

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: 47 (1969)

Heft: 9

Artikel: Die Nutz- und Störreichweite von Autotelephonsendern und ihre Auswirkung auf die Netzplanung = Les conséquences de la portée utile et de la portée perturbatrice des émetteurs sur la planification des réseaux de radiotéléphones mobiles

Autor: Wey, Emil

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-874093>

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>

Die Nutz- und Störreichweite von Autotelephonsendern und ihre Auswirkung auf die Netzplanung

Les conséquences de la portée utile et de la portée perturbatrice des émetteurs sur la planification des réseaux de radiotéléphones mobiles

Emil WEY, Bern

621.396.931(494)
654.165.3.001.1:656.13(494)

Zusammenfassung. Es wird eine Methode für eine systematische Autotelephon-Netzplanung beschrieben. Dabei wird eine Lösung mit ökonomischem Geräte- und Frequenzbandaufwand angestrebt, wobei eine Übertragungsqualität für eine Lautverständlichkeit von $\geq 80\%$ vorausgesetzt ist. Berücksichtigt werden: die Ausbreitung und Verteilung der Feldstärke im Gelände, die gegenseitigen Störmöglichkeiten, die Geräteeigenschaften, der Kanalbedarf und die Kanalbelegung.

Résumé. On décrit une méthode permettant une planification systématique des réseaux de radiotéléphones d'automobiles. On cherche à obtenir une solution économique aux points de vue du coût des appareils et des fréquences en posant comme condition une netteté d'au moins 80% pour les sons. Dans cette étude, il est tenu compte de la propagation et de la répartition de l'intensité de champ sur le terrain, des possibilités de gêne réciproque, des caractéristiques des appareils, du nombre des canaux nécessaires et de leur occupation.

Raggio d'azione utile e di perturbazione dei trasmettitori radiotelefonici per auto e la loro influenza sulla pianificazione della rete

Riassunto. Si descrive un metodo che permette di pianificare sistematicamente reti radiotelefoniche per auto. Si aspira a una soluzione che permette un impiego razionale delle attrezzature e delle frequenze, premesso che la qualità di trasmissione raggiunga un'intelligibilità del suono di $\geq 80\%$. Si tien conto della propagazione e della distribuzione dell'intensità di campo nel terreno, delle possibilità di perturbazione reciproca, delle caratteristiche delle attrezzature, delle necessità di canali e della loro occupazione.

Einführung

Für die Sendernetzplanung sind die Nutz- und Störreichweiten der Sender von besonderer Bedeutung. Die erstere bestimmt die Senderzahl, die erforderlich ist, um einen gewünschten Funkversorgungsbereich zu bedienen. Mit der Störreichweite wird der kleinste zulässige Gleichkanal-Senderabstand festgelegt. Beide zusammen ergeben die für den Versorgungsbereich nötige HF-Kanalzahl.

In der vorliegenden Arbeit werden die beiden Reichweiten und ihre Einflüsse auf die Netzplanung untersucht. Dabei werden als massgebende Bestimmungsgrössen verwendet:

- die Ausbreitung und Verteilung der Feldstärke
- die höchstzulässige Störwahrscheinlichkeit
- die mindest erforderliche Empfängerempfindlichkeit
- die höchstzulässige Sendeleistung.

Als Beispiel wird eine numerische Reichweitenbestimmung für eine typische Lokal- und eine typische Regional-Autotelephonanlage mit phasenmodulierten Geräten in Verbindung mit dem öffentlichen Telephonnetz durchgeführt. Auf Grund der ermittelten Nutz- und Störreichweiten werden ein idealisiertes und ein den schweizerischen Verhältnissen angepasstes Sendernetz skizziert. Die Funkkanäle werden nach einer Methode verteilt, die sowohl den lokalen Bedürfnissen der Bevölkerung, der Kanalbelegung, den Besonderheiten der verschiedenen beweglichen Funkdienste als auch dem zu versorgenden Geländecharakter Rechnung tragen. Das Verfahren ermöglicht eine ökonomische Planung hinsichtlich Material- und Frequenzbandaufwand.

Symbole und Abkürzungen siehe Anhang

Introduction

La portée utile et la portée perturbatrice des émetteurs sont des éléments essentiels pour la planification de réseaux d'émetteurs. La première détermine le nombre d'émetteurs nécessaires pour desservir la région voulue tandis que la seconde fixe la plus petite distance entre émetteurs travaillant dans le même canal; le nombre de canaux haute fréquence nécessaires pour assurer les liaisons dans une région donnée, résulte à la fois de la portée utile et de la portée perturbatrice.

Dans le présent travail, on étudie ces deux portées et leur influence sur la planification des réseaux. Les paramètres principaux utilisés sont les suivants:

- la propagation et la répartition du champ
- la probabilité maximale acceptable des perturbations
- la sensibilité minimale requise des récepteurs
- la puissance maximale acceptable des émetteurs.

A titre d'exemple, on procédera à une évaluation numérique des portées pour une installation locale et pour une installation régionale de téléphones pour automobiles reliées au réseau téléphonique public dans le cas où l'on emploie la modulation de phase. Un réseau idéal et un réseau adapté aux conditions géographiques de la Suisse seront ensuite esquissés en se servant des portées utiles et perturbatrices obtenues précédemment. Les canaux haute fréquence seront répartis d'après une méthode qui tient compte des besoins locaux de la population, de l'occupation des canaux, des caractéristiques des divers services mobiles ainsi que de la topographie. Le procédé permet de réaliser une planification économique au double point de vue des appareillages et des fréquences nécessaires.

Pour les abréviations voir l'annexe

1. Ausbreitung und Verteilung der Feldstärke

Bei einer Telefonverbindung mit einem Fahrzeug ändert durch die Standortänderung des Fahrzeuges die Grösse der Nutz- und Störsignale in beträchtlichen Grenzen. Es hat sich deshalb als zweckmässig erwiesen, zum Beschreiben der Felder die Statistik beizuziehen. Man fand, dass die Feldstärke in Gebieten grösser als etwa 1 km², im logarithmischen Massstab, annähernd eine gaussische Normalverteilung aufweist. In diesem Falle ist die Feldverteilung eindeutig bestimmt, wenn man den Medianwert $\bar{\varepsilon}$ und die Standardabweichung σ kennt. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Feldstärke an irgendeinem Ort einen bestimmten Wert ε , zum Beispiel die Ansprechschwelle ε , überschreitet, beträgt:

$$P(\varepsilon) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{\varepsilon}^{\infty} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{\varepsilon}}{\sigma}\right)^2} dx \quad (1)$$

In *Figur 1* ist dieser Ausdruck graphisch dargestellt. Der einzusetzende Feldstärkemedianwert und die Streuung σ müssen experimentell ermittelt werden. Eine exakte rechnerische Erfassung ist nicht möglich. Man hat deshalb auf internationaler Ebene die Medianwerte der verschiedenen Länder gesammelt und in den CCIR-Dokumenten Oslo, 1966, Vol. II, zusammengestellt.

Für sehr stark coupirtes Gelände, wie es in der bergigen Schweiz vorliegt, sind die CCIR-Werte nicht immer anwendbar. Als Ergänzung wurden deshalb eigene Messungen durchgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchung sind, soweit sie hier interessieren, in *Figur 2* und *Tabelle I* wiedergegeben. Sie ermöglichen eine systemmässige Projektierung der

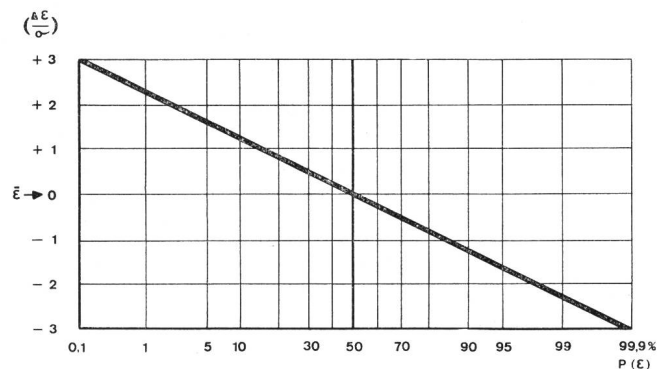


Fig. 1
Wahrscheinlichkeit $P(\varepsilon)$, mit der eine bestimmte Feldstärkeschwelle $\varepsilon = \bar{\varepsilon} + \left(\frac{\Delta\varepsilon}{\sigma}\right) \cdot \sigma$ überschritten wird

Probabilität $P(\varepsilon)$ qu'un seuil d'intensité de champ $\varepsilon = \bar{\varepsilon} + \left(\frac{\Delta\varepsilon}{\sigma}\right) \cdot \sigma$ soit dépassé

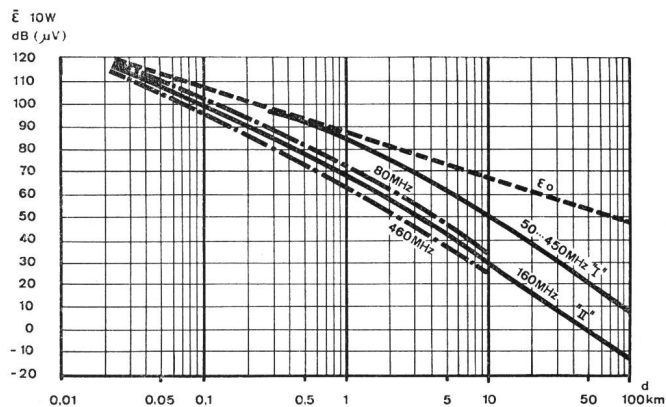


Fig. 2
Feldstärkemedianwert für 10 W Sendeleistung in Funktion der Senderentfernung im schweizerischen Mittelland und für direkt bestrahlte Alpentäler

I Senderant.-Höhe: 100...1000 m
II Senderant.-Höhe: 20... 70 m
Empfängerant.-Höhe: 2 m
 ε_0 : Freiraumfeldstärke

Valeur médiane de l'intensité du champ produit par un émetteur de 10 W en fonction de la distance sur le plateau suisse et dans les vallées alpêtres soumises à un rayonnement direct

I Hauteur de l'antenne d'émission 100...1000 m
II Hauteur de l'antenne d'émission 20... 70 m
Hauteur de l'antenne de réception 2 m
 ε_0 : Intensité de champ dans l'espace libre

L'expression (2) peut être utilisée pour convertir les indications du diagramme pour d'autres puissances que 10 W

1. Propagation et répartition du champ

Pendant le déroulement d'une liaison radiotéléphonique avec un véhicule en mouvement, l'intensité du signal utile et celle des signaux perturbateurs varient énormément. Il est donc indiqué de recourir à une représentation statistique pour décrire les champs. L'expérience montre que l'intensité de champ est répartie approximativement selon une loi log-normale lorsque l'on considère des surfaces de plus de 1 km² environ. Dans ce cas, la valeur médiane $\bar{\varepsilon}$ et l'écart type σ suffisent à décrire la répartition. La probabilité que l'intensité du champ en un endroit quelconque dépasse une valeur ε donnée, par exemple un certain seuil ε , est exprimée par:

$$P(\varepsilon) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{\varepsilon}^{\infty} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{\varepsilon}}{\sigma}\right)^2} dx \quad (1)$$

Cette expression est représentée graphiquement dans la *figure 1*.

Il n'est pas possible d'obtenir $\bar{\varepsilon}$ et σ par le calcul; ces valeurs doivent être déterminées expérimentalement. Cela

mobilen Telephonanlagen. Vor dem Bau eines Netzes sind selbstverständlich die Ausbreitungsverhältnisse noch messtechnisch nachzuprüfen.

Tabelle 1: Typische Feldstärkestreuwerte

Geländeart	σ
1 km lange Strassenstücke im Mittelland	4... 6 dB
10 km lange Strassenstücke in Alpentälern	5... 7 dB
Kreisfläche mit 5 km Radius im Mittelland	7...11 dB
Grössere Schweizer Städte	7...11 dB

Für die Umrechnung auf andere Sendeleistungen gilt:

$$\bar{\varepsilon}_{xW}(d) = \bar{\varepsilon}_{10W}(d) + 10 \log P_{xW/10} \quad (2)$$

Ausführlichere Angaben sind in den Planungsunterlagen für den einseitigen selektiven Funkruf, Techn. Mitteilungen PTT 1967, Nr. 8, zu finden.

Grundsätzlich ist die Feldstärke auch zeitlichen Schwankungen unterworfen. Für die kurzen Übertragungsdistanzen der mobilen Funkdienste ist dieser Einfluss gegenüber den örtlichen Schwankungen jedoch vernachlässigbar.

2. Ursache und Wahrscheinlichkeit der Störungen zwischen fixen und mobilen Fahrzeugstationen

Bekanntlich hat jeder Sender die unangenehme Eigenschaft, infolge seiner Strahlung andere Funkanlagen stören zu können.

Weil die zur Verfügung stehenden Frequenzen beschränkt sind, müssen oft verschiedenen Anlagen die gleichen Kanäle zugeteilt werden. In diesem Falle besteht die Gefahr der sogenannten Gleichkanalstörung. Sie tritt vorwiegend in den Randzonen der Funkversorgungsbereiche auf, dort, wo die Nutzfeldstärke klein ist. In der näheren Umgebung eines Senders können wegen der grossen Signalstärke auch Verbindungen ausserhalb des Sendekanals beeinträchtigt werden.

Jede Störung kann sich auf zwei Arten bemerkbar machen. Sie kann eine Verbindung stören oder während den Verbindungspausen als fremdes Signal in Erscheinung treten. Die zweite Möglichkeit lässt sich verhältnismässig einfach vermeiden, wenn sich beispielsweise der NF-Kanal des Empfängers nur beim Eintreffen eines pilotmodulierten Nutzträgers öffnet. Die erste Störart ist schwieriger zu verhindern. Im folgenden ist deshalb immer diese Störart betrachtet.

2.1 Störwahrscheinlichkeit

Damit eine Störung eintritt, müssen zwei Ereignisse stattfinden, nämlich: Eine mobile Station muss sich während der Verbindung in einem störgefährdeten Gebiet aufhalten, und während der Nutzverbindung muss gleichzeitig der

a été fait en divers pays et les renseignements obtenus ont été condensés, dans le volume II des documents de la conférence du CCIR d'OSLO (1966).

Malheureusement les valeurs indiquées par le CCIR ne sont pas toujours valables dans un terrain à la topographie tourmentée comme celle de la Suisse. Il a fallu faire des mesures complémentaires. La figure 2 et le tableau 1 résument les résultats de ces mesures utilisables pour l'établissement systématique de projets d'installations de radiotéléphones mobiles. Naturellement, il est nécessaire de vérifier expérimentalement les conditions de propagation avant d'entreprendre la construction d'un réseau.

