Gemeinschafts-Antennenanlagen und Verteilnetz für Fernseh- und Radioprogramme

Autor(en): **Brand, H.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins : gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)**

Band (Jahr): **61 (1970)**

Heft 20

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-915983

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Gemeinschafts-Antennenanlagen und Verteilnetz für Fernseh- und Radioprogramme

Technische Fragen und Gesichtspunkte

Vortrag, gehalten an der 29. Schweizerischen Tagung für elektrische Nachrichtentechnik vom 25. Juni 1970 in Biel,

von *H. Brand*, Bern

3030--3041

621.396:621.22

Ein starkes Motiv zum Bau einer Gemeinschaftsantennenanlage sind die infolge unserer Topographie mancherorts beschränkten Empfangsmöglichkeiten. Die Kopfstation der Gemeinschaftsanlage befindet sich an einem bevorzugten Empfangsstandort und vermittelt mehrere Programme. Sie ersetzt die unschönen Antennenwälder und kann auch schwierige Empfangsprobleme mit professionellen Mitteln lösen.

Die durch die Gemeinschaftsanlage vermittelten Bildqualitäten sind messtechnisch nur schwer erfassbar und teilweise ungenügend definiert. Die wichtigsten Eigenschaften, Bildstörungen und notwendigen Störabstände des Fernsehsignals werden angegeben und diskutiert. Anhand der üblichen Technik für kleine und mittelgrosse Anlagen wird das Prinzip der Signalverteilung auf eine grosse Anzahl Empfänger dargelegt. Anschliessend kommen die bei grossen Anlagen angewandten Übertragungssysteme auf HF-, VHF- und UHF-Frequenzen zur Sprache. Die wesentlichen technischen Eigenschaften werden genannt und zum Teil etwas eingehender behandelt.

Les conditions de réception souvent limitées par suite de notre topographie motivent fortement la construction d'antennes collectives. La station de tête est située à un emplacement de réception privilégiée et transmet plusieurs programmes. Elle remplace les forêts d'antennes d'aspect déplaisant et résoud même des problèmes de réception difficiles par des moyens professionnels.

Les qualités des images transmises par les installations collectives sont difficilement mesurables et parfois insuffisamment définies. Les propriétés essentielles, les perturbations de l'image, les rapports signal-bruit indispensables du signal de télévision sont indiquées et discutées. Le principe de la répartition des signaux sur un grand nombre de récepteurs est expliqué sur la base de la technique usuelle pour installations petites et moyennes. On présente ensuite les systèmes de transmission à fréquences HF, VHF et UHF utilisés dans les grandes installations. Les propriétés techniques essentielles sont mentionnées et partiellement discutées d'une manière plus détaillée.

1. Voraussetzungen und Möglichkeiten

Empfangsfragen

Bei der Diskussion von Gemeinschaftsanlagen liegt der Schwerpunkt heute bei den Fragen und Problemen, die die Verteilung von Fernsehprogrammen mit sich bringt. Die vorliegende Arbeit beleuchtet deshalb vorwiegend die Gesichtspunkte des Fernsehens, dies ohne die Bedeutung des Radios in irgendeiner Weise herabmindern zu wollen. Jede grössere Gemeinschaftsanlage vermittelt selbstverständlich auch Radioprogramme.

Das Fernsehen hat nicht nur gestrüppähnliche Antennengebilde, sondern auch ausgedehnte Antennenwälder auf unsern Dächern hervorgebracht. Ihre oft unschöne ästhetische Wirkung und Beeinträchtigung historisch und architektonisch bedeutsamer Objekte oder auch ganzer Dorf- oder Stadtteile ist unbestritten.

Die immer wieder gestellte und an sich verständliche Laienfrage betrifft die Notwendigkeit dieser Dachantennen und argumentiert mit dem scheinbar «antennenlosen» Empfang von Radioprogrammen mit dem Transistorapparat. Warum kann das Fernsehen nicht wenigstens mit den viel kleineren und weniger kostspieligen Zimmerantennen auskommen?

Zunächst ist festzustellen, dass jedes Empfangsgerät mit einer Antenne arbeitet. Die rauscharmen Transistoren und die Ferritantenne, in Verbindung mit dem an sich geringen Spannungsbedarf für Radioempfang (Spannungen von 10...15 μV) und den Eigenschaften der entsprechenden Wellenlängen machten es möglich, die Antenne für die klassischen Radiofrequenzbereiche Lang- und Mittelwellen im Gehäuseinnern verschwinden zu lassen.

Für die Fernsehübertragung sind Empfangsspannungen nötig, die mindestens um 20 dB grösser sind. Dasselbe gilt für den Stereophonieempfang im UKW-Bereich. Gleichzeitig muss man Antennen verwenden, die der Wellenimpedanz der Zuführleitung angepasst sind, damit keine Reflexionen auf der Zuführleitung entstehen können. Die einfachste abgestimmte Antenne mit einer Ohmschen Impedanz ist der $\lambda/2$-Dipol, der denn auch als Grundelement aller Fernsehantennen auftritt. Die Energieentnahme aus dem elektromagnetischen Feld nimmt mit der Antennengrösse zu. Die Antennenspannung, die am Antennenfusspunkt als Klemmenspannung zur Verfügung steht, berechnet sich nach der Formel:

$$U_A = \frac{1}{2} E_A \frac{\lambda}{\pi} G \mathrm{k}$$

$$\frac{\lambda}{\pi} G = h_e$$

$$G = 1 \text{ für den } \lambda/2\text{-Dipol}$$

worin

U_A Antennenspannung;
E_A Feldstärke am Antennenstandort;
G Antennengewinn bezüglich $\lambda/2$-Dipol;
k Dämpfung des Antennenkabels ($k < 1$);
h_e effektive Antennenhöhe.

Die effektive Antennenhöhe des $\lambda/2$-Dipols beträgt λ/Π und ist im logarithmischen Maßstab in Fig. 1 dargestellt. Sie nimmt entsprechend der Länge des Dipols mit zunehmender Frequenz ab. Man sieht beispielsweise, dass für die UHF-Bereiche IV und V die effektive Höhe oder der Wirkungsgrad um rund 20 dB geringer ist, als für den Bereich I. Aus diesem Grunde vergrössert man die Antennenwirksamkeit besonders in den höheren Frequenzbereichen durch zusätzliche Elemente (Yagi-Antennen) oder Reflektorspiegel (Winkelreflektor). Es lässt sich so gegenüber dem $\lambda/2$-Dipol noch ein Gewinn erzielen, der für praktische

Antennengrössen 10...15 dB betragen kann. Dieser Gewinn ist darum wesentlich, weil für die Fernsehfrequenzen grob gesagt die Rauschleistung von der Antenne her etwa dem Wärmerauschen des Strahlungswiderstandes entspricht und konstant ist. Der Rauschabstand vergrössert sich somit um den Antennengewinn oder anders ausgedrückt: Der Antennengewinn ist rauschfrei. Es ist deshalb nicht möglich, den Antennengewinn durch einen Verstärker zu ersetzen. Eine kleine Antenne ist und bleibt schlechter als eine grössere.

Ein zweiter wesentlicher Punkt ist die Richtwirkung der Antenne, die wir in unserem Gelände wegen der vielen Reflexionen von Hügeln und Bergen dringend benötigen. Die Richtwirkung hängt mit dem Gewinn zusammen, die Antenne selbst ist ja passiv, das heisst Gewinn bedeutet nur das Bevorzugen einer Richtung zum Nachteil von andern. Eine kleine Antenne hat einen geringen Gewinn und somit auch eine geringe Richtwirkung.

Der dritte Punkt ist der Antennenstandort. Der Ort der grössten Feldstärke liegt in der Regel möglichst hoch, also über dem Dach. Auch eine noch so phantasievolle Zimmerantenne ist und bleibt ein Notbehelf. Will man gute Fernsehbilder erzielen und schwache Signale — zum Beispiel ausländische — empfangen, so gehört die Antenne auf das Dach.

Allerdings kann sich auch noch das Dach am falschen Ort befinden, in einer Senke oder im Schatten eines Berges. In Großstädten sind es hohe Bauten, die die Sicht zum Sender versperren und eine Vielzahl von störenden Reflexionen erzeugen. In Deutschland spricht man beispielsweise bereits von «Hochhausgeschädigten» und untersucht, inwieweit die Ersteller störender Bauten für die Wiederherstellung guter Empfangsverhältnisse rechtlich verpflichtet werden können.

