sich ein analog gebautes Reflektorsystem befindet. Die maximale Sendeleistung beträgt 100 Watt. Bei jeder Zwischenstation wird die Wellenlänge, deren Gröszenordnung 1 m beträgt, gewechselt⁹⁾.

Einen erheblichen Fortschritt gegenüber der soeben geschilderten Anlage bildet ein drahtloses Vielfach-Telephoniesystem, welches 1939 zwischen New York (Empire State Building) und River Head (Long Island) errichtet wurde, mit Zwischenstationen bei Hauppauge und Rocky Point¹⁰⁾. Die Wellenlängen sind erheblich kürzer, nämlich nur etwa 60 cm. Dies ermöglicht eine wesentliche Stei-

⁷⁾ N. Koomans, Proc. Inst. Radio Engrs., Bd. 26 (1938), Nr. 2, S. 182.

⁸⁾ B. W. Sutter und E. H. Ullrich, Bull. SEV, Bd. 28 (1937), Nr. 20, S. 475. — P. Giroud et E. Thirion, Le Matériel Téléphonique, Paris, August 1942.

⁹⁾ H. H. Beverage, RCA-Review, Bd. 1 (1936), Nr. 1, S. 15. — J. E. Smith, F. H. Kroger, R. W. George, Proc. Inst. Radio Engrs., Bd. 26 (1938), Nr. 11, S. 1311.

¹⁰⁾ F. H. Kroger, B. Trevor, J. E. Smith, RCA-Review, Bd. 5 (1940), Nr. 1, S. 31.

gerung der Richtwirkung des Antennensystems, was einen zehnfachen Gewinn an Empfangsfeldstärke gegenüber der Emission mit einfachem Dipol bringt und daher eine hundertfache Verkleinerung der Sendeleistung gestattet. Diese ist tatsächlich auf wenige Watt beschränkt. Durch die Anwendung von Frequenzmodulationen werden weitere Vorteile erzielt. Die Antennen sind auf Türmen von 30...40 m Höhe angebracht und bestehen aus 4 nebeneinander in der Fokalachse eines zylindrischen Parabolspiegels liegenden Dipolen. Das zur Uebertragung gelangende Frequenzband besitzt die ausserordentliche Breite von 8000 kHz. Es ermöglicht die gleichzeitige Uebermittlung von 2 Fernsehsendungen. Bei dieser Bandbreite berechnet sich der durch das Röhrenrauschen verursachte Störpegel am Empfängereingang zu $1,4 \cdot 10^{-12}$ Watt. Soll die Leistung des Eingangssignales 50 Dezibel, also 100 000mal über diesem Störpegel liegen, so muss die Antenne der Eingangsstufe eine Leistung von $1,4 \cdot 10^{-7}$ Watt zuführen und die Zwischensta-

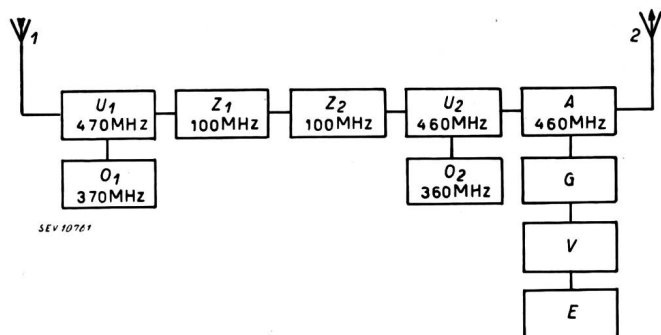


Fig. 7.
UKW-Relais-Station

1 Empfangs-Antenne, 2 Sende-Antenne, U_1 erster Frequenzumsetzer, O_1 erster Ueberlagerungssoszillator, Z_1 Z_2 Zwischenfrequenz-Verstärker, U_2 zweiter Frequenzumsetzer, O_2 zweiter Ueberlagerungssoszillator, A Ausgangs-Stufe, G Gleichrichter, V Videoverstärker, E Kontroll-Empfänger.