Tableau 1: Valeurs caractéristiques de l'écart type des intensités de champ

Terrain	σ
Tronçon de route de 1 km dans le Plateau suisse	4... 6 dB
Tronçon de route de 10 km dans les vallées alpestres	5... 7 dB
Cercle de 5 km de rayon dans le Plateau suisse	7...11 dB
Principales villes suisses	7...11 dB

Voici la formule pour la conversion en puissance d'autres émetteurs:

$$\bar{\varepsilon}_{xW}(d) = \bar{\varepsilon}_{10W}(d) + 10 \log P_{xW/10} \quad (2)$$

On trouve des données plus détaillées dans l'article Planungsunterlagen für den einseitigen selektiven Funkruf, Bulletin technique des PTT 1967, No 8, p. 451 et suivantes.

En principe, le champ varie aussi en fonction du temps mais cette influence est négligeable par rapport à celle du lieu aux courtes distances qui entrent en jeu pour les services radioautomobiles.

2. Causes et probabilité des perturbations mutuelles entre postes fixes et postes mobiles

Il est bien connu que le champ d'un émetteur peut gêner le fonctionnement d'autres installations de radiocommunications. On sait aussi que la gamme des fréquences disponibles étant limitée, il est souvent nécessaire d'attribuer les mêmes canaux à plusieurs installations. Il s'ensuit un danger de perturbation qui est spécialement marqué aux limites du territoire desservi, là où la valeur du champ utile est faible. Par ailleurs, il peut arriver que le champ élevé régnant au voisinage d'un émetteur trouble des liaisons radioélectriques en dehors du canal attribué à cet émetteur.

Les perturbations peuvent se présenter de deux manières: elles peuvent affecter la transmission elle-même ou apparaître pendant les intervalles qui séparent les transmissions. Il est relativement facile de remédier aux perturbations de ce second type par un dispositif qui bloque le canal BF du récepteur tant qu'il ne reçoit pas une porteuse modulée par

Störsender arbeiten. Beide Ereignisse treten nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit ein. Die erste sei mit P_o , die zweite mit P_z bezeichnet. Wenn wir noch die Wahrscheinlichkeit $P(\Delta \varepsilon)$ einführen, mit der im störfährdeten Gebiet der erforderliche HF-Störabstand unterschritten wird, erhält man die Störwahrscheinlichkeit $P_{stör}$ zu:

$$P_{stör} = P(\Delta \varepsilon) \cdot \sum_i P_{o_i} \cdot P_{z_i} \quad (3)$$

(Innerhalb eines Funkversorgungsbereiches können mehrere störfährdete Gebiete liegen. In diesem Fall müssen die Störwahrscheinlichkeiten summiert werden.)

Die Grösse $P(\Delta \varepsilon)$ hängt von den Geräteeigenschaften und den Ausbreitungsverhältnissen ab. Sie wird im folgenden noch näher untersucht.

P_o ist im allgemeinen $\ll 1$, da sich das Fahrzeug während einer Telefonverbindung meistens nicht in einer störfährdeten Zone aufhält. Bei gleichmässiger Verkehrsdichte wäre sie gleich dem Verhältnis zwischen der störfährdeten Gebietsfläche F_i zu der Fläche des Funkversorgungsbereiches F_o . Die Flächen können aus den Stör- und Nutzreichweiten berechnet werden. Meistens stellt man dabei fest, dass die Störfläche F_i eines Fixsenders wegen der grösseren Strahlungsleistung und der günstigeren Antennenlage grösser ist als jene der Mobilsender. Demzufolge sind Störungen zwischen «Fix-Mobil» wahrscheinlicher als zwischen «Mobil-Mobil». Nachfolgend wird deshalb nur noch diese Beziehung betrachtet. Wir übergehen also auch Störungen zwischen zwei Fixstationen. Diese können durch eine richtige Standortwahl oder durch eine entsprechende Antennenentkopplung leicht verunmöglicht werden.

P_z ist gleich dem Produkt der Belegungswahrscheinlichkeiten der Nutz- und Störstation während der Hauptverkehrszeit. Aus Figur 9 können die erforderlichen Richtwerte für die Bestimmung von P_z abgelesen werden.

2.2 Erforderlicher HF-Störabstand

Bei konstantem HF-Pegel kann ein Störträger um die Zweisignalselektivitätsdämpfung grösser als der Nutzträger sein, ohne dass die Übertragungsqualität beeinträchtigt wird. Im Gelände ist der HF-Pegel nicht konstant; er folgt hier der statistischen Feldverteilung gemäss Formel (1). Das Nutzsignal und das Störsignal unterscheiden sich in der Regel durch ungleiche Feldstärkemedianwerte. Ihre Streuungen dagegen sind immer etwa gleich gross, da sie vor allem durch die Geländestruktur des störfährdeten Gebietes bestimmt werden. Den Streuungen muss insofern Rechnung getragen werden, dass nicht etwa Störungen entstehen, wenn Minima-Stellen des Nutzfeldes mit Maxima-Stellen des Störfeldes zusammenfallen. Für diesen Fall kann die Wahrscheinlichkeit $P(\Delta \varepsilon)$, mit der die Feldstärke des Störsignals innerhalb eines bestimmten Gebietes jene

un signal pilote. Il est plus difficile de réduire les perturbations du premier genre: c'est toujours de celles-ci qu'il s'agira dans ce qui suit.

2.1 Probabilité de perturbation

Deux conditions sont nécessaires pour qu'une perturbation se produise: il faut qu'un poste mobile se trouve, pendant que la liaison est établie, dans une zone menacée de perturbation; il faut aussi que l'émetteur gênant fonctionne à ce moment. Ainsi en désignant par P_o la probabilité que la première condition soit réalisée et par P_z celle de la seconde en introduisant de plus en plus la probabilité $P(\Delta \varepsilon)$ avec laquelle le rapport signal sur bruit HF est inférieur à la limite acceptable dans la zone menacée, on peut calculer la probabilité de perturbation $P_{stör}$ au moyen de l'expression

$$P_{stör} = P(\Delta \varepsilon) \cdot \sum_i P_{o_i} \cdot P_{z_i} \quad (3)$$

(Plusieurs zones menacées peuvent se superposer dans le rayon desservi par un émetteur. Dans ce cas, les probabilités de perturbation s'additionnent.)

Comme nous allons le voir d'une manière plus détaillée, la probabilité $P(\Delta \varepsilon)$ dépend des caractéristiques des appareils ainsi que des conditions de propagation.

P_o est en général $\ll 1$ car il est rare que le véhicule s'arrête dans une zone sujette à des perturbations. Si la densité du trafic était régulière cette probabilité serait égale au rapport de la surface F_i de la région sujette à des perturbations à la surface F_o de la région desservie. Ces surfaces se calculent à partir des portées utile et perturbatrice des émetteurs. Ordinairement on constate que la portée perturbatrice F_i des émetteurs fixes est plus grande que celle des émetteurs mobiles à cause de leur puissance plus grande et de l'emplacement plus favorable de leurs antennes. Les perturbations d'un poste mobile par un poste fixe sont donc plus probables que les perturbations entre postes mobiles, c'est pourquoi nous ne nous occuperons que des premières dans ce qui suit. Nous laisserons aussi de côté les perturbations entre postes fixes car elles peuvent être évitées par un choix correct des emplacements des stations ou par un découplage approprié des antennes.

La probabilité P_z est égale au produit des probabilités d'occupation de l'émetteur utile et de l'émetteur perturbateur pendant les pointes de trafic; elle peut être déduite des valeurs indiquées par la figure 9.

2.2 Rapport signal sur bruit requis en HF

Lorsque le niveau HF est constant, la porteuse du signal brouilleur peut dépasser celle du signal utile d'une quantité égale à l'affaiblissement dû à la sélectivité du récepteur mesuré (par la méthode à deux signaux) sans que la qualité

des Nutzsymbols übersteigt, mit Hilfe der Formel (1) ausgerechnet werden. Wenn das Verhältnis der Feldstärkemedianwerte $\Delta \bar{\varepsilon}$ in dB ausgedrückt wird, erhält man:

$$P(\Delta \varepsilon) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\Delta \varepsilon}{\sigma}\right)^2} \int_{\Delta \varepsilon/\sigma}^{+\infty} e^{-\frac{1}{2} \left(x - \frac{\Delta \varepsilon}{\sigma}\right)^2} dx \cdot d\left(\frac{\Delta \varepsilon}{\sigma}\right) \quad (4)$$

Dieser Ausdruck ist in *Figur 3* graphisch dargestellt.

Der *Figur 3* kann nun der Mindestabstand $\Delta \bar{\varepsilon}_{\text{erf.}} = \left(\frac{\Delta \varepsilon}{\sigma}\right)_{P(\Delta \varepsilon)} \cdot \sigma$ entnommen werden, der zwischen den Medianwerten erforderlich ist, damit nur in $P\%$ eine Störung eintritt. Um diesen Wert muss das Störsignal bei den Störbetrachtungen im Feld kleiner gewählt werden als für konstante HF-Pegel. Das Störsignal darf dann um den folgenden Betrag grösser sein als der Nutzträger:

$$\Delta \bar{\varepsilon}_{\text{zul.}} = \text{SD} - \left(\frac{\Delta \varepsilon}{\sigma}\right)_{P(\Delta \varepsilon)_{\text{zul.}}} \cdot \sigma \quad (5)$$

Wenn nur eine Komponente des Störsignals, das Modulations- oder Rauschspektrum beziehungsweise ein Intermodulations- oder Mischprodukt auf einer Nebenempfangsstelle störend wirkt, muss der Abstand $\Delta \bar{\varepsilon}_{\text{zul}}$ sinngemäss gewählt werden. An Stelle der Selektivitätsdämpfung SD sind näherungsweise die entsprechenden Dämpfungen MD, RD, ID oder ND einzusetzen. Eine optimale Planung wird erreicht, wenn jeder Wert ungefähr gleich gross ist wie SD.

2.3 Geräteeigenschaften, die die Störwahrscheinlichkeit bei Phasenmodulation wesentlich beeinflussen

Über die höchstzulässige Störampplitude, die ein Empfänger verarbeiten kann, gibt die *Zweisinalselektivität* Auskunft. In *Figur 4* sind die zur Zeit mit guten Empfängern erreichbaren Selektivitätsdämpfungen innerhalb und ausserhalb des Kanals angegeben.

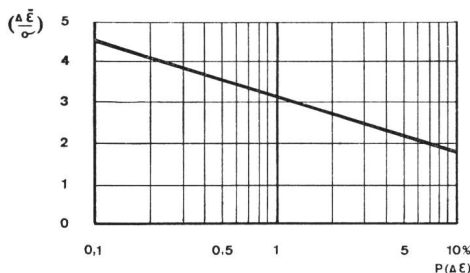


Fig. 3
Wahrscheinlichkeit $P(\Delta \varepsilon)$, mit der das Feldstärkeverhältnis von zwei Signalen bei einem Medianwertunterschied $\Delta \bar{\varepsilon}$ grösser ist als 1
Probabilité $P(\Delta \varepsilon)$ que le rapport de l'intensité du champ de deux signaux soit plus grand que 1 lorsque l'écart des médianes est $\Delta \bar{\varepsilon}$

de la transmission soit réduite. Sur le terrain les niveaux des champs HF ne sont pas constants; leur répartition statistique est conforme à l'expression (1). Le signal utile et le brouilleur ont ordinairement des niveaux médians différents, par contre leur écart type est à peu près égal car il dépend avant tout de la topographie de la zone sujette aux perturbations. Il faut tenir compte des dispersions pour éviter qu'il ne se produise des perturbations lorsque des minima du champ utile coïncident avec des maxima du champ perturbateur. On peut, dans ce cas, déterminer la probabilité $P(\Delta \varepsilon)$ avec laquelle le champ perturbateur dépasse le champ utile dans une zone donnée au moyen de l'expression.

$$P(\Delta \varepsilon) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\Delta \varepsilon}{\sigma}\right)^2} \int_{\Delta \varepsilon/\sigma}^{+\infty} e^{-\frac{1}{2} \left(x - \frac{\Delta \varepsilon}{\sigma}\right)^2} dx \cdot d\left(\frac{\Delta \varepsilon}{\sigma}\right) \quad (4)$$

qui est représentée par la *figure 3*. On peut tirer de cette figure l'écart minimum $\Delta \bar{\varepsilon}_{\text{erf.}} = \left(\frac{\Delta \varepsilon}{\sigma}\right)_{P(\Delta \varepsilon)} \cdot \sigma$ des valeurs médianes des champs utiles et brouilleurs nécessaire pour qu'il ne se produise pas plus de $P\%$ de cas de brouillage. Ceci signifie que, dans la pratique, il faut choisir comme signal brouilleur haute fréquence de niveau constant un signal dont la valeur est réduite de la quantité $\Delta \bar{\varepsilon}_{\text{erf.}}$. Ainsi le signal brouilleur ne doit pas dépasser le signal utile d'une quantité plus grande que celle donnée par l'expression:

$$\Delta \bar{\varepsilon}_{\text{zul.}} = \text{SD} - \left(\frac{\Delta \varepsilon}{\sigma}\right)_{P(\Delta \varepsilon)_{\text{zul.}}} \cdot \sigma \quad (5)$$

Lorsqu'une seule composante du signal brouilleur (spectre dû à la modulation ou au souffle, produit d'intermodulation ou de mélange) agit sur le récepteur accordé sur d'autres fréquences que celle correspondant à la réception normale, il faut choisir un écart approprié. On doit alors introduire dans la *figure 4* les affaiblissements MD, RD, ID ou ND correspondant à la place de l'affaiblissement SD dû à la sélectivité. Dans une planification optimale chacun de ces affaiblissements atteint à peu près la valeur de SD.

2.3 Caractéristiques des appareils agissant de manière importante sur la probabilité de brouillage dans le cas de la modulation de phase

La mesure de la sélectivité par la méthode à deux signaux renseigne sur l'amplitude maximale qui peut être appliquée à l'entrée d'un récepteur. Les *valeurs de la sélectivité à l'intérieur et à l'extérieur* du canal de travail, données par la *figure 4*, correspondent à ce que l'on obtient aujourd'hui avec de bons récepteurs. La tension perturbatrice maximale est celle pour laquelle les étages HF sont excités jusqu'à atteindre la saturation (environ 110 dB $[\mu V]$ sur

Die höchstzulässige Störspannung ist erreicht, wenn sie die HF-Vor- und -Mischstufe bis in die Sättigung aussteuert (etwa 110 dB [μ V] an 50 Ω). Es tritt dabei eine Amplitudenbegrenzung ein, bei der das Nutzsignal «weggeschnitten» wird.

Im Durchlassbereich muss das störende Signal so klein sein, dass es durch die AM-Begrenzung vor dem Demodulator unterdrückt wird.

