

**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:** 48 (1970)

**Heft:** 9

**Artikel:** Das schweizerische Autotelephonsystem = Le système suisse de radiotéléphones mobiles

**Autor:** Wey, Emil

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-876070>

### **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:** 30.04.2026

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

# Das schweizerische Autotelephonsystem

## Le système suisse de radiotéléphones mobiles

Emil WEY, Bern

621.396.931 : 656.13(494)

*Zusammenfassung. Das beschriebene System ist für den Anschluss an das öffentliche Telephonnetz vorgesehen und erfüllt die Grundforderungen der leitungsgebundenen Telephonie mit vollautomatischer Verkehrsabwicklung. Seine wesentlichen Vorteile liegen in der guten Kanalausnutzung, in der geringen Störbeeinflussbarkeit durch fremde Signale, im leichten Auffinden der mobilen Teilnehmer und in seiner flexiblen Ausbaufähigkeit. Es gestattet deshalb, grosse Funknetze wirtschaftlich mit geringstem Material- und Frequenzaufwand zu planen.*

*Résumé. Le système décrit est conçu pour être relié au réseau téléphonique public; il remplit les conditions exigées pour les liaisons par fil à sélection complètement automatique. Ses avantages principaux résident dans une excellente utilisation des canaux fréquence disponibles, dans sa faible sensibilité aux brouillages, dans la facilité d'atteindre les abonnés mobiles et dans la flexibilité de ses possibilités d'extension. Il permet de concevoir des réseaux radiotéléphoniques étendus particulièrement économiques au double point de vue du matériel et des fréquences à mettre en œuvre.*

### **Il sistema della rete telefonica svizzera per le automobili**

*Riassunto. Il sistema descritto è previsto per essere allacciato alla rete telefonica pubblica ed è conforme alle richieste per i collegamenti telefonici per filo con selezione interamente automatica. I principali vantaggi risiedono nello sfruttamento eccellente dei canali, nella debole sensibilità alle perturbazioni da parte di segnali estranei, nella facilità con cui le stazioni mobili possono essere raggiunte e nella flessibilità delle possibilità d'estensione. Esso consente perciò di progettare reti radiotelefoniche particolarmente economiche, sia per l'uso di materiale, sia per l'impiego di frequenze.*

### **1. Einleitung**

Das Interesse für mobile Funkdienste ist in den letzten Jahren stark angestiegen. Einige der Hauptgründe für diese Entwicklung sind die stetige Vervollkommnung der Subminiatur-Schaltelemente und der Halbleitertechnik sowie die Zunahme und das Schnellerwerden des Verkehrs. Anordnungen und Mitteilungen nützen oft nur noch, wenn sie den Adressaten auch unterwegs, zum Beispiel im Auto, erreichen. Als Folge der Rationalisierung und Automatisierung entstehen zudem laufend neue Bedürfnisse.

Mit der Vermehrung der Anlagen wird leider der beschränkte Vorrat an verfügbaren Hochfrequenzkanälen immer knapper. Die Abnahme ist nicht nur proportional zur Vermehrung, da jede Funkanlage noch die unangenehme Eigenschaft besitzt, andere Funkanlagen stören zu können. Wenn beispielsweise an einem Ort ein bestimmter Kanal zugeteilt ist, dürfen eine ganze Anzahl anderer Kanäle dort nicht mehr zugeteilt werden (Nachbarkanäle, Kanäle die Intermodulationsstörungen hervorrufen, Kanäle, die auf Nebenempfangsstellen liegen usw.). Ferner darf der zugeteilte Kanal erst in sehr grosser Entfernung wieder verwendet werden (Gleichkanalstörung). Diese Interferenzstörungen lassen sich zum Teil durch Verbesserung der Geräteeigenschaften beheben; wirksam kann ihnen aber auch durch eine geeignete Systemwahl begegnet werden. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass ein drahtloses Nachrichtensystem nicht nur wirtschaftlich sein muss und eine zweckmässige Verkehrsabwicklung zu gestatten hat. Ebenso wichtig ist seine Frequenzökonomie.

Unter Beachtung dieser Gesichtspunkte wurde das nachfolgend beschriebene schweizerische Autotelephonsystem entworfen. Seine praktische Wirksamkeit wurde durch Feldversuche bestätigt und die industrielle Verwirklichung ist geplant.

### **1. Introduction**

Au cours de ces dernières années, l'intérêt porté aux liaisons radioélectriques mobiles a fortement augmenté. Parmi les raisons principales de cette évolution, on peut citer l'amélioration constante de la miniaturisation et de la technique des semi-conducteurs ainsi que l'accroissement de la densité et de la rapidité de la circulation.

Souvent les messages et les ordres ne servent que s'ils parviennent directement à leur destinataire même lorsqu'il se déplace par exemple en voiture. La rationalisation et l'automatisation font surgir continuellement de nouveaux besoins.

Malheureusement, la prolifération des installations entraîne une raréfaction croissante des canaux haute fréquence disponibles. Cette raréfaction est plus rapide que l'augmentation du nombre des installations car chacune d'elles est un brouilleur potentiel pour plusieurs autres. Ainsi, lorsqu'un certain canal est attribué à un lieu donné, toute une série d'autres canaux ne sont plus disponibles à cet endroit (canaux voisins, canaux susceptibles de provoquer des brouillages par intermodulation, canaux correspondant aux fréquences images de réception, etc.).

D'autre part, le canal en question ne peut être réutilisé qu'à une très grande distance du lieu auquel il a été attribué (brouillage dans un canal commun). Ces perturbations peuvent être en partie évitées par une amélioration des appareillages mais on peut aussi les combattre efficacement par le choix d'un système de transmission adéquat. En opérant ce choix, il ne faut pas seulement avoir en vue la rentabilité du système et sa faculté d'écouler convenablement un certain trafic; son économie en fréquences importe tout autant.

Le système suisse de radiotéléphones mobiles a été développé, compte tenu de ces exigences. Son efficacité a

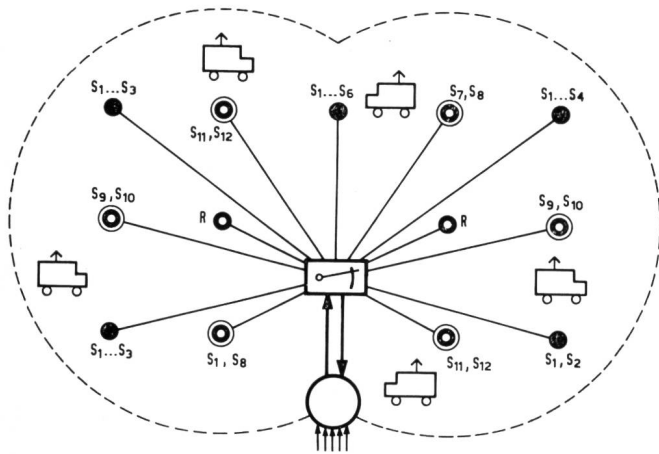








Fig. 1  
Prinzipieller Aufbau eines Autotelephonnetzes mit 1 Rufkanal R und 12 Sprechkanälen  $S_1, \dots, S_{12}$  (zugeteilte Kanalnummern frei gewählt)

Principe de la structure d'un réseau de radiotéléphone mobile comportant un canal d'appel R et 12 canaux vocaux  $S_1, \dots, S_{12}$  (les numéros des canaux attribués sont choisis à volonté)

-  Autotelephonzentrale – Central de radiotéléphone mobile
-  Funkrufstation – Poste d'appel radio
-  Sprechfunkstation für die Überdeckung – Poste pour liaisons vocales assurant la couverture du territoire
-  Lokale Sprechfunkstation – Postes locaux pour liaisons vocales
-  Hauptamt des öffentlichen Telephonnetzes – Central téléphonique principal du réseau public
-  Mobile Teilnehmerstation – Poste d'abonné mobile

## 2. Netzgestaltung

Das schweizerische Autotelephonsystem ist für den Anschluss an das öffentliche Telephonnetz vorgesehen. Es muss deshalb die üblichen Grundforderungen der leitungsgebundenen Telephonie erfüllen; es ist dabei vor allem an die Pegelverhältnisse, den automatischen Verbindungsaufbau, die Taxierung mit den gebräuchlichen Signalzeichen und die Forderung nach einer gleichwertigen Übertragungsqualität in beiden Richtungen gedacht. Ferner soll der Teilnehmer in der Bedienung seiner Station praktisch keinen Unterschied gegenüber einem normalen Telephonanschluss feststellen können.

In der *Figur 1* ist eine Autotelephonanlage schematisch dargestellt. Sie besteht im wesentlichen aus den mobilen

été confirmée par des essais pratiques et sa réalisation industrielle est prévue.

## 2. Constitut'on du réseau

Le système suisse de radiotéléphones mobiles est conçu pour être raccordé au réseau téléphonique public. Il doit par conséquent satisfaire aux normes de la téléphonie par fil; en particulier, les relations de niveaux doivent être respectées ainsi que les conditions requises pour la sélection automatique, la taxation au moyen des signaux usuels et l'obtention d'une qualité de transmission égale dans les deux sens. De plus, l'usager ne doit pratiquement pas remarquer de différences entre la manipulation d'un téléphone mobile et celle d'un téléphone ordinaire.

La *figure 1* représente schématiquement une installation de radiotéléphone mobile. Ses éléments principaux sont: les postes mobiles, le réseau radio fixe et le central de passage dont le rôle est d'effectuer la connexion des liaisons, de taxer les conversations sortantes et de transmettre après une conversion appropriée les signaux d'appel, de sélection, de commande et de surveillance des postes radio aux centraux téléphoniques.

Les liaisons entre postes radio fixes et le central des téléphones mobiles se font par des lignes à 4 fils ou par des faisceaux hertziens duplex. On emploie exclusivement des radiotéléphones à modulation de phase pour les liaisons mobiles.

