

**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:** 55 (1977)

**Heft:** 10

**Artikel:** Ein Planungskonzept für Richtfunkverbindungen der Fernseh- und Tonzubringerdienste = Conception de la planification des liaisons à faisceaux hertziens des services d'apport de la télévision et de la diffusion sonore

**Autor:** Wey, Emil

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-874153>

### **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>**

# Ein Planungskonzept für Richtfunkverbindungen der Fernseh- und Tonzubringerdienste

## Conception de la planification des liaisons à faisceaux hertziens des services d'apport de la télévision et de la diffusion sonore

Emil WEY, Bern

621.396.43.001.14(494):621.396.621.22.:621.396.67:654.191.001.14(494):654.195.21:654.197.21

*Zusammenfassung. Für die Projektierung von landesweiten Fernseh- und Tonzubringerdiensten ist eine systematische Planungsmethode erforderlich. Das behandelte Konzept stützt sich auf die Fernseh- und Telefonteilnehmerstatistiken sowie auf die Telefon- und Richtfunknetzpläne. Es gewährleistet eine einwandfreie Qualität, indem durchgehend mit Frequenzmodulation, einem Minimum an Modulationen und Demodulationen gearbeitet wird. Eine wirtschaftliche und frequenzökonomische Lösung wird durch doppelte Ausnützung der normalen Richtfunkkanäle erzielt. Die Planungsmethode wird anhand eines Entwurfsbeispiels für ein schweizerisches Zubringerrichtfunknetz mit 14 TV-, 7 UKW-Stereo- und 7 UKW-Monoprogrammen erläutert.*

*Résumé. L'établissement d'un projet de services nationaux d'apport de la télévision et de la diffusion sonore nécessite une méthode de planification systématique. La conception traitée se fonde sur les statistiques des téléspectateurs et des abonnés au téléphone ainsi que sur les plans des réseaux de téléphone et à faisceaux hertziens. L'emploi de la modulation de fréquence et d'un minimum de modulations et de démodulations garantit une qualité impeccable. Le double emploi des canaux à faisceaux hertziens ordinaires permet de réaliser une solution économique à tout point de vue. La méthode de planification est expliquée à l'aide d'un exemple de projet d'un réseau suisse d'apport à faisceaux hertziens comprenant 14 programmes de télévision, 7 programmes OUC en stéréophonie et 7 programmes OUC en monophonie.*

### **Un concetto di pianificazione per ponti radio per l'adduzione dei programmi radiofonici e televisivi**

*Riassunto. Per la progettazione, sul piano nazionale, di ponti radio per l'adduzione dei programmi radiofonici e televisivi, è necessario un metodo di pianificazione sistematico. Nel presente articolo, l'autore si basa sulle statistiche concernenti gli abbonati al telefono e alla televisione, come pure sui piani della rete telefonica e dei ponti radio. Il concetto offre una qualità ineccepibile, in quanto il sistema funziona conseguentemente con modulazione di frequenza, cioè con un minimo di modulazioni e demodolazioni. Con uno sfruttamento doppio dei canali normali dei ponti radio, si ottiene una soluzione economica delle frequenze. Il modo di pianificazione viene illustrato in base a un esempio di progettazione per una rete svizzera di ponti radio per l'adduzione di 14 programmi televisivi, 7 programmi stereofonici a OUC e 7 monoprogrammi a OUC.*

### **1 Einführung**

In den letzten Jahren hat sich die Zahl der Gemeinschaftsantennenanlagen ständig vergrößert. Die Ursache dieser Zunahme ist im weitverbreiteten Bedürfnis der Bevölkerung nach einer grösseren Programmauswahl zu suchen; besonders gefragt sind ausländische Programme. Leider sind die Empfangsverhältnisse vielerorts zu schlecht, um diese Programme in genügend guter Qualität direkt empfangen zu können. Deshalb wurde der Wunsch laut, solche Programme an einer geeigneteren Stelle aufzunehmen und mit Richtfunk den Kabelkopfstationen zuzuführen. Um dieses Problem befriedigend lösen zu können, ist eine landesweite Gesamtplanung durchzuführen [1].

Die vorliegende Arbeit beschreibt eine systematische Planungsmethode für eine derartige Gesamtplanung. Aufgrund dieser Methode wurde als Beispiel ein nationales Zubringer-Richtfunknetz für Fernseh- und Rundspruch-Gemeinschaftsantennen (GA) ausgearbeitet. Das Konzept stützt sich auf die Fernseh- und Telefon-Teilnehmerstatistiken sowie auf die Telefonorts- und Richtfunknetzpläne. Es lässt sich etappenweise ausbauen bis zu 14 TV-, 7 Stereo- und 7 Mono-Rundfunkprogrammen. Um eine einwandfreie Qualität gewährleisten zu können, wird im ganzen Zubringernetz mit Frequenzmodulation gearbeitet. Moduliert wird nur in den Einspeisepunkten des Richtfunknetzes, demoduliert in den GA-Kopfstationen. Auf den Relaisstationen geschieht die Durchschaltung in der Zwischenfrequenzebene. Da die Fernsehprogramme einheitlich in der TV-ZF-Ebene und die Rundspruchprogramme im UKW-Rundfunkbereich abgegeben werden, können be-

### **1 Introduction**

Au cours de ces dernières années, le nombre des installations d'antennes communes n'a cessé de croître, pour répondre aux vœux d'un large public qui désire un plus grand choix de programmes, surtout étrangers. Malheureusement, les conditions de réception locales sont souvent trop mauvaises et l'on souhaite de divers côtés que les programmes en question soient captés en des sites propices, puis transmis par faisceaux hertziens aux stations de tête des réseaux de télédistribution par câble. Pour réaliser cela convenablement, il faut un plan d'ensemble s'étendant à tout le pays [1].

La présente étude décrit une méthode de planification systématique applicable dans un tel cas. Elle a été mise en pratique pour élaborer, à titre d'exemple, un projet de réseau national d'apport de programmes par faisceaux hertziens. La méthode a recours aux statistiques des abonnés au téléphone et à la télévision, ainsi qu'aux plans des réseaux de faisceaux hertziens et de réseaux locaux de téléphone. Elle permet une extension par étapes de la capacité de transmission jusqu'à un maximum qui comprend 14 canaux de télévision, 7 canaux de son en monophonie et 7 canaux en stéréophonie. Pour obtenir une excellente qualité, toutes les liaisons du réseau hertzien de raccordement se font en modulation de fréquence. La modulation n'a lieu qu'aux points d'entrée du réseau de faisceaux hertziens et l'on ne démodule qu'aux stations de tête des réseaux de télédistribution. Dans les stations-relais, le transfert est réalisé au niveau de la fréquence intermédiaire. Comme les programmes de télévision sont tous fournis à

**Tabelle I. Subjektive Qualitätsbewertung nach der CCIR-Skala**

**Tableau I. Estimation subjective de la qualité d'après l'échelle recommandée par le CCIR**

Bild- und Tonqualität – Qualité de l'image et du son	Störung – Perturbation	Note – Note
Sehr gut – Très bon	Keine – Non perceptible	5
Gut – Bon	Wahrnehmbar, nicht störend – Perceptible, mais non gênante	4
Ziemlich gut – Assez bon	Leicht störend – Légèrement gênante	3
Unbefriedigend – Médiocre	Störend – Gênante	2
Schlecht – Mauvais	Stark störend – Très gênante	1

reits bestehende GA-Kopfstationsausrüstungen weiterverwendet werden.

Als Besonderheit werden je RF-Kanal zwei Fernsehprogramme samt den zugehörigen Tonkanälen übertragen, wodurch die Kosten tiefgehalten werden können. Aus wirtschaftlichen und frequenzökonomischen Gründen wird zudem auch für die gesamte Rundspruchübertragung nur ein einziger RF-Kanal verwendet (RF = Radio-Frequency).

**2 Allgemeine Forderungen**

Jeder GA-Anlage sollen im Endausbau bis zu 14 Fernseh- und 14 Rundspruchprogramme zugeführt werden können. Den Teilnehmern soll dabei eine Minimalgarantie für gute Bild- und Tonwiedergabe, entsprechend den technischen Grundforderungen PTT 810.52 und dem CCIR<sup>1</sup>-Report 293-3, gewährleistet werden (Note 4 nach Tab. I). Zur Gewinnung der gewünschten Qualität sind die Auslandprogramme an geeigneter Stelle in Nähe der Landesgrenze zu übernehmen. Zweckmässigerweise sind auch die landeseigenen Programme ins Richtfunknetz aufzunehmen, damit ihre Empfangsqualität an keinem Ort schlechter wird als die der ausländischen. Bei den Relaisstellen und Abzweigpunkten darf keine Modulation und Demodulation erfolgen. An den Kopfstationen sind die Programme als normale TV-ZF- und UKW-Rundfunksignale weiterzugeben.