Bereits vor Erreichen der Sättigung treten in der Vor- und Mischstufe nichtlineare Verzerrungen auf. Die dabei entstehenden Oberwellen mischen sich mit den Harmonischen des Empfangsoszillators. Jene Kombinationen, die in den ZF-Bereich fallen, erzeugen den sogenannten *Nebenwellenempfang*. Die Frequenzlage der Nebenempfangsstellen lässt sich aus folgender Beziehung bestimmen:

$$p \cdot f_o - q \cdot f_N = \pm f_{ZF} \quad (6)$$

Nebenempfangsstellen, die weitab von der Nutzfrequenz liegen, sind im allgemeinen nicht kritisch, da hier die Vorselektion das störende Signal abschwächt. Richtwerte für die Nebenwellendämpfung in guten Empfängern finden sich ebenfalls in Figur 4.

Beim gleichzeitigen Empfang von zwei oder mehr Störsignalen erzeugen die Nichtlinearitäten *Intermodulationsprodukte*, die zum Teil in den Empfangskanal fallen. Am kritischsten sind jene 3. Ordnung. Ihre Frequenzlage findet man aus folgender Beziehung:

$$f_{N1} + f_{N2} - f_{N3} = f_S \quad \text{oder} \quad 2f_{N1} - f_{N2} = f_S \quad (7)$$

Intermodulationsstörungen treten vor allem in Erscheinung, wenn an einem Fix-Standort mehrere Sender gleichzeitig arbeiten. Sie erzeugen dann am Empfangsort alle gleich grosse Feldstärken. Für diesen Fall sind die zulässigen Störampplituden in Abhängigkeit des Nutzsignales aus Figur 4 ersichtlich. Intermodulationsprodukte höherer Ordnung sind im allgemeinen stärker gedämpft (etwa 10 dB oder mehr). Man kann deshalb eine gewisse Verbesserung erzielen, indem man den Kanälen eines Fixsender-Standortes Frequenzen zuteilt, die unter sich keine Intermodulationsstörungen 3. Ordnung erzeugen. Die Störungen werden dadurch nicht etwa eliminiert, sondern in die Nachbarfrequenzbereiche verlegt. Zudem wird das Frequenzband schlecht ausgenutzt.

Intermodulationsstörungen können auch in den Senderendstufen entstehen, wenn nicht für eine genügende Entkopplung zwischen den interferierenden Sendern gesorgt wird. Im allgemeinen beträgt die *Sender-Intermodulationsdämpfung* 3. Ordnung nur etwa 20...30 dB. Um gleiche Dämpfungswerte wie auf der Empfängerseite zu erreichen, müssen die Senderausgänge zusätzlich um 50...60 dB voneinander entkoppelt werden, z. B. durch ge-

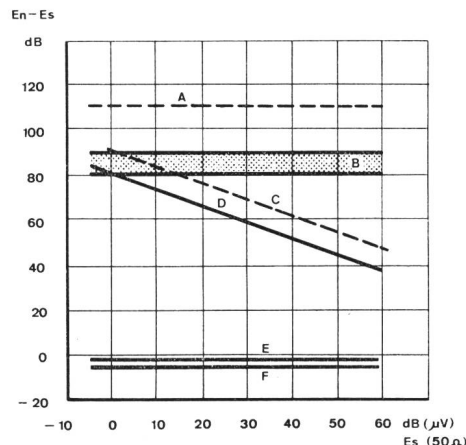


Fig. 4

Richtwerte für den zulässigen HF-Störabstand in Abhängigkeit des Empfängernutzsignals mit PM-Geräten im 160-MHz-Band. (Diese Werte werden nur mit sehr guten Geräten erreicht)

Parameter: Selektivität-, Neben- und Intermodulationswellendämpfung des Empfängers, Dämpfung der Rausch- und Modulationspektren des Senders. Die entsprechenden Werte bei SD, ND, ID, RD und MD geben an, um welches Verhältnis die HF-Störspannung grösser sein darf als das Nutzsignal, damit die Lautverständlichkeit bei normaler Sprechpegelaussteuerung 80% beträgt. (Da die subjektive Verständlichkeitsmessung umständlich ist, wählt man für die Messung eine sinusförmige Aussteuerung mit einem 1000-Hz-Ton auf den Maximalhub. Gemäss [1] ergeben sich damit äquivalente Pegelverhältnisse, wenn der psophometrisch bewertete NF-Störabstand 22 dB beträgt)

- A Übersteuerungsgrenze - Limite de surmodulation
- B SD, ND, MD, RD, im Nachbarkanal - SD, ND, MD, RD, dans le canal voisin
- C ND höherer Ordnung - ND d'ordre supérieur
- D ID 3. Ordnung - ID de 3^e ordre
- E SD im Nutzkanal für 50 kHz-Raster - SD dans le canal utile pour espacement 50 kHz
- F SD im Nutzkanal für 25 kHz-Raster - SD dans le canal utile pour espacement 25 kHz

Valeurs indicatives de l'écart minimum admissible entre le niveau du signal perturbateur et celui du signal utile en fonction de la valeur de ce dernier dans la bande de 160 MHz. (Ces valeurs ne sont atteintes qu'avec de très bons récepteurs)

Les diverses valeurs désignées par SD, ND, ID, RD et MD indiquent de combien de dB la tension perturbatrice peut être plus grande que le signal utile lorsque la netteté des sons atteint 80% avec une excitation correspondant à un niveau vocal normal. Comme les mesures subjectives de la netteté sont fastidieuses et malcommodes on les évite en utilisant une excitation sinusoïdale avec un son de 1000 Hz correspondant à l'excursion de fréquence maximale. D'après [1] le rapport des niveaux pour lequel on a 80% de netteté correspond à un recul du brouillage à 1000 Hz de 22 dB par rapport au signal utile mesuré en basse fréquence avec un psophomètre

50 ohms). Il se produit alors une limitation d'amplitude qui tronque le signal utile.

Dans la bande passante, il faut que le signal perturbateur soit assez petit pour être réduit par le limiteur AM dans les étages précédant les démodulateurs. Avant même que la saturation soit atteinte, des distorsions non linéaires se produisent dans les étages préamplificateurs et dans le mélangeur. Les harmoniques qui en résultent se mélangent

eignete Antennenanordnung, durch Richtkoppler, Zirkulatoren, usw.

Bei der Netzplanung muss auch dafür gesorgt werden, dass die *Senderrausch-* und die *Sendermodulationsspektren* nicht zu Störungen in den Nachbarkanälen Anlass geben. Das Rauschspektrum wird vorwiegend durch den Störhub des Senderoszillators und -modulators sowie die Frequenzvervielfachungszahl bestimmt. Das Modulationsspektrum hängt bei gegebenem Hub von der NF-Bandbreite, der Modulatorlinearität und ebenfalls von der Frequenzvervielfachungszahl ab. Als Richtwert für gute Sender kann angenommen werden, dass der störende Träger im Nachbarkanal 80...90 dB grösser sein darf als das Nutzsignal, bis eine unzulässige Übertragungsqualitätseinbusse durch die beiden Spektren eintritt (siehe Fig. 4).

3. Erforderliche Nutzspannung am Empfängereingang*

Bei einem Fahrzeugtelefonempfänger sollte die HF-Eingangsspannung mindestens so gross sein, dass die Lautverständlichkeit bei Ferngesprächen noch 80% beträgt. Wie experimentelle Untersuchungen gezeigt haben, sind dazu 10 dB NF-Störabstand erforderlich. Dieser Wert muss mit dem bei Ferngesprächen üblichen Hub erreicht werden. Bei optimaler Einpegelung liegt dieser etwa 12 dB unter der Hubbegrenzung, wenn diese durch automatische Regelung erfolgt. Bezüglich des Maximalhubes wird demnach ein NF-Störabstand von 22 dB benötigt. Mit typischen Fahrzeugtelefonempfängern erhält man diesen Wert, wenn die HF-Nutzspannung während der Fahrt am Empfängereingang im Mittel den Angaben der *Tabelle II* entspricht. Etwa die gleichen Eingangsspannungen sind auch hinsichtlich der Beeinflussung durch Zündstörungen erforderlich, wenn man zulässt, dass 10% der vorbeifahrenden Fahrzeuge den 22-dB-Störabstand noch etwas verschlechtern.

Tabelle II: Erforderliche Antennenklemmenspannung während der Fahrt (Medianwert) an 50 Ω.

Kanalabstand	Erforderliche HF-Klemmenspannung
50 kHz	$\sqrt{E_s} = 2 \mu V$; 6 dB (μV)
25 kHz	$\sqrt{E_s} = 7 \mu V$; 17 dB (μV)

4. Höchstzulässige Störspannung am Empfängereingang

Wie bereits gesagt, stellt jeder Sender für die andern Funkdienste eine Störquelle dar. Für die Planung eines

* Eingehendere Angaben finden sich unter Bibliographie [1]

à celles de l'oscillateur local du récepteur. Toutes les combinaisons tombant dans la fréquence intermédiaire se traduisent par ce que l'on appelle des *fréquences d'accord fantôme*. On peut déterminer la position de ces fréquences d'accord fantôme par l'expression:

$$p \cdot f_o - q \cdot f_N = \pm f_{ZF} \quad (6)$$

Les accords fantômes sur des fréquences éloignées de la fréquence utile ne sont généralement pas critiques car la présélection affaiblit le signal brouilleur. On trouvera dans la figure 4 des valeurs caractéristiques approximatives de la sélectivité de récepteurs de bonne qualité aux fréquences d'accord fantôme.

Lorsque deux ou plusieurs brouilleurs sont reçus simultanément, des *produits d'intermodulation* prennent naissance à cause des défauts de linéarité; ces produits peuvent tomber en partie dans le canal de réception. Les plus critiques sont ceux de troisième ordre dont la fréquence est donnée par l'expression:

$$f_{N1} + f_{N2} - f_{N3} = f_s \quad \text{ou} \quad 2 f_{N1} - f_{N2} = f_s \quad (7)$$

Les perturbations par intermodulation se présentent surtout dans les postes fixes où plusieurs émetteurs travaillent en même temps. Il produisent des champs égaux au lieu de réception. La figure 4 montre dans ce cas quel niveau perturbateur est tolérable en fonction de l'intensité du signal utile. En général les produits d'intermodulation d'ordre supérieur subissent un affaiblissement plus grand (de l'ordre de 10 dB et plus). On peut donc améliorer la situation en attribuant aux émetteurs situés en un même endroit des canaux dont les fréquences ne donnent pas en se combinant des produits d'intermodulation de 3e ordre. Les perturbations ne sont pas éliminées par ce procédé mais rejetées dans des gammes de fréquences voisines. En outre la bande de fréquence est mal utilisée.

Les étages de sortie des émetteurs peuvent aussi donner naissance à des perturbations d'intermodulation si les divers émetteurs ne sont pas assez découplés les uns par rapport aux autres. En général l'affaiblissement de l'intermodulation de 3e ordre des émetteurs n'atteint que 20 à 30 dB. Pour obtenir des affaiblissements comparables à ceux obtenus du côté des récepteurs, les sorties des émetteurs doivent avoir un découplage supplémentaire de 50...60 dB, que l'on réalise par exemple par une disposition appropriée des antennes, par des coupleurs directionnels, des circulateurs, etc.

Comme cela a été dit au début, on doit prendre garde en établissant un plan de réseau que les spectres de modulation et de souffle de l'émetteur ne brouillent pas les canaux voisins. Le spectre de souffle dépend principalement de l'excursion de fréquence parasite de l'oscillateur pilote et des modulateurs ainsi que du nombre des multiplications de fréquence. Pour une excursion de fréquence donné le

Autotelephonnetzes sind besonders die Störungen durch die frequenzbenachbarten Sender von Fahrzeugtelefonanlagen kritisch. In der Nachbarschaft des Übertragungskanales besitzt der Empfänger praktisch keine Vorselektion, so dass hier jedes Störsignal voll wirksam wird. Die Sendeleistung der Autotelephonstationen darf deshalb nicht grösser gewählt werden als für die Einhaltung der geforderten Mindest-Übertragungsqualität bei den kleinsten HF-Nutzsignalen unbedingt nötig ist. Gemäss Abschnitt 2 ist diese Störbedingung erfüllt, wenn das Verhältnis zwischen den Momentanwerten der Stör- und Nutzamplituden grösser ist als die Zweisignalselektivität des Empfängers. Die Formel (5) liefert die entsprechende Beziehung für die Medianwerte.

Wenn die Empfindlichkeit \hat{E}_s , die Selektivität SD und die zulässige Störmöglichkeit $P(\Delta \varepsilon_{zu1})$ gegeben sind, kann daraus der höchstzulässige Medianwert des Störsignals \hat{E}_N für den Empfängereingang bestimmt werden. Im nachfolgend schrittweise durchgeführten Beispiel verwenden wir die in der Tabelle II angegebenen Empfindlichkeitswerte, eine Feldstärkestreuung von $\sigma = 5$ dB für ein 1 km langes störgefährdetes Strassenstück gemäss Tabelle I, eine Nachbarkanalselektion von SD = 90 dB und eine zulässige Störmöglichkeit $P(\Delta \varepsilon_{zu1}) = 10\%$. Unter diesen Voraussetzungen liefert die Formel (5) als höchstzulässigen 50- Ω -Klemmenspannungsmedianwert:

$$\hat{E}_{N(50 \text{ kHz})} = 87 \text{ dB } (\mu \text{ V}) \rightarrow -50 \text{ dB (W)}$$

$$\hat{E}_{N(25 \text{ kHz})} = 98 \text{ dB } (\mu \text{ V}) \rightarrow -39 \text{ dB (W)}$$

5. Höchstzulässige Sendeleistung

Die höchstzulässige Störleistung am Empfängereingang begrenzt die Sendeleistung. Die letztere darf nur um die Übertragungsdämpfung zwischen Sender und Empfänger grösser sein, das heisst

$$P_{\text{max}} = \frac{\hat{E}_N^2}{50} + \alpha \text{ dB (W)} \quad (8)$$

Die Übertragungsdämpfung α hängt von der Distanz zwischen Störsender und Empfänger, den Antennencharakteristiken, den Senderausgangs- und Empfängereingangs-impedanzen und den Feldausbreitungsverhältnissen ab. Bei Freiraumausbreitung beträgt die Dämpfung zwischen zwei auf 50 Ω angepassten $\lambda/2$ -Dipolantennen:

$$\alpha_o = 20 \log d_{km} + 20 \log f_{\text{MHz}} + 28 \text{ (dB)} \quad (9)$$

Aus der Figur 2 kann die praktisch zu erwartende Dämpfung α bezüglich der Freiraumdämpfung für jede Distanz abgelesen werden. In städtischen Anlagen wird man

spektrum de modulation est une fonction de la bande passante basse fréquence, de la linéarité du modulateur et également du nombre des multiplications de fréquence. On peut admettre à titre indicatif que la porteuse perturbatrice produite par un bon émetteur dans le canal voisin peut être de 80 à 90 dB plus élevée que le signal utile avant que se produise une perte excessive de la qualité de la transmission (voir fig. 4).