Die Empfangsstation der Gemeinschaftsanlage löst alle diese Probleme. Sie wird an einem guten, erhöhten Standort errichtet, wo auch weit entfernte Sender einfallen. Es ist nun einmal so, dass die ausländischen Programme die Zugpferde der Gemeinschaftsanlage sind. Die Antennenanlage darf auch etwas kosten, sie kann im Gegensatz zu kleinen Anlagen spezielle Antennen, teure Filter und weitere technische

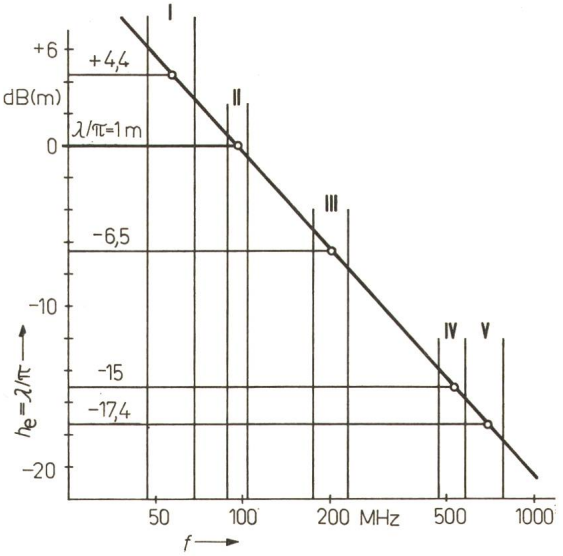

Fig. 1
Effektive Höhe h_e des $\lambda/2$-Dipols für die Frequenz-Bereiche I...V
f Frequenz; λ Wellenlänge; $h_e = \lambda/\pi$ effektive Höhe des $\lambda/2$-Dipols

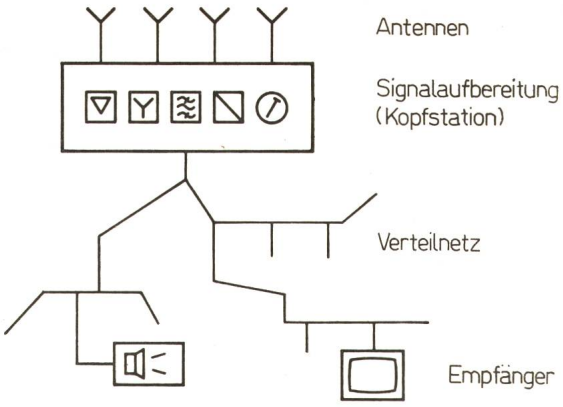

Fig. 2
Aufbau der Gemeinschaftsanlage

Mittel einsetzen, mit einem Wort die Gemeinschaftsanlage kann eine professionellere, bessere Empfangstechnik betreiben. Dazu bringt sie auch die wüsten Antennenwälder zum Verschwinden.

Der allgemeine Aufbau einer Empfangsanlage gliedert sich in vier Bestandteile, die sich recht gut unterscheiden lassen (Fig. 2). Je grösser die Gemeinschaftsanlage ist, umso mehr Aufwand kann für die Antennenanlage getrieben werden. Der Aufbau der Kopfstation ergibt sich aus dem gewählten Übertragungssystem, während das Verteilnetz bei grössern Anlagen ¾ aller Aufwendungen ausmachen kann und sich zum Gegenstand einer ausgefeilten Technik mit einer Reihe ganz besonderer Einrichtungen entwickelt hat. Die Empfänger schliesslich haben als eigentliche Haushaltgeräte begrenzte Eigenschaften, auf die in der ganzen technischen Disposition Rücksicht genommen werden muss.

2. Leistungen einer Gemeinschaftsanlage

Auswahl und Qualität

Die den Teilnehmer interessierenden Dinge sind guter Empfang von Radio- und Fernsehprogrammen in ausreichender Auswahl, sowie die zu bezahlenden Gebühren.

Der treuherzige Teilnehmer glaubt oft, er erkaufe sich mit der Konzessionsgebühr an die PTT und mit der Gebühr an die Gemeinschaftsanlage ein gewisses Ausmass an Qualität und Auswahl. Leider ist dem nicht so, der Teilnehmer hat oft keine oder ungenügende rechtliche Ansprüche bezüglich der Dienstleistung, die durch die Anlage bezweckt ist. Dies erscheint besonders dann als unrecht, wenn die Gemeinde das Errichten von Dachantennen verbietet, denn in diesem Fall ist der Teilnehmer der Anlage ausgeliefert, wenn er Fernsehprogramme sehen will.

Hier besteht eine wirkliche Lücke. Der Beweis liegt bei verschiedenen, in Betrieb stehenden Anlagen, die schlechtes Fernsehen vermitteln und nicht dem Stand der Technik entsprechen. Auch die Konzessionierung und Prüfung der Anlage durch die Organe der PTT bietet keine Gewähr für das den Teilnehmer interessierende Endprodukt, sie hat vorwiegend sicherheitstechnische Aspekte.

Ein Teil der vorgesehenen Dienstleistungen, nämlich die Anzahl der angebotenen Programme, findet man in den Offerten immer an erster Stelle erwähnt, während oft keine, ungenügende oder ungenaue Angaben über Bildqualitäten zu finden sind. Dies muss in Anbetracht der grossen Aufwendungen, die mehrere Millionen Franken betragen kön-

nen, aber auch gegenüber dem einzelnen Teilnehmer als äusserst unbefriedigend bezeichnet werden.

Die Installationsfirmen sind nicht allein an diesem Zustand schuld. Teilweise liegt es an der Natur der Sache, indem der Empfang der ausländischen Signale eben eine unsichere Angelegenheit ist. Zuviele nicht beherrschbare Einflüsse spielen hier mit. Zudem gibt es keine allgemein anerkannten Normen und einheitlichen Definitionen für die Eigenschaften von Gemeinschaftsanlagen. Eine internationale Arbeitsgruppe beschäftigt sich im Rahmen der «Commission Electrotechnique International» mit der Aufstellung solcher Normen. Die Bildqualität lässt sich nur mit relativ komplizierten und teuren Apparaturen objektiv beurteilen, das heisst messen. Dies aber auch nur für bestimmte, typische Störungen, für die man die notwendigen Störabstände genau kennt. In der Praxis tragen sehr viele Störparameter zur Bildverschlechterung bei, die oft gleichzeitig auftreten und sich in der Störwirkung mehr oder weniger unterstützen. Die messtechnische Bildbewertung ist in diesem Fall nicht möglich, man ist auf subjektive Methoden, also auf die Bildbeobachtung angewiesen. Dabei können die Meinungen natürlich sehr stark auseinandergehen.

Bildbewertungsskala

Tabelle I

Bildqualität Q		Allgemeiner Bildeindruck
in Ziffern	in Worten	
1	sehr gut	einwandfrei
2	gut	Mängel gerade sichtbar, aber nicht störend
3	ausreichend	deutlich sichtbare, leicht störende Mängel Gesamteindruck: gerade noch brauchbar
4	mangelhaft	sehr gut sichtbare, störende Mängel Gesamteindruck: nicht mehr brauchbar
5	schlecht	Mängel deutlich hervorstechend, Bild nur undeutlich erkennbar
6	völlig unbrauchbar	das Fernsehsignal ist gerade noch feststellbar

In Erkenntnis dieses Problems haben die PTT-Betriebe Richtlinien veröffentlicht, die sich allerdings vorerst auf kleine und mittelgrosse Anlagen beziehen, aber doch versuchen, den Begriff der Qualität näher zu definieren [1; 2][1]). Die Bildbewertung wird anhand einer Notenskala vorgenommen (Tabelle I). Die erwähnten Richtlinien enthalten zahlreiche Photobeispiele, die einen Begriff der Gradierung vermitteln. Die Gemeinschaftsanlage soll Bildqualitäten mit mindestens der Bewertung 2 («gut») aufweisen. Fig. 3 und 4 zeigen zwei Beispiele.

Versucht man die wesentliche Qualität 2 mit weitern Worten zu umschreiben, so könnte man folgendes sagen:

«Bei normalem Beobachtungsabstand (etwa 6mal Bildhöhe) dürfen für den geübten Beobachter im Testbild einzelne oder mehrere Störungen oder Bildfehler gerade noch sichtbar sein, aber in ihrer Gesamtheit keinesfalls störend wirken.»

