Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 61 (1970)

Heft: 22

Artikel: Technik grosser Fernseh- und UKW-Verteilnetze

Autor: Borer, W.J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915996

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: 09.12.2025

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

Technik grosser Fernseh- und UKW-Verteilnetze

Vortrag gehalten an der 29. Schweiz. Tagung für elektrische Nachrichtentechnik am 26. Juli 1970 in Biel

von *W. J. Borer*, Zürich

3074-3090

621.396.743.029.6

Der Artikel zeigt, nach welcher Technik heute grosse farbtüchtige Fernsehverteilnetze aufgebaut werden, welche Probleme auftreten und wie sie zu beherrschen sind. Ein grösserer Abschnitt ist dem Breitbandverstärker gewidmet.

L'auteur montre la technique moderne des grandes installations urbaines de télévision en couleur, puis nous entretient des problèmes importants et l'expérience des grands réseaux de distribution de télévision VHF. Un chapitre détaillé est consacré à l'amplificateur à large bande.

1. Zum Material

Für die kollektive Lösung des Antennenproblems in einer Hausgemeinschaft, also für die Installation normaler Gemeinschaftsantennenanlagen besteht ein breites Angebot von Antennenverstärkern und Zubehör. Dieses Gemeinschaftsantennenmaterial ist wohl in recht ausgeklügelter Technik aufgebaut, aus preislichen Gründen aber eben so, dass es seine Aufgabe zur Versorgung kleiner Gebiete mit Fernsehen und Rundspruch gerade erfüllen kann.

Vergleicht man die in einem Antennenverstärker normaler Bauart etwa entstehenden Verzerrungen mit der Erkennbarkeitsgrenze (Tabelle I), so erkennt man, dass nicht mehr wie zwei solcher Verstärker in einer Reihe hintereinander betrieben werden dürfen. Die sich addierenden systematischen Amplitudenverzerrungen z. B. führen zu einer unzulässigen Einsattelung und Verschmälerung des Durchlassbereiches.

Man kann deshalb als Grossgemeinschaftsantennen- oder Ortsantennenanlagen alle Fernseh- und UKW-Verteilnetze ansehen, in denen mehr als 2 Verstärker in Serie angeordnet sind. An diese Bauteile müssen bezüglich Frequenzganglinearität, Stabilität und Lebensdauer besondere Anforderungen gestellt werden.

2. Der technische Aufbau eines grossen VHF-Netzes

Überall dort wo für den Empfang von Rundspruch und Fernsehen handelsübliche Radio- und Fernsehapparate eingesetzt werden sollen, arbeiten heute grosse Fernseh- und UKW-Verteilnetze auf der ganzen Welt nach dem sog. VHF-Breitbandsystem, also mit einem einzigen Hochfrequenzleiter. Diesem werden alle UKW- und Fernsehprogramme mit Frequenzmultiplex breitbandig überlagert. Dieses Verfahren ist auch für das geplante leitungsgebundene Betriebsfernsehen der städtischen Netze durch die schweizerische PTT vorgesehen. Das System lässt sich etwa für die Rückwärtsspeisung oder lange Zubringerstrecken mit Übertragungsanlagen auf andern Frequenzbereichen, z. B. unterhalb 40 MHz kombinieren. Den Aufbau eines VHF-Netzes zeigt Fig. 1. Die Grossgemeinschaftsantennenanlage besteht aus den folgenden Hauptteilen:

a) Antennenteil für UKW und Fernsehen;
b) Signalaufbereitungsanlage, auch Zentrale, Hauptverstärker oder Kopfstation genannt, wo die Signale verstärkt, allfällige UHF-Programme ins VHF-Band umgesetzt und sämtliche Signale auf ein einziges Koaxialkabel zusammengeschaltet werden;

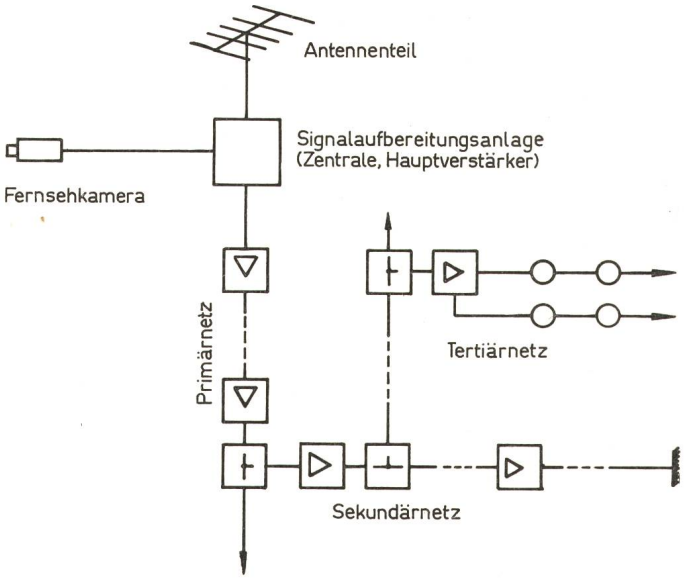


Fig. 1
Prinzipieller Aufbau eines grossen VHF-Verteilnetzes

c) Primärnetz mit den Folgeverstärkern, dem eigentlichen Zubringer;
d) Sekundärverteilnetz mit den Abzweigern und Verteilverstärkern für die eigentliche Breitenverteilung des Signals;
e) Tertiärnetz oder normale Gemeinschaftsantennenanlagen ohne Antennenteil. Zum Empfang benötigt der Abonnent hier ein Anschlusskabel, an welches er jeden handelsüblichen Radio bzw. Fernsehapparat anschliessen kann.

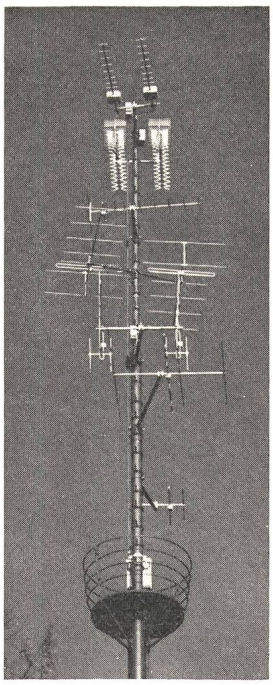
Typisch ist die Aufteilung des Verteilnetzes in drei Netzebenen. Das System arbeitet im Frequenzbereich zwischen 40...240 MHz, in breiter ausgelegten Netzen bis 290 MHz, und überträgt gleichzeitig über ein einziges Koaxialkabel ca. 13 Fernsehprogramme, sowie etwa 30 UKW-Sender. Jeder Leitungspunkt des Primär- und Sekundärnetzes kann als Antenne aufgefasst werden, mit der gewöhnliche Gemeinschaftsantennenanlagen, das sog. Tertiärnetz, nach der üblichen, nicht professionellen Technik versorgt werden können.

Verzerrungen und deren Erkennbarkeitsgrenze eines korrekt abgeglichenen Antennen-Kanalverstärkers

Tabelle I

	Verzerrungen	Zulässiger Wert
Amplitudengang	± 1 dB	± 1,5 dB
Frequenzgangfehler	2 %/100 kHz	3,5 %/100 kHz
Laufzeitverzerrung	20 ns/100 kHz	25 ns/100 kHz
Differentielle Verstärkung	± 3...5 %	± 15 %
Differentielle Phase	± 3...2 °	± 10 °

Fig. 2
Antennenteil für UKW und Fernsehen mit Servicekanzel



3. Anlageteile

3.1 Der Antennenteil

Der Vermessung des Standortes und der Auswahl der geeignetsten Fernsehantenne kommt eine hervorragende Bedeutung zu, die leider zu oft verkannt wird. Auf Grund seriöser, systematischer und zeitaufwendiger Messungen für jeden, für den Empfang in Frage kommenden Fernsehsender ist der beste Antennenstandort und der notwendige Antennentyp auszuwählen. Die Antennen für die Versorgung grosser Netze unterscheiden sich von den in kleinen Anlagen verwendeten Typen durch ihre besondere mechanische Festigkeit und einem abstimmbaren Überträger, der ein Stehwellenverhältnis von $s < 1{,}2$ garantiert.