3. Tension utile nécessaire à l'entrée du récepteur*

La tension HF à l'entrée d'un récepteur pour la radiotéléphonie d'automobile devrait être telle que la netteté des sons atteigne 80% lors de liaisons téléphoniques. L'expérience a montré que cela correspond à un recul de bruit basse fréquence de 10 dB. Il faut obtenir cette valeur avec l'excursion de fréquence normale pour la téléphonie. Lorsque les divers niveaux sont ajustés de manière optimale ce niveau se trouve à environ 12 dB en dessous du seuil du limiteur d'excursion de fréquence quand celui-ci a un réglage automatique.

Cela signifie que le recul de bruit BF nécessaire est de 22 dB par rapport à l'excursion de fréquence maximale. On obtient cette valeur avec des récepteurs typiques pour les téléphones d'automobiles lorsque la tension HF utile à l'entrée du récepteur correspond en moyenne aux valeurs indiquées dans le tableau II. Des tensions d'entrée du même ordre sont aussi nécessaires à cause des perturbations dues à l'allumage des moteurs de véhicules à moteur si l'on tolère qu'environ 10% de ceux-ci produisent en passant des perturbations un peu trop fortes pour que le recul de bruit de 22 dB soit respecté.

Tableau II: Tension nécessaire à l'entrée du récepteur pendant que le véhicule circule (valeur médiane rapportée à une impédance d'entrée de 50 ohms).

Distance entre canaux	Tension d'entrée HF nécessaire
50 kHz	$\hat{E}_s = 2 \mu \text{ V}; \quad 6 \text{ dB } (\mu \text{ V})$
25 kHz	$\hat{E}_s = 7 \mu \text{ V}; \quad 17 \text{ dB } (\mu \text{ V})$

4. Tension perturbatrice maximale tolérable à l'entrée du récepteur

Comme on le sait tout émetteur est une source potentielle de perturbations pour les autres services de radiocommunication. En ce qui concerne les réseaux de téléphones d'automobiles ce sont les émetteurs situés dans les canaux voisins qui sont les plus dangereux; en effet la sélectivité d'entrée des récepteurs est pratiquement nulle pour ces

* L'article [1] de la bibliographie contient des renseignements plus détaillés, notamment en ce qui concerne la mesure du recul de bruit.

in der Regel mit der mobilen Station auf mindestens 100 m an den störenden Sender heranfahren können. In Regionalanlagen mit erhöhten Fix-Senderstandorten wollen wir als Minimaldistanz etwa 1 km annehmen. Für das 160-MHz-Band findet man entsprechend eine Übertragungsdämpfung für Lokal- und Regionalanlagen von 62 und 73 dB. Die Formel (8) liefert unter den angenommenen Bedingungen als höchstzulässige Sendeleistung 12 beziehungsweise 23 dB (W) für Lokal- und 23 beziehungsweise 34 dB (W) für Regionalanlagen im 160-MHz-Band. Diese Werte gelten, wenn als Fix-Antenne ein $\lambda/2$ -Dipol und als Mobilantenne eine $\lambda/2$ -Wagenantenne, beidseitig an 50 Ω angepasst, verwendet wird. Für andere Antennen ist der entsprechende Antennengewinn zu berücksichtigen.

In den meisten Fällen können aus betrieblichen Gründen keine grösseren Werte als etwa 16 dB (W) gewählt werden. Für Fahrzeugtelefonanlagen gilt sinnvollerweise die allgemeine Grundforderung nach gleicher Übertragungsqualität in beiden Sprechrichtungen. Diese Forderung lässt sich nur befriedigend erfüllen, wenn für beide Verbindungen der gleiche Übertragungsweg gewählt wird, das heisst, Sender und Empfänger einer Station müssen über eine gemeinsame Antenne arbeiten. Da die mobilen und fixen Empfänger gleiche Empfindlichkeiten aufweisen, müssen als Folge auch die Sendegeräte gleiche Leistungen abgeben. Die höchstzulässige Sendeleistung für Fixstationen ist deshalb meistens gleich derjenigen der mobilen Station plus dem Fixantennengewinn. Der Mobil-Sendeleistung ist wiederum eine obere Grenze gesetzt durch die Leistungsabgabe, die der Fahrzeugbatterie noch zugemutet werden kann. In unserem Beispiel sei als einheitliche Sendeleistung 10 dB (W) für Lokalanlagen und 16 dB (W) für Regionalanlagen gewählt.

6. Die Sender-Nutzreichweite

Wenn die Sendeleistung, die minimal erforderliche Empfängereingangsspannung, die Antennencharakteristik und die Ausbreitungskurven bekannt sind, ist die Reichweite der Anlage bestimmt.

Als erstes wollen wir den Medianwert der Feldstärke für die Randzone des Versorgungsbereiches bestimmen. Er beträgt

$$\frac{\sqrt{}}{\epsilon_s} \text{ dB } (\mu \text{ V/m}) = \frac{\sqrt{}}{\epsilon_s} \text{ dB } (\mu \text{ V}) + 20 \log k \text{ dB } (\text{m}^{-1}) \quad (10)$$

Die erforderliche Antennenklemmenspannung $\frac{\sqrt{}}{\epsilon_s}$ kann der Tabelle II entnommen werden. Der Faktor k hängt von der wirksamen Antennenhöhe und der Empfängeranpassimpedanz ab. In der Praxis findet man bei 50- Ω -Geräten etwa folgende Werte für $20 \cdot \log k$ (Tabelle III).

canaux de sorte que tout signal perturbateur a sa pleine efficacité. Il ne faut donc pas que la puissance des émetteurs d'automobiles soit plus grande que celle qui est absolument nécessaire pour obtenir la qualité minimale de transmission voulue lorsque les signaux utiles HF sont les plus faibles. Selon le chapitre 2 cette condition est remplie lorsque le rapport entre les valeurs momentanées de l'amplitude utile et de l'amplitude perturbatrice est supérieur à la sélectivité du récepteur mesuré par la méthode à deux signaux. La formule (5) fournit la relation correspondante des valeurs

médianes. Lorsque l'on connaît la sensibilité $\frac{\sqrt{}}{\epsilon_s}$, la sélectivité SD et la proportion de perturbation tolérable P ($\Delta \epsilon_{2u1}$)

on peut déterminer la valeur tolérable maximale $\frac{\Delta}{\epsilon_s}$, du signal perturbateur à l'entrée du récepteur. Dans notre exemple nous employons les sensibilités indiquées dans le tableau II, un écart type de l'intensité du champ de $\sigma = 5$ dB pour un tronçon de route sujet aux perturbations, conformément au tableau I, une sélectivité de 90 dB pour les fréquences des canaux voisins. Nous tolérons de plus que la réception soit gênée avec une probabilité de 10%.

Dans ces conditions, on trouve en appliquant la formule 5 que la valeur maximale admissible de la médiane de la tension aux bornes d'antennes d'un récepteur ayant une impédance d'entrée de 50 ohms a pour valeur:

$$\frac{\Delta}{\epsilon_s} \text{ dB } (\mu \text{ V}) = 87 \text{ dB } (\mu \text{ V}) \rightarrow -50 \text{ dB } (\text{W})$$

$$\frac{\Delta}{\epsilon_s} \text{ dB } (\mu \text{ V}) = 98 \text{ dB } (\mu \text{ V}) \rightarrow -39 \text{ dB } (\text{W})$$

5. Puissance d'émission maximale tolérable

La puissance perturbatrice maximale à l'entrée du récepteur limite la puissance d'émission. Le niveau de celle-ci ne doit pas dépasser celui de la première de plus de l'affaiblissement de transmission entre l'émetteur et le récepteur

$$P_{\text{max}} = \frac{\frac{\Delta}{\epsilon_s} \text{ dB}}{50} + \alpha \text{ dB } (\text{W}) \quad (8)$$

L'affaiblissement de transmission dépend de la distance entre l'émetteur perturbateur et le récepteur, des caractéristiques de leurs antennes, de l'impédance de sortie de l'émetteur, de l'impédance d'entrée du récepteur et des conditions de propagation. Dans l'espace libre l'affaiblissement de propagation entre deux dipôles demi-onde adaptés à une ligne à 50 ohms a pour valeur

$$\alpha_0 = 20 \log d_{\text{km}} + 20 \log f_{\text{MHz}} + 28 \text{ (dB)} \quad (9)$$

La figure 2 permet de trouver l'affaiblissement auquel on doit s'attendre en pratique en fonction de l'affaiblissement α dans l'espace libre.

Tabelle III: Umrechnungsfaktor «Feldstärke: Empfängerklemmenspannung» für $\lambda/4$ -Wagenantennen.

Frequenz	$20 \cdot \log k$
80 MHz-Band	8 dB (m^{-1})
160 MHz-Band	15 dB (m^{-1})
450 MHz-Band	23 dB (m^{-1})

Für unser Beispiel im 160-MHz-Band liefert die Formel (10) mit diesen Angaben als gesuchten Medianwert der erforderlichen Mindestfeldstärke 32 dB ($\mu V/m$) bei 25-kHz-Kanalabstand und 21 dB ($\mu V/m$) bei 50-kHz-Kanalabstand.

Wir wollen jetzt voraussetzen, dass die Sendeleistungen aller Fix- und Mobilstationen unter sich gleich gross sind. Die maximale Reichweite wird mit der höchstzulässigen Sendeleistung erreicht, die wir im letzten Abschnitt als 10 dB (W) beziehungsweise 16 dB (W) eingeführt haben. Für diese Leistungen können wir nunmehr in den Ausbreitungskurven der Figur 2, entsprechend den Erörterungen des Abschnittes 1, unter den erforderlichen Mindestfeldstärkewerten von 32 beziehungsweise 21 dB ($\mu V/m$) die gesuchte Sendempfangsreichweite ablesen. In unserem Beispiel finden wir die in der Tabelle IV unter d_s eingetragenen Werte.

Wir müssen uns dabei klar sein, dass die in der Figur 2 angegebenen Medianwerte ebenfalls einer Streuung unterworfen sind. Diese beträgt etwa 5 dB. Wenn wir eine 90%ige Sicherheit haben wollen, dass die Feldstärkemedianwerte in den Randgebieten den gestellten Forderungen entsprechen, müssen die Reichweiten für die Netzplanung um einen Faktor 1,4 reduziert werden. Dieser Reduktionsfaktor ergibt sich aus den Figuren 1 und 2.

7. Die Sender-Störreichweiten

7.1 Nachbarkanal-Störreichweite

Im Abschnitt 4 wurde für die Nachbarkanäle die höchstzulässige Störspannung \hat{E}_N bestimmt. Mit Hilfe des Umrechnungsfaktors k der Tabelle III können daraus die entsprechenden Störfeldstärken ermittelt werden. Wenn man zu nahe an einen Sender herangeht, betritt man ein Gebiet, in dem diese Feldstärken überschritten werden. Für einen 10-W-Sender kann der Bereichradius direkt aus der Figur 2 abgelesen werden. Für andere Sendeleistungen ist eine Umrechnung mit Formel (2) nötig. Für unser Beispiel findet man die in der Tabelle IV unter d_{NN} eingetragenen Werte.

7.2 Gleichkanalstör-Reichweite

Die verfügbaren Hochfrequenzkanäle sind beschränkt. Man ist deshalb gezwungen, den gleichen Kanal verschiedenen Diensten, die örtlich weit genug auseinanderliegen, zuzuteilen. Da das Nutzfeld, wenn auch stark abge-

En ville, on doit compter que les postes mobiles puissent approcher au moins jusqu'à 100 m d'émetteurs perturbateurs. Dans les installations régionales desservies par des émetteurs fixes surélevés, nous pouvons admettre une distance minimale de 1 km. Ainsi pour la bande de 160 MHz, l'affaiblissement de transmission serait de 62 dB dans les installations locales et de 73 dB dans les installations régionales. En appliquant la formule (8) on trouve dans ces conditions les puissances maximales suivantes:

- 12 dB (W) pour les installations locales avec canaux distants de 50 kHz
- 23 dB (W) pour les installations locales avec canaux distants de 25 kHz
- 23 dB (W) pour les installations régionales avec canaux distants de 50 kHz
- 34 dB (W) pour les installations régionales avec canaux distants de 25 kHz

Ces puissances valent pour le cas où l'antenne fixe est un dipôle en demi-onde et l'antenne de la station mobile est aussi une antenne en demi-onde adaptée à 50 ohms. Si les antennes sont différentes il faut tenir compte de leur gain particulier par rapport à celui des antennes précitées. La plupart du temps il est impossible pour des raisons d'exploitation d'utiliser des puissances supérieures à 16 dB (W). Il est raisonnable de poser comme exigence de base que la qualité de transmission d'un radiotéléphone mobile soit égale dans les deux sens. Cela n'est réalisable de façon satisfaisante que si le chemin de transmission est le même c'est-à-dire si l'émetteur et le récepteur de chaque station travaillent sur la même antenne.

Les récepteurs mobiles ayant la même sensibilité que les récepteurs fixes, il s'ensuit que les émetteurs et les émetteurs mobiles doivent avoir la même puissance. C'est la raison pour laquelle la puissance maximale d'émission des stations fixes est en général égale à celle des stations mobiles augmentée du gain de l'antenne fixe. La limite de la puissance des émetteurs mobiles est à son tour limitée par la puissance que peut délivrer la batterie d'accumulateurs du véhicule. Dans notre exemple, nous choisirons une puissance d'émission normalisée de 10 dB (W) pour les installations locales et de 16 dB (W) pour les installations régionales.

6. La portée utile des émetteurs

Lorsque la puissance d'émission, la tension minimale nécessaire à l'entrée des récepteurs, les caractéristiques des antennes et les courbes de propagation sont données, la portée de l'installation l'est par voie de conséquence.

Ainsi, nous pouvons en premier lieu déterminer la valeur moyenne du champ aux frontières de la zone desservie:

schwächt, über den eigentlichen Funkversorgungsbe-
reich hinausreicht, besteht grundsätzlich die Möglich-
keit, dass der fremde Dienst im gleichen Kanal gestört wird.