Die GA-Kopfstationsstandorte sind für das ganze Land zum voraus festzulegen, aber erst zu bauen, wenn von der Benützerseite her ein Bedürfnis angemeldet wird. Beim Festlegen der Kopfstationsstandorte ist auf die Bevölkerungsdichte, die Bevölkerungsstruktur und die Topografie Rücksicht zu nehmen.

Der Materialaufwand sowie allfällige Geräteentwicklungen und Anpassänderungen sollen möglichst klein bleiben. Für das Basisnetz sind die bereits vorhandenen PTT-Richtstrahlstationsstandorte zu verwenden.

Für das Basisnetz ist ein Frequenzband zu benützen, das durch Niederschlag praktisch nicht beeinflusst wird. Für die Abzweigstrecken zu den GA-Kopfstationen soll ein Band oberhalb 10 GHz belegt werden. In beiden Bändern ist durch eine optimale Ausnützung für eine gute Frequenzökonomie zu sorgen.

la fréquence intermédiaire de télévision, et les programmes sonores dans le domaine de fréquences réservé à la radio-diffusion à ondes ultra-courtes, les équipements des stations de tête des antennes communes existantes restent utilisables.

Une particularité du système réside dans le fait que chaque canal à radiofréquence (canal RF) transmet deux programmes de télévision ainsi que les voies sonores correspondantes. Ce système est peu coûteux. Pour des raisons commerciales et d'économie des fréquences, on n'emploie qu'un seul canal RF pour transmettre tous les programmes de radio.

**2 Exigences générales**

Toutes les installations d'antennes communes doivent pouvoir recevoir, au terme de leur développement, un maximum de 14 programmes de télévision et autant de radio. On doit pouvoir garantir aux abonnés une bonne reproduction des images et du son, conformément aux exigences minimales de base figurant dans la publication 810.52 des PTT et dans le rapport 293-3 du CCIR (note 4 d'après le tab. I). Les programmes étrangers doivent être captés dans des sites propices près des frontières afin d'obtenir la qualité voulue. Les programmes nationaux doivent aussi être transmis par le réseau à faisceaux hertziens, pour que la qualité de leur réception ne soit nulle part inférieure à celle des programmes étrangers. Aucune modulation ou démodulation ne doit avoir lieu dans les relais ou aux points d'embranchement du réseau hertzien. Les programmes doivent être fournis aux stations de tête des réseaux de télédistribution sous la forme de signaux normaux à la fréquence intermédiaire de télévision et aux fréquences des programmes de radiodiffusion sonore en ondes ultra-courtes.

Il y a lieu de fixer à l'avance, pour tout le pays, les emplacements des stations de tête des réseaux de télédistribution, mais il suffit de les construire au fur et à mesure des besoins exprimés par le public. Lors du choix des emplacements des stations de tête, il faut tenir compte de la densité de la population, de sa structure et de la topographie locale.

L'ampleur du matériel nécessaire, les développements éventuels d'appareillages spéciaux ainsi que les modifications exigées par des adaptations doivent être réduits à un minimum. On doit utiliser pour le réseau de base les emplacements où existent déjà les stations du réseau de faisceaux hertziens des PTT.

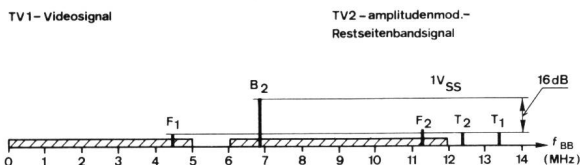
La bande de fréquences exploitées dans le réseau de base doit être pratiquement insensible aux précipitations atmosphériques. Pour les embranchements alimentant les stations de tête des réseaux de télédistribution, on travaillera dans une bande située au-dessus de 10 GHz. On s'efforcera d'économiser des fréquences en utilisant au mieux les deux bandes.

**3 Conception du système de transmission**

**31 Transmission des programmes TV**

Pour atteindre dans tout le réseau la qualité de transmission exigée au chapitre 2, il faut utiliser des appareillages répondant aux normes du CCIR pour les transmissions à

<sup>1</sup> Comité Consultatif International des Radiocommunications



**Fig. 1a**  
**Basisbandbelegung für die Fernsehprogramme TV1 und TV2 –**  
**Occupation de la bande de base pour les programmes de télé-**  
**vision TV1 et TV2**

TV1-Videosignal – TV1 signal vidéo  
 TV2-amplitudenmoduliertes Restseitenbandsignal – TV2 signal  
 dans la bande résiduelle modulée en amplitude  
 Farbhilfsträger – Porteuse auxiliaire couleur  $F_1$ : 4,433 MHz  
 Bildträger – Porteuse image  $B_2$ : 6,872 MHz  
 Farbhilfsträger – Porteuse auxiliaire couleur  $F_2$ : 11,305 MHz  
 Tonhilfsträger – Porteuse auxiliaire son  $T_2$ : 12,372 MHz  
 Tonhilfsträger – Porteuse auxiliaire son  $T_1$ : 13,473 MHz  
 $0,07 V_{ss} \rightarrow 0 \text{ dBm}_0$   
 (bei/à 7,5 MHz:  $0 \text{ dBm}_0 \rightarrow 400 \text{ kHz}_{ss} \text{ } 140 \text{ kHz}_{eff} \text{ Hub}$ )

### 3 Das Übertragungssystemkonzept

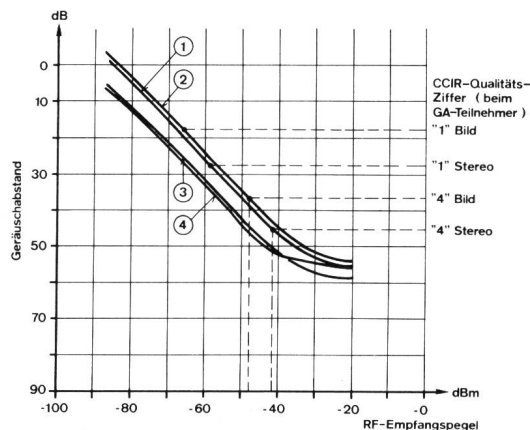
#### 31 Fernsehübertragung

Um die im Abschnitt 2 geforderten Übertragungsqualitäten im ganzen Netz zu erreichen, müssen hochwertige FM-Richtfunkgeräte nach den CCIR-Weitverkehrsnormen für 1800 Telefon-Kanäle verwendet werden. Der Preis dieser Geräte ist relativ hoch. Die Netzkosten lassen sich jedoch in einem tragbaren Rahmen halten, wenn je RF-Kanal zwei Fernsehprogramme mit den zugehörigen Tonkanälen übertragen werden. Zwangsläufig wird damit noch eine gute Frequenzökonomie erzielt.

Die für die Übertragung erforderliche Frequenz-Multiplexaufbereitung kann nach *Figur 1a* vorgenommen werden. Die Brauchbarkeit dieser Methode wurde untersucht und experimentell nachgewiesen [2]. Im Basisband wird das erste Fernsehprogramm als Videosignal übertragen, das zweite als amplitudenmoduliertes Restseitenbandsignal, entsprechend den CCIR-Normen B und G. Geräuschmässig ist das letztere benachteiligt. Deshalb ist ihm der grösstmögliche Pegel zuzuordnen. Der Videosignalpegel kann ihm gegenüber um 16 dB abgesenkt werden, um etwa den gleichen Geräuschabstand zu erreichen. Desgleichen ist es sinnvoll, die beiden Tonträger, die aus Filtergründen am oberen Basisbandende angeordnet sind, ebenfalls um 16 dB abzusenken. Durch diese Pegelreduktionen erreicht man, dass die Pegel der Intermodulationsprodukte vernachlässigbar klein bleiben (IM-Dämpfung > 60 dB). Die mit dieser Anordnung experimentell erzielten Geräuschverhältnisse sind in *Figur 2* dargestellt. Die Werte sind repräsentativ für 11-GHz-1800-Telefon-Kanal-Richtfunkgeräte mit 70-MHz-Basisbandausrüstungen unter Verwendung der 2700-Telefon-Kanal-Vorbetonung. Neben den Geräuschabständen sind in diesem Bild auch die Qualitätsziffern nach Tabelle I eingetragen. Die Qualität 4, die gemäss den Grundforderungen PTT 810.52 erforderlich ist, um mit dem Geräusch an der Wahrnehmbarkeitsgrenze zu bleiben, entspricht einem unbewerteten Videostörabstand von  $r_B = 33 \text{ dB}$  (HF-Störabstand  $r_H = r_B + 6,7 \text{ dB}$ ). In einem GA-Kabelverteilnetz ist mit einer Störabstandsverschlechterung von etwa 3 dB zu rechnen, in der GA-Kopfstation muss der Bildstörabstand demzufolge 36 dB betragen. Wie der *Figur 2* entnommen werden kann, erfüllt ein 11-GHz-Zubringer-Richtfunkempfänger diese Bedingung, wenn der RF-Empfangspegel  $-48 \text{ dBm}$  beträgt. Mit 2,5-GHz-Geräten

grande distance de 1800 canaux téléphoniques par faisceaux hertziens modulés en fréquence. Le prix de ces appareils est relativement élevé. Le coût du réseau peut cependant rester supportable si on transmet dans chaque canal RF deux programmes de télévision ainsi que tous les canaux sonores correspondants. Il en résulte automatiquement une utilisation économique du spectre des fréquences.