Les installations de radiotéléphones mobiles reliées au réseau téléphonique public s'étendent souvent à des régions où l'on trouve de vastes zones à faible densité de véhicules et des villes où cette densité est forte. Il n'est pas possible dans un tel cas d'assurer le service par un seul poste radio fixe. Il est avantageux d'établir pour les besoins généraux un réseau radio de couverture à larges mailles et ne comportant que peu de canaux au moyen de postes situés sur des hauteurs. Dans les zones où la population et le trafic sont denses, on peut insérer des postes locaux de faible portée de telle sorte que le nombre des canaux disponibles soit partout proportionnel à la densité du trafic. Naturellement, les postes mobiles doivent pouvoir travailler sur tous les canaux. Le système suisse de téléphones mobiles est équipé d'un chercheur automatique qui opère en chaque circonstance le choix convenable parmi les canaux disponibles. Si les mêmes canaux sont réutilisés à des endroits assez éloignés les uns des autres pour ne pas se gêner, on peut desservir de cette manière une région donnée avec un minimum d'appareils et de canaux. Ainsi, 12 canaux duplex aboutissant à  $\approx 40$  postes fixes équipés de  $\approx 90$  émetteurs-récepteurs suffisent pour établir un réseau de radiotéléphones couvrant toute la Suisse et comportant de 5000 à 10 000 abonnés mobiles [3].

Teilnehmerstationen, dem ortsfesten Funknetz und der Überleitzentrale. Die letztere besorgt die Verbindungsdurchschaltung, die Taxierung der abgehenden Gespräche und vermittelt nach geeigneter Umformung die notwendigen Ruf-, Wahl-, Steuer- und Überwachungssignale zwischen den Funkstationen und dem Telephonamt.

Für die Verbindungen zwischen den ortsfesten Funkstationen und der Autotelephonzentrale werden Vierdrahtleitungen oder Duplex-Richtstrahlverbindungen aus Radiotelephongeräten verwendet. Für die mobile Verbindung werden ausschliesslich phasenmodulierte Radiotelephongeräte benützt.

Autotelephonanlagen mit Anschluss an das öffentliche Telephonnetz erstrecken sich oft über Gebiete, die aus weiten Flächen mit geringem Fahrzeugbestand und aus verkehrsdichten Städten zusammengesetzt sind. Eine Funkbedienung über eine einzige ortsfeste Station ist in diesem Falle nicht möglich. Für die Grundversorgung erstellt man mit Vorteil ein weitmaschiges Funknetz auf Höhenstandorten mit wenigen Kanälen. An den Stellen grosser Wohn- und Verkehrsdichte können nichtweitreichende Lokalstationen mit grösserer Kanalzahl eingeschoben werden, so dass die zur Verfügung stehende Kanalzahl an jedem Ort proportional zur Verkehrsdichte wird. Selbstverständlich müssen die Stationen in den Fahrzeugen mit sämtlichen Funkkanälen ausgerüstet sein. Beim schweizerischen Autotelephonsystem trifft ein automatischer Kanalsucher jeweils die Auswahl aus den verfügbaren Kanälen.

Wenn an den Standorten, die hinsichtlich Störbeeinflussung genügend weit auseinanderliegen, die gleichen Kanäle wiederholt werden, kann auf diese Weise ein bestimmtes Gebiet mit einem minimalen Geräte- und Kanalaufwand gleichmässig versorgt werden. 12 Duplexkanäle zu  $\approx 40$  ortsfesten Funkstationen mit  $\approx 90$  Sende-Empfangsgeräten genügen beispielsweise um ein Autotelephonnetz für 5000...10 000 Teilnehmer über die ganze Schweiz zu errichten [3].

Der automatische Kanalsucher wählt in einer vorbestimmten Reihenfolge daraus einen brauchbaren Kanal. Es wird damit erreicht, dass in den verkehrsdichten Gebieten immer zuerst die Füllstationen belegt werden. Die weitreichenden Überdeckungskanäle bleiben auf diese Weise frei für die verkehrssarmen Zonen, wo man ausschliesslich auf sie angewiesen ist. Alle verwendeten Kanäle müssen aus fabrikatorischen und technologischen Gründen innerhalb eines Bereiches von etwa 1 MHz liegen.

In einem grossen Netz mit mehreren ortsfesten Funkstationen stellt das Auffinden einer gewünschten Teilnehmerstation ein gewisses Problem dar. Eine gute Lösung ergibt sich, wenn dazu ein einziger Rufkanal verwendet wird. Die verschiedenen Rufsender werden dann vorteilhafterweise, wie beim schweizerischen Autoruf [1], mit

Le chercheur automatique de canal choisit, selon un ordre préétabli, un canal utilisable parmi les canaux disponibles. De cette façon, les postes fixes de remplissage sont toujours occupés les premiers dans les régions à forte densité de circulation. Les canaux à longue portée restent ainsi libres pour les zones à faible trafic qui ne sont desservies que par eux.

Pour des raisons de fabrication et de technologie, tous les canaux utilisés doivent se trouver dans une bande d'environ 1 MHz de large.

Le repérage de l'abonné désiré présente un problème dans les grands réseaux équipés de plusieurs postes fixes. Une bonne solution consiste à employer un canal d'appel unique. Il est avantageux d'utiliser les divers émetteurs d'appel avec un léger décalage des porteuses comme dans le réseau suisse d'appel auto [1] et de transmettre simultanément l'appel dans tout le réseau. Le canal d'appel est alors chargé correctement du point de vue du trafic. Dans les régions limitées desservies par des émetteurs dont les champs sont à peu près égaux, on risque d'avoir des pertes d'appel si leurs modulations ne sont pas en phase. Une correction appropriée doit être prévue dans les lignes de modulation. La portée de l'appel par signaux codés est en général plus grande que celle où l'émetteur peut servir à transmettre la parole; il n'est donc pas nécessaire d'équiper tous les postes fixes d'émetteurs d'appel. On peut même, le cas échéant, réduire encore le nombre des émetteurs en employant une puissance plus élevée pour l'appel que pour la transmission de la parole. (Pour desservir toute la Suisse, il faut environ 18 émetteurs d'appel [3].)

En principe, le système décrit permettrait d'établir un réseau unique qui desservirait tout le pays à travers un seul central. Il ne serait pas nécessaire alors de connaître l'emplacement momentané des abonnés mobiles. Ceux-ci pourraient même se mouvoir dans tout le pays durant une conversation sans interruptions perceptibles en passant d'un secteur radio à un autre. Cependant, on renonce en général aux avantages d'un réseau unique pour des raisons de planification du réseau des câbles téléphoniques et de taxation. Il faut alors créer des groupes de réseaux comme ceux du téléphone ordinaire. Chaque groupe de réseaux constitue une unité fermée possédant son propre central de radiotéléphones mobiles qu'il est possible d'atteindre en composant son indicatif de présélection particulier.

Chaque poste mobile possède un numéro normal d'abonné au téléphone, numéro qui n'est attribué qu'une fois dans le pays. Pour la transmission radioélectrique, ces numéros sont transformés au moyen d'un code de fréquences. Chaque numéro est exprimé par une combinaison de 3 fréquences extraites d'un ensemble de 20 fréquences comprises entre 300 et 1200 Hz. Dans ce code, il ne peut jamais y avoir deux impulsions consécutives de la même fréquence et chaque

geringem Trägerversatz betrieben und strahlen den Ruf gleichzeitig im ganzen Netzbereich ab. Der Rufkanal wird dadurch verkehrsmässig richtig ausgelastet. Um zu verhindern, dass in den Überlappungszonen, in denen zwei Sender ungefähr gleichgrosse Feldstärken erzeugen, keine Rufausfälle wegen ungleicher Modulationsphasen entstehen, muss in den Modulationszuleitungen ein Phasenabgleich vorgenommen werden.

Wenn die Rufübertragung mit codierten Signalen erfolgt, ist der Rufbereich eines Senders im allgemeinen grösser als sein Sprechbereich. Es brauchen deshalb nicht alle Funkstandorte mit Rufsendern ausgerüstet zu werden. Unter Umständen lässt sich die Senderzahl noch weiter reduzieren, wenn man eine grössere Leistung für die Rufübertragung als für die Sprachübertragung wählt. (Zur Bedienung der ganzen Schweiz sind etwa 18 Rufsender nötig [3]).

Im Prinzip liesse sich mit dem beschriebenen System ein Netz bauen, das über eine einzige Zentrale das ganze Land versorgen könnte. Der augenblickliche Standort der mobilen Teilnehmerstation brauchte dabei in keiner Weise bekannt zu sein. Sie könnte sich, gemäss dem folgenden Abschnitt, sogar während eines Gespräches im ganzen Lande bewegen, ohne dass beim Übertritt von einem Funkbereich in einen andern ein merkbarer Verbindungsunterbruch entstehen würde. In der Regel wird man auf diese Vorteile eines Einheitsnetzes aus Gründen der Leitungsplanung und der Taxierung verzichten und einzelne Netzgruppen schaffen, wie dies beim öffentlichen Telephonnetz üblich ist. Jede Netzgruppe bildet dann eine in sich geschlossene Einheit mit einer eigenen Autotelephonzentrale. Diese ist mit Hilfe einer ihr speziell zugeordneten Fernkennziffer erreichbar.

Die mobilen Stationen werden durch normale Telephon-Teilnehmernummern unterschieden, die im ganzen Land nur einmal vergeben werden. Für die drahtlose Übertragung werden sie in einen Frequenzcode umgesetzt. Jede Nummer wird darin durch eine Variation von 3 aus etwa 20 Tonfrequenzen im Bereiche von 300... $\approx$ 1200 Hz ausgedrückt. Innerhalb eines Codes sind nie zwei Impulse mit der gleichen Frequenz aneinander gereiht. Jeder Code wird zur Erhöhung der Rufsicherheit zweimal übertragen. Die Rufanzeige erfolgt, wenn mindestens 1 Code vollständig empfangen wird. Das Zeitdiagramm ist in *Figur 2a* dargestellt. Der gleiche Code dient als Erkennungszeichen für die Zentrale, wenn der mobile Teilnehmer eine Verbindung erstellt. Der Code wird in diesem Falle durch einen Steuerimpuls mit der Frequenz  $f_0$  ergänzt (siehe *Fig. 2b*).