Wir haben im Abschnitt 2 die nötigen Unterlagen zusam-
mengestellt, um eine Netzplanung so durchführen zu können,
dass die Störwahrscheinlichkeit in zulässigen Grenzen
bleibt. Für den vorliegenden Fall der Gleichkanalstörungen
ist die Störwahrscheinlichkeit gleich der Wahrscheinlichkeit,
mit der der Abstand zwischen HF-Stör- und Nutzsignal
innerhalb eines Gebietes kleiner als die Zweisignalselektivität
im Durchlassbereich ist. In der Praxis beträgt die letztere
gemäss Figur 4 etwa -2 dB bei 50-kHz-Kanalabstands-
geräten und -5 dB bei 25-kHz-Kanalabstandsgeräten. Der
zulässige HF-Störabstand kann nach der Formel (5) be-
rechnet werden. In unserem Beispiel wollen wir eine Stör-
wahrscheinlichkeit von $P(\Delta \varepsilon) = 1\%$ voraussetzen. Die Aus-
wertung ergibt dann: $\Delta \varepsilon_{zul} = -18$ dB für 50-kHz-, be-
ziehungsweise -21 dB für 25-kHz-Kanalabstandanlagen.
Das Minuszeichen besagt, dass das Störsignal kleiner
sein muss als das Nutzsignal.

Für die im Abschnitt 6 ermittelten Mindestfeldstärken er-
geben sich schliesslich die höchstzulässigen Störfeld-
stärkemedianwerte für die Randzonen des Nutzbereiches
zu $+3$ dB ($\mu\text{V/m}$) bei 50 kHz Kanalabstand und $+11$ dB
($\mu\text{V/m}$) bei 25 kHz Kanalabstand.

Die Störreichweite kann nun analog der Nutzreichweite-
bestimmung im Abschnitt 6 mit Hilfe der vorgegebenen
Leistung aus der Figur 2 abgelesen werden. Man findet die
in der Tabelle IV unter d_{NG} eingetragenen Werte.

Als Folge der Medianwertstreuung muss auch hier sinn-
gemäss zum vorigen Abschnitt mit grösseren Störreich-
weiten gerechnet werden; zum Beispiel um einen Faktor 1,4,
wenn die zulässige Störfeldstärke in den Randzonen mit
90%iger Sicherheit nicht überschritten werden soll. Selbst-
verständlich kann durch Hügel und Gebirgsketten die Stör-
reichweite auch erheblich kleiner sein. Für die Planung
einer bestimmten Anlage sind deshalb die Werte den je-
weiligen Verhältnissen anzupassen.

8. Die Auswirkung der Nutz- und Störreichweiten auf die Sendernetzplanung

8.1 Idealisirtes Sendernetz

Damit unabhängige Sender, die im gleichen Kanal ar-
beiten, nicht unzulässige gegenseitige Störungen erzeugen,
müssen sie in folgendem Minimalabstand errichtet werden:

$$D \geq d_s + d_{NG} \quad (11)$$

Man kann damit ein idealisiertes Gleichkanalsendernetz
gemäss Figur 5 aufbauen. Die Sender gleicher Frequenz
sind in Rhomben angeordnet. (Eine ähnliche Anordnung

$$\frac{\check{V}}{\varepsilon_s} \text{ dB } (\mu\text{V/m}) = \check{E}_s \text{ dB } (\mu\text{V}) + 20 \log k \text{ dB } (\text{m}^{-1}) \quad (10)$$

Le tableau II donne la tension \check{E}_s nécessaire à introduire
dans cette expression. Quant au facteur k il dépend de la
hauteur efficace de l'antenne et de l'impédance d'entrée du
récepteur.

En pratique $20 \log k$ ont les valeurs suivantes dans le cas
de récepteurs dont l'impédance d'entrée est de 50 ohms
(tableau III).

Tableau III: Facteur de conversion. Champ: tension d'entrée pour
antenne d'automobile en $\lambda/4$.

Fréquence	$20 \log k$
Bande 80 MHz	8 dB (m^{-1})
Bande 160 MHz	15 dB (m^{-1})
Bande 450 MHz	23 dB (m^{-1})

Dans la bande de 160 MHz utilisée pour notre exemple on
obtient d'après ce qui précède un champ minimal médian
de 21 dB ($\mu\text{V/m}$) avec des canaux espacés de 50 kHz et de
32 dB ($\mu\text{V/m}$) avec des canaux espacés de 25 kHz. Si l'on
suppose pour commencer que la puissance de toutes les
stations fixes et mobiles est la même, la portée maximale
correspond à la puissance maximale tolérable que nous
avons trouvé être de 10 dB (W) pour les installations à
caractère local et de 16 dB (W) pour celles à caractère
régional. Dans ce cas, les courbes de propagation de la
figure 2 nous permettent de trouver la portée des émetteurs
en tenant compte des explications du chapitre 1 et des
champs minimaux nécessaires de 32 ou 21 dB ($\mu\text{V/m}$)
indiqués ci-dessus.

Les portées désignées par d_s dans le tableau IV ont été
obtenues de cette manière dans le cas de notre exemple.
Il faut bien nous rendre compte que les valeurs médianes
données dans la figure 2 ont elles-mêmes une dispersion;
leur écart type est d'environ 5 dB de sorte que si nous vou-
lons que la sécurité de la réception soit de 90% nous
devons diviser les portées calculées par 1,4 pour obtenir
celles à introduire dans la planification du réseau. Ce fac-
teur de 1,4 résulte des données contenues dans les figures 1
et 2.

7. Les portées perturbatrices

7.1 Portée perturbatrice relative aux canaux voisins

La tension perturbatrice tolérable maximale \hat{E}_N a été
déterminée dans le chapitre 4. Le facteur de conversion k du
tableau III nous permet d'en déduire le champ correspon-

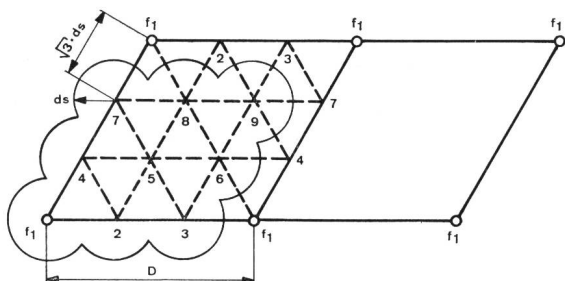


Fig. 5
Idealisiertes Sendernetz
Réseau d'émetteurs idéalisés

wurde 1961 anlässlich der Wellenkonferenz in Stockholm für die Planung des UKW-Rundfunk- und Fernsehnetzes verwendet.)

Es ist wichtig zu wissen, wie viele Sender mindestens nötig sind, um einen Gleichkanalsenderrhombus funkmässig versorgen zu können. Diese Zahl bestimmt die erforderliche Kanalzahl, da jeder Sender innerhalb der Gleichkanalfläche auf einer anderen Frequenz arbeiten muss.

Eine optimale Flächenversorgung wird erzielt, wenn der Nachbarsenderabstand $\sqrt{3} \cdot d_s$ beträgt. Die Sender eines Gleichkanalsenderrhombus sind dann in gleichseitigen Dreiecken angeordnet. Die benötigte Senderzahl beträgt:

$$n \geq \left[\frac{D}{d_s \cdot \sqrt{3}} \right]^2 \quad \text{(Klammerausdruck gerundet auf die nächste ganze Zahl)} \quad (12)$$

Bei unserem Beispiel liefert die Auswertung die in der Tabelle IV angegebene Senderzahl n.

Wir haben damit die letzte Grösse zum Ziehen der Schlussfolgerungen ermittelt und wollen nun die Datensammlung der Tabelle betrachten.

Bei Lokalanlagen ist der Gleichkanalabstand im Mittel etwa viermal kleiner als bei Regionalanlagen. Um die Gleichkanalrhombusfläche einer Regionalanlage zu überdecken, sind damit 16 Gleichkanalrhombusflächen von Lokalanlagen erforderlich. In jedem der 16 Rhomben können natürlich immer die gleichen Kanalfrequenzen verwendet werden.

Wenn es darum geht, eine Fläche mit möglichst wenig Sendern zu versorgen, muss man also weitmaschige Regionalnetze planen. Sollen jedoch in einem grossen Gebiet viele unabhängige Anlagen errichtet werden, empfiehlt sich eine engmaschige Lokalanlagenplanung.

Autotelephonanlagen mit Anschluss an das öffentliche Telephonnetz erstrecken sich oft über Gebiete, die aus weiten Flächen mit einem geringen Fahrzeugbestand und aus verkehrsdichten Städten zusammengesetzt sind. In diesem Fall wählt man vorteilhaft eine Kombination von weit-

maschigen und engmaschigen Netzen. Si l'on se rapproche trop d'un émetteur on arrive dans une région où un champ est dépassé. On lit directement sur la figure 2 la portée d'un émetteur de 10 W. Pour des puissances différentes il faut appliquer la formule (2). Ainsi a-t-on trouvé pour notre exemple les valeurs désignées par d_{NN} dans le tableau IV.

7.2 Portée perturbatrice relative au même canal

Le nombre de canaux haute fréquence est limité, aussi faut-il attribuer le même canal à des installations dont les positions géographiques sont assez éloignées les unes des autres. Même si le champ utile d'un émetteur est fortement affaibli, il peut gêner des services travaillant dans le même canal bien au delà de la zone desservie par cet émetteur. Dans le chapitre 2, nous avons rassemblé les données qui permettent de réaliser une planification de réseau telle que la probabilité de perturbations reste dans des limites acceptables. La probabilité de perturbations dans le même canal est la même que la probabilité que l'écart entre signal HF utile et signal perturbateur dans le domaine considéré soit plus petit que la sélectivité du récepteur dans sa bande passante, cette sélectivité étant mesurée par la méthode des deux signaux. En pratique cette sélectivité est de l'ordre de -2 dB dans le cas de récepteurs à canaux espacés de 50 kHz et de -5 dB lorsque cet espacement est de 25 kHz. La formule (5) donne le recul de bruit HF. Dans notre exemple, si nous adoptons une probabilité de perturbation $P(\Delta \varepsilon)$ de 1% nous trouvons que $\Delta \varepsilon_{zul} = -18$ dB avec un espacement de 50 kHz et -21 dB avec un espacement des canaux de 25 kHz. Le signe moins signifie que le signal perturbateur doit être plus petit que le signal utile.

On trouve finalement les valeurs médianes maximales tolérables du champ perturbateur qui se rapportent aux intensités de champ utile minimales correspondant à la zone limite du domaine desservi.

- + 3 dB ($\mu V/m$) avec des canaux espacés de 50 kHz et
- + 11 dB ($\mu V/m$) avec des canaux espacés de 25 kHz.

La portée perturbatrice peut alors être déterminée comme la portée utile au moyen de la figure 2 et en tenant compte de la puissance émise. C'est ainsi qu'ont été déterminées les distances d_{NG} indiquées dans le tableau IV.

En réalité les portées perturbatrices sont supérieures à d_{NG} à cause de la dispersion des valeurs médianes. Il faut multiplier d_{NG} par 1,4 pour que dans 90% des cas l'intensité du champ perturbateur ne dépasse pas la valeur tolérable. Naturellement la portée perturbatrice peut être considérablement réduite par la présence de collines et de chaînes de montagnes. Pour établir le plan d'une installation donnée il est donc nécessaire d'interpréter les valeurs calculées en fonction des conditions locales.

Tabelle IV: Zusammenstellung der wichtigsten Grössen aus dem Dimensionierungsbeispiel mit phasenmodulierten Geräten.

Tableau IV: Liste des principales données numériques relatives à nos exemples d'installations de radiotéléphones équipées d'appareils à modulation de phase.

	Lokalanlagen Installations locales Espacement		Regionalanlagen Installations régionales Espacement	
	50 kHz	25 kHz	50 kHz	25 kHz
P_s dB (W)	10	10	16	16
$\frac{V}{\epsilon_s}$ dB (μ V/m)	21	32	21	32
$\frac{\Delta}{\epsilon_N}$ dB (μ V/m)	3	11	3	11
d_s (km)	15	9	66	39
d_{NN} (m)	70	20	360	100
d_{NG} (km)	42	26	155	105
D (km)	57	35	221	144
n (Sender - emetteurs)	9	9	9	9

maschigen Flächenversorgungsnetzen mit eingeschobenen engmaschigen, aber kanalreichen Stadtnetzen.

Beim Betrachten der Tabelle fällt des weitern auf, dass mit dem 50-kHz-Raster bedeutend weniger Sender zur Bedienung einer gleich grossen Fläche nötig sind als mit dem 25-kHz-Raster. Etwas schwieriger zu beurteilen ist die Frage, mit welchem der beiden Raster die Frequenzbänder besser ausgenutzt werden können. 25-kHz-Anlagen belegen nur die halbe Bandbreite der 50-kHz-Ausrüstungen. In der Praxis ist der Frequenzgewinn etwas kleiner als ein Faktor 2. Mit steigender Senderzahl wird nämlich eine grössere Zahl von Kanälen zusätzlich durch Intermodulation belegt.

Wenn das zu versorgende Gebiet kleiner ist als die Hälfte der Gleichkanalfläche mit 50-kHz-Raster, dann kann der benötigte Mehraufwand den Gewinn an 25-kHz-Kanälen übersteigen, es sei denn, das Gebiet sei so klein, dass es mit einem einzigen 25-kHz-Sender bedient werden kann.

Es ist somit eine Angelegenheit der Netzanlagegrösse, ob 25-kHz- oder 50-kHz-Ausrüstungen eine bessere Frequenzbandausnutzung ergeben.

8.2 Tatsächliches Sendernetz

Die idealisierten Sendernetze führen nur in einem gleichmässigen Gelände mit konstanter Wohn- und Verkehrsdichte zu einer optimalen Ökonomie bezüglich Frequenz- und Geräteaufwand. Die Schweiz erfüllt diese Bedingungen schlecht. Die gefundenen Beziehungen dürfen deshalb nur sinngemäss verwendet werden. Die Hauptbevölkerung befindet sich im Mittelland, zwischen Jura und Alpen. Vorteil-

8. Les conséquences des portées utiles et perturbatrices sur la planification de réseaux d'émetteurs

8.1 Réseau d'émetteurs dans le cas idéal

Pour que des émetteurs indépendants travaillant dans le même canal ne se gênent pas éventuellement, il faut que la distance qui les sépare soit égale ou supérieure à D :

$$D \geq d_s + d_{NG} \quad (11)$$

On peut ainsi construire le réseau idéal d'émetteurs travaillant sur la même fréquence représenté par la figure 5. Les émetteurs fonctionnant dans le même canal sont situés aux angles de losanges appelés losanges à fréquence dans ce qui suit. (La conférence européenne de radiodiffusion en ondes métriques et décimétriques de Stockholm 1961 a utilisé un système analogue pour établir ses réseaux d'émetteurs de radiodiffusion sonore et de télévision.)

Il est important de savoir quel est le nombre minimum d'émetteurs nécessaire pour desservir le territoire encadré par un losange à isofréquence. Ce nombre détermine celui des canaux à utiliser, car à l'intérieur de ce losange il ne peut y avoir deux émetteurs travaillant sur la même fréquence.