Die elektrischen Kenndaten einer Antenne sind weitgehend unabhängig von Temperatur, Luftdruck und Feuchtigkeit.

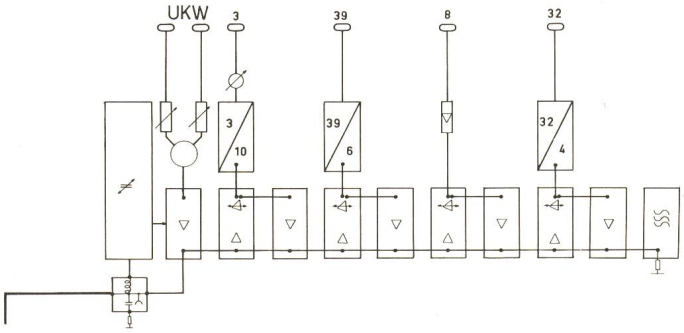


Fig. 3
Schaltbeispiel einer Signalaufbereitung

Hingegen ändert eine Vereisung diese Werte ganz beträchtlich. Die Änderung beruht auf der höheren Dielektrizitätskonstante des Eises; dadurch wird die Resonanz der Antennenelemente zu tieferen Frequenzen verschoben, und es ändern sich Strahlungswiderstand, Gewinn, Richtcharakteristik und Vor-Rück-Verhältnis. Diese wohl temporären, aber für ein grosses Verteilnetz unzumutbaren Einflüsse lassen sich durch Beheizung der Antenne oder durch Einschliessen des Dipols und möglichst des ihm nächstliegenden Direktors in ein Kunststoffgehäuse reduzieren.

Der Antennenmast trägt eine oder mehrere UKW-Antennen, jede für eine bestimmte Richtung, also für bestimmte Sender gedacht. Das drängt sich speziell für Stereoübertragungen auf, wo unverzerrte und etwa 10mal stärkere Signale gefordert werden müssen.

Zur Errichtung von Antennen ausserhalb der Siedlungen werden spezielle Antennentürme aus abgedunkeltem Schleuderbeton oder rostfreiem Stahlrohr aufgestellt (Fig. 2). Sie sind begehbar und tragen eine Servicekanzel. Gittermasten sind weniger beliebt: Sie sind auffällig und wartungsbedürftiger.

3.2 Die Signalaufbereitung

Die Antennensignale werden möglichst nahe des Antennenteils weiterverarbeitet. Dieser Aufgabe dient die sog. Signalaufbereitungsanlage oder Kopfstation (Fig. 3). Sie enthält alle notwendigen Elemente, um die aufgenommenen Signale von Störungen zu befreien, zu verstärken und zusammenzuschalten. Die getrennten Zuführungen der UKW-Antennen werden in der Signalaufbereitungsanlage in Verbindung mit UKW-Sperrfiltern kombiniert. Die Sperrkreise dienen dazu, die auf einer Antenne unerwünschten einfallenden UKW-Sender auszusperren. Die UKW-Sender werden in einem Bereichsverstärker gemeinsam verstärkt. Die Fernsehsignale werden wegen der Regelung und der Ausscheidung unerwünschter Nebenprodukte in Kanaltechnik, also für jedes Fernsehprogramm getrennt, aufbereitet. Durchgangsfilter und Verstärker müssen zur Unterdrückung von unerwünschten Fernsehnebenkanalsignalen hohen Anforderungen, bezüglich Steilheit und Konstanz genügen.

Die im Antennenteil empfangenen UHF-Fernsehprogramme werden zur Einspeisung in das Primärnetz ins VHF-Band umgesetzt, da ja eine UHF-Direktübertragung wegen der hohen Kabeldämpfung zur Zeit nicht in Frage kommt. Durch die Mischung und die Verwendung von Oberwellen der Quarzfrequenz entstehen im Ausgang unerwünschte Nebenprodukte, die ausserhalb der noch zu übertragenden Nutzfrequenzen liegen müssen. Darauf ist bei der Wahl der Umsetzung und der Übertragungskanäle zu achten. Statistische Messungen über längere Zeit zeigen, dass die Empfangsantennenspannung nicht konstant ist. Der Grund liegt im Ausfall aktiver Reservesender, in der Serieschaltung von Umsetzern, in der Leistungsschwankung der Sender, sowie in der Ausbreitungsabhängigkeit der Signale von Temperatur, Witterung und Bodenoberfläche. Es muss bei der Planung, insbesondere für Fernempfang, mit Pegelschwankungen von ± 10 dB gerechnet werden. Fig. 4 zeigt die Schaltung des HF-Regelteils in Kombination mit einem Kanalverstärker nach der Umsetzung bzw. der Vorverstärkung des Fernsehsignals. Der HF-Regelteil ist bei der CCIR-Norm auf den jeweiligen Bildträger, bei franz. Kanälen auf den amplitudenmodulierten Tonträger abgestimmt. Er besteht aus einem Regelstellglied und einem Regelverstärker. Das Antennensignal gelangt über das Regelstellglied mit einer regelbaren Durchgangsdämpfung von 6...24 dB auf den Eingang des Kanalverstärkers. Die beiden Ausgänge sind miteinander verbunden;

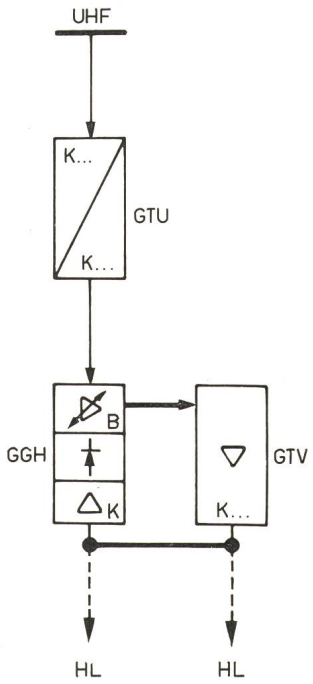
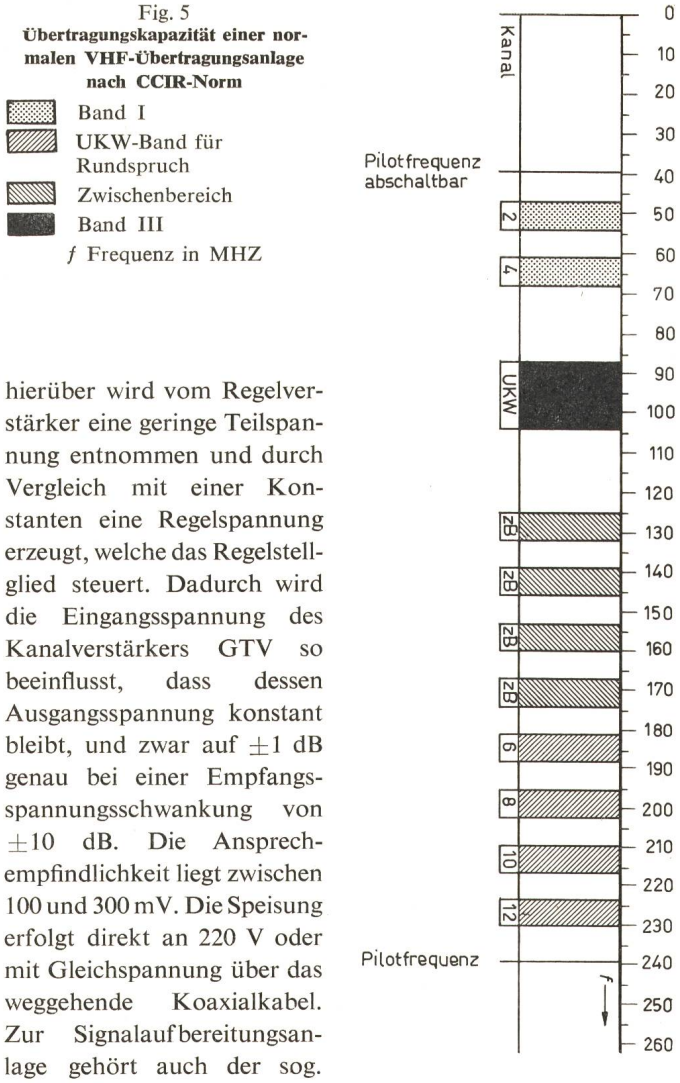