Die Wahlzeichen der mobilen Stationen werden für die drahtlose Übertragung ebenfalls in Wechselstromimpulse umgesetzt. Das Zeitdiagramm ist in der *Figur 2c* dargestellt. Die Wahlimpulse sind durch die Codefrequenz  $f_1$  und die

chiffre codé est transmis deux fois pour accroître la sécurité de l'appel.

L'indicateur d'appel fonctionne lorsque l'un au moins des deux groupes codés a été reçu complètement. Le diagramme de la *figure 2a* montre comment se déroule le signal d'appel. Le même numéro codé sert de signe d'identification pour le central lorsque c'est l'abonné mobile qui établit une liaison. Dans ce cas, le signe est complété par une impulsion pilote de fréquence  $f_0$  (voir *fig. 2b*).

Les signaux de sélection des postes mobiles sont aussi transformés en impulsions à courant alternatif pour leur transmission par voie radioélectrique comme le montre le diagramme de la *figure 2c*. Les impulsions de sélection sont représentées par la fréquence  $f_1$  et les intervalles entre impulsions, par la fréquence  $f_p$ . Avant et après chaque chiffre de sélection, on transmet une impulsion de commande à la fréquence  $f_0$ . La sécurité de transmission est suffisante en dépit de la simplicité relative du système de transmission des signaux de sélection car, dans le système suisse, la qualité de la liaison est surveillée automatique-

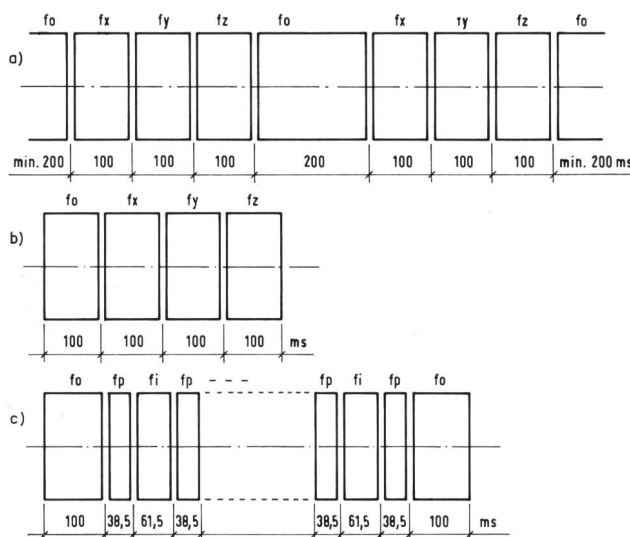


Fig. 2

- a) Rufzeichen (fx, fy, fz: 3 Codefrequenzen/ $f_0$ : Freitonfrequenz während den Pausen)  
 Signaux d'appel (fx, fy, fz: 3 fréquences de code/ $f_0$ : signal musical «libre» émis pendant les pauses)
- b) Teilnehmerkennzeichen (fy, fx, fz: 3 Codefrequenzen/ $f_0$ : Freitonfrequenz für Steuerimpuls)  
 Indicateurs des abonnés (fx, fy, fz: 3 fréquences de code/ $f_0$ : signal musical «libre» utilisé pour l'impulsion de commande)
- c) Wahlzeichen (fi: Frequenz für Wahlimpuls/ $f_p$ : Frequenz für Wahlpause/ $f_0$ : Freitonfrequenz als Steuerimpuls)  
 Signal de sélection (fi: fréquence pour impulsions de sélection/ $f_p$ : fréquence pour pause de sélection/ $f_0$ : son musical «libre» pour impulsions de commande)

Impulspausen durch eine andere Codefrequenz  $f_p$  gekennzeichnet. Vor und nach jeder Wahlziffer wird zusätzlich ein Steuerimpuls mit der Frequenz  $f_o$  übertragen. Die Übertragungssicherheit ist trotz der verhältnismässig einfachen Wahlübertragungsmethode genügend gross, weil beim schweizerischen Autotelephonsystem die Verbindungsqualität dauernd automatisch überwacht wird. Zu diesem Zweck sind die ortsfesten Sender entweder mit einem Freiton oder mit einem Überwachungston moduliert. Der Freiton  $f_o$  liegt oberhalb des Code-Frequenzbereiches und der Überwachungston  $f_u$  am untern Bereichsende. Wenn mehrere Funknetze nebeneinander betrieben werden, müssen die Frei- und Überwachungstöne abgewechselt werden, sonst entstehen gegenseitige Beeinflussungen. Auch die Rufkanäle müssen von Funknetz zu Funknetz abgetauscht werden. Man erreicht damit, dass die Gesprächsaufnahme immer über die Zentrale geschieht, die den Ruf auslöst.

### 3. Funktionsweise

Die *Figur 3* gibt einen schematischen Überblick über das funktionelle Zusammenwirken der einzelnen Anlagenteile. Bei den nun folgenden Kurzbeschreibungen der wichtigsten Schaltzustände kann das Schema zum besseren Verständnis beigezogen werden.

#### 3.1 Bereitschaftsstellung

In der Ruhelage werden die ortsfesten Sender dauernd mit einem Freiton  $f_o$  moduliert und die Empfänger sind empfangsbereit. Die Fahrzeugstationen stehen im Anrufkanal auf Empfang. Der Freiton wird zur Feldstärkekontrolle ausgewertet. Die mobilen Sender sind ausgeschaltet.

#### 3.2 Rufauslösung

Die Rufbefehle werden vom Rufenden durch die Wahl der Autotelephonnetz-Kennziffer und der gewünschten Teilnehmernummer eingeleitet. Die Rufbefehle erreichen deshalb die Zentrale über das Amt in Form von Gleichstromimpulsserien. Hier werden diese gemäss *Figur 2* codiert, gespeichert und zeitlich gestaffelt zum Modulieren der Ruf funksender weitergeleitet. Unmittelbar nach der Nummerneingabe wird das Register wieder freigegeben und der Nummerncode in einem Rufcodevergleichsstromkreis markiert. Damit der Rufende den Eindruck eines üblichen Rufvorganges erhält, wird ihm aus dem Amt ein normales Telefonrufsignal zugeführt. In dieser Position verbleibt er, bis der mobile Teilnehmer antwortet. Wenn dies nicht innerhalb von 2...3 min. der Fall ist, wird die Verbindung unterbrochen. Der wartende Teilnehmer erhält «Summton».

Das Rufsignal wird inzwischen von allen mobilen Stationen, die gerade kein Gespräch führen, aufgenommen, demoduliert und dem Code-Auswerter zugeführt. Jede Station besitzt einen Auswerter, der nur auf seinen zugeleiteten

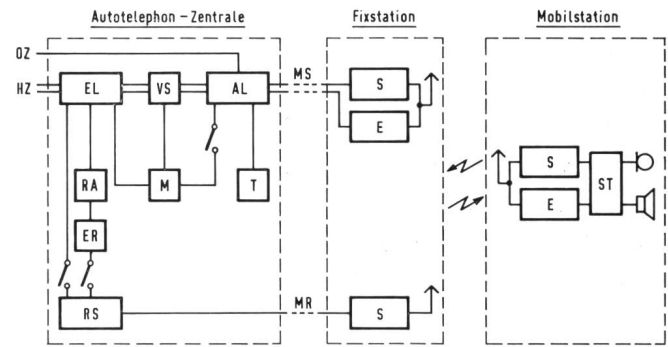


Fig. 3

Blockschema des funktionellen Zusammenwirkens der einzelnen Anlagenteile

Schéma fonctionnel de l'installation de radiotéléphone

Autotelephonzentrale = Central de radiotéléphone mobile

Fixstation = Poste fixe

Mobilstation = Poste mobile

OZ = Ortszentrale - central local

HZ = Hauptzentrale - central principal

MS = Modulationsleitung für den Sprechfunk - ligne de modulation vocale

MR = Modulationsleitung für den Funkruf - ligne de modulation d'appel

S = Sender - émetteur

E = Empfänger - récepteur

ST = Steuergerät - dispositif de commande

EL = Eingangsstromkreis mit Rufcodespeicher - circuit d'entrée avec enregistreur de codes d'appel

ER = Rufregister - registre d'appel

RS = Rufstromkreis - circuit d'appel

RA = Rufregisterschalter - commutateur du registre d'appel

AL = Ausgangsstromkreis mit Kenncodeauswerter und Speicher - circuit de sortie avec dispositif d'évaluation du code et registre

VS = Verbindungsschalter - commutateur de liaison

M = Markierer mit Codevergleichsstromkreis - marqueur avec comparateur de numéros codés

T = Taxiervorrichtung mit Bandaufzeichnung - dispositif de taxation avec enregistrement sur bande

ment en permanence. Cela est obtenu en modulant les émetteurs fixes soit par une fréquence musicale «libre» soit par une fréquence musicale «de surveillance». La fréquence «libre»  $f_o$  est située au-dessus de la gamme utilisée pour le codage et la fréquence «de surveillance»  $f_u$  est située à l'extrémité inférieure de cette gamme. Lorsqu'il y a plusieurs réseaux de radiotéléphones voisins, il faut intervertir les positions de la fréquence «libre» et de la fréquence «de surveillance» pour éviter des brouillages réciproques. Il faut ainsi permuter les canaux d'appel en passant d'un réseau radio à l'autre. De cette manière, la conversation est toujours établie à travers le central qui a déclenché l'appel.

### 3. Mode de fonctionnement

La *figure 3* montre schématiquement comment les divers éléments d'une installation coopèrent à son fonctionnement.

Code anspricht. Beim Ansprechen wird eine akustische oder optische Rufanzeige ausgelöst. Der mobile Teilnehmer wird dadurch aufgefordert, sein Mikrotelephon abzuheben und mit dem Rufenden in Sprechverbindung zu treten.