Le territoire est desservi de manière optimale lorsque la distance entre émetteurs voisins est égale à $\sqrt{3} \cdot d_s$. Les émetteurs placés à l'intérieur d'un losange à isofréquence sont alors situés aux sommets de triangles équilatéraux. Le nombre d'émetteurs requis est de

$$n \geq \left[\frac{D}{d_s \cdot \sqrt{3}} \right]^2 \quad (12)$$

l'expression entre parenthèse étant arrondie au chiffre entier supérieur le plus proche.

Pour l'exemple que nous étudions, on trouve par ce procédé les nombres d'émetteurs désignés par n dans le tableau IV. Nous avons ainsi la dernière donnée numérique dont nous avons besoin pour conclure et nous pouvons passer à l'analyse du tableau IV.

Dans les installations locales, la distance entre émetteurs travaillant à la même fréquence est environ quatre fois plus petite que dans les installations régionales. Pour couvrir la surface d'un losange à isofréquence d'une installation régionale, il faut 16 losanges d'installations locales. Dans chacun de ceux-ci on peut naturellement employer les mêmes canaux.

Lorsqu'il s'agit de couvrir un territoire avec un nombre minimum d'émetteurs, il faut prévoir des réseaux régionaux à larges mailles. Si, par contre, on désire établir de nombreuses installations indépendantes dans une région étendue, on doit prévoir un plan de réseau du type local à mailles étroites.

Les installations de radiotéléphones pour automobiles, raccordées au réseau téléphonique public, couvrent souvent

hafterweise teilen wir zuerst dieses Gebiet in Gleichkanalbereiche auf.

Für *Lokalanlagen* lässt sich die Längsachse der Schweiz in vier Abschnitte unterteilen, in denen die notwendigen Mindestabstände *D* zwischen den Gleichkanalsendern sicher eingehalten werden können. Zwischen der Süd- und Nordschweiz stellt die Alpenkette eine natürliche Schranke mit grosser Dämpfung für die elektromagnetischen Wellen dar. Sie eignet sich deshalb besonders gut als Grundlinie für die Bildung der Gleichkanalflächen. Sender, die am Nordhang der Alpen, beziehungsweise am Südhang des Juras liegen, weisen wegen der erhöhten Lage in Richtung Nord-Süd eine grössere Störreichweite auf, als dem Mittelwert entspricht. Es darf deshalb in dieser Richtung keine weitere Unterteilung erfolgen. Man erhält damit für die Nordschweiz die vier Gleichkanalbereiche A...D der *Figur 6*. Die Südschweiz kann gesamthaft zu einer einzigen Fläche E zusammengefasst werden, da hier die Bevölkerungs- und Verkehrsdichte und damit auch das Bedürfnis nach Fahrzeugtelefonstationen verhältnismässig klein ist.

In jeder der fünf Flächen dürfen sämtliche Kanalfrequenzen, die einem bestimmten Funkdienst zugeteilt sind, verwendet werden. Bei der Zuteilung muss nur darauf Rücksicht genommen werden, dass Sender mit gleichen Kanalfrequenzen in den Nachbarbereichen eine Entkopplungsdämpfung besitzen, wie wenn sie mindestens um die *D* km distanziert wären. In bergigem Gelände ist man demnach bei der Wahl der Senderstandorte innerhalb eines Gleichkanalbereiches nicht unbedingt auf die idealisierte Anordnung in Dreiecken angewiesen. Von dieser Möglichkeit wurde zum Beispiel Gebrauch gemacht beim Ausarbeiten der Planstudie für den Aufbau eines schweizerischen Auto-telephonnetzes (siehe Abschn. 10). Zum Teil sind darin aus wirtschaftlichen und betriebstechnischen Gründen bereits von andern PTT-Diensten verwendete Senderstandorte vorgesehen.

Für *Regionalanlagen*, bei denen mit erhöhten Senderstandorten gearbeitet wird, wird im Mittel ein Gleichkanalabstand von über 150 km benötigt. Die Schweiz lässt sich in diesem Fall nicht in mehrere Gleichkanalbereiche unterteilen. Im allgemeinen wird man aber einen Kanal trotzdem zwei- bis dreimal wiederholen können, wenn bei der Sendernetzplanung die dämpfende Wirkung der Gebirgszüge geschickt ausgenützt wird. Dazu ist allerdings eine experimentelle Vorabklärung über die zu erwartenden Ausbreitungsverhältnisse meistens unumgänglich.

9. Verteilung der Funkkanäle im Sendernetz

Für die mobilen Funkdienste sind bestimmte Frequenzbänder international zugeteilt. Es gehört zum Aufgabenkreis

des régions où il y a de grandes surfaces à faible densité de véhicules et des agglomérations où cette densité est forte. Dans ce cas, il est avantageux de choisir une combinaison de réseaux à larges mailles pour desservir les zones rurales et de réseaux à mailles étroites comportant de nombreux canaux, pour les villes.

En considérant le tableau on remarque encore qu'avec un espacement de 50 kHz il faut sensiblement moins d'émetteurs pour desservir un même territoire qu'avec un espacement de 25 kHz.

Il est cependant plus difficile de savoir lequel des deux systèmes occupe la bande de fréquences la plus étroite. Les systèmes à espacement de 25 kHz occupent la moitié de la bande requise pour les installations à 50 kHz. En pratique, le gain en fréquences est un peu inférieur à 2. En effet, lorsque le nombre des émetteurs augmente, le nombre des canaux inutilisables à cause de produits d'intermodulation croît aussi.

Si la région à desservir a une surface inférieure à la moitié de celle d'un losange à isofréquence calculé pour un espacement de 50 kHz entre émetteurs, l'accroissement du nombre des émetteurs nécessaires pour le système à 25 kHz peut entraîner une occupation du spectre supérieure à celle du système à 50 kHz malgré le gain théorique en fréquence dont il est question ci-dessus. Evidemment cette remarque n'est pas valable lorsque la région à desservir est assez petite pour ne nécessiter qu'un seul émetteur du système à 25 kHz.

Ainsi, la supériorité de ce dernier système sur celui à 50 kHz ou vice versa dépend, au point de vue de l'économie du spectre, de l'étendue de la zone desservie par l'installation.

8.2 Réseau réel d'émetteurs

Pour trouver la solution la plus économique au double point de vue des fréquences et du nombre des appareils, les réseaux idéalisés ne sont utilisables que dans des pays au relief régulier et dont la densité des habitations ainsi que celle du trafic sont constantes. Il ne faut donc pas appliquer à la lettre les relations trouvées plus haut dans un pays comme la Suisse où ces conditions sont loin d'être remplies; on ne peut qu'en retenir le sens. La masse de la population habite le Plateau entre le Jura et les Alpes. Nous diviserons d'abord ce territoire en régions dites à canaux communs, c'est-à-dire où peuvent être réutilisées les fréquences employées dans les régions adjacentes.

En ce qui concerne les *installations locales*, l'axe longitudinal de la Suisse peut être découpé en 4 subdivisions dans lesquelles la distance «*D*» minimale nécessaire entre émetteurs travaillant sur la même fréquence peut être certainement respectée. La chaîne des Alpes forme une barrière naturelle qui atténue très fortement les ondes électromagnétiques entre le nord et le sud de la Suisse. On peut donc

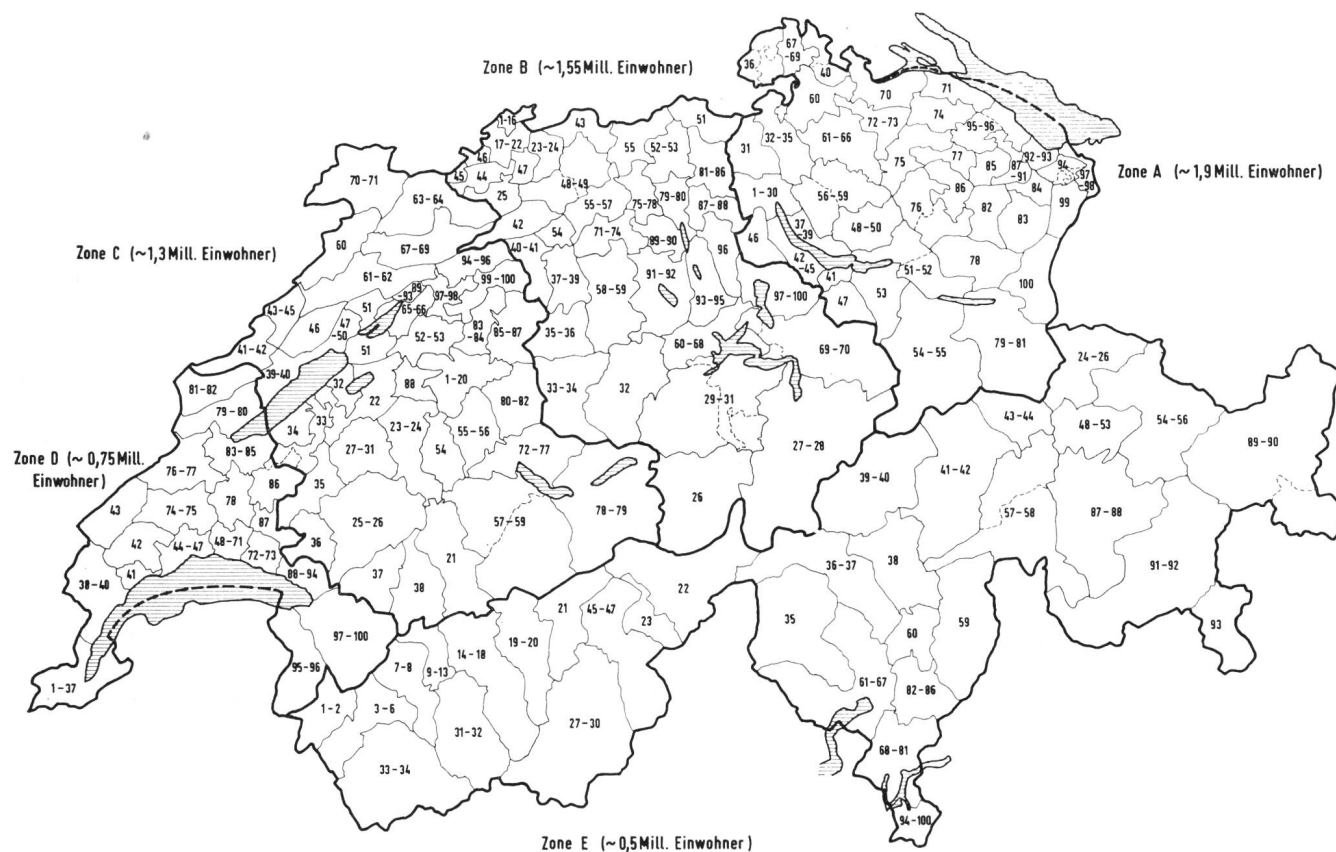


Fig. 6

Studienplan für die Verteilung von 100 Kanälen der beweglichen Funkdienste. Die Schweiz ist in 5 Gleichkanalzonen aufgeteilt. Proportional zu den Einwohnerzahlen sind den politischen Bezirken je Zone eine Anzahl Kanalnummern zugeordnet. Die gleichen Kanalnummern der benachbarten Zonen liegen mindestens 60 km voneinander entfernt

Plan pour l'étude de la répartition de 100 canaux attribués aux services mobiles. La Suisse est divisée en 5 zones à canaux communs. On a attribué aux districts de chaque zone un nombre de canaux proportionnel à leur population. Les numéros des canaux communs aux zones voisines se trouvent à au moins 60 km les uns des autres

der PTT, diese zu verwalten und zweckmässig einzusetzen. Solange nur wenig Funkstellen betrieben werden und der Vorrat an Kanalnummern gross ist, stellen sich dabei kaum Probleme. Nun ist es aber so, dass die mobilen Funkteilnehmer ständig zunehmen, die zur Verfügung stehende Anzahl Hochfrequenzkanäle jedoch immer gleich bleibt und damit die Schwierigkeiten der Kanalnummernverteilung wachsen. Man ist deshalb gezwungen, alle Kanäle möglichst optimal auszunutzen und einer Gesamtplanung einzufügen.

Es ist üblich, dass man zu diesem Zweck die international zugeteilten Bereiche auf die verschiedenen Dienste verteilt (Feuerwehr, Polizei, Militär, öffentliche Telefon- und Verkehrsbetriebe, Flugsicherung, Energieversorgung, privater Sprechfunk usw.). Die Kanalzahl und die Frequenzlage, die den einzelnen Diensten zugeordnet wird, richtet sich nach deren Bedürfnis und Wichtigkeit. Es ergibt sich für jeden

très bien s'en servir comme ligne de base pour la détermination des régions à canaux communs. Les émetteurs situés sur le flanc nord des Alpes ou sur le flanc sud du Jura ont à cause de leur altitude une portée perturbatrice plus grande que la moyenne dans la direction nord-sud. On ne peut donc pas découper le territoire dans cette direction. C'est ainsi qu'ont été déterminées les 4 régions à canaux communs désignées par A, B, C et D dans la figure 6. Le sud de la Suisse peut être réuni en une seule région E, car la densité de la population et celle du trafic y sont faibles et par conséquent aussi, les besoins en téléphones d'automobiles.

Tous les canaux attribués à un certain service peuvent être utilisés dans chacune des 5 régions. Il faut seulement faire attention en attribuant les fréquences que les émetteurs qui travaillent sur la même fréquence dans des régions voisines soient au moins séparés par une distance de D km.

Frequenzbereich eine blockartige Kanalaufteilung nach Figur 7.

9.1 Verteilung der Funkkanäle im Gelände

Um die zur Verfügung stehende Anzahl Kanäle gut ausnützen zu können, sollten diese auf Grund der ortsgebundenen Nachfrage verteilt und reserviert werden. Ortschaften und Gebiete mit einer grossen Bevölkerungsdichte besitzen in der Regel eine grosse Verkehrsdichte und weisen eine entsprechend grosse Nachfrage für Funkkanäle auf. Diesem Umstand kann, unter Berücksichtigung der im Abschnitt 8 zusammengefassten Erkenntnisse, folgendermassen Rechnung getragen werden:

- Man bestimmt die Einwohnerzahl in den Gleichkanalbereichen. Den Bewohnern eines jeden Bereiches stehen sämtliche Kanäle zur Verfügung. Wenn einem Dienstzweig auf Grund der Frequenzbereichaufteilung eine bestimmte Kanalzahl zusteht, darf diese 100%ig eingesetzt werden.
- Jeder Gleichkanalbereich enthält eine Anzahl politischer Bezirke. Diese haben sich auf natürliche Art aus den Interessengemeinschaften entwickelt; sie spiegeln deshalb in ihrer Struktur die wichtigsten Informationswege wieder.

In jedem Bezirk wohnen x % der Bevölkerung eines Gleichkanalbereiches. Entsprechend sind x % der einem Dienstzweig zur Verfügung stehenden Kanäle für dessen Sendestandorte innerhalb des Bezirkes zuzuteilen.