Le multiplexage en fréquence, nécessaire pour la transmission, peut être réalisé selon la *figure 1a*. La possibilité d'employer cette méthode a été examinée et l'expérience a prouvé sa valeur [2]. Le premier programme de télévision est transmis comme signal vidéo dans la bande de base tandis que le second l'est, selon les normes B et G du CCIR, comme bande latérale résiduelle modulée en amplitude. Ce second programme est désavantagé au point de vue du souffle, c'est pourquoi il faut lui attribuer le niveau le plus élevé possible. Le signal vidéo peut lui être inférieur de 16 dB pour un même rapport signal sur bruit à la sortie. De même, il est judicieux de réduire également de 16 dB les deux porteuses son qui sont placées dans la partie supérieure de la bande de base, pour des raisons de filtrage. Ces réductions font que le niveau des produits d'intermodulation sont négligeables (atténuation supérieure à 60 dB des produits d'intermodulation). La *figure 2* montre les rapports signal sur bruit obtenus expérimentalement avec ce dispositif. Les valeurs sont représentatives pour un appareillage de faisceaux hertziens à 11 GHz et 1800 canaux téléphoniques ayant une bande de base de 70 MHz et une préaccentuation normale pour 2700 canaux téléphoniques. Les reculs de bruit reportés dans cette figure sont



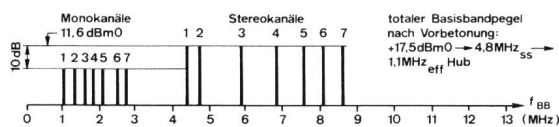
**Fig. 2**  
**Bild- und Tonsignalgeräuschabstände in Funktion des RF-**  
**Empfangspegels von einem typischen 11-GHz-Richtfunkgerät**  
**für 1800 Telefonkanäle – Recul de bruit pour les images et le**  
**son en fonction du niveau de réception à radiofréquence**  
**mesuré sur un équipement typique à 11 GHz pour 1800 canaux**  
**de téléphone**

Geräuschabstände – Reculs de bruit  
 Bild: Unbewerteter Videostörabstand – Image: Recul de bruit vidéo non pondéré  
 Ton: «Quasipeak», bewertet nach DIN 45405, 1000 Hz, 40 kHz Hub – Son: Recul mesuré de quasi-crête d'après la norme DIN 45405, 1000 Hz, excursion de fréquence 40 kHz  
 Geräuschabstand – Recul de bruit  
 CCIR-Qualitätsziffer «beim GA-Teilnehmer» – Indice de qualité selon le CCIR (chez l'abonné à la télédistribution)  
 Bild – Image  
 Stereo – Stéréo  
 RF-Empfangspegel – Niveau de réception HF  
 ① Stereo-K7 – Stéréo K7  
 ② TV2  
 ③ Ton zu TV1 – Son pour TV1  
 ④ Mono-K7 – Monophonie K7

wird, des besseren Rauschfaktors wegen, die gleiche Qualität bereits mit einem 3 dB kleineren Empfangspegel erzielt.

## 32 Rundspruchübertragung

Aus wirtschaftlichen und frequenzökonomischen Gründen müssen sämtliche Rundspruchsignale in einem einzigen RF-Kanal übertragen werden. Es ist unvermeidlich, dass dabei verhältnismässig starke Intermodulationskomponenten (IM-Komponenten) entstehen, die zu gegenseitigen Störungen Anlass geben können. Die Störungen lassen sich praktisch nur vermeiden, wenn die einzelnen Signale frequenzmässig umgesetzt und so angeordnet werden, dass die kritischen IM-Produkte 2. und 3. Ordnung immer in Kanallücken fallen. In *Figur 1b* ist eine derart intermod-freie Kanalanordnungsreihe für 7 Stereosignale dargestellt [3]. Mehr Signale lassen sich theoretisch im Basisband einer 1800-Telefon-Richtfunkverbindung nicht unterbringen. Durch Absenken der Mono-Signalpegel um 10 dB bezüglich des Stereosignals kann erreicht werden, dass sich zusätzlich 7 Monosignale genügend IM-frei übertragen lassen. Die Pegelreduktion bewirkt natürlich eine Verschlechterung der Monosignalqualität. Diese ist aber immer noch besser als die der Stereoübertragung. Der experimentelle Nachweis wurde mit Hilfe der bereits im Abschnitt 31 erwähnten Richtfunkanlage erbracht [4]. Die dabei erzielten Geräuschabstände sind in *Figur 2* in Funktion des RF-Empfangspegels eingetragen. Damit beim Teilnehmer die Tonqualitätsziffer 4 gemäss Grundforderung PTT 810.52 erreicht wird, muss der Mono- und Stereogeräuschabstand an der GA-Kopfstation  $\geq 46$  dB betragen, wenn wiederum mit 3 dB Reserve für die Kabelverteilanlagen gerechnet wird (Quasipeakmessung, bewertet nach DIN 45405, bei 1000 Hz gemessen, moduliert mit 40 kHz Hub). Dieser Wert wird bei der Stereoübertragung mit einem RF-Empfangspegel von  $-42$  dBm erreicht. Für die Monoübertragung genügen  $-48$  dBm. (Mit 2,5 GHz-Geräten sind gemäss Abschnitt 31 wiederum 3 dB kleinere Pegel erforderlich.) In der Kabelkopfstation kann das gesamte Basisband-Multiplexsignal unmittelbar in das normale UKW-Band 87,6...104 MHz umgesetzt werden. Es wird davon nur ein 7,5 MHz breites Teilband belegt. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, lokal je 2 weitere Mono- und Stereosignale IM-frei hinzuzufügen. Ferner erlaubt die Frequenzbandreserve in der Regel, die Umsetzung den lokalen



**Fig. 1b**  
Basisbandbelegung für die Rundfunkprogramme – Occupation de la bande de base pour les programmes de radiodiffusion

Monokanäle – Canaux monophonie

Stereokanäle – Canaux stéréophonie

Totaler Basisbandpegel nach Vorbetonung – Niveau total de la bande de base après préaccentuation:

+17,5 dBm0  $\rightarrow$  4,8 MHz<sub>ss</sub>  $\rightarrow$  1,1 MHz<sub>eff</sub> Hub

Monokanäle –

Canaux monophonie

1: 1,00 MHz

2: 1,30 MHz

3: 1,60 MHz

4: 1,85 MHz

5: 2,10 MHz

6: 2,45 MHz

7: 2,70 MHz

Stereokanäle –

Canaux stéréophonie

1: 4,35 MHz

2: 4,65 MHz

3: 5,85 MHz

4: 6,75 MHz

5: 7,50 MHz

6: 8,10 MHz

7: 8,55 MHz

complétés par les indices de qualité correspondants, selon le code du tableau I. La qualité 4, exigée dans la publication PTT 810.52 pour que le bruit reste au seuil de perception, correspond à un rapport signal vidéo sur bruit non pondéré de  $r_B = 33$  dB (recul de bruit  $HFr_H = r_B + 6,7$  dB). Il faut compter avec une détérioration d'environ 3 dB dans un réseau de télédistribution par câbles; cela signifie que le recul de bruit doit être de 36 dB à la station de tête. Comme le montre la figure 2, cette condition est remplie par un récepteur de faisceaux hertziens à 11 GHz lorsque le niveau RF atteint  $-48$  dBm. Avec les appareillages à 2,5 GHz, le facteur de bruit est meilleur et l'on obtient la même qualité avec 3 dB de moins.