Was kann man weiter tun, um die durch die Anlage vermittelten Bildqualitäten besser zu erfassen? Vorerst muss man den drahtlosen Teil, also Empfangsprobleme und Antennenanlage von den übrigen Anlageteilen getrennt betrachten. Obschon, wie bereits erwähnt, keine allgemein anerkannten Spezifikationen bestehen, wissen die einschlägigen Firmen sehr wohl, welche Daten eine gute Anlage erfüllen muss. Es ist das grosse Verdienst der Bauteilehersteller auf diesem Gebiet, sich selbst und ohne behördliche Mitwirkung oder Zwang diese Daten erarbeitet zu haben. Die Erfordernisse für die ganze Anlage lassen sich in Sekundärpakete für die einzelnen Bauteile wie Verstärker, Umsetzer, Kabel, Filter usw. aufteilen, wobei sich diese abgeleiteten Daten dann mit üblichen und verhältnismässig einfachen Messmitteln erfassen lassen. Allgemeine Richtlinie ist das «Prinzip der Erhaltung der Qualität»: Die Gemeinschaftsanlage soll die am Antennenfusspunkt erreichten Bildqualitäten auf dem Wege bis zum entferntesten Teilnehmeranschluss nicht merkbar verschlechtern.

Anderseits ist es wesentlich festzuhalten, dass ein nach den Regeln der Kunst empfangenes Signal im allgemeinen durch keine Massnahmen der Signalaufbereitung und Verteilanlage verbessert werden kann.

Der Projektverfasser hat ein grosses Interesse, durch geeignete Standortwahl und eventuelle grössere Aufwendungen in der Antennenanlage möglichst viele Signale hereinzu-

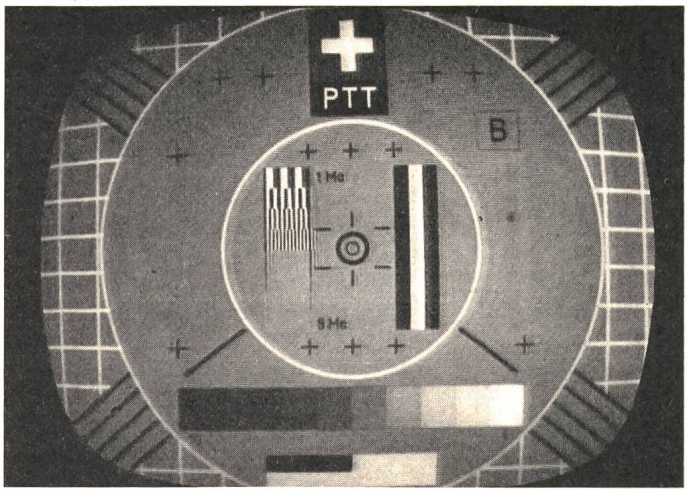

Fig. 3
Beispiel für Bildqualität 2 («gut»)

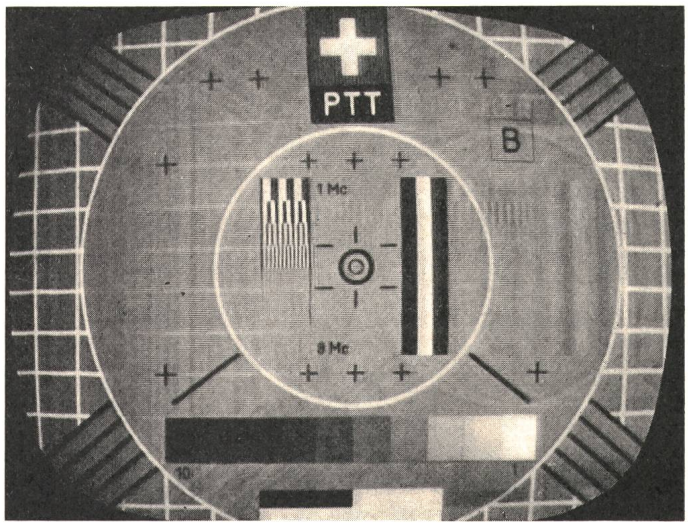

Fig. 4
Beispiel für Bildqualität 3 («ausreichend»)

[1]) Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

Eigenschaften von Fernsehsignalen und Gemeinschaftsanlagen Tabelle II

Nr.	Eigenschaft			Bildqualität 2 «gut»	Bildqualität 1 «sehr gut»	Anforderungen für Aufbereitungs- und Verteilanlage	Erscheinungsform der Bildstörung bei ungenügendem Störabstand
1	Hochfrequenter Rauschabstand			40 dB	46 dB	43 dB	Bildrauschen (Gries, Schnee)
2	Echo-abstand		Einzelreflexion	26 dB	36 dB	30 dB	Still stehende Repetitionsbilder im allgemeinen rechts vom Originalbild (Geisterbilder)
			mehrere Reflexionen	30 dB	40 dB	34 dB	
			Einstreusignale vom Ortssender				... links vom Originalbild
3	Abstand von Fremdsignalen			50 dB	60 dB	Sekundärpaket von Intermodulationsforderungen für aktive Bauteile z. B. 60-dB-Intermodulationsabstand für Breitbandverstärker	*Rolladenstörung:* (waagrechte Streifenstruktur, die sich vertikal bewegt) Ursache: Gleichkanalstörung z. B. durch sog. Überreichweitenempfang besonders im Bereich I während den Sommermonaten. *Scheibenwischerstörung:* (Sich horizontal bewegende Bildanteile fremder Fernsehkanäle) Ursache: Intermodulation (hier Kreuzmodulation genannt) in aktiven Bauteilen oder im Empfänger. *Moiréstörung:* Sich mehr oder weniger bewegende Bild- und Farbmusterstrukturen Ursache: Einzelne Störträger im Empfangskanal oder Intermodulationsprodukte.
4	Lineare Verzerrungen	innerhalb des Fernsehkanals	Amplituden-gang	6 dB	3 dB	3 dB	Änderung der Farbsättigung
5	Lineare Verzerrungen	innerhalb des Fernsehkanals	Gruppenlaufzeit-änderung	150 ns	50 ns	50 ns	Farbränder (Säume) an den vertikalen Kanten des Bildinhaltes
6	Lineare Verzerrungen	innerhalb des Farbkanals (alle Bauteile, auch passive)	Amplituden-änderung	7%/100 kHz	3,5%/ 100 kHz	3,5%/ 100 kHz	Änderung der Farbsättigung
7	Lineare Verzerrungen	innerhalb des Farbkanals (alle Bauteile, auch passive)	Laufzeit-änderung	50 ns/100 kHz	25 ns/100 kHz	25 ns/100 kHz	Farbsäume an den vertikalen Kanten des Bildinhaltes
8	nichtlineare Verzerrungen (aktive Bauteile)		Differentielle Amplitude	± 30%	± 15%	± 5%	Änderung der Farbsättigung
9	nichtlineare Verzerrungen (aktive Bauteile)		Differentielle Phase	± 20°	± 10°	± 5°	Farbtonänderung

Bemerkung. Die unter Nr. 1...3 genannten Störabstände betreffen immer das Verhältnis Nutzsignal/Störsignal. Beim Nutzsignal ist der Synchronwert gemeint, das heisst der Effektivwert der Bildträgerspannung zur Zeit der Synchronimpulse. Für das Störsignal gilt dasselbe, wenn es ein Fernsehsignal ist, für das Rauschen die effektive Rauschspannung, für eine Einzelstörfrequenz der effektive Spannungswert.

Die unter Nr. 4...9 genannten Toleranzen verstehen sich für einen monotonen, das heisst einigermassen stetigen Verlauf. Für sprunghafte Änderungen wären bedeutend engere Toleranzbereiche anzusetzen.

bekommen, begibt sich anderseits mit den schwach einfallenden ausländischen Signalen aufs Glatteis. Ausbreitungseffekte, Veränderungen im ausländischen Sendernetz und womöglich Störungen durch den Ausbau des schweizerischen Netzes können unter Umständen nicht durch irgendwelche Massnahmen wettgemacht werden.

Der Auftraggeber kann den Unternehmer veranlassen, eine verantwortungsbewusste und reale Empfangstechnik zu betreiben indem er verlangt, dass erstens die erreichten Empfangsqualitäten angegeben werden und zweitens die Unterlagen über vorgenommene empfangstechnische Messungen der Offerte beigelegt sind.