Wenn die Einwohnerzahl eines Bezirkes so klein ist, dass der ermittelte Prozentsatz keinen Anspruch auf einen eigenen Kanal ergibt, ist der Bezirk mit einem benachbarten zu einer grösseren Einheit zusammenzuschliessen. Es ist auch möglich, mehrere solcher Kleinbezirke durch einen gemeinsamen weitreichenden Regionalsender zu versorgen.

Als Erläuterungsbeispiel sind in der Figur 6 100 Kanäle für Lokalnetze nach dem skizzierten Verfahren auf die ge-

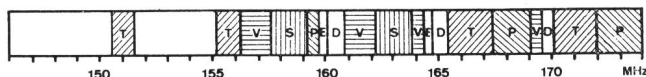


Fig. 7
Vereinfachtes Blockschema für die Kanalverteilung an die verschiedenen Dienstzweige im 160-MHz-Band (gemäss Radiodienst PTT)

Schéma simplifié de la répartition des canaux entre les divers services dans la gamme de 160 MHz (d'après le service radio des PTT)

- T drahtlose Teilnehmeranlagen PTT – abonné relié par radio au réseau téléphonique des PTT
- P Privatfunkanlagen – liaison radioélectrique privée
- S öffentliche Sicherheitsdienste – services de sécurité publics
- V öffentliche Verkehrsbetriebe – services de transports publics
- E Energieversorgung – services d'électricité
- D verschiedene andere Dienste – divers autres services

Dans les régions montagneuses, on voit que l'on n'est pas forcé de respecter la distribution idéalisée en triangles des émetteurs à l'intérieur d'une région à fréquences communes. On a par exemple tiré parti de cette possibilité pour établir un projet de réseau suisse de radiotéléphones pour automobiles (voir section 10). On a prévu dans un projet d'utiliser des emplacements d'émetteurs qui sont déjà en partie employés pour d'autres services des PTT, pour des raisons d'économie et de commodité d'exploitation.

Dans le cas des *installations régionales* où l'on travaille avec des émetteurs situés sur des hauteurs, la distance entre émetteurs utilisant la même fréquence doit en moyenne être supérieure à 150 km. Il n'est plus possible alors de diviser la Suisse en plusieurs zones où l'on reprend régulièrement les mêmes canaux. Toutefois, on peut en général réutiliser deux ou trois fois le même canal si l'on tient compte d'une manière appropriée de l'effet d'écran des chaînes de montagnes. Pour cela, il est presque toujours inévitable de faire des essais pour connaître les conditions réelles de propagation.

9. Répartition des canaux dans le réseau des émetteurs

Certaines bandes de fréquences ont été attribuées aux services mobiles par des accords internationaux; c'est aux PTT qu'incombe la tâche de les gérer et de les distribuer à bon escient. Tant que le nombre des postes exploités est faible et que le nombre des fréquences disponibles est grand, il n'y a pas de problème. En fait, le nombre des abonnés aux services de radio mobiles ne cesse de croître, alors que celui des canaux reste inchangé; il s'en suit des difficultés croissantes pour l'attribution des fréquences. Il faut donc obligatoirement chercher à employer tous les canaux de la meilleure façon possible dans le cadre d'un plan d'ensemble.

Il est d'usage courant de répartir les gammes de fréquences attribuées par les accords internationaux entre les divers services: pompiers, police, militaire, téléphones et transports publics, sécurité aérienne, compagnies d'électricité, radiotéléphones privés, etc.

Le nombre de canaux et les fréquences alloués dépendent des besoins de ces services et de leur importance. Chaque gamme de fréquences se trouve ainsi divisée en groupes de canaux par blocs comme le représente la *figure 7*.

9.1 Répartition des canaux sur le terrain

Pour bien tirer parti du nombre de canaux à disposition, il faudrait les répartir et les réserver en fonction de la demande locale. Les agglomérations et les régions dont la population est dense ont en général un trafic et une demande de liaisons radioélectriques mobiles correspondants. On peut tenir compte de ce fait de la manière suivante en considérant les remarques résumées dans la section 8:

samte Schweiz verteilt worden. Im besonderen wurde darauf geachtet, dass die gleichen Kanäle in den benachbarten Gleichkanalflächen möglichst weit entfernt liegen.

Im Prinzip könnten den Kanalnummern bestimmte Frequenzen zugeordnet werden. Selbstverständlich müssten dabei die bestehenden innerstaatlichen und nachbarstaatlichen Vereinbarungen hinsichtlich der geographischen Frequenzuteilung berücksichtigt und nötigenfalls ergänzt werden.

9.2 Zuteilung der Funkkanäle auf Grund ihrer Belegung

An einem Funkkanal kann nur eine begrenzte Zahl Teilnehmer angeschlossen werden. Die Zahl hängt im wesentlichen von der mittleren Belegungszahl, der mittleren Gesprächslänge und der als zulässig erachteten Besetztziffer ab. Die beste Kanalbelegung würde erreicht, wenn die Gespräche sich lückenlos aneinanderreihen. Dieser Fall lässt sich kaum verwirklichen. In der Praxis treffen die Wünsche nach einer Sprechverbindung nicht gleichmässigein. Manchmal kommen mehrere gleichzeitig an, ein andermal liegen zwischen zwei Sprechverbindungen kürzere oder längere Pausen. Bei Handvermittlung durch einen Disponenten lassen sich gewisse Ausgleichs vornehmen, beim automatischen Verbindungsaufbau ist dies nicht ohne weiteres möglich. Eine Ausweichmöglichkeit kann geschaffen werden, indem mehrere Funkkanäle zur Auswahl bereitstehen. Das Suchen eines freien Kanals geschieht dann meistens automatisch, mit Hilfe eines elektronischen Wählers. Die Berechnung der benötigten Kanalzahl x kann deshalb analog nach dem in der Telephonie üblichen Dimensionierungsverfahren für Leitungsbündel durchgeführt werden.

Die beiden wichtigsten Grössen sind dabei der Verkehrswert y und die Verlust- oder Besetztprozente. Erlang fand die Beziehung:

$$P_v = \frac{y^x}{x! \left[1 + \frac{y}{1!} + \frac{y^2}{2!} + \dots + \frac{y^x}{x!} \right]} \quad (13)$$

Für den hier interessierenden Bereich ist dieser Ausdruck in der *Figur 8* aufgezichnet.

Den Verkehrswert berechnet man aus der Teilnehmerkapazität C_T , der mittleren Gesprächsdauer $\bar{\Delta T}$ und der Anzahl Belegungen \bar{d} je Teilnehmer während einer Hauptverkehrsstunde.

$$y = C_T \cdot \frac{\bar{\Delta T}/s}{3600} \cdot \bar{d} \quad (14)$$

$\bar{\Delta T}$ und \bar{d} können an bestehenden Funkanlagen gemessen werden. Für schweizerische Verhältnisse wurden folgende Richtwerte gefunden:

- On détermine le nombre d'habitants résidant dans les zones à canaux communs. Dans chaque zone, l'ensemble des canaux est à la disposition de la population locale. Lorsqu'un certain nombre de canaux est attribué à un service donné, il faut l'engager entièrement.
- Les zones à canaux communs contiennent un certain nombre de districts politiques nés d'une manière naturelle de communautés d'intérêts. Leur structure reflète par conséquent les voies d'information les plus importantes. Dans chaque district habite un certain pourcentage $x\%$ de la population de la zone de canal commun à laquelle il appartient. - On attribue donc $x\%$ des canaux disponibles pour un service donné aux emplacements d'émetteurs situés dans ce district.

Si le nombre des habitants d'un district est très petit et que le pourcentage calculé n'est pas suffisant pour l'attribution d'un canal, on réunit ce district à l'un de ses voisins pour constituer une unité plus grande. Il est aussi possible d'alimenter plusieurs petits districts par un émetteur régional commun de portée plus grande.

A titre d'exemple, la figure 6 représente la répartition de 100 canaux obtenue pour des réseaux locaux par le procédé qui vient d'être décrit. On s'est efforcé en particulier d'attribuer les canaux de même fréquence à des émetteurs aussi éloignés que possible les uns des autres dans les «zones à canaux communs».

9.2 Attribution des canaux en fonction de leur occupation

On ne peut relier qu'un nombre limité d'abonnés à un canal. Ce nombre dépend essentiellement du nombre d'occupation moyen, de la durée moyenne des conversations et du nombre tolérable de communications bloquées. L'occupation idéale du canal serait atteinte si les conversations se suivaient sans interruption. Cela est pratiquement impossible. En pratique, les appels ne se succèdent pas

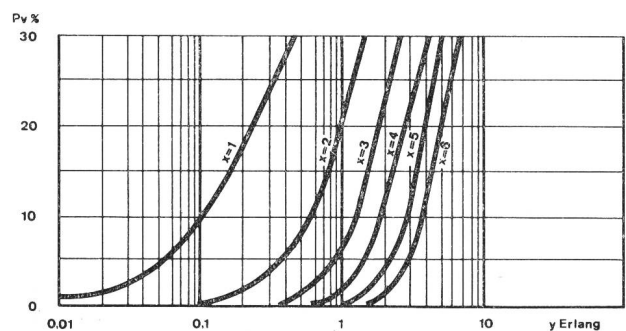


Fig. 8
Zusammenhang zwischen dem Verkehrswert y , der Kanalzahl x und den Verlustprozenten p_v .
Relation entre l'indice de trafic y , le nombre x de canaux et le pourcentage de perte p_v .

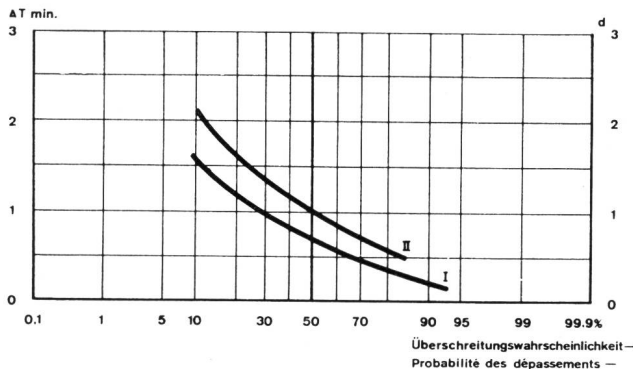


Fig. 9
 Beispiel für die Verteilung der Belegungsdichte und der Gesprächsdauer einer Autotelephonanlage
 Kurve I: Anzahl Belegungen je Teilnehmer und Stunde
 Kurve II: Gesprächsdauer in Minuten
 Exemple de la répartition de la densité d'occupation et de la durée des conversations d'une installation de radiotéléphone pour automobile
 Courbe I: Nombre d'occupations par abonné et par heure
 Courbe II: Durée des conversations en minutes

	$\bar{\Delta T}/s$	\bar{d} /Belegungen je Stunde und Teilnehmer
für lokale Autotelephonanlagen	50	0,7
für Taxifunkanlagen	15	3
für Sprechfunkanlagen ohne Telephonanschluss	40	0,5

Die dabei zu erwartenden Streuwerte können der *Figur 9* entnommen werden.

Als Vergleich: Beim Telephonverkehr über das Drahtnetz beträgt die mittlere Dauer für ein Ortsgespräch etwa 3 min und die Ferngesprächsdauer rund 4 min. Die Verlustprozente, die angeben, in wieviel Prozent der Hauptverkehrszeit ein Teilnehmer keinen freien Kanal findet, müssen entsprechend der Wichtigkeit des betreffenden Dienstes gewählt werden (zum Beispiel 5% für eine Exklusivfrequenz, 10% für eine Gemeinschaftsfrequenz und 20% für eine Sammelfrequenz).

Beispiel: Es soll angenommen werden, dass für eine bestimmte Stadt im Maximum 6 Funkkanäle für eine Autotelephonanlage zur Verfügung gestellt werden können. Aus Verkehrsmessungen sei bekannt, dass die mittlere Gesprächsdauer 50 s betrage und ein Teilnehmer in den Hauptverkehrsstunden durchschnittlich 0,7 Belegungen vornimmt. Ferner soll den Teilnehmern zugemutet werden, dass sie während 10% dieser Zeit keinen freien Kanal finden. Frage: Wie viele Teilnehmer dürfen an die Anlage angeschlossen werden, wenn die mobilen Stationen automatisch auf einen freien Kanal schalten? – Aus *Figur 8* wird der Verkehrswert

regulièrement: tantôt il y en a plusieurs à la fois, tantôt des intervalles plus ou moins longs séparent les conversations. Si la commutation est manuelle, la téléphoniste peut intervenir et régulariser dans une certaine mesure l'écoulement du trafic; cela n'est pas possible sans autre avec la commutation automatique. Une solution réside par exemple dans l'emploi de plusieurs canaux utilisables à choix; la recherche d'une voie libre a lieu alors ordinairement par un procédé électronique automatique. On peut alors calculer le nombre «X» de canaux nécessaires selon les méthodes usuelles en téléphonie pour déterminer le nombre de lacets d'un faisceau.

Les deux grandeurs les plus importantes sont la valeur de trafic «Y» et le pourcentage P_v de perte ou d'occupation. D'après *Erlang*

$$P_v = \frac{y^x}{x! \left[1 + \frac{y}{1!} + \frac{y^2}{2!} + \dots + \frac{y^x}{x!} \right]} \quad (13)$$

cette expression est représentée par la *figure 8* pour le domaine qui nous intéresse.

On calcule la valeur de trafic en fonction du nombre d'abonnés possible C_T (capacité de l'installation en abonnés), de la durée moyenne des conversations $\bar{\Delta T}$ et du nombre moyen \bar{d} d'occupations par abonné pendant une heure de pointe de trafic

$$y = C_T \cdot \frac{\bar{\Delta T}/s}{3600} \cdot \bar{d} \quad (14)$$

$\bar{\Delta T}$ et \bar{d} peuvent être obtenues en mesurant le trafic d'installations de radiotéléphones existants. En Suisse, on a obtenu les valeurs indicatives suivantes

	$\bar{\Delta T}/s$	\bar{d} /occupation par heure et par abonné
Installations de radiotéléphones locales,		
Taxiphones	50	0,7
Installations de radiotéléphones		
sans raccordement au réseau public	15	3
	40	0,5

Les dispersions probables peuvent être tirées de la *figure 9*.

A titre de comparaison, la durée moyenne d'une conversation locale est de 3 minutes sur les réseaux téléphoniques publics à liaison par fils; celle des communications interurbaines est de 4 minutes. Le «pourcentage de perte» qui indique la proportion du temps pendant laquelle un abonné ne trouve pas de canal libre au cours des heures de pointes doit être choisi selon l'importance du service (par exemple 5% pour une fréquence exclusive, 10% pour une fréquence commune et 20% pour une fréquence collective).