## 32 Transmission des programmes radio

Pour des raisons économiques et pour ménager le spectre des fréquences, il faut transmettre tous les programmes de radio au moyen d'un seul canal RF. Il est impossible alors d'éviter la production de composantes d'intermodulation relativement fortes qui peuvent donner lieu à des perturbations réciproques. La seule solution pratique pour les éviter est de recourir à une conversion de fréquence des divers signaux telle que les produits d'intermodulation de second et de troisième ordre, qui sont critiques, tombent dans des intervalles de canaux. La *figure 1b* représente une distribution de fréquences de ce genre pour la transmission de 7 programmes stéréophoniques sans intermodulation [3]. On ne peut théoriquement pas placer davantage de programmes dans la bande de base d'une liaison par faisceaux hertziens à 1800 canaux téléphoniques. En réduisant de 10 dB le niveau des transmissions en monophonie par rapport au niveau du signal stéréophonique, on arrive à transmettre 7 signaux de plus en monophonie sans intermodulation excessive. Cette réduction du niveau se traduit naturellement par une altération de la qualité des signaux monophoniques. Elle reste cependant bonne et même meilleure que celle des transmissions stéréophoniques. La preuve expérimentale de cette affirmation a été faite au moyen de l'installation de faisceaux hertziens déjà mentionnée à l'article 31 [4]. Les reculs de bruit observés sont représentés dans la figure 2 en fonction du niveau de réception à radiofréquence. Pour atteindre la qualité 4, exigée dans la publication PTT 810.52, il faut que le seuil de bruit des réceptions monophoniques et stéréophoniques soit plus grand ou égal à 46 dB à la station de tête des réseaux de télédistribution par câbles, si l'on admet une réserve de 3 dB pour ces derniers (mesure de quasi-crête pondérée d'après la norme DIN 45405 à la fréquence de 1000 Hz, la modulation ayant lieu avec une excursion de fréquence de 40 kHz). On obtient cette valeur en transmission stéréophonique avec un niveau de réception de  $-42$  dBm à radio-fréquence. Pour les transmissions monophoniques un niveau de  $-48$  dBm suffit (avec les équipements à 2,5 GHz, ce niveau peut encore être réduit de 3 dB comme cela a été dit sous 31). Dans les stations de tête des réseaux de télédistribution, on peut convertir directement dans la bande OUC de 87,6...104 MHz tout le signal multiplexé transmis dans la bande de base. De cette façon, seule une portion de 7,5 MHz est occupée dans la bande, cela permet de transmettre localement, sans intermodulation, deux autres signaux en mono- et autant en stéréophonie. Par ailleurs, la réserve de fréquences disponibles permet d'adapter la transposition de fréquences du paquet

**Tabelle II. Richtwerte der hauptsächlichsten Planungs-Betriebsgrößen**

**Tableau II. Valeurs indicatives des principales données de planification**

Frequenzband – Bande de fréquences		2,5 GHz	11 oder/ou 12 GHz
Sendeleistung – Puissance d'émission		+37 dBm	+30 dBm*
Empfangsleistung – Puissance de réception		-30 dBm	-27 dBm
Schwundreserve für Stereorundfunk – Réserve d'affaiblissement pour transmissions de radio stéréophoniques	CCIR-Qualität 4 – Qualité 4 CCIR	15 dB	15 dB
Schwundreserve für TV – Réserve d'affaiblissement pour la télévision	CCIR-Qualität 1 – Qualité 1 CCIR	33 dB	33 dB
Sender- und Empfänger-Antennengewinn – Gain cumulé des antennes d'émission et de réception	CCIR-Qualität 4 – Qualité 4 CCIR	21 dB	21 dB
	CCIR-Qualität 1 – Qualité 1 CCIR	39 dB	39 dB
Zusatzdämpfung für RF-Leiter – Affaiblissement supplémentaire des feeders		71 dB	89 dB
Maximal zulässige Freiraumdämpfung – Affaiblissement maximal admissible dans l'espace libre		4 dB	4 dB
Erforderliche Störsignaldämpfung – Recul nécessaire des signaux perturbateurs	Gleichkanal – Dans le canal en service	134 dB	142 dB
	Nachbarkanal – Pour le canal voisin	≥ 60 dB	≥ 60 dB
		≥ 6 dB	≥ -10 dB

\* Vorteilhafter wären 37 dBm – 37 dBm seraient préférables

Empfangsverhältnissen derart anzupassen, dass das gesamte Signalpaket in eine günstige Frequenzlage zu liegen kommt. Dadurch können störende Interferenzen mit den starken Lokalsendern vermieden werden.

### 33 Richtwerte für die Verbindungsplanung

In der *Tabelle II* sind die wichtigsten Daten als Richtwerte für die Verbindungsplanung angegeben.

Die Sendeleistungsnorm wird heute bereits mit Halbleiterstufen erreicht. Durch eine Volltransistorisierung ist eine hohe Betriebszuverlässigkeit anzustreben.

Die Nennwerte der Empfangsleistungen sind möglichst tief gelegt, jedoch so, dass noch genügend Schwundreserve vorhanden ist und das Geräusch bei 8 hintereinandergeschalteten Richtfunkstrecken nicht zu gross wird (Grundgeräuscherhöhung  $10 \cdot \lg 8 = 9$  dB. Die Schwundreserven werden durch diesen Geräuschanstieg höchstens um 1 dB reduziert).

Die angegebenen Antennengewinne werden mit Parabolantennen von  $\varnothing 3$  m bei 2,5 beziehungsweise  $\varnothing 1,8$  m bei 11 oder 12 GHz erzielt.

Die als maximal zulässig bezeichneten Freiraumdämpfungen entsprechen Streckenlängen von 50 km bei 2,5 GHz und 25 km bei 11 oder 12 GHz. Für längere Strecken kann mit grösseren Antennen oder Sendeleistungen gearbeitet werden.

Die Beeinflussung der Übertragungsqualität und -sicherheit durch den Feldstärkeschwund kann aufgrund von *Figur 3* beurteilt werden. Hinsichtlich Tiefschwund, der zu Verbindungsausfällen (Qualitätsziffer = 1) führt, sind allein die Richtfunkstrecken über 10 GHz massgebend, weil sie neben dem Mehrwegausbreitungsschwund in den gewitterreichen Sommermonaten viel länger dauernde Schwundeinbrüche durch Niederschlag aufweisen (auf den 2,5-GHz-Strecken entstehen tiefe Fadings nur durch Mehrwegausbreitungsschwund). Auf einer 50 km langen 11- oder 12-GHz-Strecke muss während eines Sommermonats mit 15 Minuten Totalausfall gerechnet werden (Unterschreitungswahrscheinlichkeit der 35-dB-Tiefschwundschwelle =  $3 \cdot 10^{-4}$ ). Für den Netzvorschlag in Abschnitt 4

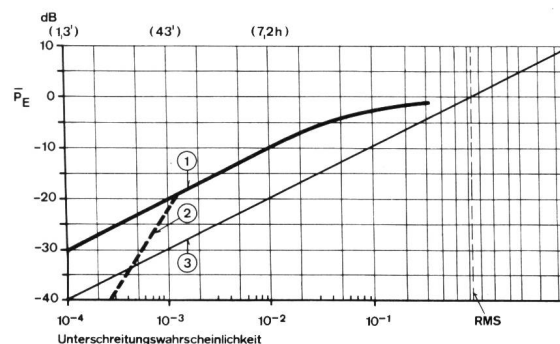
de signaux aux conditions de réception locales de manière à éviter les interférences dues aux émetteurs voisins puissants.

### 33 Valeurs indicatives pour la planification des liaisons

Le *tableau II* contient des valeurs indicatives des principales données à considérer pour la planification des liaisons.

Actuellement déjà, la puissance d'émission prévue par les normes peut être atteinte avec des étages de sortie à semi-conducteurs; on a avantage à utiliser des équipements entièrement transistorisés afin qu'une grande fiabilité soit obtenue.