Fig. 4
Umsetzer (GTU), HF-Regelteil (GGH) und Kanalverstärker (GTV) kombiniert

Fig. 5
Übertragungskapazität einer normalen VHF-Übertragungsanlage nach CCIR-Norm



hierüber wird vom Regelverstärker eine geringe Teilspannung entnommen und durch Vergleich mit einer Konstanten eine Regelspannung erzeugt, welche das Regelstellglied steuert. Dadurch wird die Eingangsspannung des Kanalverstärkers GTV so beeinflusst, dass dessen Ausgangsspannung konstant bleibt, und zwar auf ±1 dB genau bei einer Empfangsspannungsschwankung von ±10 dB. Die Ansprechempfindlichkeit liegt zwischen 100 und 300 mV. Die Speisung erfolgt direkt an 220 V oder mit Gleichspannung über das weggehende Koaxialkabel. Zur Signalaufbereitungsanlage gehört auch der sog. Pilotfrequenzgeber zur Regelung der Breitbandverstärker, worauf später eingegangen wird.

3.3 Kanalbelegung

Wegen der beschränkten Trennfähigkeit und der Oszillatorstrahlung der Empfänger ergibt sich die Idealkanalkombination von 2 Kanälen im Band I, nämlich K 2 und K 4, sowie vier Kanäle, nämlich K 6, K 8, K 10 und K 12 im Band III. Es lassen sich also neben UKW, 6 empfängerkonforme Fernsehprogramme übertragen. Es ist nun sinnvoll, die Frequenzlücken zwischen UKW und Kanal 5 zur Erhöhung der Übertragungskapazität auszunutzen. Dabei muss allerdings auf Klirrprodukte zweiter Ordnung geachtet werden, welche in den Breitbandverstärkern entstehen. Bei der richtigen Wahl der Frequenzen können 4 zusätzliche Kanäle gewonnen werden. Auf dem in Fig. 5 dargestellten Frequenzbereich lassen sich dadurch 10 Fernsehprogramme übertragen. Es lässt sich immer so einrichten, dass von den 10 zu übertragenden Kanäle 4 im UHF-Bereich empfangen werden, die dann in den Zwischenbereich übertragen werden.

3.4 Transkoder

Bei Ortsnetzen im Strahlungsbereich der französischen Fernsehsender drängt sich natürlich ein Normwandler förmlich auf. In Gebieten, in denen der Mehrnormenempfänger üblich ist, wird die französische 819-Zeilen-Norm im Band III direkt übertragen. Das SECAM-Farbfernsehsignal der 2. Senderkette hingegen wird in einem Transkoder demoduliert, nach dem PAL-System kodiert und in einem VHF-Generator nach CCIR-Norm moduliert. Somit kann ein normaler PAL-Farbfernsehapparat auch das französische UHF-Farbfernsehen empfangen. Mit einigem Aufwand kann auch das Fernsehsignal der 1. französischen Senderkette in die CCIR-Norm umgewandelt werden. Dadurch sind Mehrnormengeräte überhaupt nicht mehr nötig. Fig. 6 zeigt eine Kopfstation in Gestellbauweise. In der Mitte rechts ist ein Schwarz-Weiss-Normwandler für das 2. französische Fernsehprogramm sichtbar.

3.5 Temperaturprobleme

Die Dämpfung eines in seinen Abmessungen und seinem Aufbau definierten Koaxialkabels ist abhängig von der Frequenz und der Temperatur. Die Temperaturabhängigkeit der Kabeldämpfung kann nur in kleineren Netzen vernachlässigt werden. Sie entsteht grössten Teils durch die Veränderung des spezifischen Widerstandes des Leitermaterials mit der Temperatur, zu einem kleinen Teil auch durch die Veränderung des Verlustfaktors des Dielektrikums. Der Temperaturkoeffizient eines Koaxialkabels beträgt etwa 0,2 %/°C. Bei grossen Leitungslängen muss diese Temperaturabhängigkeit selbst bei Erdverlegung des Kabels berücksichtigt werden. In Fig. 7 sind Luft- und Bodentemperaturen des kalten Winters 1962/63 und des warmen Sommers 1964 dargestellt. Es handelt sich um Messungen der Versuchsanstalt für Wasser- und Erdbau der ETH Zürich. Die Darstellung zeigt, dass die langsamen Saisonschwankungen mit zunehmender Tiefe abnehmen. In 78 cm Tiefe schwankt die Temperatur zwischen + 24 und — 3 °C, das ergibt gegenüber einer mittleren Temperatur von + 10 °C eine mittlere jährliche Abweichung von ± 13,5 °C.

Betrachtet man ein Kabel mit einer Dämpfung von 4 dB pro 100 m bei 230 MHz und eine Streckendämpfung von 200 dB bei der gleichen Frequenz, dann ergeben sich bei den gefundenen Grenztemperaturen folgende Dämpfungsänderungen:

	+ 24 °C	— 3 °C
40 MHz	+ 0,6 dB	— 3,5 dB
230 MHz	+ 1,6 dB	— 9,2 dB

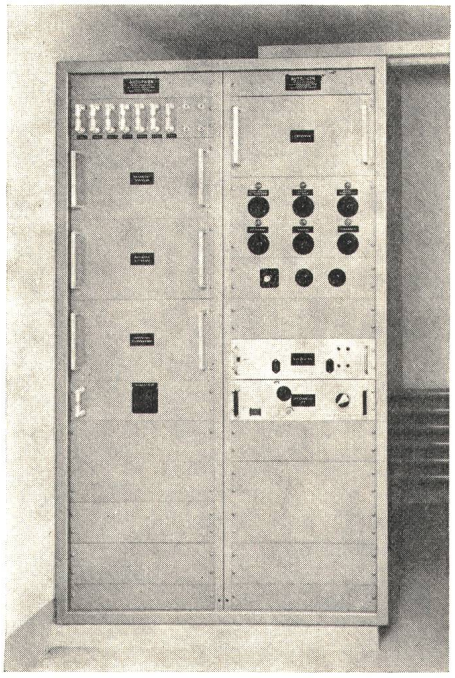


Fig. 6
Signalaufbereitungsanlage in der Ortsantennenanlage Lyss

Das Beispiel zeigt, dass die Temperaturunterschiede bei den oberen Übertragungsfrequenzen selbst bei Erdverlegung grosse Pegelschwankungen bewirken, die nicht toleriert werden können. Sie würden im Sommer zu höherem Rauschanteil, im Winter zu Kreuzmodulationen führen.

Die Pegelschwankungen bei einer bestimmten Frequenz lassen sich vermeiden, wenn die Übertragungsstrecke durch einen Pilotton geregelt wird, wie das in der Trägerfrequenztechnik üblich ist. In der Signalaufbereitungsanlage erzeugt ein Pilotgenerator mit Nachverstärker auf einer Frequenz von z. B. 240 MHz ein sehr konstantes, unmoduliertes Signal, das in das Primärnetz eingespeist wird. Der Pilotton duchläuft das ganze Primär- und Sekundärnetz und wird zur Regelung der Ausgangsspannung verwendet. Fig. 8 zeigt, dass die Nachregelung bei 230 MHz grösser sein muss als bei tiefen Frequenzen; denn die Temperatur bewirkt eine Veränderung der Steilheit der Dämpfungskurven des Kabels.