### 3.3 Aufbau und Umschaltung einer Sprechverbindung

Jede Sprechverbindung wird von der Fahrzeugstation aus aufgebaut. Der mobile Teilnehmer hebt dazu sein Mikrotelephon ab, sei es, dass er gerufen worden ist oder dass er selbst einen Teilnehmer wählen will. Durch das Abheben des Mikrotelephons wird in seiner Station ein elektronischer Sprechkanalsucher gestartet. In einem Schaltrhythmus von 100 ms schreitet er von Kanal zu Kanal. Wenn in einem Kanal ein freitonmodulierter Träger eintrifft, bleibt er stehen, schaltet den mobilen Sender ein und moduliert dessen Träger mit einem 100 ms langen Steuerimpuls von  $f_0$  Hz, dem unmittelbar sein Erkennungscode folgt. Dieser ist gemäss Figur 2b identisch mit dem Rufcode. Der Steuerimpuls und der Erkennungscode gelangen über die erfasste Fixstation via Modulationsleitung in die Vermittlungszentrale. Der Steuerimpuls bewirkt, dass der Fixsender anstelle des Freitons vorerst mit einem Überwachungston  $f_0$  moduliert wird und darauf in der Zentrale ein Decoder zur Auswertung des Erkennungscode bereitgestellt wird.

Zur Verhinderung des Doppelprüfens unterbleibt die Auswertung, wenn zwei Code gleichzeitig eintreffen. Je nachdem in der Zentrale der ankommende Erkennungscode bereits markiert ist oder nicht, wird nun eine Leitung zum rufenden Partner durchgeschaltet, der die Markierung bewirkte, oder andernfalls die Anschaltung der Wahlvorrichtung in der öffentlichen Telephonzentrale. Im ersten Fall ist die Verbindung zwischen «fix und mobil» erstellt und das Gespräch kann beginnen. Im zweiten Fall wird nach dem Anschalten der Taxiervorrichtung der Zentralensummtton via Funkverbindung ins Fahrzeug übertragen, als Zeichen, dass mit der Nummernwahl begonnen werden kann. In beiden Fällen wird die HF-Verbindung durch den Überwachungston überwacht. Dieser wird in der Fixstation erzeugt, nach «mobil» gesendet, dort ausgewertet und wieder zurück in die Fixstation geleitet. Wenn der Überwachungston auf diesem Weg aus irgendeinem Grunde länger als 300 ms unterbrochen wird, schaltet in der Fahrzeugstation der Sender aus und der Kanalsucher startet erneut den Suchvorgang. In der ortsfesten Station veranlasst das Ausfallen des Überwachungstones nach  $\approx 1$  s die Freigabe des Kanals durch Wiederausstrahlen des Freitones. Sobald der «Sucher» abermals auf einen freien Kanal trifft, wird wie zu Beginn die Verbindung über diesen neu aufgebaut. Ein begonnenes Gespräch kann dabei praktisch unterbrochungslos weiter geführt werden. Wenn ein Kanalwechsel während der Wahlübertragung geschieht, muss verhindert werden, dass

Ce schéma permet de mieux faire comprendre les principaux états des circuits qui vont être brièvement décrits.

### 3.1 Position d'attente

Au repos, les émetteurs fixes sont continuellement modulés par un son musical «libre»  $f_0$  et les récepteurs sont prêts à recevoir. Les récepteurs des postes mobiles sont en fonction et accordés sur le canal d'appel. Le son musical libre est utilisé pour contrôler l'intensité du champ reçu. Les émetteurs mobiles sont déclenchés.

### 3.2 Déclenchement de l'appel

Les ordres d'appel sont provoqués par l'abonné composant le numéro indicatif du réseau des radiotéléphones mobiles suivi de celui de l'abonné. Les ordres d'appel atteignent le central du réseau de radiotéléphones à travers le central téléphonique public sous forme de séries d'impulsions de courant continu. Celles-ci sont alors codées conformément à la figure 2 puis emmagasinées dans un registre et transmises à tour de rôle pour moduler l'émetteur d'appel. Immédiatement après l'entrée du chiffre, le registre est libéré et le numéro codé marqué dans un circuit de comparaison de code d'appel. Pour donner à l'abonné appelant l'impression d'un appel téléphonique ordinaire, on lui envoie le signal d'appel usuel. Le dispositif reste dans cet état jusqu'à ce que l'abonné mobile réponde. Si cela n'a pas lieu dans un intervalle de 2 à 3 minutes, la liaison est interrompue. L'abonné appelant reçoit alors un son musical ininterrompu.

Pendant ce temps, le signal d'appel est capté par tous les postes mobiles non occupés; après avoir été détecté, il parvient à un décodeur. Chaque poste est équipé d'un décodeur qui ne réagit qu'au numéro qui lui est attribué. Dans ce cas, un signal acoustique ou optique invite l'abonné mobile à prendre son microtéléphone pour entrer en liaison avec l'abonné appelant.

### 3.3 Etablissement et commutation d'une liaison vocale

Toutes les liaisons vocales sont établies à partir des véhicules par l'abonné mobile lorsqu'il lève son microtéléphone, aussi bien quand il est appelé que lorsqu'il veut appeler un abonné. Cette opération déclenche dans son poste un chercheur électronique de canal qui passe d'un canal à l'autre à la cadence d'un canal par période de 100 ms. Si le chercheur rencontre sur l'un des canaux une porteuse modulée par le son musical «libre», il s'arrête, enclenche l'émetteur mobile et en module la porteuse par une impulsion de commande de 100 ms à la fréquence  $f_0$ . Cette impulsion est immédiatement suivie de l'indicatif codé du véhicule, qui est identique à celui d'appel selon la figure 2b. L'impulsion de commande et l'indicatif codé parviennent au central de commutation par le poste fixe qui les capte, puis

eine Falschwahl entsteht. Zu diesem Zweck werden die Impulse jeder Ziffer mit Hilfe des 1. Steuerimpulses gemäss Figur 2c in einen Speicher geleitet. Der Speicher gibt die Ziffer nur weiter, wenn er auch den Steuerimpuls am Zifferende empfängt. Fehlt ein Steuerimpuls, dann wird die Wahl automatisch unterbrochen.

### 3.4 Verbindungsauslösung

Normalerweise wird die Verbindungsauslösung durch das Auflegen des Mikrotelephons auf der Mobil- oder Fixseite eingeleitet. Im ersten Fall wird die mobile Station in die Bereitschaftsstellung auf den Rufkanal zurückgeschaltet. Der Überwachungston wird dadurch unterbrochen. Im 2. Fall wird die Fixsendermodulation vom Überwachungston auf den Freiton umgesteuert.

Wenn eine Belegung längere Zeit dauert, löst ein Zeitschalter die Verbindung in der Fahrzeugstation aus. Der Zeitschalter startet, sobald das Mikrotelephon abgehoben wird und löst nach der gewünschten Begrenzungszeit, beispielsweise nach 3 oder 6 Minuten aus. Die Auslösung bewirkt, dass die Fahrzeugstation in die Bereitschaftsstellung zurückfällt. Der mobile Teilnehmer wird gleichzeitig durch ein intermittierendes Tonsignal aufgefordert, sein Mikrotelephon einzuhängen. Die Zeitschalterauslösung verhindert auch, dass ein Kanal ungewollt belegt bleibt, beispielsweise, wenn ein mobiler Teilnehmer sein Mikrotelephon aufzulegen vergisst.

### 3.5 Taxierung

Die Gespräche werden nach den üblichen Kriterien des öffentlichen Telefonsystems taxiert. Eine einfache Lösung ergibt sich, wenn der Taktrhythmus für die Impulzzählung durch die gewählte Netzkennziffer bestimmt wird. Es ergeben sich so Einheitstaxen innerhalb jeder Netzgruppe; die kleinste für die eigene und die grösste für die örtlich entfernteste. Alle Gespräche innerhalb eines Funknetzes werden dann nach dem gleichen Einheitspreis verrechnet. Diese Taxierung lässt sich auch auf Ortsgespräche vom Fahrzeug aus durchführen, weil für den Austritt ins öffentliche Telephonnetz die Fernkennziffer des zugehörigen Hauptamtes gewählt werden muss. Zweckmässigerweise erfolgt die Taxierung der Gespräche der mobilen Teilnehmer in der Autotelephonzentrale mit Hilfe einer Bandaufzeichnung. Zu jeder Taxaufzeichnung kann dort auf einfachste Weise der Kenncode des betreffenden Teilnehmers registriert werden.

### 3.6 Übertritt von einem Funknetz in ein anderes

Beim Übertritt von einem Funknetz in ein anderes hat der Fahrer durch einen Tastendruck den Rufkanal, den Freiton- und den Überwachungstonauswerter umzuschalten. Wenn

par la ligne de modulation. L'impulsion de commande commutera la modulation de l'émetteur fixe qui passe du son musical libre à un son de surveillance  $f_u$ , elle enclenche aussi un décodeur d'indicatif dans le central. Pour éviter les contrôles doubles, l'exploitation du décodage est supprimée lorsque deux séries codées arrivent simultanément. Suivant que l'indicatif codé est déjà marqué ou non dans le central, la liaison est établie avec l'abonné appelant qui a opéré le marquage, autrement, la liaison passe aux organes de sélection du central téléphonique public. Dans le premier cas, la liaison est établie entre abonnés fixe et mobile et la conversation peut commencer. Dans le second cas, après l'enclenchement du dispositif de taxation, le son musical du central est transmis au véhicule pour indiquer que l'on peut, maintenant, composer le numéro d'appel. Dans les deux cas, la liaison HF est contrôlée au moyen du son musical de surveillance. Celui-ci est produit dans le poste fixe, transmis au poste mobile, évalué dans celui-ci et retransmis au poste fixe. Si, pour une raison quelconque, le son de surveillance est interrompu plus de 300 ms, l'émetteur mobile est déclenché et le chercheur du canal recommence à fonctionner. Dans le poste fixe, une interruption du son de surveillance de plus de 1 s environ libère le canal qui émet à nouveau le son musical «libre». Dès que le chercheur retrouve un canal libre, la liaison est rétablie comme au début. Ainsi une conversation peut se poursuivre pratiquement sans interruption. Il faut éviter de fausses sélections lorsqu'un changement de canal a lieu pendant la transmission d'un numéro d'appel. Pour cela, les impulsions de chaque chiffre sont transmises à un registre à l'aide de la première impulsion de commande, comme le montre la figure 2c. Ce registre ne laisse pas passer le chiffre plus loin tant qu'il n'a pas reçu l'impulsion de commande à la fin du chiffre. S'il manque une impulsion de commande, la sélection est interrompue automatiquement.