In der Tabelle II werden die Eigenschaften des Fernsehsignals angegeben, das mit einem durchschnittlichen, modernen Empfänger verarbeitet, ein gutes, beziehungsweise ein sehr gutes Bild ergibt. Ebenfalls sind die entsprechenden Daten für die Verteilanlage angeführt. Die Erscheinungsform der Bildstörungen wird stichwortartig beschrieben. Bei

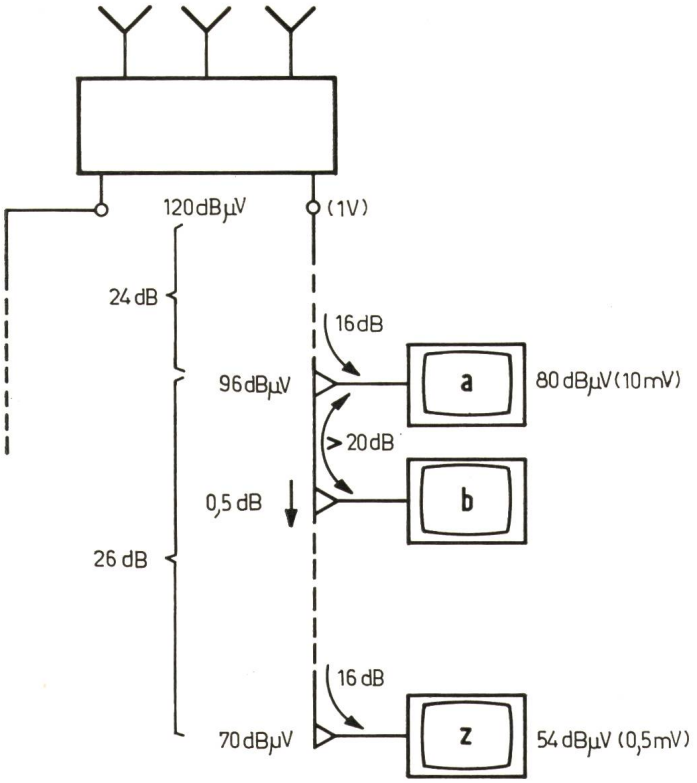

Fig. 5
Prinzip der Signalverteilung auf viele Empfänger, dargestellt anhand der kleinen Gemeinschaftsanlage

den angegebenen Zahlenwerten handelt es sich nicht um irgendwie anerkannte oder bereits festgelegte Werte, sondern um einen Vorschlag des Autors.

3. Die Signalverteilung an viele Teilnehmer

Kleine und mittelgrosse Gemeinschaftsanlagen

Das Prinzip der Signalverteilung auf viele Empfängeranschlüsse lässt sich am besten anhand der kleinen Gemeinschaftsanlage erläutern. Kleine und mittelgrosse Anlagen sind durch eine einzige Verstärkerstelle gekennzeichnet, die zugleich die Kopfstation ist. Sie arbeiten mit den Originalfrequenzen oder besser gesagt mit Standardfrequenzen, das heisst in den Frequenzbereichen, die dem Radio und dem Fernsehen zugeteilt sind. Die verschiedenen Fernsehkanäle, bzw. Radiobereiche werden mit separaten Antennen empfangen, wenn nötig verstärkt oder umgesetzt und über eine oder mehrere sog. Stammleitungen zu den einzelnen Empfängeranschlussdosen geführt. Eine Stammleitung ist im Prinzip ein kontinuierlicher Leitungszug, der für jeden Empfängeranschluss angezapft wird (Fig. 5).

Die in der Kopfstation erzeugte Leistung dient vorwiegend zur Überwindung der Kabeldämpfung, der einzelne Empfänger bezieht nur einen Bruchteil davon, damit die Leitung möglichst weit geführt werden kann oder auch der letzte Empfänger noch genügend Eingangsspannung erhält. Die Impedanz der Leitung (Wellenwiderstand) darf nicht verändert werden, damit keine Reflexionen auf der Leitung entstehen. Das geschieht am einfachsten mit einer losen Ankoppelung. Die Auskoppeldämpfung beträgt 14...16 dB und dient gleichzeitig der Entkoppelung der Empfänger unter sich. Letztere dürfen sich nicht gegenseitig stören. Die Entkopplung zwischen Fernsehempfängern soll mindestens 20 dB, zwischen Radio- und Fernsehempfängern mindestens 46 dB betragen. Die Radiofrequenzbereiche werden über dasselbe Kabel geführt und mit dem Radio-Anschlusskabel der Anschlussdose entnommen wie das Fernsehen.

Die Grundlage für die Pegelrechnung sind die minimale und die maximale Empfängereingangsspannung. Die minimale Eingangsspannung, die am letzten Empfänger auftritt, soll mindestens ½ mV (54 dBµV) betragen, damit kein Rauschen auf dem Bildschirm erscheint. Die maximale Eingangsspannung, die am ersten Empfänger auftritt, soll höchstens 10 mV (80 dBµV) betragen, damit keine Übersteuerung oder Intermodulation entsteht. Diese Daten ergeben die maximale Leitungslänge vom ersten zum letzten Empfänger der Stammleitung, einer Spatzung von 26 dB entsprechend. Die Leitungsdämpfung von der Kopfstation bis zum ersten Empfänger bestimmt ihrerseits die zu installierende Verstärkerausgangsspannung. Weitere wichtige Daten betreffen die Pegelunterschiede verschiedener Kanalsignale, Kanalkombinationen, Anpassbedingungen usw., sie sind alle in den Richtlinien der PTT [1] enthalten.

4. Grosse Gemeinschaftsanlagen mit aktiven Verteilnetzen

Verschiedene Übertragungssysteme

4.1 Allgemeines

Grosse Gemeinschaftsanlagen sind gekennzeichnet durch ausgedehnte Leitungsnetze mit Verstärkern und weitern aktiven und passiven Zusatzgeräten wie Regeleinrichtungen, Entzerrer Pilotsysteme, Auskoppelnetzwerke usw. Es können auch mehrere Empfangsstandorte in Frage kommen, ebenso eigentliche Zentralen, die im Endzustand sogar eigene Programme erzeugen, sei es nun mit Filmabtastern, Bandrekordern, Kassetten oder schliesslich «live» im eigenen Studio. Die grosse Gemeinschaftsanlage kann sich, technisch gesehen, zu einem vollständigen Versorgungssystem auswachsen.

Die oft gestellte Frage, ob nun das System der Firma X besser und zukunftssicherer als das der Firma Y sei, lässt sich nicht beantworten. Obschon die hier angewandte Technik ein ansehnliches Spezialgebiet mit entsprechend komplexen Apparaturen geworden ist, sind die Grundzüge allgemein bekannt und nicht das Privileg irgendeiner Firma. Alles Baumaterial ist auf dem Markt frei erhältlich. Natürlich ist die Detailausführung unterschiedlich bei verschiedenen Fabrikaten, auch sind unterschiedliche Erfahrungen und Tendenzen bei verschiedenen Firmen festzustellen. Wesentlich sind die zweckmässige und wirklich fachmännische Dimensionierung und Projektierung. Auch mit dem besten Material kann man eine schlecht arbeitende oder zu teure Anlage aufbauen.

4.2 Die Telephonleitung

Die Verwendung der Telephonleitung zur Verteilung von Tonprogrammen ist bekannt durch den Niederfrequenztelefonrundspruch (ein Programm mit Wahl von sechs), dann durch den HF-Telefonrundspruch (sechs Programme simultan auf dem Langwellenbereich). Untersuchungen über die Verwendungsmöglichkeit der Telephonleitung zur Vermittlung auch von Fernsehprogrammen waren naheliegend und wurden denn auch in verschiedenen Ländern, so auch in der Schweiz unternommen. Obschon im einzelnen Fall eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung über einige km Distanz mög-

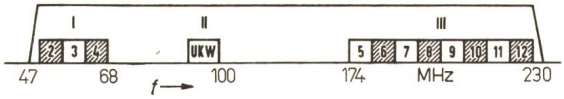

Fig. 6
Standardkanäle im VHF-Bereich 40...230 MHz
f Frequenz
Kanäle des 6-, bzw. des 12-Kanal-Systems

lich ist, so ist im ganzen ein Verteilsystem auf den Telephondrähten nicht realisierbar. Nebensprechen, Wahlgeräusche usw. führen zu grossen Schwierigkeiten besonders wenn man an die Verteilung mehrerer Programme denkt, ganz abgesehen von den Komplikationen in den Zentralen. Kurz und gut: Die Telephonleitung ist zu schlecht, um für die Verteilung von Fernsehprogrammen verwendet zu werden.

4.3 Das HF-System

Der nächste Schritt war die Verwendung besserer Zweidraht-Leitungen, die speziell für die Fernsehverteilung und unabhängig vom Telephonnetz gelegt werden. Man benützt Kabel mit vier oder sechs Leiterpaaren, ein Paar für jedes Programm (Leitungsmultiplex). Das System stammt aus England, wo es eine ansehnliche Verbreitung gefunden hat. Das ist nicht verwunderlich, denn einmal war zur Zeit seiner Einführung noch nicht an eine Verteilung auf höhern Frequenzen wie VHF zu denken (geeignete Verstärker gab es nicht) und anderseits ist eine Verteilung von sehr vielen Programmen in England gar nicht opportun.

In der einfachsten Version wird das Bild auf einen Träger im Frequenzbereich 3...10 MHz aufmoduliert, der Ton direkt als Tonfrequenz verteilt. Das System ergibt eine preiswerte Gesamtkonzeption, denn der Empfänger kann stark vereinfacht werden. Es ist ein Geradeausempfänger ohne Tuner, der ganze Tonteil besteht aus einem Lautsprecher mit Regler. Diese Version ist heute veraltet.