3.6 Der Breitbandverstärker

Der Breitbandverstärker wird als Stammleitungsverstärker bzw. Verteilverstärker des Primär- und Sekundärnetzes eingesetzt und muss aus technischen und preislichen Überlegungen über den gesamten Übertragungsbereich breitbandig sein.

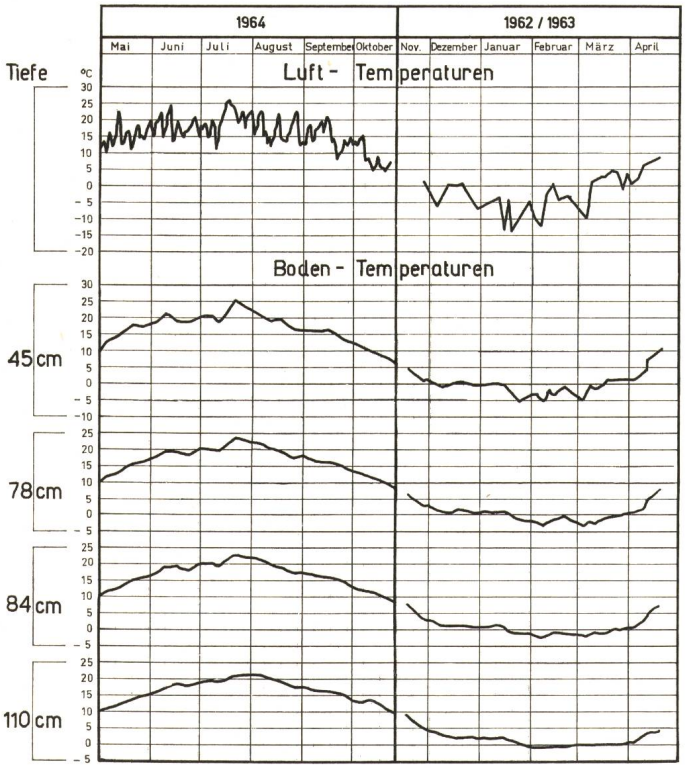


Fig. 7
Luft- und Bodentemperaturen
gemessen in einem Strassenprofil in Zürich

Der Aufbau eines Breitbandverstärkers für Ortsantennenanlagen soll am Beispiel der Fig. 9 und 11 erläutert werden. Ein Breitbandverstärker hat folgende Aufgaben:

1. Ausgleich des Spannungsabfalls auf dem vorausgehenden Kabelabschnitt durch gleichzeitige, möglichst lineare Verstärkung des ganzen Frequenzbereiches.
2. Entzerrung des Frequenzganges, um die frequenzabhängige Kabeldämpfung auszugleichen.
3. Regelung der Versorgungsspannung, da diese entlang des Koaxialkabels verschiedene Pegel aufweisen kann.

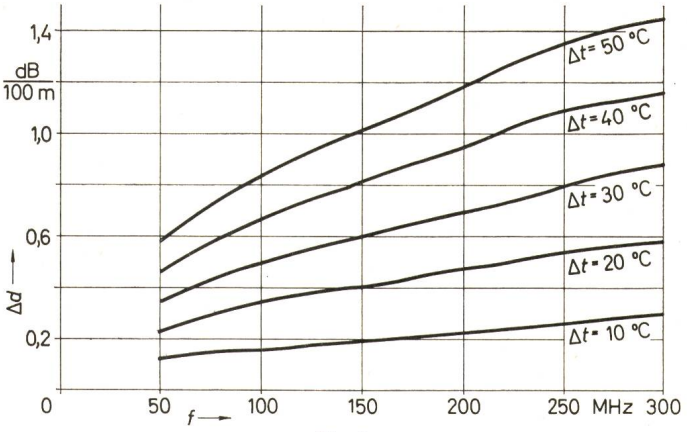


Fig. 8
Zunahme der Kabeldämpfung in Abhängigkeit der Frequenz und der Temperatur
Δd Dämpfungszunahme; f Frequenz
Δt Parameter

4. Regelung der Ausgangsspannung, um alterungs- und temperaturbedingte Dämpfungsänderungen auf dem Übertragungsweg auszugleichen.
5. Korrektur der frequenzabhängigen Dämpfungsänderung des Kabels durch automatische Anpassung der Entzerrung, also Veränderung der Neigung der Durchlasskurve mit dem Pilotton.

Der Verstärker enthält 12 Transistoren und 8 Dioden. Die Eingangssignale werden einem Eingangsverstärker mit einem Rauschmass von 11 dB und einer Welligkeit von $s<1{,}3$ zugeführt (Fig. 9). Die unterschiedliche, frequenzbedingte Dämpfung des Kabels wird durch eine einstellbar veränderliche Durchlasscharakteristik des Verstärkers ausgeglichen. Der Regelbereich beträgt bei 40 MHz, 18 dB. Der Entzerrerstufe folgen speziell linear ausgelegte Regel- und Kompetationsverstärker. Der Ausgang des Verstärkers wird über ein Einstellpotentiometer einem selektiven Pilotempfänger zugeführt. Dieser erzeugt damit eine signalabhängige Gleichspannung. Diese wird mit einer voreingestellten Referenzspannung verglichen. Die Differenz wird verstärkt und steuert die Verstärkung des Regelverstärkers derart, dass die Ausgangsspannung des Verstärkers innerhalb von $\pm 0{,}5$ dB und innerhalb einem Temperaturbereich von 80 °C konstant bleibt.

Um eine hohe Regelsteilheit zu erreichen, wird die Pilotfrequenz möglichst hoch gelegt, z. B. auf 240 MHz. Die temperaturbedingten Kabeldämpfungsänderungen sind aber bei 40 MHz geringer. Der hochgelegte Pilotton regelt deshalb die niedrigeren Übertragungsfrequenzen zu stark aus. Dem kann

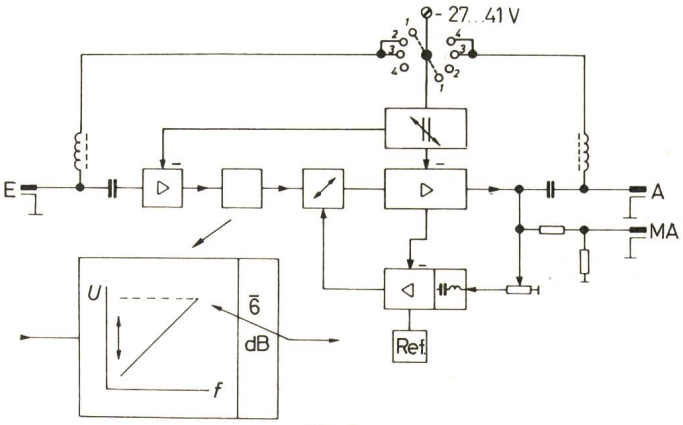


Fig. 9
Funktionsschaltbild eines Breitbandverstärkers
E Eingang; MA Messausgang; A Ausgang

durch Einsatz einer zweiten Pilotfrequenz im unteren Übertragungsbereich und Einsatz eines speziellen Kompensationsverstärkers begegnet werden. Eleganter aber wird die Regelung des Breitbandverstärkers so ausgelegt, dass sich der Frequenzgang der Pilottonregelung anpasst, dass also die Regelung nicht nur den Ausgangspegel der Pilotfrequenz fixiert, sondern dass die gleiche Pilotfrequenz auch die Neigung der entzerrten Durchlasskurve des Verstärkers verändert. So wird die der temperaturbedingten Kabeldämpfung zusätzlich überlagerte Frequenzabhängigkeit ausgeglichen. Diese einzigartige Regelung des gesamten Frequenzbereichs muss natürlich der Grunddämpfung des Koaxialkabels angepasst sein.