### 3.4 Déclenchement de la liaison

Le déclenchement de la liaison est commandé normalement lorsque l'un des partenaires repose son microtéléphone. Si c'est le partenaire «mobile», son poste reprend la position de veille sur le canal d'appel. Le son de surveillance est alors interrompu. Si c'est le partenaire fixe, la modulation de l'émetteur fixe passe du son de surveillance au son libre. Lorsqu'une occupation dure trop longtemps, le déclenchement de la liaison est commandé par une minuterie placée dans le poste mobile. Cette minuterie est enclenchée au moment où on lève le microtéléphone; elle fonctionne par exemple après 3 ou 6 minutes. Le poste mobile est alors ramené à la position de veille. L'abonné qui l'utilise est averti par un son intermittent d'avoir à raccrocher son microtéléphone. Le déclenchement par une minuterie empêche ainsi qu'un canal ne reste occupé involontairement

er die Umschaltung vergisst, wird er, sobald die Feldstärke zu klein geworden ist, durch eine Alarmanzeige aufmerksam gemacht: Bitte umschalten, Sie sind in ein anderes Funknetz eingefahren! Der mobile Teilnehmer wird hier natürlich nur erreicht, wenn der Rufende die neue Netzkennziffer wählt. Bei gänzlich unbekanntem Aufenthaltsort des Fahrzeuges müssen der Reihe nach die einzelnen Netzkennziffern probiert werden.

#### 4. Automatischer Kanalsucher

Eines der wichtigsten Elemente des schweizerischen Autotelephonsystems ist der automatische Kanalsucher in der Fahrzeugstation. Er gestattet, die Verkehrsabwicklung und die Frequenzbandausnutzung gegenüber den gebräuchlichen Systemen wesentlich zu verbessern. Wir wollen deshalb seine Dimensionierungsprobleme etwas näher betrachten.

##### 4.1 Schaltkriterium

Damit der Kanalsucher in jeder Beziehung befriedigend arbeitet, ist es wichtig, die Schaltkriterien richtig zu wählen. Der Kanalsucher soll stehen bleiben, sobald über den Kanal eine brauchbare Telephonverbindung geführt werden kann. Im öffentlichen Telephonnetz gilt eine Sprechverbindung als brauchbar, wenn die Lautverständlichkeit mindestens 80% beträgt. Wenn die Übertragungsqualität diesen Wert unterschreitet, muss der Kanalsucher in Aktion treten. Die Lautverständlichkeit ist umständlich zu messen, man wählt deshalb als Bezugsmaß besser einen entsprechenden Messpegel. Durch Versuche wurde festgestellt, dass sich mit einer Testmodulation von 1000 Hz, mit dem Maximalhub äquivalente Pegelverhältnisse ergeben, wenn der psophometrisch bewertete NF-Störabstand nach dem CCITT-Telephonfilter ungefähr 20 dB beträgt [2]. Dieses Kriterium lässt sich mit Hilfe einer entsprechend eingestellten NF-Geräuschsperre zur Steuerung des Kanalsuchers verwenden. Der Kanalsucher tritt in Betrieb, wenn die NF-Geräuschsperre den NF-Kanal sperrt und damit den Überwachungsston unterbricht. Gemäss *Figur 4* wird der geforderte NF-Störabstand von 20 dB bei einem typischen 25-kHz-PM-Empfänger im 160-MHz-Band mit einer Antennenklemmenspannung von ca. 0,6  $\mu$ V erreicht.

##### 4.2 Schaltzeiten

Wenn das Fahrzeug in Bewegung ist, ändert die Antennenklemmenspannung fortwährend ihre Grösse entsprechend der statistischen Feldverteilung. Unter der Voraussetzung, dass der Kanalsucher schnell genug arbeitet, um den Feldstärkeschwankungen folgen zu können, tritt der Sucher mit der gleichen Wahrscheinlichkeit in Aktion, mit der die Feldstärke die Ansprechschwelle überschreitet.

lorsqu'on oublie par exemple de raccrocher le microtéléphone.

##### 3.5 Taxation

Les conversations sont taxées d'après les critères ordinaires du téléphone public. La solution est simple lorsque la période des impulsions de taxation est déterminée par le chiffre indicatif composé. On obtient ainsi des taxes unifiées à l'intérieur de chaque groupe de réseaux, la plus petite taxe pour le groupe dans lequel on se trouve et la plus élevée pour le groupe le plus éloigné. Toutes les conversations à l'intérieur d'un réseau radiotéléphonique sont facturées au même prix par unité. Ce système de taxation peut aussi être utilisé pour les conversations locales à partir d'un véhicule car, pour entrer dans le réseau téléphonique public, il faut composer l'indicatif interurbain du central principal correspondant. Il est pratique de taxer les conversations des abonnés mobiles en recourant à un enregistreur à bande magnétique placé dans le central des radiotéléphones. On peut ainsi enregistrer très simplement avec chaque taxe l'indicatif codé de l'abonné intéressé.

##### 3.6 Passage d'un réseau radio à un autre

Lorsqu'il passe d'un réseau à un autre, l'automobiliste doit appuyer sur un bouton pour commuter le canal d'appel, le son musical libre et le dispositif d'évaluation du son de surveillance. Une alarme qui se déclenche dès que le champ est trop faible invite l'abonné oublieux à opérer la commutation et l'avertit qu'il est entré dans un autre réseau radio. Naturellement, pour atteindre l'abonné dans ce nouveau réseau, il faut composer l'indicatif de celui-ci. Si l'on ne sait absolument pas où se trouve le véhicule que l'on veut appeler, il faut essayer les uns après les autres les indicatifs des divers réseaux.

#### 4. Chercheur automatique de canal

L'un des éléments les plus importants du système suisse de radiotéléphones mobiles est le chercheur automatique de canal équipant les postes mobiles. Il permet une amélioration décisive du déroulement du trafic et de l'utilisation des bandes de fréquences par rapport aux systèmes usuels; c'est pourquoi nous allons en examiner certaines caractéristiques importantes.

##### 4.1 Critère de commutation

Le choix correct des critères de commutation est essentiel pour le bon fonctionnement du commutateur de canal. Il faut qu'il maintienne sa position tant qu'une liaison téléphonique utilisable peut se dérouler. On estime en téléphonie ordinaire que c'est le cas tant que la netteté des sons atteint au moins 80%. Le chercheur de canal doit

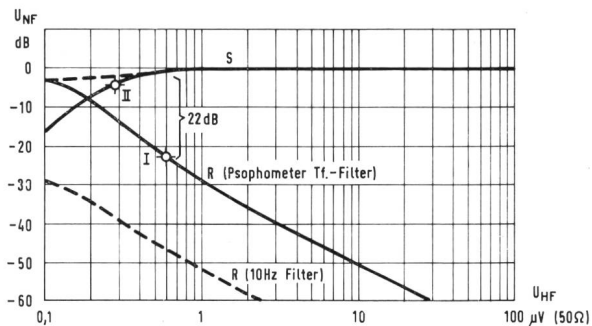


Fig. 4  
NF-Nutz- und Störpegel in Funktion des HF-Pegels für einen typischen PM-Sprechfunkempfänger (HF-Bandbreite: 17 kHz, NF-Bandbreite: 3000 Hz bzw. 10 Hz, Modulationsfrequenzen: 1000 Hz, Hub: 2,8 kHz)

Niveaux BF du signal utile et du brouillage en fonction du niveau HF dans le cas d'un récepteur à modulation de phase pour liaisons vocales (bande passante HF 17 kHz: bandes passantes de 3000 Hz et de 10 Hz pour les mesures des niveaux BF, fréquence de modulation 1000 Hz, excursion de fréquence 2,8 kHz)

- I = Ansprechgrenze der Geräuschsperre – seuil du circuit de blocage du bruit
- II = Ansprechgrenze der Tonauswerter – seuil du circuit d'évaluation du son

(Die Figur 5 zeigt die typische Feldverteilung auf einem 1 km langen Strassenstück.)

In der Praxis wäre es unwirtschaftlich, wenn der Sucher so schnell arbeiten würde. Bei jedem kurzen Feldstärkeeinbruch würde eine Kanalschaltung erfolgen, obschon die Verständlichkeit noch gut ist. Für die Verständlichkeit ist nämlich der mittlere Geräuschabstand während des Gespräches massgebend und nicht der Momentanwert. Grundsätzlich müsste man deshalb einen mittleren Störabstand als Schaltkriterium wählen. Experimentelle Untersuchungen zeigten, dass eine ungenügende Verständlichkeit während 1 s in der Regel kaum bemerkt wird. Die Integrationszeit müsste deshalb in dieser Grössenordnung gewählt werden.

Das gleiche Resultat lässt sich, wie die Versuche zeigten, einfacher erzielen, wenn man anstelle der S/R-Integration den Schalter so dimensioniert, dass er nur schaltet, wenn das Eingangssignal mindestens 300 ms andauernd unter der Ansprechschwelle bleibt. Bei einer Ansprechzeit von 500 ms wurden bei schnellem Fahren bereits wieder einzelne Gebiete beobachtet, in denen die Umschaltung erst bei einer geringeren Lautverständlichkeit als 80% eingeleitet wurde. Bei dieser relativ langen «Beobachtungszeit» überschreitet die Feldstärke ab und zu die Ansprechschwelle, so dass die erforderliche Umschaltung unterbleibt.