Les valeurs nominales des puissances de réception sont fixées au plus bas niveau compatible avec une réserve suffisante en cas d'évanouissements et pour que le bruit de 8 faisceaux hertziens fonctionnant en série ne soit pas excessif (accroissement du bruit de fond  $10 \cdot \lg 8 = 9$  dB; la



**Fig. 3**  
**Statistische Verteilung des Empfangspegels auf einer 50 km langen Richtfunkverbindung im ungünstigsten Monat – Répartition statistique du niveau de récepteur pour une liaison de 50 km par faisceau hertzien au cours du mois le plus défavorable**

- ① Mehrwegausbreitung – Affaiblissement dû aux trajets multiples
- ② Niederschlagsdämpfung – Affaiblissement dû aux précipitations
- ③ Rayleighverteilung – Distribution de Rayleigh

Unterschreitungswahrscheinlichkeit – Probabilité que le niveau soit inférieur à celui indiqué en ordonnées  
RMS Effektivwert der Leistung – Valeur efficace de la puissance

entspricht dieser Wert praktisch dem ungünstigsten Fall. Für andere Streckenlängen  $d_i/\text{km}$  beträgt die Unterschreitungswahrscheinlichkeit derselben Schwelle

$$W_{35} \approx 3 \cdot 10^{-4} \cdot d_i/50$$

Als Vergleich sei erwähnt, dass die Ausfallwahrscheinlichkeit einer Verbindung aus 8 Richtstrahlstrecken infolge von Bedienungsfehlern und Gerätemängeln etwa  $5 \cdot 10^{-4}$  beträgt. Dieser angegebene Wert wird allerdings nur erreicht, wenn gutes Material eingesetzt und der Unterhalt prompt und zuverlässig ausgeführt wird (Reservematerial erforderlich). Die Verfügbarkeit ist demgemäss in der Regel besser als 99,9 %. In diesem Fall erübrigen sich Geräteredundanz und Ausbreitungsdiversity.

Die in der Tabelle II angegebenen Schwundreserven bezüglich der geforderten Übertragungsqualität werden auf einer 50 km langen Teilstrecke während des ungünstigsten Monats mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa  $10^{-3}$  ausgenutzt. Diese Angabe gilt sowohl für 2,5 GHz als auch für 11 oder 12 GHz. Aufgrund der bisherigen Ausbreitungsuntersuchungen darf angenommen werden, dass der Schwund auf den verschiedenen Teilstrecken einer Verbindung unkorreliert ist. Für die Beurteilung einer Verbindung sind deshalb die Qualitätsunterschreitungswahrscheinlichkeiten der einzelnen Teilstrecken zu addieren. Wenn die Streckenlängen  $d_i/\text{km}$  betragen, gilt für den ungünstigsten Monat

$$W_{\text{verb}} \approx 10^{-3} \cdot \sum_i \left( \frac{d_i}{50} \right)^3$$

Gemäss Figur 7 besteht die längste Verbindung des Projektbeispiels aus sieben 2,5-GHz- und einer 11- oder 12-GHz-Teilstrecken. Sie führt von der Westschweiz in die Ostschweiz. Die Formel liefert  $W_{\text{verb}} \approx 1 \%$ . Dazu ist zu erwähnen, dass der Schwund auf wenige Tage des Monats konzentriert ist.

## 4 Netzkonzept

### 41 Struktureller Aufbau

Für die geografischen Gegebenheiten der Schweiz ist ein geeignetes Netzkonzept in *Figur 4* schematisch dargestellt. Ein Verbindungskreuz zwischen West-Ost und Nord-Süd bildet das eigentliche Basisnetz. An den vier Enden liegen die Programmeinspeisepunkte. Jeder ist über 2 RF-Verbindungen via Kreuzungspunkt mit den drei andern verbunden. Demzufolge laufen in jedem Ast 2 Verbindungen netzeinwärts und 6 Verbindungen netzauswärts. Das Basisnetz wird von Richtstrahlstation zu Richtstrahlstation geführt, wobei die Durchschaltung in der 70-MHz-ZF-Ebene erfolgt. Die Richtstrahlstationen dienen gleichzeitig als Abzweigpunkte für die sternförmigen Verzweignetze nach den GA-Kopfstationen. Die Auskopplung aus dem Basisnetz erfolgt ebenfalls in der 70-MHz-ZF-Ebene. Moduliert wird nur in den 4 Einspeisepunkten, demoduliert in den GA-Kopfstationen. Es wird dabei sowohl für die Bild- wie die Tonmultiplexsignale ausschliesslich mit Frequenzmodulation gearbeitet.

Die Basisnetzverbindungen können im noch nicht verwendeten 2,5-GHz-Band nach dem CCIR-Frequenz-Raster-

réserve pour les évanouissements est réduite au maximum de 1 dB par ce bruit supplémentaire).

Les gains d'antenne indiqués sont atteints avec des paraboles qui ont respectivement un diamètre de 3 m pour les transmissions à 2,5 GHz et de 1,8 m pour celles à 11 ou 12 GHz.

Les atténuations maximales dans l'espace libre correspondent à des tronçons de 50 km à 2,5 GHz et de 25 km à 11 ou 12 GHz. Pour dépasser ces distances, on peut utiliser de plus grandes antennes ainsi que des puissances d'émission supérieures.

La *figure 3* permet d'apprécier l'influence des évanouissements sur la qualité et sur la sécurité des transmissions. Seuls les tronçons à plus de 10 GHz déterminent les évanouissements profonds susceptibles d'entraîner une rupture de liaison (indice de qualité = 1). En effet, il se produit sur ces tronçons, pendant les mois d'été, où les orages sont nombreux, des affaiblissements dus aux précipitations beaucoup plus prononcés que ceux dus aux trajets multiples. On sait que sur les tronçons à 2,5 GHz les fadings profonds proviennent toujours d'une propagation par trajets multiples. Sur un tronçon de 50 km à 11 ou 12 GHz, il y a lieu de compter pendant un mois d'été avec quelque 15 minutes d'interruption totale de la liaison (probabilité de dépassement du seuil de fading de 35 dB =  $3 \cdot 10^{-4}$ ). Cette valeur correspondrait pratiquement au cas le plus défavorable qui pourrait se présenter dans le réseau décrit au chapitre 4. Avec des tronçons de longueur  $d_i/\text{km}$ , la probabilité d'un fading dû aux précipitations dépassant cette limite vaut environ

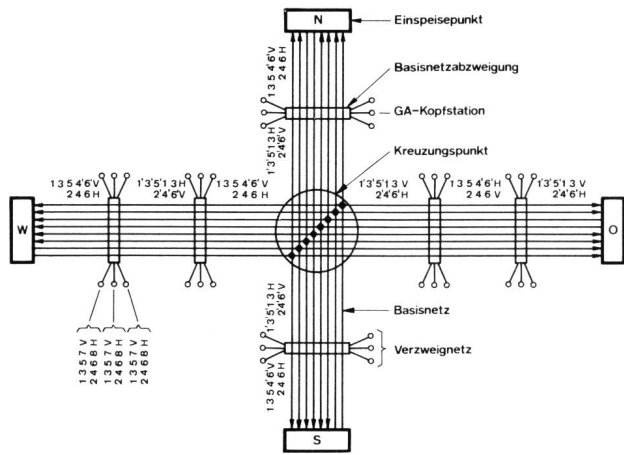
$$W_{35} \approx 3 \cdot 10^{-4} \cdot d_i/50$$

On peut signaler, à titre de comparaison, que la probabilité de rupture d'une liaison composée de 8 tronçons à faisceaux hertziens en série est de  $5 \cdot 10^{-4}$ , rien que pour les pannes d'appareils et les fautes de manipulation. Le taux est valable pour un équipement de bonne qualité, à condition que l'entretien soit fait sérieusement et sans perte de temps (matériel de réserve disponible). Ainsi, la liaison fonctionne normalement pendant plus de 99,9 % du temps. On peut, dans ce cas, se passer de recourir à une redondance des équipements et au système de diversité pour assurer la constance de la transmission.

Les valeurs données dans le tableau II à propos des réserves pour les évanouissements se réfèrent à l'indice de qualité 4, exigé pour les transmissions. Ces réserves devraient être mises à contribution avec une probabilité de  $10^{-3}$  sur un tronçon de 50 km pendant le mois le plus défavorable de l'année. Cela vaut tant pour les liaisons à 2,5 que pour celles à 11 ou 12 GHz. Selon les études de propagation réalisées jusqu'à maintenant, on peut admettre qu'il n'existe aucune corrélation entre les évanouissements affectant les divers tronçons d'une liaison. Il faut donc additionner les probabilités de dépassement de la limite de dégradation tolérable de la qualité de ces tronçons pris individuellement. Dans les cas de liaisons composées de tronçons de  $d_i/\text{km}$ , sur lesquels les affaiblissements par trajets multiples prédominent, la probabilité de rupture atteint

$$W_{\text{verb}} \approx 10^{-3} \cdot \sum_i \left( \frac{d_i}{50} \right)^3$$

pour le mois le plus défavorable.