Die Pilotfrequenz von 240 MHz wird in der Signalaufbereitungsanlage durch einen Pilotgenerator von 40 MHz erzeugt. Durch die Übertragung dieser beiden Frequenzen lässt sich die Anlage rasch überprüfen und einpegeln. Ein- und Ausgang des Verstärkers sind durch einen trennbaren Tiefpass miteinander verbunden. Da die Trennstelle gleichzeitig Speisepunkt des Verstärkers ist, kann dieser entweder lokal oder über das Koaxialkabel vom Eingang oder Ausgang her gespeist werden. Der Verstärker ist mit einem eigenen Gleichspannungsregelteil ausgerüstet, der die Versorgungsspannung auf —24 V— herunterregelt. Der Verstärker nimmt 140 mA auf. Eine

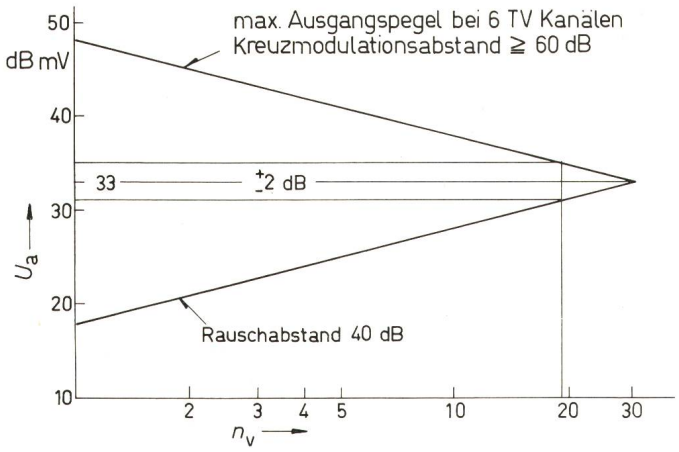


Fig. 10
Pegeldiagramm eines Verstärkers für die Erkennbarkeitsgrenzen der Kreuzmodulation und des Rauschens bei 6 TV-Programmen gleicher Pegel
(Kaskadeabilität)
n_v Anzahl Verstärker in Kaskade; U_a Ausgangsspannung in dB mV

automatische Kurzschlußsicherung mit einem Überstromabschaltpunkt von 165 mA ist eingebaut.

Es lässt sich nachweisen, dass die optimale Verstärkung eines Stammleitungsverstärkers zur Überbrückung einer möglichst grossen Distanz mit Hilfe eines bestimmten Kabels für eine bestimmte Übertragungsgüte bei 1 N liegt. Wirtschaftliche Überlegungen führen aber zu Verstärkungen von 24...26 dB.

Der Verstärker selbst ist temperaturkompensiert in einem Bereich von bis 80 °C. Ohne diese Kompensation würde die Verstärkung mit zunehmender Temperatur abfallen, und der Abfall wäre bei höheren Frequenzen grösser als am unteren Bandende.

Der Einsatzbereich eines Verstärkers wird anschaulich durch sein Pegeldiagramm (Schere) beschrieben (Fig. 10). Es zeigt den maximalen bzw. minimalen Ausgangspegel in Funktion der sog. Kaskadeabilität. Unter Berücksichtigung der Erkennbarkeitsgrenze für Kreuzmodulation und Rauschen muss

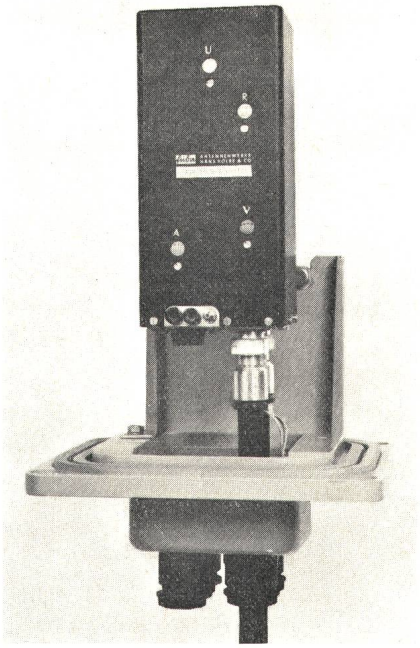


Fig. 11
Transistorisierter Breitbandverstärker ohne Gehäusekappe

der Ausgangspegel des Einzelverstärkers bei der gleichzeitigen Übertragung von 6 Fernsehprogrammen zwischen 300 mV und 9 mV pro Kanal liegen. Das Pegeldiagramm zeigt ferner, dass die theoretische Kaskadeabilität für 6 Programme bei 34 Verstärkern liegt, und dass die ideale Ausgangsspannung des Verstärkers pro Kanal 33 dB mV also etwa 40 mV beträgt.

Dieser Pegel kann dank der Regelung in der Signalaufbereitung und im Breitbandverstärker innerhalb von ± 2 dB gehalten werden. Daraus ergibt sich eine praktische Kaskadeabilität für 60 dB Kreuzmodulation und 40 dB Rauschen von etwa 20. Das ist für die meisten in der Schweiz vorkommenden Netze genügend und gleichzeitig ökonomisch. Dabei wird vorausgesetzt, dass der Fernsehton gegenüber dem Bildträger um

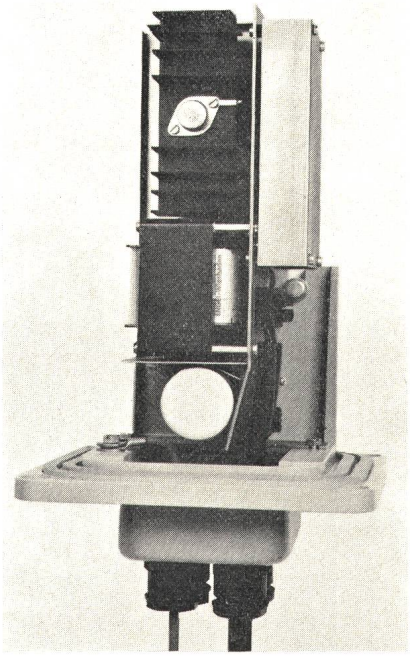


Fig. 12
Netzteil eines Breitbandverstärkers ohne Gehäusekappe

—10 dB abgesetzt ist. Die gleichzeitige Übertragung von UKW ergibt keine Verschlechterung für die Übertragungsqualität, wenn die Pegel nicht stärker sind als der Fernsehton. Aus gleichen Überlegungen wird die Pilotfrequenz gegenüber den Bildträgern um —6 dB abgesenkt.

Im Primärnetz geht es im allgemeinen darum, eine grosse Anzahl von Verstärkern hintereinander zu betreiben, also optimale Pegel einzuhalten. Im Sekundärnetz ist es üblich, höchstens 2 Verstärker hintereinander zu schalten. Der im Sekundärnetz eingesetzte Breitbandverstärker kann deshalb unter Beachtung des Pegeldiagrammes mit höheren Ausgangsspannungen betrieben werden.

In Fig. 11 ist ein Verstärker ohne Gehäusekappe abgebildet. Die für den praktischen Aufbau sehr zweckmässige Kabelzu- und -wegführung von unten ist gut sichtbar. Die Kabeldurchführung in der Gehäusewanne wird mit einer aushärtenden Zweikomponentenmasse vergossen. Die aufgesetzte Haube kapselt völlig dicht. Der Verstärker bedarf keiner Wartung und ist keinerlei Abnutzung unterworfen.