Für die gewählte Ansprechzeit von 300 ms wurde die Beziehung zwischen der Ansprechschwelle und dem Feld-

funktionner dès que cette valeur n'est plus atteinte. Comme il est compliqué de mesurer l'intelligibilité des sons, on mesure à sa place un niveau de référence qui lui est lié. Des essais ont montré qu'avec une modulation de 1000 Hz et une excursion de fréquence maximale [2], on obtient une relation équivalente lorsque le rapport signal sur bruit mesuré à la sortie BF du récepteur au moyen d'un psophomètre équipé du filtre téléphonique CCITT, atteint environ 20 dB. Il est ainsi possible de commander le chercheur de canal par l'intermédiaire d'un circuit de blocage automatique de bruit BF convenablement réglé. Le chercheur de canal se met en marche dès que ce circuit fonctionne et, par conséquent, interrompt le son musical de surveillance.

La figure 4 montre que, dans le cas d'un récepteur PM typique à canaux de 25 kHz et travaillant dans la bande des 160 MHz, le rapport signal sur bruit requis de 20 dB est atteint avec une tension de 0,6 µV aux bornes d'antenne (entrée à 50 Ω).

#### 4.2 Temps de commutation

Lorsque le véhicule se déplace, la tension reçue à l'entrée du récepteur varie constamment comme le champ. Si le chercheur de canal était assez rapide pour suivre les variations du champ, il se mettrait en marche avec une probabilité égale à celle avec laquelle le champ passe en dessous du seuil de fonctionnement du circuit automatique de blocage de bruit. (La figure 5 représente une répartition typique du champ le long d'un tronçon de route de 1 km.)

En pratique, un fonctionnement si rapide du chercheur serait peu économique. Tout effondrement du champ de brève durée provoquerait un changement de canal même

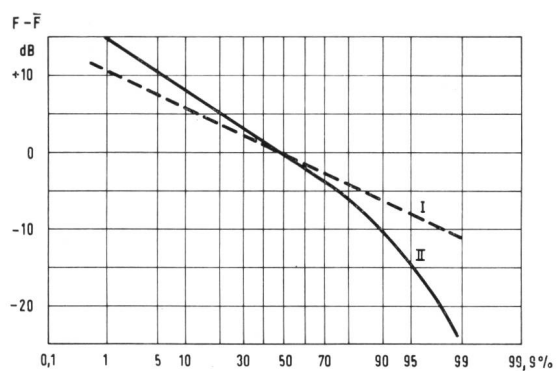


Fig. 5  
Typische Feldstärkeverteilung längs eines 1 km langen Strassenstückes – répartition statistique typique du champ le long d'un tronçon de 1 km de route

- I = Grobstruktur – structure grossière
- II = Fein- und Grobstruktur – structure fine et structure grossière
- F̄ = Feldstärke-Medianwert – Intensité du champ médian

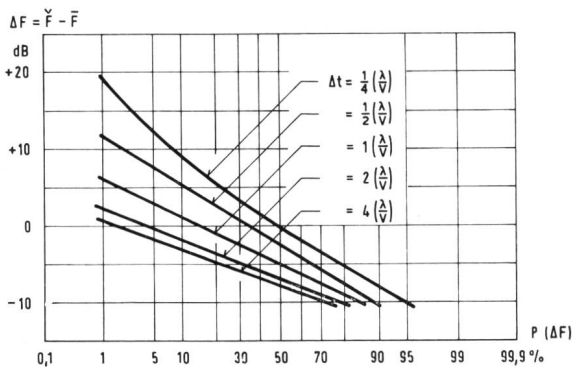


Fig. 6  
Kanalumschaltwahrscheinlichkeit  $P(\Delta F)$  auf einem 1 km langen Strassenstück in Funktion des Abstandes zwischen mittlerer Feldstärke und Tonauswerter-Ansprechschwelle bei verschiedenen Ansprechzeiten

Probabilität de commutation de canal  $P(\Delta F)$  le long d'un tronçon de route de 1 km en fonction de l'écart entre le champ moyen et le seuil du dispositif d'évaluation du son, pour diverses temporisations

$\Delta t$  = Ansprechzeit – temporisation, ou délai de fonctionnement  
 $\lambda$  = HF-Wellenlänge – longueur d'onde HF  
 $v$  = Fahrgeschwindigkeit – vitesse du véhicule

stärkemedianwert eines typischen Strassenstückes von 1 km Länge ermittelt, um mit 99%iger Sicherheit keine Umschaltung zu erhalten. (Die Lautverständlichkeit ist dann ebenfalls mit 99%iger Sicherheit  $\geq 80\%$ .) Der erforderliche Abstand beträgt  $\approx 12$  dB. Bei der Ansprechschwelle der Versuchsstation von  $3 \mu\text{V/m}$  benötigte man also einen Feldstärkemedianwert von  $\geq 12 \mu\text{V/m}$ . Aus Figur 6 lässt sich der erforderliche Abstand auch für andere Ansprechzeiten ermitteln.

Wichtig ist auch die Ansprechzeit der Freitonauswerter, mit der der Kanalsucher gestoppt wird. Sie sollte einerseits möglichst kurz sein, weil sie die Schrittgeschwindigkeit des Kanalsuchers bestimmt, andererseits muss sie lange genug sein, um zu verhindern, dass durch Impulsstörungen eine Freitonauswertung vorgetäuscht werden kann. Wenn wir wiederum von der Voraussetzung ausgehen, dass ein Gesprächsunterbruch von etwa 1 s noch nicht störend wirkt, und dass in dieser Zeit bis zu etwa 10 Sprechkanäle abgesucht werden sollen, ergibt sich eine Schrittzeit von 100 ms. Bei einem Verhältnis von 1:1 zwischen Ansprechzeit und Pause, darf die Ansprechzeit im Maximum 50 ms betragen. Diese Zeit erlaubt, ein Freitonauswerterfilter zu verwenden, mit dem das Ansprechen auf unerwünschte Impuls- und Rauschkomponenten praktisch verunmöglicht wird.

#### 4.3 Ansprechschwellen

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Ansprechschwelle. Sie wird zweckmässigerweise in bezug auf den Hubgrenz-

si l'intelligibilité était encore bonne. En effet, ce n'est pas la valeur momentanée du rapport signal sur bruit qui détermine l'intelligibilité mais sa valeur moyenne durant la conversation. En principe, il faudrait utiliser cette valeur moyenne comme critère de commande de la commutation. L'expérience montrant qu'habituellement on remarque à peine une insuffisance d'intelligibilité qui ne dépasse pas 1 s, l'intégration devrait avoir lieu pendant un temps de cet ordre.

Des essais ont cependant établi que l'on pouvait obtenir le même résultat plus simplement; au lieu d'intégrer le rapport signal sur bruit, il suffit de dimensionner le dispositif de commutation de manière qu'il ne fonctionne que si le signal est demeuré sans interruptions pendant au moins 300 ms en dessous du seuil de travail. Avec une temporisation de 500 ms au lieu de 300, on constate qu'il y a des régions où la netteté des sons tombe lorsqu'on roule vite à moins de 80% avant qu'une commutation ne se produise. Pendant ce temps d'observation «relativement long», le champ dépasse le seuil par instants et la commutation nécessaire n'a pas lieu.

L'écart entre le seuil de fonctionnement du commutateur de canal et la valeur médiane du champ observée le long d'un trajet typique de 1 km a été déterminé pour qu'en utilisant une temporisation de 300 ms on obtienne une sécurité de 99% qu'aucune commutation ne se produise. (La netteté des sons est alors  $\geq 80\%$  avec une sécurité de 99%.) Cet écart est d'environ 12 dB. Ainsi pour le récepteur d'essai dont le seuil de fonctionnement était de  $3 \mu\text{V/m}$ , il fallait avoir un champ médian  $\geq 12 \mu\text{V/m}$ . La figure 6 permet de trouver les écarts nécessaires pour d'autres temporisations.

La temporisation du dispositif d'évaluation du son musical «libre» qui arrête le chercheur de canal est aussi importante. Il faudrait, d'une part, qu'elle soit aussi brève que possible car elle détermine la durée des pas du chercheur et, d'autre part, qu'elle soit longue pour éviter que des impulsions parasites ne soient évaluées comme le son «libre». En partant encore une fois de l'hypothèse qu'une interruption de 1 s n'est pas encore gênante et qu'il faut explorer jusqu'à 10 canaux pendant cet intervalle, on arrive à une durée de 100 ms par pas du chercheur. Le temps de réaction du dispositif d'évaluation ne doit donc pas dépasser 50 ms si l'on admet un rapport de 1:1 entre ce temps et celui des pauses. Cette durée est suffisante pour que l'on puisse utiliser un filtre qui élimine pratiquement tout déclenchement nuisible provoqué par des impulsions parasites ou par des composantes du souffle.

#### 4.3 Seuils de fonctionnement

Le seuil de fonctionnement est un autre élément important. Il est avantageux de le fixer en le référant à l'excursion maximale de fréquence. Pour les communications vocales,

wert festgelegt. Für die Gesprächsübertragung wird immer ein möglichst grosser Hub angestrebt, damit der Geräuschabstand auch bei Ferngesprächen und geringer Feldstärke noch eine brauchbare Übertragungsqualität ermöglicht. Wenn man also gleichzeitig mit dem Gespräch noch einen Verbindungs-Überwachungston übertragen will, muss dessen Hub so klein als möglich gewählt werden.

Bei 160-MHz-PM-Anlagen für 25 kHz Kanalabstand beträgt der verarbeitbare Maximalhub etwa 3,5 kHz [2]. Unter der Annahme, dass die Ansprechschwelle mindestens 10 dB über dem Rauschpegel und 5 dB unter dem Hub des Überwachungstones liegen soll, kann dieser aus Figur 4 ermittelt werden. Bei einer praktisch herstellbaren Auswerterbandbreite von 30 Hz ist der benötigte Überwachungshub  $\approx 0,7$  kHz. Die Schwelle wird in diesem Fall bei einer Antennenklemmenspannung von  $0,3 \mu\text{V}$  unterschritten. Im Prinzip könnten die gleichen Werte ebenfalls für die Auswertung des Freitones verwendet werden. Da dieser jedoch nicht während des Gespräches übertragen wird, wählt man für ihn besser einen grösseren Hub, zum Beispiel 2,8 kHz. Die Ansprechschwelle wird dann wiederum 5 dB unter diesen Wert gelegt, so dass die HF-Ansprechschwelle auch  $0,3 \mu\text{V}$  beträgt. Durch den grösseren Hub erhält man einen grösseren Störabstand, was sich namentlich im Hinblick auf die Impulsstörungen günstig auswirkt.