Bei einer neuern Version — die auch in der Schweiz im Betrieb ist — werden Bild und Ton, also das vollständige Fernsehsignal, im Frequenzbereich 6...13 MHz übertragen. Man benützt dazu Koaxialkabel (eine Tube pro Programm) und geht dann erst beim letzten Verstärker auf sechs paarsymmetrische Leitungen über, die dann noch sechs Tonprogramme übertragen. Ein Nachteil für den Teilnehmer ist die nötige Umänderung des Empfängers oder das Vorschalten eines Konverters auch fehlt dabei der UKW-Bereich.

Die modernste Version vermeidet diese Nachteile und geht in der letzten Ebene wieder auf die ursprünglichen Standardfrequenzbereiche über, die dann auf einem einzigen Koaxialkabel verteilt werden.

Die HF-Systeme nützen den Vorteil der geringen Leitungsdämpfung bei tiefen Frequenzen. Das Hauptproblem ist das Nebensprechen, das durch Synchronisation und Offset verringert werden kann. Die Laufzeitverzerrungen muss man korrigieren. Besonders bei langen Zuführleitungen ergibt sich ein wirtschaftlicher Aufbau des Netzes (wenige Verstärker), dagegen gestaltet sich die Kopfstation relativ aufwendig, da die Signale demoduliert und wieder moduliert werden müssen.

Der Hauptvorteil der HF-Systeme, die geringe Leitungsdämpfung, behält sicher auch in Zukunft ihre Bedeutung, dagegen könnte man vermuten, dass die Fernsehverteilung mit paarsymmetrischen Leitungen mit der Zeit verschwindet.

4.4 VHF-Systeme

4.4.1 Die Breitbandtechnik. Unterdessen hat sich die VHF-Technik im Zuge der Transistorisierung mehr und mehr auch für grosse Netze als geeignet erwiesen. Auf einem einzigen Koaxialkabel überträgt man sämtliche Fernseh- und Rundfunksignale gleichzeitig auf Standardfrequenzen (Frequenzmultiplex). Besonders die Entwicklung der Halbleitertechnik machte Breitbandverstärker möglich, die mehrere Oktaven umfassen und eine ausgedehnte Kettenschaltung erlauben. Die Leitungsdämpfungen sind für das obere Ende des VHF-Bereiches 4...5mal grösser als beim HF-System. Die zur Zeit erreichten Ausgangspegel an einer Impedanz von 60 oder 75 Ω liegen bei 1...1,5 V. Der Leistungskonsum ist verhältnismässig gering, so dass Speisung über das Koaxialkabel möglich ist. Strecken von 2 km werden mit 1...4 Verstärkern bewältigt. Ein Verstärkerfeld umfasst in der Regel 20...30 dB oder mit einem üblichen Kabel eine Strecke von 500...800 m.

Das übertragene VHF-Spektrum umfasst die Fernsehkanäle mit den Nummern 2...12, beziehungsweise den Frequenzbereich 40...230 MHz (Fig. 6). Natürlich können zusätzlich auch noch die Wellenbereiche LMK (Radiobereiche Lang-, Mittel- und Kurzwellen) über dasselbe Kabel geschickt werden.

Die Verstärker der modernen Breitbandtechnik weisen einen erweiterten Frequenzbereich von 40...280 MHz auf, so dass Raum für weitere 11 Fernsehkanäle vorhanden ist (Fig. 7). Auf die Anzahl der übertragenen Kanäle wird ausführlich im Abschnitt 4.6 eingegangen.

4.4.2 Die Serieschaltung von Breitbandverstärkern. Wie bereits angedeutet, erfordert das VHF-System die Serieschaltung zahlreicher Verstärker, wenn ein grosses Netz aufgebaut werden soll. Dabei bilden besonders die nichtlinearen Verzerrungen der Verstärker eine Grenze, die zu beachten ist (also der Klirrfaktor). Aus den Eingangsfrequenzen entstehen neue Frequenzen (die sog. Intermodulationsprodukte), die am Eingang nicht vorhanden waren. So entstehen beispielsweise aus den drei energiereichsten Positionen eines Fernsehsignals (also Bildträger, Tonträger und Farbträger) nicht weniger als 28 Intermodulationsprodukte. Dabei sind nur die Produkte zweiter und dritter Ordnung gezählt. Sie liegen zum Teil im eigenen, zum Teil in andern Kanälen. Nach Tabelle II benötigt man einen Abstand von den Nutzsignalen von 50...60 dB.

Bei Serieschaltung gleicher Verstärker addieren sich die Intermodulationsprodukte linear. Sie sind proportional dem Quadrat der Verstärkerausgangsspannung. Deshalb muss die Ausgangsspannung, um einen gleichbleibenden Intermodulationsabstand zu erhalten, mit der Quadratwurzel aus der Verstärkerzahl abgesenkt werden. Oder anders ausge-

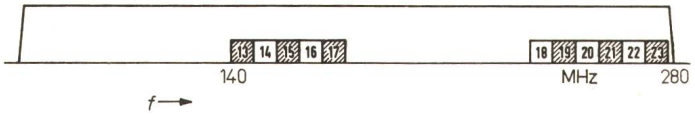

Fig. 7
Zusatzkanäle im erweiterten VHF-Bereich 40...280 MHz
Bezeichnungen siehe Fig. 6

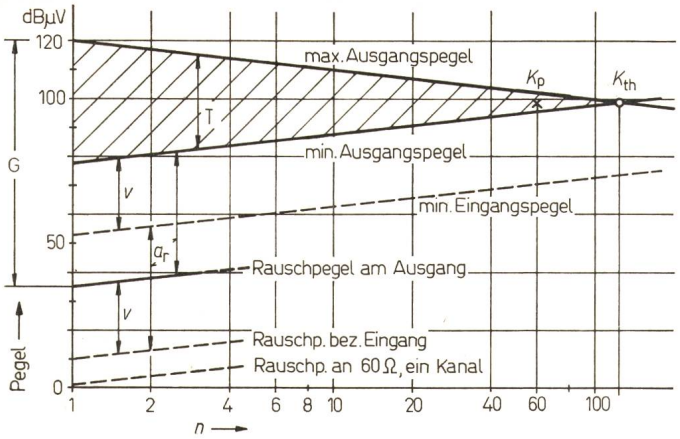

Fig. 8
Pegeldiagramm (auch Schere genannt) eines modernen VHF-Breitbandverstärkers
Theoretische Kaskadeabilität $K_{th} = 120$; $K_p = 60$ praktische Kaskadeabilität; a_r Rauschabstand; v Verstärkungsgrad; n Anzahl Verstärker; G Gütefaktor; T Pegeltoleranzen

drückt beträgt die nötige Absenkung der Ausgangsspannung 3 dB für eine Verdopplung der Verstärkeranzahl. Man erhält die obere Begrenzungslinie der sog. Schere, die in Fig. 8 dargestellt ist und etwas ausführlicher diskutiert werden soll.

Der zugrunde gelegte Verstärker entspricht etwa der Grenze der heutigen Technik. Angenommen, seine maximale Ausgangsspannung betrage 1 V (120 dBµV) bei der Belegung mit 12 Kanälen, der Intermodulationsabstand sei 60 dB (gemessen mit der 3-Sender-Methode) und die Verstärkung betrage 25 dB. Der in Tabelle II geforderte Rauschabstand beträgt 43 dB. Der Rauschpegel an 60 Ω und pro Kanal errechnet sich zu etwa 1 dBµV. Der Verstärkerrauschfaktor liegt unter 10 dB, so dass auf den Verstärkereingang bezogen ein Rauschpegel von ungefähr 10 dBµV resultiert. Mit dem geforderten Rauschabstand von 43 dB ergibt sich der minimale Eingangspegel zu 53 dBµV. Noch mit der Verstärkung (25 dB) multipliziert erhält man den minimalen Ausgangspegel, im vorliegenden Beispiel 78 dBµV.

Die Rauschleistungen der Verstärker addieren sich, beziehungsweise der Rauschpegel erhöht sich mit der Quadratwurzel aus der Verstärkeranzahl. Mit andern Worten: Der minimale Ausgangspegel erhöht sich um 3 dB für eine Verdoppelung der Verstärkerzahl. Man kann nun die untere Begrenzungslinie der Schere zeichnen und findet einen Toleranzbereich, innerhalb dessen die Verstärker betrieben werden müssen.