Das gleiche Gehäuse dient zur Aufnahme des Netzteils (Fig. 12). Es ist zur direkten Versorgung oder zur Fernversorgung unter Verwendung eines entsprechenden Einspeiseteiles

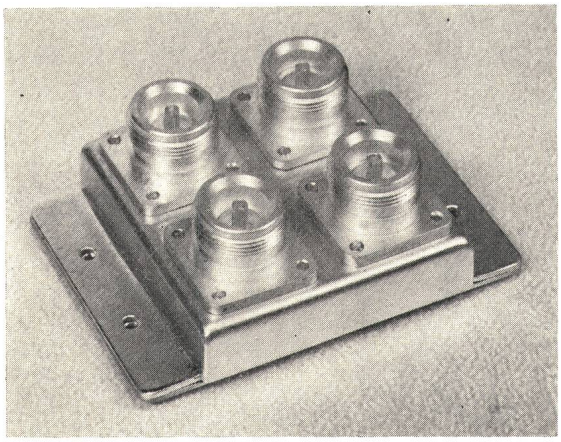


Fig. 13
Kommerzieller Leitungsverteiler für das Primär- und Sekundärnetz

über das Koaxialkabel geeignet und liefert maximal 1 A. Die Versorgungsspannung ist auf —41 V— elektronisch stabilisiert. Eine elektronische Sicherung schützt das Gerät bei sekundärem Kurzschluss. Das Netzteil ist thermisch so ausgelegt, dass die Betriebssicherheit bei Umgebungstemperaturen im Bereich von —25 bis +50 °C gewährleistet ist.

Solange zwischen den Verstärkern keine Verteiler und Abzweiger eingeschaltet werden, ist die Ein- bzw. Ausgangsanpassung der Breitbandverstärker an das Koaxialkabel unkritisch. Werden, wie das natürlich notwendig ist, Abzweiger eingefügt, so spielt die Anpassung eine leider immer wieder unterschätzte Rolle. Die Anpassung muss umso besser sein, je kleiner die spezifische Kabeldämpfung ist. Die in der Praxis auftretenden Fälle verlangen eine Eingangswelligkeit des Verstärkers von etwa 1,3. Das ist eine harte Bedingung für die grosse Bandbreite. Aber auch der Abzweiger selber, und sei er noch so sorgfältig aufgebaut, stellt wegen der endlichen Entkoppelung eine Stoßstelle dar. Fig. 13 zeigt einen kommerziellen Leitungsverteiler hoher Güte und Dichtheit, der dank seines kommerziellen Aufbaus unter Verwendung von HF-Steckern eine Anpassung von $s<1{,}1$ aufweist. Dieser Verteiler

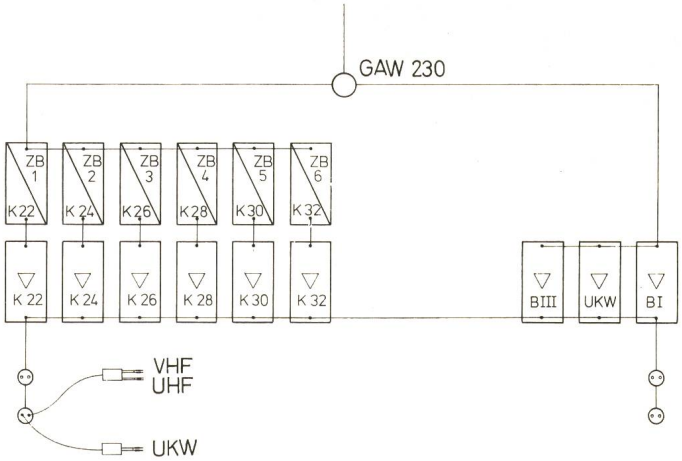


Fig. 14
Verteilverstärker mit Bereichsverstärkern für die Bänder I—III und Umsetzern für den Zwischenbereich

lässt sich bei Feuchtraummontage oder Erdverlegung in einem druckdichten Gehäuse unterbringen.

3.7 Das Tertiärnetz

In grossen Ortsnetzen ist das Tertiärnetz eine meist schon bestehende Gemeinschaftsantennenanlage, die natürlich angepasst werden muss.

Bei der Übertragung von nur 6 normalen Fernsehkanälen besteht die angepasste Verstärkeranlage aus 3 Verstärkern für die Bereiche Band I, UKW und Band III. Dabei handelt es sich wohl um volltransistorisierte aber nicht kommerzielle Bauteile. Es ist ja auch das letzte Glied in der Kette und es erfolgt keine Nachverstärkung mehr.

Besondere Probleme entstehen bei der Übertragung von mehr als 6 Fernsehprogrammen, da die dem Fernsehen ja nicht zugeteilten Zwischenbereiche nicht direkt empfangen werden können. Es ist deshalb üblich, den Zwischenbereich im Tertiärverstärker entweder kanalweise oder gemeinsam in den UHF-Bereich umzusetzen (Fig. 14). Damit ist angedeutet, dass das Tertiärnetz in bezug auf Material, Schaltung und Dämpfung UHF-sicher aufgebaut wird, das heisst zur direkten Übertragung von Frequenzen bis 790 MHz geeignet sein muss.

Eine andere Lösung besteht darin, dass der Tertiärverstärker ebenfalls echt breitbandig aufgebaut wird, und dass die Zwischenbereiche bei jedem Empfänger individuell in UHF umgesetzt werden (Fig. 15).

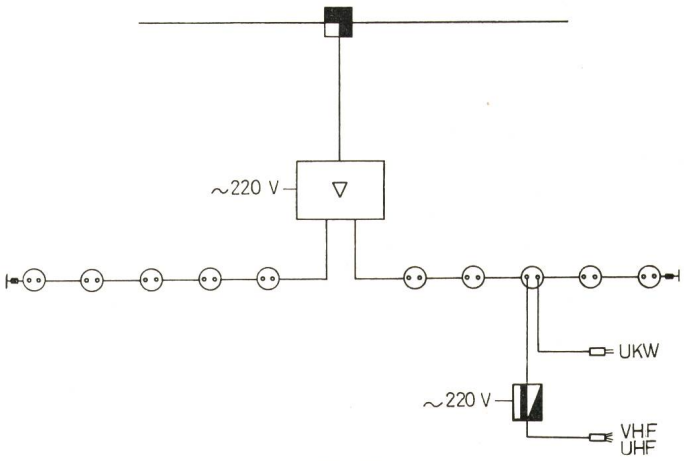


Fig. 15
Verteilverstärker in Breitbandtechnik und Empfänger-Konverter für den Zwischenbereich

Die Lösung ist aber problematisch wegen der Störstrahlung. Normale Gemeinschaftsantennenanlagen sind wenig dicht, und die Frequenzen des Zwischenbereiches nicht für das Fernsehen reserviert und geschützt.

Lang-, Mittel- und Kurzwellen können in der Nähe des Tertiärverstärkers durch Aufstellen einer Stab- oder Verlegen einer Langdrahtantenne aufgenommen und über einen LMK-Verstärker ins Verteilernetz eingekoppelt werden. Fig. 16 zeigt den praktischen Aufbau eines Tertiärverstärkers, bestehend aus den Bereichsverstärkern für Band I, UKW und Band III.

4. Mehr Kanäle

Das VHF-Übertragungssystem gestattet, im Bereich 40... 240 MHz die wirtschaftliche Übertragung von 10 Fernsehprogrammen. Es ist unbestritten, dass diese Kapazität schon bald zu klein sein wird. Beim heutigen Stand der Technik ist ein Ausweiten des Übertragungsbereichs bis in den UHF-Bereich hinein noch nicht wirtschaftlich realisierbar. Der Aufbau eines zweiten parallelen Kabelnetzes als Alternative würde die Übertragungskapazität wohl verdoppeln, aber sehr viel Geld kosten.