## 5. Wesentliche Vorteile des Systems

Zum Schluss sei noch auf einige besonders vorteilhafte Punkte hingewiesen, die das schweizerische Autotelephonsystem in sich birgt, die aber im vorangehenden Text nicht so klar in Erscheinung treten.

### 5.1 Kanalausnutzung

Im Interesse der Frequenzökonomie sollte jeder HF-Kanal so gut als möglich ausgenutzt werden. Dies ist dann der Fall, wenn die Belegungsdauer praktisch auf die Ruf- und Gesprächsdauer beschränkt wird und die Pausen zwischen den Verbindungen sehr kurz sind.

Das beschriebene System erlaubt, diese Forderungen nahezu optimal zu erfüllen. Die Rufbelegung dauert im Maximum 1 s. Die Sprechkanäle sind unbelegt bis zum Augenblick der Gesprächsaufnahme durch den mobilen Teilnehmer. Etwa 1 s nach jeder Verbindungsumschaltung oder nach Gesprächschluss sind die Kanäle bereits wieder frei. Ein lückenloses Aneinanderreihen der Belegungen wird im Rufkanal durch die Verwendung eines Rufspeichers ermöglicht. Die Gespräche lassen sich leider nicht speichern und nach Wunsch aneinanderreihen. In der Telephonie ist es üblich, einen gewissen Ausgleich zu schaffen, indem mehrere Leitungen zur automatischen Auswahl bereit gestellt werden. Dieses Prinzip wird auch hier verwendet. In

on s'efforce toujours d'utiliser l'excursion la plus grande possible afin que le recul de bruit soit suffisamment faible lors de communications à grande distance avec un champ réduit.

Si l'on veut transmettre un son de surveillance en même temps que la parole, l'excursion de fréquence correspondant à ce son doit donc nécessairement être aussi faible que possible. Dans les installations à 160 MHz avec canaux espacés de 25 kHz, l'excursion de fréquence maximale utilisable atteint environ 3,5 kHz (2).

L'excursion de fréquence du son de surveillance peut se déduire de la figure 4 en admettant que le seuil de fonctionnement doit se trouver au moins à 10 dB au-dessus du niveau du bruit et à 5 dB en dessous de cette excursion. Elle est d'environ 0,7 kHz pour une bande passante de 30 Hz réalisable en pratique dans le dispositif d'évaluation. On est juste en dessous du seuil avec une tension d'antenne de  $0,3 \mu\text{V}$ . En principe, on pourrait utiliser les mêmes valeurs pour évaluer le son « libre ». Cependant, comme il n'est pas transmis pendant la conversation, on choisit de préférence une excursion plus grande, de 2,8 kHz par exemple. On fixe de nouveau le seuil de fonctionnement du dispositif d'évaluation correspondant à 5 dB en dessous de telle manière que le seuil HF soit aussi de  $0,3 \mu\text{V}$ . Cette excursion plus grande se traduit par un accroissement du seuil de bruit favorable dans le cas de parasites impulsifs.

## 5. Avantages essentiels du système

Finalement, il convient de signaler quelques caractéristiques particulièrement avantageuses du système suisse de radiotéléphones mobiles qui ne ressortent pas suffisamment de ce qui précède:

### 5.1 Utilisation des canaux

L'économie des fréquences postule une utilisation aussi poussée que possible de chaque canal. Cela implique que la durée d'occupation se limite pratiquement au temps nécessaire à l'appel et à la conversation et que les pauses entre les liaisons soient très courtes.

Le système décrit remplit ces conditions d'une manière presque optimale. L'occupation dure au maximum 1 s pour l'appel, les canaux restent ensuite inoccupés jusqu'au moment où l'abonné mobile prend la liaison. Environ une seconde après chaque commutation de liaison ou après la fin d'une conversation, les canaux sont libérés; un enregistreur d'appel permet de faire se succéder sans interruption les occupations du canal d'appel. Il n'est malheureusement pas question d'enregistrer les conversations et de les ordonner à discrétion l'une après l'autre. En revanche, on peut aussi appliquer ici un artifice courant en téléphonie pour obtenir une certaine compensation et qui

verkehrsreichen Gebieten stehen mehrere Funkkanäle zur Verfügung, die durch den automatischen Kanalsucher ausgewählt werden. Analog zu den Verkehrsberechnungen für Leitungsbündel kann deshalb die jeweils erforderliche Kanalzahl bestimmt werden. Der Zusammenhang zwischen der Kanalzahl und dem Verkehrswert ist für den Fall, dass ein Teilnehmer während den Hauptverkehrsstunden mit 95%iger Sicherheit einen freien Kanal findet, in Kurve I der *Figur 7* dargestellt.

Wenn dem mobilen Teilnehmer zugemutet wird, dass er das Mikrotelephon nach einer allfälligen «Besetzt»-Feststellung nicht gleich wieder aufhängt, dann wird eine noch wesentlich bessere Kanalausnutzung erzielt. Der Kanalsucher dreht nämlich so lange weiter, bis er einmal auf einen freien Kanal trifft. Dieser Fall tritt ein, sobald ein Gespräch zu Ende ist. Im Prinzip lassen sich die Gespräche mit Hilfe des Kanalsuchers gewissermassen doch aneinanderreihen. Da alle Sprechverbindungen von der Fahrzeugstation aus aufgebaut werden, besteht diese Möglichkeit in jedem Falle. Eine zusätzliche Kanalbelegung entsteht dadurch nicht, weil während der Wartezeit, in der der Kanalsucher dreht, der mobile Sender immer ausgeschaltet ist.

In *Figur 7* ist auch die erzielbare Verbesserung für verschieden lange Wartezeiten eingetragen. Man kann beispielsweise ablesen, dass durch das Einfügen einer Wartezeit von der mittleren Belegungsdauer für 2 zur Verfügung stehende Kanäle ein etwa 6mal grösserer Verkehrswert zugelassen werden darf, als wenn gar nicht gewartet wird.

## 5.2 Verhalten gegen Störsignale

Auch bei einer guten Netzplanung lässt sich nicht vermeiden, dass das Nutzsignal mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit von fremden Signalen gestört wird. Es kann sich dabei um Gleichkanalstörungen von weit entfernten Sendern handeln oder um Störungen von Nachbarsendern ausserhalb des Nutzkanals. Diese treten auf, wenn die Selektivität, die Intermodulationsfestigkeit oder die Nebempfangsstellendämpfung ungenügend ist oder aber wenn die Modulations- und Rauschspektren der störenden Sender zu breit sind. Es handelt sich in jedem Fall um Störungen, denen durch einen Kanalwechsel ausgewichen werden kann. Beim hier beschriebenen System übernimmt der Kanalsucher diese Aufgabe automatisch. Sobald eine Störung vorliegt oder eintritt, wird der Freiton oder der Überwachungston unterdrückt. Der Kanalsucher wird dadurch veranlasst, auf einen ungestörten Kanal zu wechseln, und das Gespräch wird sozusagen unterbrochlos über den neuen Kanal geführt. Der verlassene Kanal wird sofort wieder freigegeben. Er wird also den Teilnehmern aus dem ungestörten Versorgungsbereich zur Verfügung gestellt. Meistens beschränken sich die Störungen auf kleine Ortsgebiete. Auch werden in den verschiedenen Gebieten nicht

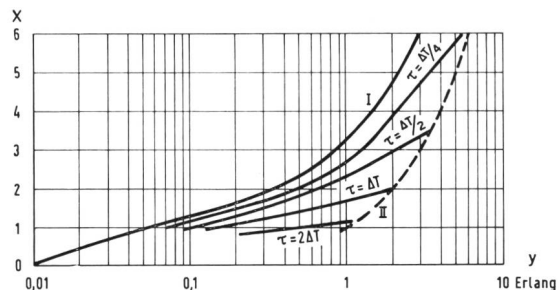


Fig. 7

Zulässiger Verkehrswert  $y$ , dass aus  $x$  Kanälen mit 95%iger Sicherheit ein freier gefunden wird ( $\Delta T$ : mittlere Belegungsdauer,  $\Delta \tau$ : mittlere Wartezeit)

Trafic tolérable  $y$  quand on exige une sécurité de 95% de trouver un canal libre sur  $x$  canaux utilisables ( $\Delta T$ : temps d'occupation moyen,  $\Delta \tau$ : temps d'attente moyen)

I = untere Grenze (ohne Wartezeit) – limite inférieure (sans délai d'attente)

II = obere Grenze (Kanäle voll belegt) – limite supérieure (canaux complètement occupés)

consiste à disposer plusieurs lignes entre lesquelles un sélecteur automatique peut choisir. Dans les régions à forte densité de trafic, on prévoit plusieurs canaux radio entre lesquels le chercheur de canal opère un choix. Le nombre des canaux nécessaires se détermine en fonction du trafic comme le nombre des lacets d'un câble en téléphonie ordinaire. La courbe I de la *figure 7* montre la relation qui existe entre le nombre de canaux et le trafic lorsque l'abonné est assuré de trouver 95 fois sur cent un canal libre durant les heures de pointe.