Der Scherenschnittpunkt ist ein charakteristischer Wert des Verstärkers, man nennt ihn die theoretische Kaskadeabilität. Sie beträgt im Beispiel von Fig. 8 etwa 120 Verstärker. In der Praxis ist es unmöglich, diesen Wert auszunützen, denn die Pegel können nicht so genau gehalten werden. Es ist ja ein so grosser Frequenzbereich beteiligt, dass sich bereits innerhalb eines Kabelabschnittes grössere, unvermeidliche Pegeldifferenzen ergeben. Die praktisch ausnützbare Kaskadeabilität beträgt ungefähr die Hälfte der theoretischen, so dass vom vorliegenden Verstärker 60 Stück in Serie geschaltet werden können. Für ein Kabel mit 3 dB/100 m Dämpfung an der obern Frequenzgrenze ergibt sich bei der angenommenen Verstärkung eine 800-m-Strecke. Man kann also mit diesem Verstärker $0{,}8 \cdot 60 \approx 50$ km überbrücken.

Als weiterer charakteristischer Wert kann der in Fig. 8 eingezeichnete Gütefaktor G definiert werden. Es ist der Quotient aus maximaler Ausgangsspannung und Ausgangsrauschspannung pro Kanal und beträgt im Beispiel 85 dB.

Die Pegelhaltung ist, wie bereits angedeutet, recht wesentlich bei der Serieschaltung vieler Verstärkerfelder. Zunächst muss man in der Kopfstation die schwankenden Antennensignale durch eine automatische Verstärkungsregelung ausgleichen. Die im Kabel mit der Frequenz zunehmende Dämpfung wird durch entsprechenden Verstärkerfrequenzgang oder durch separate Entzerrer kompensiert. Weiter ist die Kabeldämpfung temperaturabhängig, so dass gesteuerte Entzerrer nötig sind, dies entweder mit temperaturempfindlichen oder pilotgesteuerten Reglern. Bei grossen Temperaturschwankungen muss ferner berücksichtigt werden, dass die Dämpfungsänderung an der unteren und oberen Frequenzgrenze unterschiedlich ist, so dass entweder zwei Pilotfrequenzen oder eine Vorausberücksichtigung der Neigungsänderung der Dämpfungskurven vorzusehen ist.

Schliesslich spielt noch die Kanalzahl bei der Festlegung der Verstärkerpegel eine Rolle. Die sehr vielen, um nicht zu sagen unendlich vielen entstehenden Intermodulationsprodukte bei der Belegung mit vielen Kanälen liegen im ganzen Spektrum verteilt. Wäre die Verteilung rein zufällig, so könnten sie wie das Rauschen berücksichtigt werden, nämlich durch Addition ihrer Leistungen. Es kann aber auch passieren, dass gewisse Produkte frequenzmässig zusammenfallen. In diesem Fall müsste man sie linear addieren. Das praktische Ergebnis liegt irgendwo zwischen quadratischer und linearer Addition der Spannungen, also zwischen 3 und 6 dB bei Verdopplung der Anzahl Kanäle. Dementsprechend muss eine Absenkung der Verstärkerausgangsspannung zwischen 1,5 und 3 dB bei Verdopplung der Anzahl Kanäle vorgenommen werden.

Zur Angabe der maximalen Ausgangskanalspannung bei den Verstärkerdaten gehört auch die Angabe der zugehörigen Kanalzahl.

4.4.3 Die VHF-Kanaltechnik. Angesichts der hohen Anforderungen und den entsprechenden Aufwendungen für die Breitbandverstärker kann man sich fragen, inwieweit die bei kleinen Anlagen angewandte Kanaltechnik sich auf grössere Anlagen ausdehnen lässt. Die Kanalverstärker profitieren preislich von der relativ grossen Herstellungszahl, so dass man besonders in einem Netz mit nur zwei oder drei Programmen zu einem günstigen Preis der Gesamtkonzeption kommt. Da die Idee der durchgehenden Kanaltechnik einige wenige Anhänger gefunden hat, sollen die wesentlichen Probleme kurz skizziert werden.

Intermodulation und Rauschen ergeben eine ähnliche Begrenzungsschere wie für den Breitbandverstärker. Bei der Intermodulation bilden diesmal die störenden Produkte innerhalb des Kanals die Begrenzung. In Fig. 9 sind nur die stärksten Produkte dargestellt, sie befinden sich in Abständen von 5,5 und 1,1 MHz von den Trägern. Die beiden Produkte innerhalb des Kanals führen zu 1,1-, beziehungsweise 3,3-MHz-Moirés, diejenigen ausserhalb ergeben Moiré-Störungen in benachbarten Kanälen. Wegen den letzteren ist auch die Ausgangsselektivität der Kanalverstärker wesent-

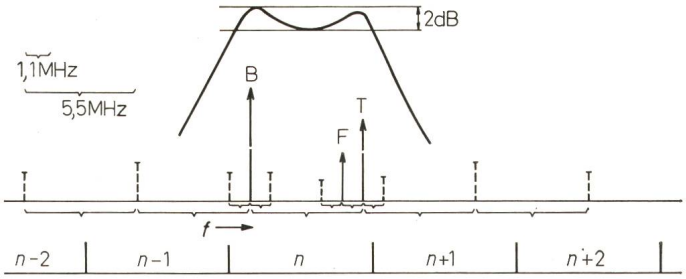

Fig. 9
Positionen störender Intermodulationsprodukte beim VHF-Kanalverstärker
B Bildträger; *F* Farbträger; *T* Tonträger; *n* Kanalnummer

lich. Im ganzen lässt sich die Intermodulationsfrage beim Beachten der oberen Grenzlinie der Schere und bei sorgfältiger Pegelung beherrschen wie beim Breitbandverstärker.

Das Bedenkliche bei der Serieschaltung vieler Kanalverstärker sind Amplituden- und Phasengang, besonders auch innerhalb des Farbkanals. Als abgestimmter Verstärker mit wünschbarer guter Selektion, das heisst steilen Flanken hat der Kanalverstärker eine Amplitudenkurve mit Bandfiltercharakteristik, also mit zwei Höckern und einer Einsattelung (wie in Fig. 9 angedeutet). Die linearen Verzerrungen addieren sich bei Serieschaltung. Billigt man beispielsweise der Amplitudenkurve eine Toleranz von 2 dB zu, so erhält man bereits nach fünf Verstärkern in der Mitte einen Trog von 10 dB, was untragbar ist. Ebenfalls verändert sich die Gruppenlaufzeit innerhalb des Farbkanals unzulässig.

Darüber hinaus ist bei Kanalverstärkern die Stabilität von Verstärkungsgrad und von den Frequenzgängen in bezug auf Temperatur und Alterung schwer zu beherrschen.

Aus diesen Gründen ist die Kanaltechnik für grössere Anlagen mit vielen Kanälen nicht geeignet.

4.5 Reflexionen im Leitungsnetz, Anpassbedingungen

Bei schlechter Anpassung an irgendeiner Stelle des Leitungsnetzes entstehen Reflexionen, die sich als störende Geisterbilder auf dem Bildschirm zeigen. Je nach den Kabeleigenschaften, den beteiligten Streckenlängen und der Schaltanordnung sind bestimmte Anpassbedingungen zu erfüllen, die sich genau berechnen lassen [3].

Als Beispiel soll der einfache Fall einer Kabelstrecke der Hauptleitung (Primärnetz oder Strecke) zwischen zwei Streckenverstärkern näher untersucht werden. In Fig. 10 ist zunächst der für die Bildqualität 2 erforderliche Echoabstand = Nutzspannung/Reflexionsspannung dargestellt.

$$\text{Echoabstand} = 20 \log \frac{U_N}{U_{r_x}}$$

Der erforderliche Echoabstand ist abhängig vom zeitlichen Abstand des Echos vom Originalbild. Für geringe Zeitabstände oder Verschiebungen des Echos nach rechts vom Originalbild benötigt man einen geringeren Echoabstand, der dann einem Endwert zustrebt. Dieser Endwert wird entsprechend Tabelle II mit 30 dB angenommen und wird bei etwa 10 µs oder ¼ der Bildbreite erreicht.

Das Nutzsignal U_N erreicht den Eingang des Verstärkers rechts auf der Schaltskizze. Entsprechend der durch die Rückflussdämpfung Ar_x angegebenen Fehlanpassung wird ein Anteil reflektiert, der nun rückwärts zum Ausgang des linken Verstärkers läuft, wo wieder ein Anteil reflektiert wird. Das Echosignal läuft jetzt als Mitfluss in gleicher Richtung wie das Nutzsignal und kann nicht mehr von ihm getrennt werden. Die erforderliche Echodämpfung muss am Eingang des rechten Verstärkers erfüllt sein. Wenn man die beiden Fehlanpassungen links und rechts als gleich annimmt, kann man diese sofort ausrechnen. Für eine bestimmte Strekke liest man die erforderliche Echodämpfung ab, zieht zweimal die Kabeldämpfung ab (das Echosignal durchläuft die Kabelstrecke zweimal) und halbiert das Resultat (zwei Reflexionsstellen sind beteiligt).