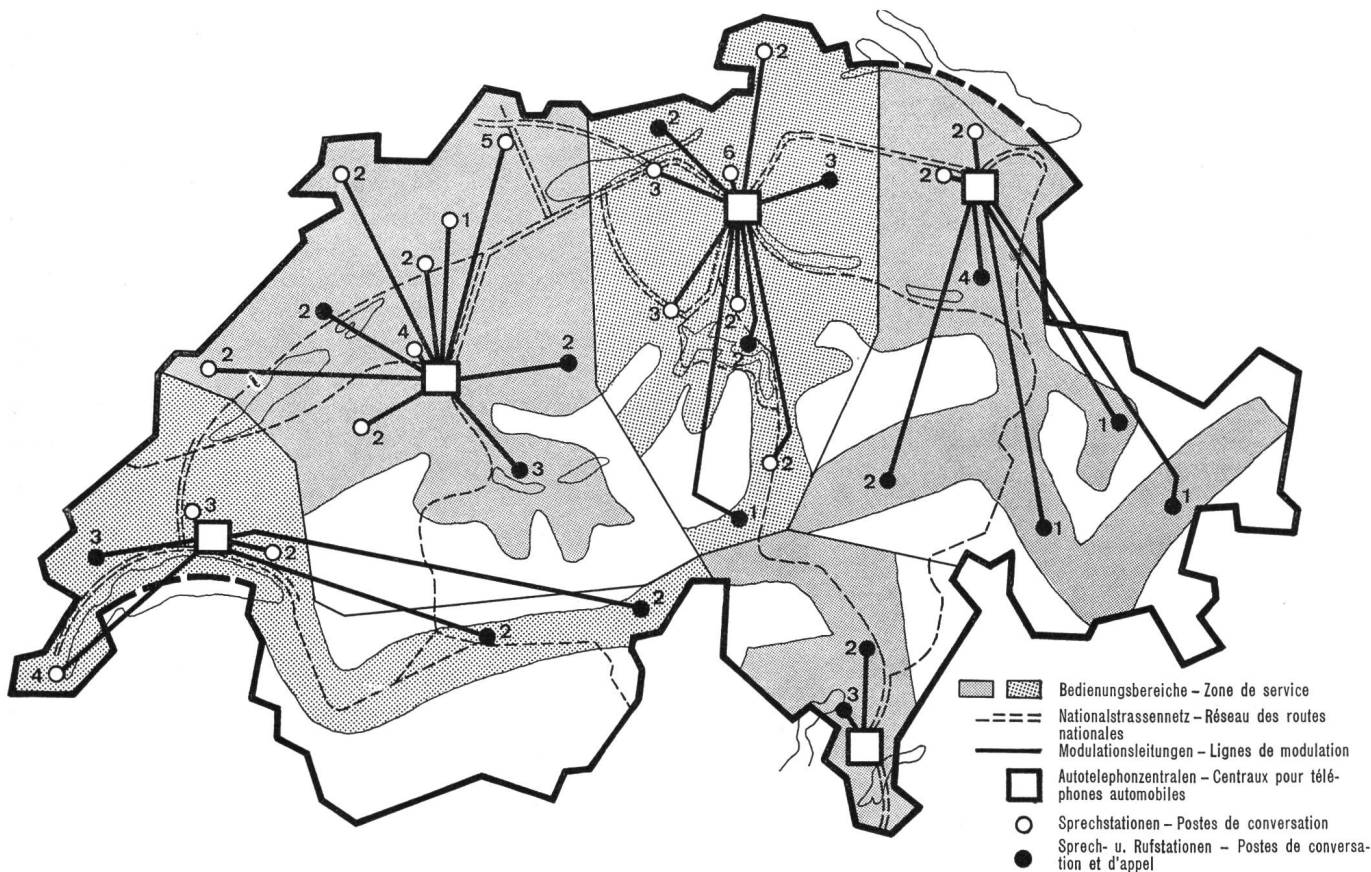


Fig. 10

Planstudie für den Aufbau eines nationalen Autotelephonnetzes. Die Figur zeigt den Netzgruppenplan. Jede der 5 Netzgruppen besitzt eine eigene Autotelephonzentrale mit den erforderlichen Hochfrequenz-Sende- und -Empfangsstationen

Etude d'un plan pour un réseau national de liaisons téléphoniques avec les automobiles. La figure représente le plan des groupes de réseaux. Chacun des 5 groupes de réseaux a un central de téléphone pour automobiles avec les postes haute fréquence nécessaires pour l'émission et la réception

$y \approx 3,5$ gefunden. Die Formel (14) liefert für diesen Wert $C_T \approx 360$ Teilnehmer.

10. Als Anwendungsbeispiel:

Planstudie für ein nationales Autotelephonnetz in der Schweiz

Zur Zeit befindet sich ein schweizerisches Autotelephonnetz für den Anschluss von etwa 5000 mobilen Teilnehmern im Studium. Jedem Teilnehmer sollen praktisch die gleichen Möglichkeiten geboten werden wie einem gewöhnlichen Abonnenten des Drahtnetzes. Durch die übliche Nummernwahl muss er mit diesen auch in Verbindung treten können.

In *Figur 10* ist der Entwurf des Netzgruppenplans dargestellt. Das Gelände der Schweiz ist in fünf 160-MHz-Funkbereiche, mit eigenen Vermittlungszentralen, eingeteilt. Sämtliche Verbindungen werden über die Zentrale geführt, in der sich das beteiligte Fahrzeug befindet. Zu diesem

Exemple: Admettons que dans une certaine ville on puisse attribuer au maximum 6 canaux à une installation de téléphones d'automobiles. On sait d'après des mesures de trafic que la durée moyenne des conversations est de 50 s et qu'un abonné occupe une liaison 0,7 fois en moyenne pendant les heures de pointes. Admettons encore que les abonnés acceptent de ne pas trouver de canal libre pendant 10% du temps à ce moment. Quel est dans ces conditions le nombre d'abonnés que l'on peut accepter si les postes mobiles ont un dispositif de branchement automatique sur un canal libre? D'après la figure 8, l'indice de trafic $y \approx 3,5$. On déduit de la formule (14) que l'installation a une capacité de 360 abonnés environ.

10. Exemple d'application à l'étude d'un réseau national suisse de radiotéléphones

On étudie actuellement la création d'un réseau suisse de radiotéléphones pour environ 5000 abonnés mobiles. Chaque abonné devrait pratiquement pouvoir jouir des mêmes possi-

Zweck verfügt jeder Bereich über ein Ruf- und ein Sprechfunknetz. Da der Rufbereich allgemein grösser ist als der Sprechbereich, sind für die Überdeckung des Geländes nicht alle Stationsstandorte mit Rufsendern ausgerüstet. Figur 10 gibt über die vorgesehene Verteilung Auskunft. Bei jedem Standort findet man ferner die benötigte Sprechfunk-Kanalarzahl aufgetragen. Die Sender auf den Höhenstandorten dienen zur Grundüberdeckung und verfügen nur über 1 oder 2 Kanäle, während die nicht weitreichenden Lokalsenderstationen an den Stellen grosser Wohndichte mit bis zu 6 Kanälen ausgerüstet sind. (Auf 1000 Einwohner ist etwa 1 Kanal vorgesehen.) Auf diese Weise lässt sich mit einem verhältnismässig kleinen Aufwand von nur 12 Kanälen erreichen, dass ein Teilnehmer im ganzen Land, auch während der Hauptverkehrszeit, mit 95%iger Sicherheit einen freien Kanal findet.

Bei genauerem Betrachten der Planstudie fällt auf, dass innerhalb der einzelnen Bereiche einige Kanäle mehrmals und zum Teil in Abständen von weniger als 60 km eingesetzt sind. Dies ist zulässig, weil die Standorte auf Grund von Feldstärkemessungen individuell den Geländebeziehungen angepasst sind.

Anhang

1. Die wichtigsten Symbole

α	= HF-Übertragungsdämpfung (dB)
d_s	= Sender-Nutzreichweite (km)
d_{NN}, d_{NG}	= Sender-Störreichweite (m, km)
D	= Abstand zwischen Gleichkanalsendern (km)
$\frac{V}{E_s}$	= mindesterforderlicher Empfängerklemmen-Spannungsmedianwert [dB (μV)]
$\frac{V}{\epsilon}$	= mindesterforderlicher Feldstärkemedianwert [dB ($\mu V/m$)]
$\frac{\Delta}{E_N}$	= höchstzulässiger Empfänger-Störspannungsmedianwert [dB (μV)]
$\frac{\Delta}{\epsilon_N}$	= höchstzulässiger Stör-Feldstärkemedianwert [dB ($\mu V/m$)]
$\Delta \bar{\epsilon}$	= Verhältnis zwischen zwei Feldstärkemedianwerten (dB)
k	= Umrechnungsfaktor «Feldstärke: Klemmenspannung» (dB)
p, q	= Frequenz-Vervielfachungszahlen
n	= Anzahl Sender eines Gleichkanalsenderrhombus
P_s	= Sendeleistung dB (W)
$P_{stör}$	= Wahrscheinlichkeit, dass das Nutzsignal gestört wird
$P(\Delta \bar{\epsilon})$	= Wahrscheinlichkeit, mit der $\Delta \bar{\epsilon}$ den Wert von 0 dB überschreitet, oder Wahrscheinlichkeit, mit der die Störfeldstärke die Empfängerstörschwelle überschreitet
$P(\epsilon)$	= Wahrscheinlichkeit, mit der die Feldstärke ϵ überschritten ist

bilités que les abonnés au réseau téléphonique public à liaisons par fils. Il devrait pouvoir entrer en contact avec ces derniers en formant un numéro de la manière habituelle au moyen d'un disque d'appel.

La figure 10 représente le projet du plan des groupes de réseaux. Le territoire suisse est divisé en cinq régions dont les émetteurs travaillent dans la bande de 160 MHz. Chacune de ces régions possède sa propre centrale de commutation. Toutes les liaisons passent par la centrale dans le rayon d'action de laquelle se trouve le véhicule intéressé. Pour cela, chaque région possède un réseau d'appel et un réseau de transmission vocale. Comme en général la portée de l'appel est plus grande que celle des communications vocales, il n'a pas été nécessaire pour couvrir tout le pays de prévoir des émetteurs d'appel dans chaque poste fixe d'émission. La figure 10 montre la répartition adoptée; on a également indiqué dans cette figure le nombre de canaux nécessaires pour la transmission de la parole. Les émetteurs situés sur les hauteurs servent pour la couverture de base et ne disposent que de 1 ou 2 canaux tandis que les postes d'émissions locaux à faible portée placés dans les régions à forte densité de population ont jusqu'à 6 canaux. (On a prévu environ un canal par 1000 habitants.) De cette manière, on arrive au résultat qu'avec 12 canaux, c'est-à-dire avec un nombre de canaux relativement faible, les abonnés de tout le pays auront 95 chances sur cent de trouver un canal libre pendant les heures de pointe.

Si l'on considère le projet de plus près, on remarque que dans certaines régions on retrouve les mêmes canaux à des distances inférieures à 60 km. Cela est acceptable, car les emplacements des stations en question ont été choisis individuellement en fonction des conditions topographiques et à la suite de mesures de champ appropriées.

Annexe

Abréviations principales

α	= Affaiblissement de transmission HF (dB)
d_s	= Portée utile d'un émetteur (km)
d_{NN}, d_{NG}	= Portée perturbatrice d'un émetteur (m, km)
D	= Distance entre émetteurs travaillant dans le même canal (km)
$\frac{V}{E_s}$	= Tension minimale médiane nécessaire aux bornes du récepteur dB (μV)
$\frac{V}{\epsilon}$	= Intensité minimale médiane du champ nécessaire dB ($\mu V/m$)
$\frac{\Delta}{E_N}$	= Tension perturbatrice maximale tolérable - valeur médiane dB (μV)
$\frac{\Delta}{\epsilon_N}$	= Champ perturbateur maximum tolérable - valeur médiane dB ($\mu V/m$)
$\Delta \bar{\epsilon}$	= Rapport entre deux valeurs médianes du champ (dB)
k	= Facteur de conversion pour passer du champ à la tension aux bornes (dB)

P_o = Wahrscheinlichkeit, mit der sich eine Funkstation in einem bestimmten Gebiet aufhält
 P_z = Wahrscheinlichkeit, mit der das Nutz- und das Störsignal gleichzeitig vorliegen
SD = Zweisignalselektivität (dB)
MD = Modulationsspektrumdämpfung (dB)
RD = Rauschspektrumdämpfung (dB)
ID = Intermodulationsdämpfung (dB)
ND = Nebenwellendämpfung (dB)
 σ = Standardabweichung (Streuung) (dB)
 f_o, f_N, f_{ZF} = Oszillator-, Nebenempfangs-, Zwischenfrequenz
 y, P_v = Verkehrswert (Erlang), Verlust (%)
 $\overline{\Delta T}, d$ = mittlere Belegungszeit und Belegungsdichte
 C_T, X = Anschlusskapazität (Teilnehmer), Anzahl Kanäle

p, q = Faktor de multiplication de fréquence
 n = Nombre d'émetteurs situés dans un losange d'émetteurs utilisant le même canal
 P_s = Puissance d'émission en dB (W)
 $P_{stör}$ = Probabilité qu'un signal utile soit perturbé
 $P(\Delta \varepsilon)$ = Probabilité avec laquelle $\Delta \varepsilon$ dépasse OdB ou probabilité avec laquelle le champ perturbateur dépasse le seuil de perturbation du récepteur
 $P(\varepsilon)$ = Probabilité que le champ ε soit dépassé
 P_o = Probabilité qu'un poste de radiotéléphone se trouve dans une certaine région
 P_z = Probabilité que le signal utile et le signal perturbateur existent simultanément
SD = Sélectivité mesurée par la méthode à 2 signaux (dB)
MD = Affaiblissement du spectre de modulation (dB)
RD = Affaiblissement du spectre de bruit (dB)
ID = Affaiblissement des produits d'intermodulation (dB)
ND = Affaiblissement sur les fréquences fantômes (dB)
 σ = Ecart type
 f_o, f_N, f_{ZF} = Fréquences d'oscillateur, de réception fantôme, intermédiaire
 y, P_v = Valeur de trafic, perte en %
 $\overline{\Delta T}, d$ = Valeur moyenne d'occupation et densité d'occupation
 C_T, X = Capacité de raccordement (abonnés) – Nombre de canaux

2. Bibliographie

- [1] E. Wey. Die Übertragungsqualität der Sprache bei Fahrzeugtelephonanlagen. Techn. Mitt. PTT. 1968, Nr. 10, S. 478...490.
[2] Unterlagen für UKW-Netzplanung. Sonderheft der Techn. Hausmitt. des Norddeutschen Rundfunks, 1952.