tion eine Leistungsverstärkung von 70 Dezibel, also von 10 000 000fachem Betrage aufbringen, wenn die zur Weitersendung nötige Ausgangsleistung 1,4 Watt sein soll. Es ist sehr bemerkenswert und für die weitere Entwicklung zweifellos von Bedeutung, dass dank starker Bündelung der Wellen und geringen

Störpegels, der sich nahezu auf das natürliche Rauschen der Röhren und Widerstände beschränkt, im Gebiete der Dezimeterwellen Uebertragungen mit erstaunlich geringen Sendeleistungen möglich sind. Im Empfänger wird eine Zwischenfrequenz eingeführt, wodurch eine befriedigende Verstärkung des breiten Bandes von 8000 kHz ermöglicht wird. Nach vorgenommener Verstärkung erfolgt am Empfängerausgang durch Frequenzverschiebung wiederum der Uebergang auf eine ganz kurze Welle. Der Empfängerausgang einer Zwischenstation dient so zugleich als Sendestufe und ist mit einer Send-Richtantenne verbunden. Man gelangt so zu der verhältnismässig einfachen Anordnung, welche in Fig. 7 im Blockschema wiedergegeben ist. Auf diese Weise wurde eine einwandfreie Fernsehübertragung mit gleichzeitiger Uebermittlung des Tonsignals auf grössere Distanz erreicht.

8.

Den weiteren Fortschritten der drahtlosen Vielfach-Telephonie, namentlich im Zusammenhang mit der Entwicklung der Dezimeterwellen-Technik, darf man mit grossem Interesse entgegensehen. Wenn auch viele Gedanken, welche ihr zugrunde liegen, eigentlich nicht neu sind, so braucht es doch — und das ist wesentlich — zu ihrer Verwirklichung einen über das bisherige hinausgehenden Stand des technischen Könnens. Die Möglichkeit, die zahlreichen sich bietenden Schwierigkeiten zu überwinden, liegt letzten Endes vor allem in der exakten Natur der elektrischen Grundgesetze und in der Zuverlässigkeit der elektronischen Geräte begründet. Es erscheint nicht ausgeschlossen, dass einmal auf diesem Wege nützliche Ergänzungen zum Nachrichtendienst auf Kabeln geschaffen werden können und dass ferner Uebertragungen besonderer Art sich bewerkstelligen lassen, welche, wie das Fernsehen, wegen ihres ausserordentlichen Bedarfes an Frequenzbandbreite auf Kabeln nicht oder nur schwer durchführbar sind. Voraussetzung ist dabei die Schaffung einer ganz neuen Technik im Wellenbereiche unterhalb 1 m Wellenlänge — der Präzisionstechnik der Milliardstelsekunde.

Glimmlampen für Verdunkelungszwecke

Von W. Gerber, Bern, und W. Jaeger, Maienfeld

621.327.42 : 628.978.7

Von technisch-ökonomischen Ueberlegungen ausgehend haben die Verfasser eine für Verdunkelungsbeleuchtung geeignete Glimmlampe geschaffen, die kurz beschrieben wird.

Partant de considérations techniques et économiques, les auteurs ont construit une lampe à effluves pour l'éclairage d'obscurissement.

Gemäss den geltenden Luftschutzvorschriften wird heute für Verdunkelungszwecke in bedeutendem Ausmass von blauen Lichtquellen Gebrauch gemacht. Bekanntlich wird das blaue Licht so verwirklicht, dass man gefärbte Glühlampen verwendet, oder ein Blaufilter über gewöhnliche Glühlampen stülpt. Hierbei zeigt sich öfters, dass der erzielte Schutz nicht genügt, und man ist dann genötigt, noch zu Abschirmungen verschiedenster

Art Zuflucht zu nehmen. Wohl jedermann bekannt sind auch gewisse nachteilige Eigenschaften der Luftschutzglühlampen, zum Beispiel die auf 500 h herabgeminderte Brenndauer sowie das vorzeitige Abblättern der Blauauftragungen usw. Es sind dies eben Kennzeichen des Provisoriums, als welches die Verdunkelungsmassnahmen gedacht waren. Mit zunehmender Dauer des Verdunkelungszustandes wird man jedoch immer mehr zu spezi-