Dargestellt in Fig. 10 sind die so erhaltenen notwendigen Rückflussdämpfungen Ar_x bei 60 und 200 MHz für ein typisches Kabel mit einer Dämpfung von 3,7 dB/100 m bei 200 MHz. Der zweimalige Durchlauf der Strecke durch das Echosignal ist in der Darstellung berücksichtigt. Entsprechend des mit der Leitungslänge zunehmenden erforderlichen Echoabstandes und der zunehmenden Kabeldämpfung ergibt sich für jede Frequenz ein Maximum der erforderlichen Rückflussdämpfung oder eine ungünstige Streckenlänge, auf die man achten muss. Im angeführten Beispiel ist bei einer Strecke von ca. 120 m eine Rückflussdämpfung von 21 dB für die Frequenz 60 MHz notwendig. Beträgt die Strecke aber 500 m, so reduziert diese sich auf 10,5 dB, die Kabeldämpfung wirkt sich hier also sehr günstig aus.

Reflexionen im Leitungsnetz lassen sich durch richtige Detailplanung und -Dimensionierung vermeiden. Wenn sie auftreten, so sind sie vor allem bei der tiefsten Frequenz, das heisst im Kanal 2 sichtbar, weil hier die härtesten Anpassbedingungen zu erfüllen sind. Selbstverständlich muss auch das Kabel selbst strengen Bedingungen für interne Rückflussbedingungen genügen [3].

4.6 Anzahl der übertragenen Kanäle

Der Standard-VHF-Bereich enthält 11 Kanäle mit den Nummern 2...12, wie das bereits in Fig. 6 dargestellt wurde. Leider können nun benachbarte Kanäle infolge ungenügender Empfängereigenschaften nicht belegt werden.

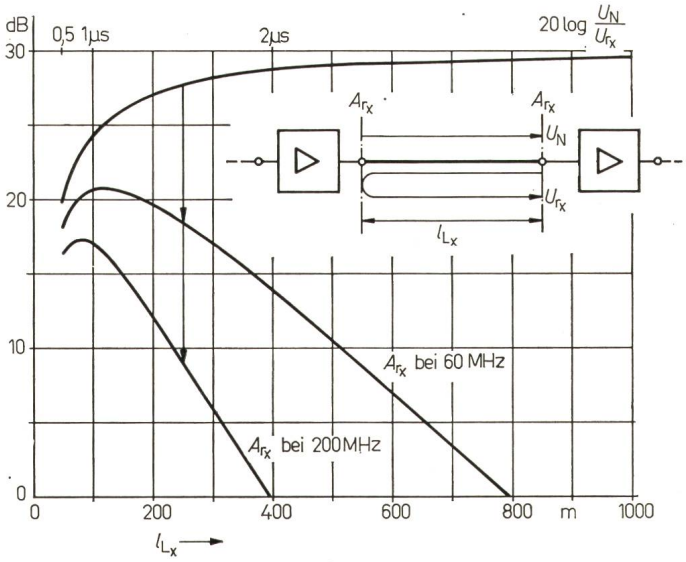

Fig. 10
Erforderliche Echodämpfung für die Bildqualität 2
Kurve 20 log U_N/U_{r_x}. Daraus abgeleitete Anpassbedingungen für ein Kabel mit 3,7 dB/100 m bei 200 MHz (Kurven A_{r_x})
l_{L_x} Leitungslänge; U_N Nutzspannung; U_{rx} Reflexionsspannung; A_{r_x} Rückflussdämpfung

Die Empfänger weisen erstens eine ungenügende Nachbarkanaltrennfähigkeit auf, es entstehen Störungen durch Nebensprechen und Intermodulation. Zweitens ist eine beträchtliche Rückspeisung der jeweiligen Oszillatorfrequenz von den Empfängern ins Verteilnetz vorhanden. Die Oszillatorfrequenzen für die Kanäle 5, 6 und 7 liegen nahe beim Farbträger der Kanäle 10, 11 und 12, das heisst Empfänger, die auf die Kanäle 5, 6 und 7 eingestellt sind, stören die Empfänger, die entsprechend auf den Kanälen 10, 11 und 12 arbeiten. Beide Umstände könnten anlagenseitig nur mit sehr grossem Aufwand korrigiert werden, so dass man vorläufig davon abgesehen hat, benachbarte Kanäle belegen zu wollen. Es verbleiben im klassischen VHF-System die Kanäle 2, 4, 6, 8, 10, 12, also 6 Kanäle oder Programme, gleich wie beim beschriebenen HF-System.

Ein System mit der Kapazität von nur 6 Kanälen lässt sich heute bereits nicht mehr verkaufen. Die europäischen Bauteilehersteller haben deshalb ihre VHF-Bandbreite bis auf 280 MHz vergrössert und, wie in Fig. 7 dargestellt ist, unten und oben an den Bereich III 11 weitere Kanäle angeschoben. Bei Vermeidung des Nachbarkanalbetriebes können auf diese Weise 12 Programme vermittelt werden [4].

In diese Betrachtungen muss nun auch der Empfänger einbezogen werden. Gegen den Gebrauch von Frequenzbereichen ausserhalb der Standardbereiche ist von seiten der PTT her wohl nichts einzuwenden, vorausgesetzt, dass die Verteilanlagen strahlungssicher sind. Dagegen ist es nicht denkbar, dass ein Empfänger zugelassen wird, der für andere als die dem Fernsehen zugeteilten Frequenzbereiche eingerichtet wäre. Der Teilnehmer könnte sonst andere Funkdienste abhören. Technisch wäre der unmittelbare Empfang der Zusatzkanäle allerdings einfach, denn mit den heutigen, diodenabgestimmten Tunern geht es ja im Prinzip nur um die Einstellung eines Regelwiderstandes. Der Autor hofft hier auf eine raffinierte Lösung der Industrie, die unter Umständen im Zusammenhang mit dem kommenden Koaxialeingang gefunden werden könnte.

Gegenwärtig werden zwei Lösungen diskutiert, einmal die Umsetzung der Zusatzkanäle auf den UHF-Bereich bei der letzten Verstärkerstelle oder dann die Vorschaltung eines Konverters vor jeden Empfänger. Die UHF-Version bedingt UHF-taugliche Stammverteilnetze, die Konverter-Version strahlungssichere Stammverteilanlagen.

Ein kleines Problem taucht noch beim Empfänger selbst auf, nämlich die Frage: Wo sind die 12 Drucktasten? Bei der UHF-Version ist die Montage einer zweiten Drucktastatur ohne weiteres denkbar, es sei denn, der Teilnehmer gebe sich mit der Drucktastenwahl von seinen bevorzugten 6 oder 8 Programmen zufrieden, die andern kann er ja jederzeit auch von Hand einstellen. Bei der Konverter-Version würde man die Zusatzkanäle auf dem Konverter wählen und beispielsweise immer auf den gleichen Kanal umsetzen, der dann einen Knopf auf der Empfängertastatur belegt.

Man kann nun verstehen, warum die Amerikaner trotz einigen Mühen auf ihren VHF-Kanälen den Nachbarkanalbetrieb durchführen. Sie haben ohne jede Änderung auf der Empfängerseite 12 Kanäle zur Verfügung, die mit dem altbewährten, 12stelligen Trommeltuner auch schaltbar sind. Es muss allerdings gesagt werden, dass die amerikanischen Frequenzpositionen bessere Voraussetzungen enthalten, als dies eben bei uns der Fall ist.

Wie steht es beim HF-System? Logischerweise schiebt man hier je einen Kanal pro Leitung oberhalb des bisherigen an. Dies bringt entsprechende Aufwendungen in der Kopfstation und ein weiterer voller Verstärkersatz mit allem was dazugehört.

Mehr als 6 Programme kosten mehr Geld. Trotzdem ist die Entwicklung zu vielen Kanälen nicht aufzuhalten. Die Bemerkung «ausbaubar auf 12 oder 24 Kanäle» in der Offerte nützt dem Bauherrn allerdings herzlich wenig, wesentlich sind zwei Punkte:

1. Welche Kanalkapazität weist das, oder Teile des offerierten Systems auf? und
2. Welches sind die zusätzlichen Kosten für den Vollausbau auf 12 oder 24 Kanäle?

4.7 UHF-Systeme

Die UHF-Verteilung im Stammleitungs- oder Tertiärnetz wurde bereits erwähnt. Für grössere Strecken ist UHF gegenwärtig noch zu teuer, denn die grösseren Leitungsdämpfungen erfordern grössere Verstärkerinvestitionen. Der UHF Breitbandverstärker ist erst im Kommen.