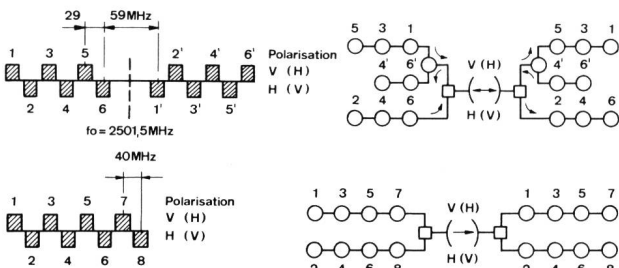


**Fig. 4**  
**Netzstruktur mit eingetragenen RF-Kanalnummern und Antennenpolarisationen (über jeden der 8 RF-Kanäle können 2 TV-Programme mit den zugehörigen Tonkanälen oder 7 Stereo- und 7 Monorundfunkprogramme übertragen werden) – Structure de réseau avec numérotation des canaux RF et indication de la polarisation des antennes (chacun des 8 canaux RF permet de transmettre 2 programmes TV avec le son correspondant ou 7 programmes son en stéréophonie et 7 programmes en monophonie)**

Einspeisepunkt – Point d'entrée  
 Basisnetzabzweigung – Embranchement du réseau de base  
 GA-Kopfstation – Station de tête de réseau de télédistribution par câble  
 Kreuzungspunkt – Point de croisement  
 Basisnetz – Réseau de base  
 Verweigernetz – Réseau de répartition

plan von *Figur 5a* ausgeführt werden. Wie üblich sind die Sender und Empfänger von Station zu Station abwechselungsweise im Unter- und Oberband anzuordnen [5]. Die Nachbarkanäle arbeiten zur besseren Entkopplung mit gekreuzten Polarisationen. Aus demselben Grund wird die Polarisation auch innerhalb einer Verbindung von Station zu Station gewechselt. Das 2,5-GHz-Band lässt sich auch für Abzweigstrecken des Basisnetzes verwenden, wenn der Rasterplan entsprechend modifiziert wird.

Im Verweigernetz sind die Verbindungen alle einseitig gerichtet. Die Anordnung kann in einem Band oberhalb 10 GHz nach dem CCIR-Frequenzrasterplan *Figur 5b* erfolgen. Damit die Gleichkanal-, Nachbar kanal- und IM-Störprodukte zur Vermeidung unzulässiger Störungen klein genug gehalten werden können, sind die zweckmässigen RF-Multiplexschaltungen ebenfalls in den Figuren angegeben.



**Fig. 5a**  
**2,5-GHz-Frequenzrasterplan für das GA-Zubringerbasisnetz – Gitter des plan des fréquences dans la bande de 2,5 GHz pour le réseau de base du service d'apport de programmes**

**Fig. 5b**  
**11- oder 12-GHz-Frequenzrasterplan für das GA-Verweigernetz zwischen dem Basisnetz und den GA-Kopfstationen – Gitter du réseau à 11 ou à 12 GHz pour les fréquences des liaisons entre réseau de base et tête de réseaux de télédistribution par câble**

D'après la figure 7, la plus longue liaison de l'exemple de projet est faite de 7 tronçons à 2,5 GHz et d'un tronçon à 11 ou 12 GHz; elle va de la Suisse romande à la Suisse orientale. D'après la formule ci-dessus, sa probabilité de rupture est de  $W_{verb} \approx 1\%$ . Il faut encore mentionner que le fading est concentré sur quelques jours du mois.

#### 4 Conception du réseau

##### 41 Structure

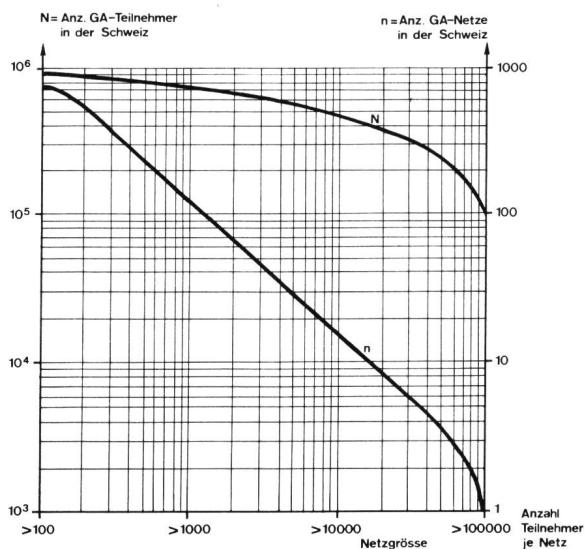
La *figure 4* représente schématiquement un modèle de réseau adapté aux données géographiques suisses. Une croix de liaisons est-ouest et nord-sud forme le réseau de base proprement dit. Les points d'entrée des programmes se trouvent aux quatre extrémités. Chacun d'eux est relié aux trois autres par deux liaisons à radiofréquence passant par le centre de la croix. Il y a donc dans chaque branche deux liaisons dirigées vers l'intérieur du réseau et six liaisons dirigées vers sa périphérie. Le réseau de base passe d'une station de faisceaux hertziens à l'autre avec transfert sur la fréquence intermédiaire de 70 MHz. Les stations de faisceaux hertziens servent aussi de point de branchement pour les réseaux de distribution en étoile alimentant les stations de tête des réseaux de télédistribution. Les signaux sortent également du réseau de base à la fréquence intermédiaire de 70 MHz. La modulation n'a lieu qu'aux quatre points d'entrée et la démodulation dans les stations de tête des réseaux de télédistribution. Les signaux de télévision, comme ceux de radiodiffusion sonore multiplexés, sont transmis exclusivement en modulation de fréquence.

Les liaisons du réseau de base peuvent être effectuées dans la partie encore inutilisée des 2,5 GHz, d'après la grille de distribution de fréquences du CCIR représentée à la *figure 5a*. Les émetteurs et les récepteurs doivent travailler alternativement dans la bande supérieure et dans la bande inférieure d'une station à l'autre [5]. Afin d'améliorer le découplage entre canaux voisins, on utilise des polarisations orthogonales. On alterne, pour la même raison, la polarisation d'un tronçon à l'autre d'une liaison. On peut aussi employer la bande des 2,5 GHz pour les embranchements à partir du réseau de base en modifiant en conséquence la grille des fréquences.

Toutes les liaisons du réseau des embranchements sont à sens unique. Elles peuvent être disposées dans une bande située au-dessus de 10 GHz conformément à la grille de fréquences du CCIR représentée par la *figure 5b*. On a aussi indiqué dans les figures 5a et b les combinaisons appropriées de multiplexage à radiofréquence permettant d'éviter les perturbations provenant du même canal, de canaux adjacents et d'intermodulations.

##### 42 Conception réelle du réseau

Pour élaborer un réseau de faisceaux hertziens destinés à alimenter les réseaux de télédistribution, on dispose de trois sources de renseignements principales: les statistiques des réseaux locaux du téléphone, la répartition des abonnés à la télévision et le plan du réseau des faisceaux hertziens. Les plans des réseaux téléphoniques locaux, établis en tenant compte d'un tracé approprié des câbles et de la structure de la population, sont particulièrement précieux pour le choix de l'emplacement des stations de



**Fig. 6**  
**Beziehung zwischen der gegenwärtig in der Schweiz zu erwartenden Anzahl GA-Teilnehmer und den GA-Netzen in Funktion der gewählten Netzgröße (bestimmt aufgrund der Ortstelefonnetzstruktur unter Annahme, dass in den GA-versorgten Gebieten etwa 60 % der Fernseh abonnierten Teilnehmer werden) – Relation entre le nombre des abonnés et des réseaux de télédistribution par câble que l'on peut actuellement prévoir en Suisse en fonction de la grandeur admise pour les réseaux (estimation reposant sur la structure des réseaux téléphoniques locaux en admettant que 60 % des abonnés à la télévision seront des abonnés à la télédistribution)**

N Anzahl GA-Teilnehmer in der Schweiz – Nombre des abonnés à la télédistribution en Suisse

n Anzahl GA-Netze in der Schweiz – Nombre des réseaux de télédistribution en Suisse

Anzahl Teilnehmer je Netz – Nombre d'abonnés par réseau

## 42 Reale Netzgestaltung

Zum Entwerfen eines nationalen GA-Zubringer-Richtfunknetzes stehen vor allem drei Unterlagenquellen zur Verfügung: die Statistiken des Telefonortsnetzes, die Teilnehmerverteilung der Fernseh abonnierten und die Richtfunknetzpläne. Da bei der Telefon-Ortsnetzplanung auf die zweckmässige Kabelführung und auf die Bevölkerungsstruktur Rücksicht genommen worden ist, eignet sie sich besonders gut zum Festlegen der GA-Kopfstationsstandorte. Diese werden vorteilhafterweise in die nähere Umgebung der Telefonortszentralen gelegt, weil sich diese im Zentrum ihrer Versorgungsbereiche befinden. Von den GA-Kopfstationen aus ist Sicht zu einem Abzweigpunkt des Basisnetzes erforderlich. Aus dem «Statistischen Jahrbuch der PTT, 1975» ersieht man, dass etwa 35 % der Bevölkerung einen Telefon- und 25 % einen Fernsehanschluss besitzen. Aus Erfahrung kann im weitern angenommen werden, dass in den GA-versorgten Gebieten mindestens 60 % der TV-Abonnenten Teilnehmer der GA-Netze werden.