Eine für den heutigen Stand der Technik vernünftige Lösung besteht in der Ausweitung der oberen Übertragungsfrequenz bis 290 MHz. In ähnlicher Weise wie der Zwischenbereich zwischen UKW und Band III für die Übertragung verwendet wird, werden an das obere Bandende drei weitere nicht genormte Fernsehkanäle angeschlossen. Fig. 17 zeigt das Kanalraster des neuen, in Zukunft verwendeten Übertragungsbereiches. Bei der richtigen Wahl der Trägerfrequenzen können im Bereich zwischen 40 und 290 MHz 13 Fernsehprogramme und UKW übermittelt werden, ohne dass die Kabeldämpfung zu einer unwirtschaftlichen Grösse anwächst. Sollte der Markt dann mit der Zeit weitere Fernsehkanäle fordern, so wird die Technik bereit sein, auch diese Wünsche zu befriedigen.

Werden Verteilnetze unter Beachtung der skizzierten Gesichtspunkte geplant und gebaut, dann kann garantiert werden, dass der Empfang an der am weitesten entfernten Anschlussdose nicht erkennbar schlechter ist als an der Antenne.

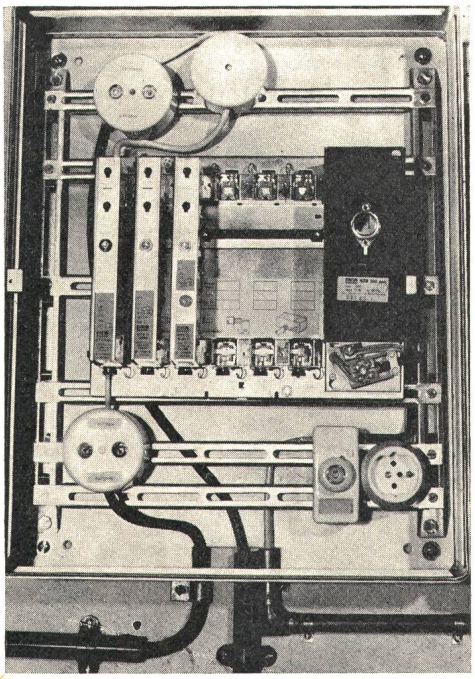


Fig. 16
Tertiärverstärker mit Bereichsverstärkern für die Bänder I—III

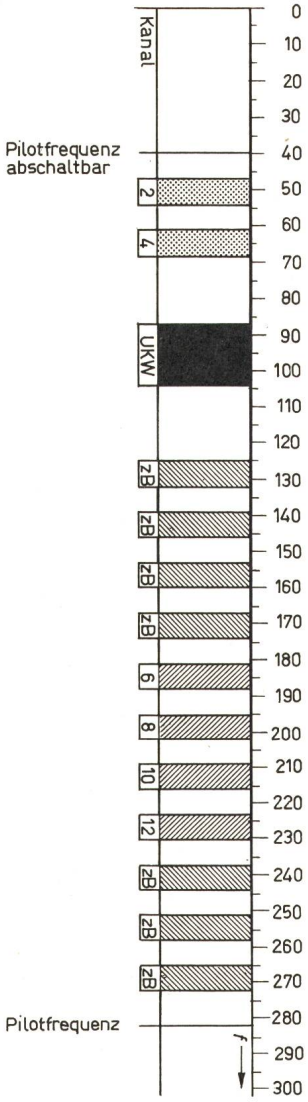


Fig. 17
Kanalraster im Übertragungsbereich 40...290 MHz
Bezeichnungen siehe Fig. 5

Literatur

[1] *S. Radike:* Antennen im Kundendienst. Stuttgart, Franckh, 1966.
[2] *W. Hanfgarn:* Mehr als 6 Fernsehprogramme in Gemeinschaftsantennenanlagen. Radio Mentor Electronic 36(1970)2, S. 99...101.
[3] *W. J. Borer:* Die Technik grosser Fernseh-Verteilanlagen. Radio TV Service 28(1968)99/100, S. 4112...4133.

Adresse des Autors:
W. J. Borer, El.-Ing., Stv. Direktor, Autophon AG, Huttenstrasse 66, 8006 Zürich.

Diskussionsbeiträge

Dr. P. Meyrat, Rediffusion AG, Zürich: Die heute übliche Verteiltechnik beruht auf einer breitbandigen Übertragung im VHF-Bereich. Diese Technik stellt heute ein wirtschaftliches Optimum dar für Verteilnetze bis zu mehreren tausend Anschlüssen. Die Grösse solcher Verteilnetze ist durch verschiedene Faktoren beschränkt, wie

a) Rauscheigenschaften der Verstärker;
b) Amplitudengang;
c) Regelgenauigkeit;
d) Intermodulation 3. Ordnung, üblicherweise Kreuzmodulation genannt;
e) bei der Übertragung von mehr als sechs Programmen auch Intermodulation 2. Ordnung.

Um diese Beschränkungen der Netzausdehnung zu umgehen, werden heute verschiedene Systeme vorgeschlagen, welche alle auf einer Herabsetzung der Übertragungsfrequenzen auf den Primärstrecken beruhen. Die Konsequenzen einer solchen Technik sind offensichtlich. Durch die tieferen übertragenen Frequenzen wird die Dämpfung der Kabel geringer, was grössere Verstärkerfeldlängen zulässt. Gleichzeitig wird jedoch die Übertragungskapazität der einzelnen Koaxialleitung verringert. Dies

führt zur Verwendung von Mehrfachkoaxialkabeln. Die Verringerung der Programmzahl auf der einzelnen Koaxialleitung und die tiefere Frequenzlage erlauben jedoch die Verwendung von bedeutend leistungsfähigeren Verstärkern, was die Verstärkerfeldlänge wiederum zusätzlich erhöht. Ein Zahlenbeispiel sei anschliessend aufgeführt.

In der Aufzählung von Beispielen für die Anwendung der erwähnten Technik seien nur die drei wichtigsten modernen Systeme erwähnt, welche heute in Anwendung stehen.

In den Vereinigten Staaten bieten heute mehrere namhafte Hersteller spezielle Verstärker an, welche für einen Übertragungsbereich unterhalb 100 MHz speziell geeignet sind. Die Dämpfung der Kabel reduziert sich für die oberste übertragene Frequenz damit um den Faktor von ca. 1,6. Die Verbesserung der Verstärkerausnützung ist aus den zur Verfügung stehenden Unterlagen zu wenig genau ersichtlich, weshalb über die Kaskadeabilität keine präzisen Angaben gemacht werden können. Die Verteilung der Signale erfolgt bei diesen Systemen nach einer Rückumsetzung wieder im VHF-Bereich.

In England geschieht die Übertragung einer grossen Programmzahl mit einem System, bei welchem für die Übertragung auf den Primärstrecken nur sehr tiefe Frequenzen — d. h. Frequenzen unterhalb 20 MHz — verwendet werden. Bei der neuesten Version dieses Systems führt von einer Zentrale aus zu jedem Teilnehmer eine individuelle symmetrische Leitung, ähnlich einem Telephonnetz (geschaltetes Netz). Die Wahl der Programme geschieht über einen dem Teilnehmer zugeordneten Wähler, welcher über diese Leitung angesprochen wird. Der