Als Beispiel für eine mehr als 6-Kanalanlage sei eine in Brüssel betriebene Anlage erwähnt, die in der letzten Ebene UHF verteilt [5]. Auf den langen Strecken kommt sie aber mit den Standard-VHF-Bereichen aus. Das Geheimnis dabei ist recht einfach, man hat kurzerhand zwei Kabel gelegt, das eine führt die ungeraden, das andere die geradzahligen Kanäle.

Es ist zu vermuten, dass eines Tages der UHF-Bereich auch für längere Kabelstrecken in Frage kommt, denn die Verstärkerentwicklung geht rasch vorwärts. Bessere HF-Transistoren, eventuell Feldeffekt-Typen (die eine bessere Linearität aufweisen) und die Integration der Verstärker bis zu 1000 MHz werden dazu beitragen. Nicht unwesentlich dabei ist die Verknappung der VHF-Frequenzen für andere drahtlose Dienste. So gibt es in den USA Stimmen, die das VHF-Fernsehen überhaupt aufheben möchten, während man in Europa gelegentlich an die Aufgabe des Bereiches I denkt.

Dem Koaxialkabel steht dagegen ein wachsender Frequenzbereich offen und damit eine grosse Zukunft im Unterhaltungssektor.

5. Blick in die Zukunft

Die Gemeinschaftsanlage als Bestandteil eines umfassenden Nachrichtennetzes

Verbindet man die Zentren mehrerer Gemeinschaftsanlagen, so entsteht ein Nachrichtennetz (Fig. 11). Das vorerst nur der Unterhaltung dienende Netz erreicht in den Bevölkerungszentren jede Wohnung. Denkt man an die bei weitem nicht ausgenützte Kapazität des Koaxialkabels, so drängt sich die Frage auf, ob nicht noch andere Dienste ihren Weg über dieses Kabel nehmen könnten. Der Vergleich des Unterhaltungsnetzes mit dem Telephonnetz ergibt einige wesentliche grundsätzliche Unterschiede. Der Telephonteilnehmer hat eine eigene Leitung zur Zentrale, er kann jeden andern Teilnehmer erreichen. Mit andern Worten, der Telephonteilnehmer ruft die Information ab, die er wünscht. Demgegenüber ist auf dem Unterhaltungsnetz der Informationsfluss einseitig. Auf der gemeinschaftlichen Leitung ist das ganze Angebot gleichzeitig vorhanden; der Teilneh-

mer richtet sich mit seinen Empfangsapparaten auf die ihn interessierenden Anteile ein.

Der einseitige Informationsfluss ist aber nicht eine Bedingung des Unterhaltungsnetzes. Betrachtet man die Belegung mit den Standard-Radio- und Fernsehbereichen (schraffierte Bereiche in Fig. 12), so findet man verschiedene nicht belegte Lücken, die weitere Informationen tragen könnten, unter Umständen auch in umgekehrter Richtung vom Teilnehmer zu einer bestimmten Zentralstelle. Im Zusammenhang mit verschiedenen Empfangsstellen und eigentlichen Zentralen, die auch als Programmquellen auftreten können, ist ein zweiseitiger Informationsfluss sowieso notwendig (angedeutet in Fig. 11). Zweckmässigerweise wird man ganze Frequenzbereiche in der umgekehrten Richtung übertragen,

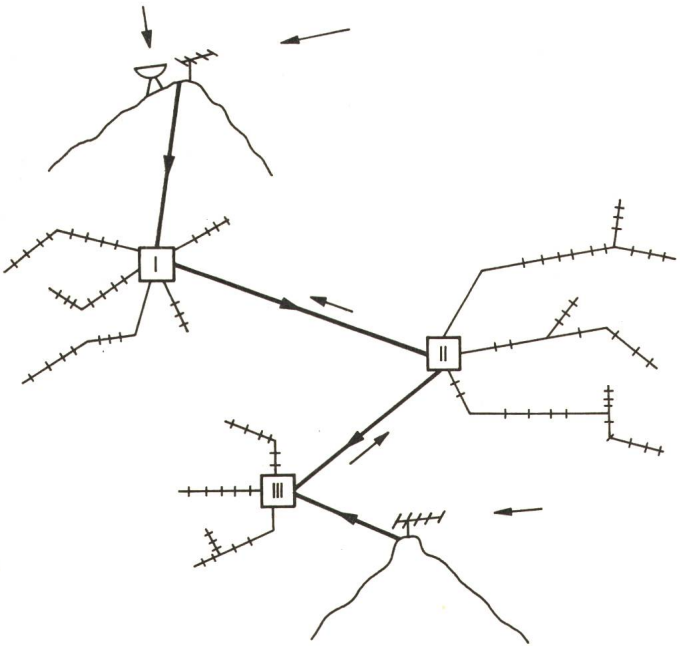

Fig. 11
Struktur des Unterhaltungsnetzes

um zu einer einfachen Konzeption der Verstärkerstellen zu gelangen (Fig. 12, unten).

Man wird in Zukunft die nachrichtentechnische Kapazität der Gemeinschaftsanlage und schliesslich auch ihre versorgungstechnische Bedeutung nicht übersehen dürfen. Der Autor glaubt, dass man die Gemeinschaftsanlage in den bevölkerungsdichten Gebieten in die eigentliche Versorgungs-

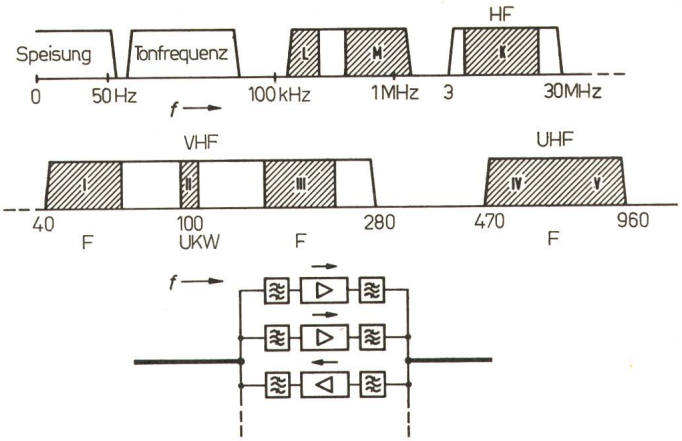

Fig. 12
Belegte (schraffierte) und freie Frequenzbereiche im Unterhaltungsnetz
Verstärkerstelle mit zweiseitigem Informationsfluss
f Frequenz; *F* Fernsehbereiche *UKW* FM-Radiobereich;
L, M, K Lang-, Mittel- und Kurzwellen-Radiobereiche

planung einbeziehen sollte, womöglich auch im Sinne der Frequenzökonomie. Will man höhere Frequenzbereiche wie zum Beispiel den 12-GHz-Bereich für die Programmverteilung benützen, so stösst man von der technischen Seite her zwangsläufig auf die Mitwirkung der Gemeinschaftsanlage. Dies gilt übrigens auch für das Satellitenfernsehen [6]. Der Vergleich des verdrahteten Unterhaltungsnetzes mit der Elektrizitäts- und Wasserversorgung liegt vielleicht näher, als man gemeinhin glaubt.

Literatur

[1] Empfehlungen und Richtlinien für die Erstellung qualitativ einwandfreier Rundspruch- und Fernsehempfangsanlagen. Bern, Schweiz. PTT-Betriebe, 1969.

[2] *H. Brand:* Empfehlungen und Richtlinien für die Erstellung qualitativ einwandfreier Rundspruch- und Fernsehempfangsanlagen. Techn. Mitt. PTT 48(1970)5, S. 186...196.

[3] *H. Brand* und *H. Hügli:* Möglichkeiten und Grenzen der Fernsehempfangstechnik. Reflexionen im trägerfrequenten Übertragungsweg. Techn. Rdsch. 61(1969)11, S. 33...37.

[4] *W. Hanfgarn:* Mehr als 6 Fernsehprogramme in Gemeinschaftsantennenanlagen. Radio Mentor Electronic 36(1970)2, S. 99...101.

[5] *J. W. Edens:* Nouveau système transistorisé de distribution à large bande pour les bandes métriques et décimétriques. L'Onde Electr. 48(1968)498, p. 813...823.

[6] *H. Licht:* Fernsehen über Mikrowellen, Satelliten und ausgedehnte Kabelnetze. Probleme der Empfangsantennentechnik. Radio Mentor Electronic 36(1970)5, S. 340...345.

Adresse des Autors:
H. Brand, dipl. Ingenieur, Generaldirektion der PTT-Betriebe, 3000 Bern.

Weitere Vorträge der 29. Schweiz. Tagung für elektrische Nachrichtentechnik folgen