Si l'on peut admettre que l'abonné mobile ne raccroche pas immédiatement le microtéléphone lorsqu'il reçoit le signal «occupé», le degré d'utilisation des canaux croît encore fortement. En effet, le chercheur de canal continue à fonctionner jusqu'au moment où il rencontre un canal libre, c'est-à-dire jusqu'au moment où une conversation en cours prend fin. En principe, le chercheur de canal ordonne bien dans une certaine mesure la succession des conversations. Comme l'établissement de toutes les liaisons est commandé à partir des postes mobiles, cette possibilité existe toujours. Il ne se produit pas d'occupation supplémentaire des canaux, car l'émetteur mobile est toujours déclenché pendant le temps d'attente où le chercheur de canal tourne.

L'amélioration qu'on peut obtenir en fonction de la durée de l'attente est aussi portée dans la *figure 7*. On peut par exemple lire qu'en introduisant un délai d'attente égal à la durée d'occupation moyenne de 2 canaux disponibles, on pourrait tolérer un trafic 6 fois plus grand que si l'on ne tolère aucune attente.

die gleichen Kanäle gestört. Man kann deshalb sagen, dass der Verkehr und die Kanalausnutzung durch Selektivstörer fast nicht beeinflusst werden.

Es ist offensichtlich, dass man diesen Umstand bei der Frequenzplanung mit Gewinn berücksichtigt, wenn man einen grösseren Anteil von Interferenzen zulässt. Es ergibt sich dann beispielsweise eine Reduktion der erforderlichen Gleichkanaldistanzierung; ferner müssen die Intermodulations- und Nachbarkanalstörungen nicht mehr so stark berücksichtigt werden.

Orientierungshalber ist in *Figur 8* der experimentell ermittelte Zusammenhang zwischen dem mittleren HF-Störabstand und der Kanalschaltewahrscheinlichkeit auf einem typischen Strassenstück von 1 km Länge angegeben.

### 5.3 Erweiterungsmöglichkeit des Versorgungsbereiches und Auffindbarkeit der mobilen Teilnehmer

Der Ruf wird in einem einzigen Kanal gleichzeitig über alle Sender des Versorgungsbereiches abgestrahlt. Das Auffinden einer gesuchten Fahrzeugstation stellt daher kein Problem dar.

Durch Hinzufügen von zusätzlichen Gleichkanalsendern kann der Rufbereich beliebig vergrössert werden.

Auch der Sprechverbundbereich lässt sich beliebig erweitern, indem man zusätzliche ortsfeste Sprechstationen hinzufügt. Wenn keine neuen Kanäle verwendet werden, wird dadurch die mobile Station nicht berührt. Diese kann grundsätzlich über jede ortsfeste Station, die mit einem der vorgesehenen Kanäle ausgerüstet ist, eine Verbindung aufbauen. Es ist sogar so, dass sich das Fahrzeug während einer Sprechverbindung innerhalb der ganzen Versorgungszone von Stationsbereich zu Stationsbereich bewegen kann, ohne dass diese unterbricht. Die Voraussetzung ist immer, dass der Kanalsucher einen freien Kanal findet.

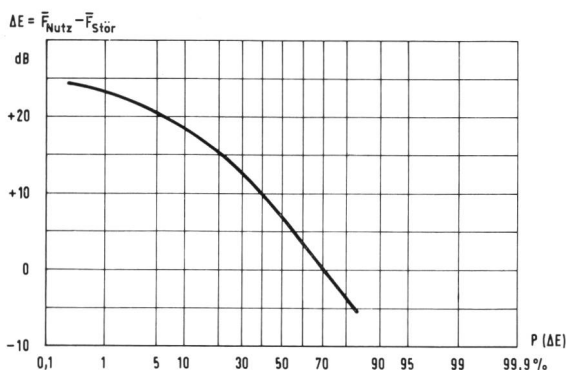


Fig. 8  
Kanalschaltewahrscheinlichkeit  $P(\Delta E)$  auf einem 1 km langen Strassenstück in Funktion des mittleren HF-Störabstandes  
Probabilité de commutation de canal  $P(\Delta E)$  par 1 km de route en fonction du recul de bruit HF moyen

### 5.2 Comportement vis-à-vis des signaux brouilleurs

Même lorsque la planification est bonne, il est impossible d'éviter une certaine probabilité de brouillage du signal utile par des signaux étrangers. Il peut s'agir de perturbations dues à des émetteurs éloignés travaillant dans le même canal ou de perturbations provenant d'émetteurs voisins extérieurs au canal utilisé. Ces dernières se manifestent lorsque la protection du récepteur contre l'intermodulation ou que sa sélectivité aux fréquences fantômes sont insuffisantes ou, encore, lorsque les spectres de modulation et de bruit de l'émetteur brouilleur sont trop larges. Dans tous les cas, il s'agit de perturbations qui peuvent être évitées en changeant de canal. Dans notre système, le chercheur de canal se charge automatiquement de cette opération. Dès qu'un brouillage se produit, le son « libre » ou le son de surveillance sont masqués. Cela met en marche le chercheur de canal qui opère la commutation sur un canal non brouillé pratiquement sans interruption de la conversation. Le canal abandonné est aussitôt libéré et mis à la disposition des abonnés qui se trouvent dans une zone exempte de brouillage. La plupart du temps, les perturbations n'affectent que des zones peu étendues. D'autre part, ce ne sont pas les mêmes canaux qui sont brouillés dans les diverses régions. On peut donc dire que le trafic et le taux d'utilisation des canaux ne sont presque pas affectés par les brouilleurs sélectifs.

Il est clair que l'on peut tirer avantage de ce qui précède en tolérant une proportion plus grande de perturbations par interférences lorsqu'on a établi les plans de fréquences. Ainsi par exemple, la distance entre émetteurs travaillant sur le même canal peut être réduite; en outre, il n'y a pas besoin de prendre des précautions aussi sévères contre les brouillages provenant de l'intermodulation ou des canaux voisins.

A titre d'information, la *figure 8* montre la relation trouvée expérimentalement entre le rapport signal sur bruit HF et la probabilité de commutation le long d'une route typique de 1 km de long.

### 5.3 Possibilité d'extension du territoire desservi et probabilité d'atteindre les abonnés mobiles

L'appel est transmis simultanément sur un seul canal par tous les émetteurs. Il n'y a aucune difficulté à atteindre un poste mobile, on peut étendre à volonté la zone d'appel en ajoutant des émetteurs supplémentaires travaillant sur le même canal.

On peut également étendre à discrétion la zone de communication vocale en ajoutant des postes fixes. Si l'on n'utilise pas de nouveaux canaux, il n'y a rien à changer aux postes mobiles, qui peuvent, par principe, entrer en liaison

## Literaturhinweis

Die hier angegebenen Publikationen stehen in direktem Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit.

- [1] E. Wey. Planungsgrundlagen für den einseitigen selektiven Funkruf. Technische Mitteilungen PTT 1967, Nr. 8, S. 451...466.
- [2] E. Wey. Die Übertragungsqualität der Sprache bei Fahrzeugtelephonanlagen. Technische Mitteilungen PTT 1968, Nr. 10, S. 478...490.
- [3] E. Wey. Die Nutz- und Störreichweite von Autotelephonensendern und ihre Auswirkung auf die Netzplanung. Technische Mitteilungen PTT 1969, Nr. 9, S. 386...406.

avec tout poste fixe équipé d'un des canaux prévus. Le véhicule peut même passer du domaine desservi par une station à une autre sans interruption de la liaison, dans tout le territoire atteint par l'ensemble des postes fixes. Il suffit pour cela que le chercheur de canal en trouve un de libre.

## Bibliographie

Les publications mentionnées à gauche se rapportent directement au présent article.

---

## Hinweis auf eingegangene Bücher

Sabrowsky L. **Thyristor-Schalter und Regler.** = Radio-Praktiker-Bücherei, Band 310/312. München, Franzis-Verlag, 1970. 160 S., 113 Abb. Preis DM 7.90.

Sabrowsky L. **Elektronische Hilfsgeräte.** = Radio-Praktiker-Bücherei, Band 313/315. München, Franzis-Verlag, 1970. 160 S., 96 Abb. DM 7.90.

Sabrowsky L. **Digitale Experimentier-Bausteine.** = Radio-Praktiker-Bücherei, Band 316/318. München, Franzis-Verlag, 1970. 160 S., 88 Abb. Preis DM 7.90.

Es handelt sich hier um drei weitere Titel der «electronic-baubücher heute und morgen». Sie enthalten zusammen 68 Schaltungen, die der Autor entwickelt, gebaut und erprobt hat. Zu jedem Baustein gehö-

ren: ein Bild, eine Schaltskizze, ein «Verdrahtungsplan» (besser: ein Bestückungsplan der Veroboardplatte), eine Stückliste der ausschliesslich modernen Bauteile und vollständige Dimensionierungsangaben. Ferner erklärt der Autor ohne lange theoretische Erörterungen, wie die Schaltungen zusammengesetzt sind und wie sie arbeiten. Zum Inhalt der einzelnen Bände:

### *Thyristor-Schalter und -Regler für den Heim- und Werkstattgebrauch*

Der Elektronik-Amateur lernt in diesem Band die Anwendung von Thyristoren und Triacs. Diese Anleitung wird in verschiedenen Ausführungen geboten: Thyristor-Schalter für Glühlampen, Thyristor-Zeitschalter für den Hausgebrauch, Überwachungsschaltanlagen, Helligkeitseinsteller für Glühlampen, Motor-Einsteller.

### *Elektronische Hilfsgeräte für den Heim- und Werkstattgebrauch*

Das vorgestellte Geräteprogramm umfasst praktisch alles, was zu Hause und in der Hobby-Werkstatt nützlich ist, so z. B. Weidezaungeräte, Leitungssucher, Zeitschalter, Leistungsregler, Ladegeräte, Zahlschlösser, Überwachungsgeräte oder Fernschalter.

### *Digitale Experimentier-Bausteine*

Das in diesem Buch gezeigte Bausteinprogramm ist geeignet, mit digitalen Schaltungen, Amateur-Probleme zu lösen. Durch entsprechende Kombinationen können unter anderem folgende Geräte gebaut werden: Rechteckgeneratoren, Taktgeber, Eichzeitgeber, Langzeitschalter, elektronische Uhren, hochwertige Impulsmessgeräte. R.