In *Figur 6* ist aufgrund dieser Voraussetzungen die Beziehung der gegenwärtig in der Schweiz zu erwartenden Anzahl GA-Teilnehmer und GA-Netze in Funktion der Netzgröße dargestellt. Aus dieser Darstellung geht hervor, dass mit einigen wenigen grossen Stadtnetzen ein grosser Teil der schweizerischen Bevölkerung mit einem Gemeinschaftsantennennetz versorgt werden könnte. Wenn man auch die ländlichen Gegenden mit kleiner Bevölkerungsdichte versorgen will, erfordert dies den Bau vieler kleiner unwirtschaftlicher GA-Netze.

tête des réseaux de télédistribution. Il y a avantage à les installer près des centraux téléphoniques, car ceux-ci sont placés au centre de gravité de la région qu'ils desservent. Il faut, d'autre part, que les stations de tête des réseaux de télédistribution soient en visibilité directe avec un point de branchement au réseau de base. D'après l'annuaire statistique des PTT de 1975, 35 % de la population possèdent le téléphone et 25 % la télévision. Selon l'expérience acquise jusqu'à maintenant, on peut encore admettre que, dans les régions où existent des réseaux de télédistribution, 60 % au moins des abonnés à la télévision s'y raccorderont.

En partant de cette hypothèse, la *figure 6* représente le nombre probable des futurs abonnés à la télédistribution, ainsi que celui des réseaux de celle-ci, classés d'après leurs dimensions. Il ressort de ce graphique qu'une forte proportion de la population suisse pourrait être desservie par quelques grands réseaux urbains. Pour couvrir aussi les régions rurales à faible densité de population, on doit avoir recours à de petits et nombreux réseaux de télédistribution non rentables.

A titre d'exemple, la *figure 7* montre le plan d'un réseau national d'apport de programmes établi sur cette base. Les emplacements des stations de tête des réseaux de télédistribution sont ceux des centraux téléphoniques locaux qui ont plus de 5000 abonnés, ce qui correspond à quelque 2000 raccordements potentiels à la télédistribution. Naturellement, une station de tête peut alimenter plusieurs réseaux de télédistribution à l'instar d'un réseau téléphonique local avec un central nodal et des centraux terminaux. Il faudrait encore déterminer avec précision l'emplacement des antennes de réception avant de réaliser un réseau. Les conditions de visibilité entre les stations de tête et les points d'accès au réseau de base ont fait l'objet d'un examen pré-



**Fig. 7**  
**Beispiel für den Entwurf eines nationalen GA-Zubringer-Richtfunknetzes – Exemple de projet d'un réseau national d'apport de programmes par faisceaux hertziens aux réseaux de télédistribution par câble**

- GA-Kopfstationen mit wenigstens 2000 Teilnehmern – Station de tête de réseaux de télédistribution ayant au moins 2000 abonnés
- Richtstrahleinspeisepunkte – Points d'entrée des programmes dans le réseau d'apport
- Richtstrahlrelaisstationen – Stations de relais de faisceaux hertziens
- 2,5-GHz-Basisabzweigstrecken – Embranchements à 2,5 GHz partant du réseau de base
- 2,5-GHz-Basisnetz – Réseau de base à 2,5 GHz
- 11- oder 12-GHz-Verzweignetze – Réseaux de répartition à 11 ou 12 GHz

Figur 7 zeigt als Erläuterungsbeispiel einen Plan für ein nationales GA-Zubringernetz, der nach diesen Grundsätzen ausgearbeitet worden ist. Als GA-Kopfstationsstandorte wurden die Telefonortszentralen gewählt, die mehr als 5000 Teilnehmer aufweisen, was einer potentiellen GA-Teilnehmerzahl von ungefähr 2000 entspricht. An eine Kopfstation können natürlich mehrere Kabelverteilstellen angeschlossen werden, ähnlich einem Telefonortnetz mit mehreren Zentralen. Der genaue Standort der Empfangsantennen wäre vor der Verwirklichung eines Netzes noch zu bestimmen. Die Sichtverhältnisse zwischen den angegebenen Kopfstationen und den Basisnetz-Abzweigpunkten sind aufgrund einer vorhandenen digitalen Koordinatenbank der Landestopografie mit Hilfe eines Computerprogrammes vorabgeklärt worden [6]. Falls mehrere Kopfstationen innerhalb eines Zubringer-Richtstrahlsektors von  $\pm 1^\circ$  liegen, wird senderseitig nur eine Antenne benötigt. Auf Strecken, die kürzer sind als die Planungsnorm, sind weitere Materialersparnisse möglich, wenn zwei oder mehr Antennen vom gleichen Sender gespeist werden.

In Figur 7 ist auch eine Streckenführung für das Verbindungskreuz des Basisnetzes mit den 4 Programm-Einspeisepunkten angegeben. Bei den 4 Einspeisepunkten könnten beispielsweise je 4 TV- oder 14 Rundspruch- und 2 TV-Programme auf die beiden verfügbaren RF-Kanäle gegeben werden.

Die Rundspruchprogramme können an den gemeinsamen Einspeisepunkt über das normale Richtfunk- oder Kabelnetz zugeführt werden. Alle Einspeisesignale, sowohl Fernseh- wie Rundfunkprogramme, müssen die CCIR-Qualität 5 aufweisen.

## 5 Kosten

Um sich eine Vorstellung über die erforderlichen Investitionen und jährlichen Gebührenanteile machen zu können, wurde eine grobe Kostenschätzung durchgeführt. Als Grundlage dienten die gleichen Annahmen wie für Figur 6 unter Voraussetzung eines Netzausbaues auf 8 RF-Kanäle. Die Investitionen wurden mit den üblichen Preisen für gute Richtfunkgeräte – vornehmlich schweizerischer Herkunft – ermittelt.

Die Kostenschätzung zeigte, dass die wirtschaftlichste Netzgestaltung erzielt würde, wenn man den Ausbau auf die 10 grössten Netze mit mehr als 16 000 GA-Teilnehmern beschränken würde. Es hätten dann etwa 45 % der schweizerischen Bevölkerung die Möglichkeit, Teilnehmer zu werden.

Der im Abschnitt 4 vorgeschlagene Netzausbau, basierend auf 65 GA-Kopfstationen mit  $\geq 2000$  Teilnehmern je GA-Netz, erforderte vielmals höhere Investitionen, wobei sich die Anschlussmöglichkeit auf etwa 75 % der Bevölkerung vergrösserte. Die zur Kostendeckung nötigen Gebühren würden selbst in diesem Falle gegenüber den üblichen GA-Abonnementsbeiträgen verhältnismässig klein bleiben.

Aus dieser Betrachtung lässt sich der Schluss ziehen, dass eine wirtschaftliche und soziale Realisierung nationaler Zubringer-Richtfunknetze für Fernseh- und Tonzubringerdienste möglich ist, wenn von Anfang an die Kosten auf eine genügend grosse Teilnehmerzahl verteilt werden können.

liminaire par traitement des informations numériques réunies dans la banque des coordonnées du service topographique fédéral [6]. Une seule antenne d'émission suffit, lorsque plusieurs stations de tête sont situées dans un secteur de  $\pm 1^\circ$  d'un même faisceau hertzien. Des économies de matériel sont encore possibles, lorsque les tronçons ont une longueur inférieure à la normale et que deux antennes ou plus peuvent être alimentées par le même émetteur.

La figure 7 contient aussi un tracé possible de la croix de liaison du réseau de base avec les quatre points où sont injectés les programmes. On pourrait, par exemple, introduire en chacun de ces quatre points quatre programmes de télévision ou 14 programmes de radiodiffusion sonore sur les deux canaux RF disponibles.

L'amenée des programmes de radiodiffusion aux points d'entrée communs peut se faire par le réseau normal de faisceaux hertziens ou par des câbles téléphoniques. Tous les signaux entrants de télévision et de radiodiffusion doivent avoir un indice de qualité de 5, selon l'échelle du CCIR.

## 5 Coûts

Une évaluation grossière des investissements nécessaires et des taxes annuelles à exiger des abonnés a été faite en se servant des mêmes hypothèses que pour la figure 6 et en admettant un réseau équipé de 8 canaux à radiofréquence. Les prix normaux à payer pour de bons équipements de faisceaux hertziens, de préférence fabriqués en Suisse, ont servi au calcul des investissements.

L'estimation des frais a montré que la disposition la meilleure au point de vue économique consisterait à limiter le développement aux grands réseaux de télédistribution desservant plus de 16000 abonnés. Ils toucheraient environ 45 % de la population suisse.

Le développement du réseau proposé au chapitre 4 se base sur la mise en service de 65 stations de tête de réseaux desservant au moins 2000 abonnés chacun. Il exigerait un investissement 4 fois plus élevé que dans le cas précédent et atteindrait 75 % de la population. Malgré cela, les taxes d'abonnement nécessaires pour couvrir les frais resteraient relativement modestes par rapport aux taxes exigées couramment des abonnés des antennes communes actuelles.

Cet exposé montre la possibilité de réaliser d'une manière économique et sociale des réseaux d'apport nationaux de programmes de radio et de télévision à condition de pouvoir, dès le début, répartir les frais sur un nombre suffisant d'abonnés.

Dans les régions où aucune station de tête de télédistribution n'est prévue, on pourrait amener quelques programmes, ou même tous, à partir de la station d'embranchement du réseau de base la plus proche, si les frais supplémentaires étaient couverts par des taxes d'abonnement majorées. On pourrait aussi songer à amener les programmes dans les régions écartées et peu peuplées en y disposant des réémetteurs alimentés par des faisceaux à 11 ou 12 GHz (2 programmes par liaison).

In Gebieten, wo keine GA-Kopfstation geplant ist, könnten einige oder alle Programme von der nächsten Basisnetz-Abzweigstelle zugeführt werden, wenn die Mehrkosten von den Teilnehmern durch höhere Gebühren übernommen würden. Es wäre auch denkbar, die 11- oder 12-GHz-Richtfunk-Zubringerverbindungen für die Speisung von Umsetzern in abgelegenen Gebieten mit kleiner Bevölkerungsdichte einzusetzen (2 Programme je Verbindung).

## Bibliographie

- [1] *Brand H.* La Télédistribution en Suisse, réglementations techniques et méthodes de mesure. Rapport VD 13.065R.
- [2] *Roggli H.* Studie zur Übertragung zweier Fernsehsignale über eine GA-Zubringerverbindung. Bericht VD 13.072A.
- [3] *Liniger M.* Frequenzökonomische intermodulationsfreie Kanäle. Bericht VD 35.015A.
- [4] *Schneider M.* Studie zur Übertragung von Mono- und Stereoundfunkprogrammen über eine GA-Zubringer-Richtfunkverbindung. Bericht VD 12.042A.
- [5] *Fiechter M.* Aufbauprinzip und Anwendung der Richtstrahl-Frequenzpläne. Bericht VD 32.053A.
- [6] *Matter M.* Schattenkarten von 11 Richtfunkstationen. Bericht VD 35-016A.

## Literatur - Bibliographie - Recensionen

**Brecht E. Zürich-Verkehr – Quer durch die Vergangenheit.** Zürich, Orell Füssli-Verlag, 1977. 188 S., zahlr. Abb. Preis Fr. 45.–.

Wenn der Autor in seinem Vorwort bemerkt, die vorliegende Geschichte des Zürcher Verkehrs wolle keine wissenschaftliche, aber eine nachdenkliche Geschichte sein, der Bildband möchte Ansichten und Einsichten vermitteln, er solle informieren und amüsieren und nicht zuletzt etwas von jener Begeisterung und jenen Bedenken spürbar machen, mit denen unsere Vorläufer und Vorfahren den Fortschritt der Fortbewegung erlebten, so ist ihm das zweifellos auf eindruckliche Art und Weise gelungen. Die Ansicht der 149 Bilder lässt bei jedem, der eine gewisse Beziehung zum Verkehr – wer hat die schon nicht – und gewisse Entwicklungen im Verkehr verfolgt und erlebt hat, unweigerlich Reminiszenzen an eine gute und vor allem ruhigere Zeit wach werden.

Der Autor erzählt über frühere Verkehrsvorschriften, Strassenbeleuchtungen entlang von Brücken und Plätzen Zürichs, wie sie vor Jahrhunderten existierten, beschreibt die Zeit mit Ross und Wagen (Postkutschzeit) und der Wasserwege. Er ruft auch Erinnerungen an die Spanischbrötlbahn wach, die grosse technische Neuerung des 19. Jahrhunderts, die in der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Weiterentwicklung der Menschheit eine einmalige Bedeutung erlangte. In weiteren Kapiteln werden der Schienenverkehr in der Stadt und Umgebung, die Elektrifizierung sowie der Übergang ins pferdelose 20. Jahrhundert mit der Einführung des Velos und vor allem des Autos behandelt. Der Abschluss dieses mit ausgezeichneten Fotos reich illustrierten Buches

ist dem wachsenden Tourismus, dem regeren Briefaustausch, den elektrisch übermittelten Nachrichten sowie der Fliegerei gewidmet. Von der Einführung des Telegrafens über das private Zürcher Telefonnetz, derjenigen der drahtlosen Tonübermittlung bis zur Gründung des Radioclubs Zürich und bis zur Inbetriebnahme des Zürcher Senders auf dem Höggerberg, von der Vorführung des ersten Fernsehempfängers an der Landesausstellung 1939 in Zürich bis zu dessen Einführung im Jahre 1953 ist die ganze Entwicklung des Nachrichtenwesens von Zürich kurz beschrieben. Am Schluss ist ein Nachweis der 149 teils sehr originellen und von guter Qualität sprechenden Bilder aufgeführt.

*W. Bohnenblust*

**Wernicke H. (ed.) Dictionary of Electronics, Communications and Electrical Engineering.** München, Rohde und Schwarz, 1977. 659+16 S. Preis DM 42.–.

Dieses Lexikon mit seinen 84000 Ausdrücken und Abkürzungen aus Elektronik, Nachrichten- und Elektrotechnik verrät von A bis Z den langjährigen und in diesen Fachgebieten tätigen Übersetzer, der als Autor dieses Werkes zeichnet. *Wernicke* gibt dieses Wörterbuch mit Unterstützung der Firma *Rohde und Schwarz* bereits in dritter Auflage heraus, die gegenüber der vorangehenden Auflage 13000 und gegenüber der ersten Ausgabe gar rund 25000 neue Ausdrücke enthält. Es zählt nicht nur zu den besten uns bekannten Werken dieser Art, es ist auch äusserst aktuell: In einem 14seitigen Nachtrag sind noch Hunderte von Fachwörtern und Abkürzungen

enthalten, die während der Setz- und Druckerarbeiten des Hauptteils gesammelt wurden. Auch wenn die meisten von ihnen nicht mehr übersetzt werden konnten, so helfen gerade diese neuen Ausdrücke – dank der englischen Erläuterungen – dem Fremdsprachigen bei der Lektüre von Fachzeitschriften. Neben dem eigentlichen lexigrafischen Teil findet der Leser eine ausführliche Zusammenstellung der verwendeten Abkürzungen und Gebietshinweise, die ein Lokalisieren eines Ausdruckes erleichtern, eine Buchstabiertabelle nach amerikanischer, englischer, deutscher sowie NATO-Manier, Hinweise auf die Aussprache von mathematischen Ausdrücken und Symbolen und schliesslich die verschiedenen Bedeutungen der griechischen Buchstaben. Der alphabetische Lexikonteil enthält ausser den Fachausdrücken auch sehr zahlreiche Abkürzungen, bei denen festgestellt werden muss, dass dieselbe Abkürzung unter Umständen die verschiedensten Bedeutungen hat. Bei jedem Ausdruck (in englischer Sprache) findet der Benutzer in der Regel in eckiger Klammer einen Hinweis auf das Gebiet, für das dieser Ausdruck verwendet wird sowie die deutsche Uebersetzung mit Angabe, ob dieses Wort grammatikalisch sächlich, männlich oder weiblich ist. Die Abkürzungen sind in der Regel erläutert.

Besondere Aufmerksamkeit wurde der grafischen Gestaltung des Lexikonteils geschenkt, der sehr übersichtlich und gut lesbar gestaltet worden ist. Die in Wörterbüchern und Lexika sonst häufig anzutreffenden, beim Benutzer wenig beliebten Querhinweise «siehe» findet man hier kaum. Auch dies ist wieder ein Punkt, der dieses Lexikon sympathisch macht.

*Chr. Kobelt*