3066-3067

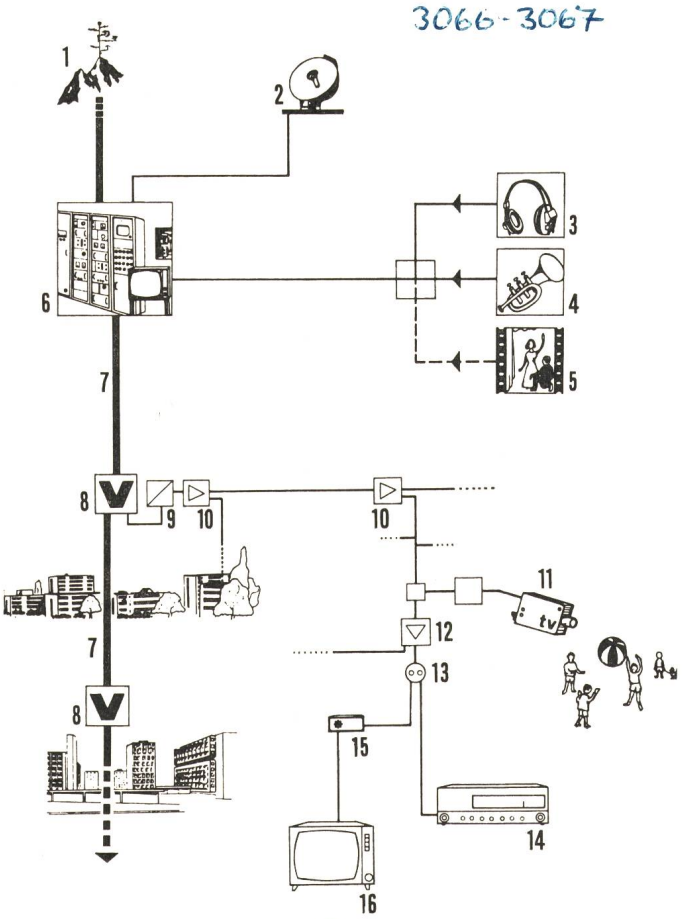


Fig. 1
Schema eines kombinierten HF- und VHF-Grossverteilnetzes für 12 Fernseh- und 30 Musikprogramme
1 Empfangsturm für Fernempfang; *2* Empfangsstation für Satellitenübertragung; *3* netzeigene Programmüberwachung und -zusammenstellung; *4* netzeigenes Tonstudio; *5* netzeigenes Fernsehstudio; *6* Kopfstation; *7* HF-Verteilschiene für Grossraumverteilung; *8* Primärverstärker; *9* HF-VHF-Umsetzer; *10* VHF-Linienverstärker; *11* Fernsehkamera, im Beispiel zur Überwachung von Kinderspielplätzen bei Grossüberbauungen; *12* Verteilverstärker; *13* Anschlussdose; *14* Radioempfänger; *15* Programmwähler für Empfang von 12 Programmen; *16* Fernsehempfänger

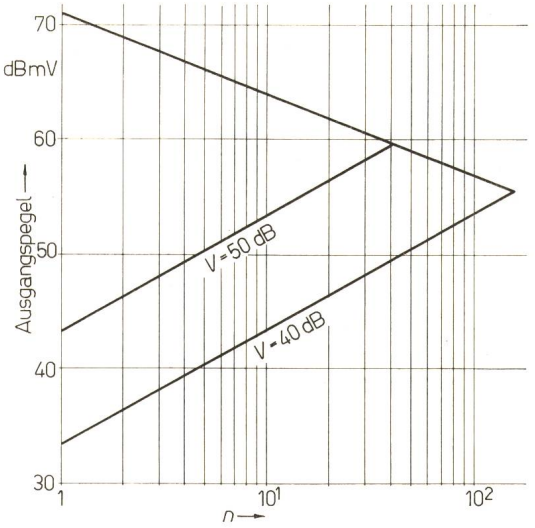


Fig. 2
Kaskadeabilitätsdiagramm eines geregelten Leitungsverstärkers für die Übertragung von zwei Fernsehprogrammen im Frequenzbereich 5...22 MHz
(Kreuzmodulationsabstand 52 dB, Rauschabstand 46 dB, Verstärkung 50 dB bzw. 40 dB, totale Kaskadeabilität 2000 dB bzw. 6000 dB)
V Verstärkung

Vorteil dieses Systems liegt in der praktisch unbegrenzten Kapazität des Verteilnetzes. Nachteilig wirkt sich indessen die Inkomptatibilität des Systems mit bestehenden Gemeinschaftsantennen aus.

In der Schweiz gelangt heute in grossem Umfang ein System zur Verwendung, bei welchem in sehr grossen Verteilnetzen die Programme auf den Primärstrecken im Frequenzbereich von 5...22 MHz übertragen werden. Das Prinzip ist schematisch in Fig. 1 dargestellt. In Zahlen ausgedrückt, ergeben sich dabei die folgenden Verhältnisse:

Bei einer Übertragung von zwei Fernsehprogrammen pro Koaxialtube liegt die Verstärkung eines einzelnen Verstärkers bei 50 dB. Die für Primärstrecken erforderlichen Störabstände erlauben eine Gesamtverstärkung von 2000 dB. Für eine Kaskadierung der Verstärker ergibt sich gemäss Fig. 2 ein Ausgangspegel von 1 V pro Programm bei einem Kreuzmodulationsabstand von 52 dB und einem Rauschabstand von 46 dB. Ein einzelner Verstärker erreicht unter denselben Bedingungen eine Ausgangsspannung von 3 V pro Programm. Die niedrige Dämpfung im übertragenen Frequenzbereich gestattet die Verwendung von relativ kleinen Koaxialtuben, wie z. B. das Kleinkoaxialkabel, Typ «Ballon» 1,2/4,4, mit einem Durchmesser des Aussenleiters von 4,4 mm. Mit einem solchen Kabel sind im beschriebenen System Verstärkerfeldlängen von 2 km möglich bei einer gesamten Systemlänge von 80 km. Eine Reduktion der Verstärkerfeldlänge um nur 20 % vermöchte die Systemlänge mit dem gleichen Kabel sogar um das Dreifache, d. h. auf zirka 240 km, zu vergrössern. Um die theoretische Kaskadeabilität auch praktisch nahezu zu erreichen, wird jeder einzelne Verstärker direkt nach den beiden übertragenen Trägerfrequenzen geregelt.

Die Verteilung der Fernsehprogramme geschieht im geschilderten System ebenfalls im VHF-Bereich nach der üblichen Technik. Solche Netze werden heute an verschiedenen Orten erstellt mit einer Kapazität von 12 Fernseh- und 30 Musikprogrammen. Eine Anwendung des beschriebenen Systems findet sich zum Beispiel in den grossen Regionalverteilnetzen Zürich und Umgebung sowie Bern und Umgebung, an welchen nebst grossen Teilen dieser Städte auch zahlreiche Gemeinden angeschlossen sind bzw. noch angeschlossen werden. Ende 1969 war die Zahl der durch diese Netze erschlossenen Wohnungen höher als diejenige sämtlicher übrigen Netze, welche unter die Konzession Typ II fielen.

Im industriellen Fernsehen nehmen heute alle drei der genannten Systeme einen nicht unwichtigen Platz ein, da die Signale im Vergleich zur direkten Videoübertragung infolge der wesentlich geringeren Bandbreite und der geringeren Störanfälligkeit speziell bei einer Übertragung über längere Strecken wesent-

lich leichter zu handhaben sind. Gegenwärtig wird zum Beispiel die Fernsehüberwachung eines grossen Nationalstrassentunnels, welcher demnächst in Betrieb kommt, nach der beschriebenen Technik ausgebaut.

H. Mamie, Videoelectric, Laufen: In den Vorträgen über Gemeinschaftsantennenanlagen wurden die Vorzüge der Breitbandtechnik verschiedentlich hervorgehoben. Hingegen gilt es nicht zu übersehen, dass die Kanaltechnik in der Praxis eigene Vorteile bietet, die nicht unbeachtet bleiben dürfen.

1. Durchlasskurve

Verstärker, die für die GGA-Technik entwickelt wurden, weisen nicht die Einsattelung von 2 dB in ihrer Durchlasskurve auf, wie das bei jedem Kanalverstärker für Kleinanlagen üblich ist. Mit einer besonderen Filtertechnik (Triplex), ohne konventionelle Weichen, werden Durchlasskurven innerhalb dem idealen Frequenzverhalten bis maximal ½ dB Abweichung abgeglichen. Ein spezielles Verfahren ermöglicht es in der Kanaltechnik, alle Verstärkerstationen in Kaskade abzugleichen, so dass von der ersten bis zur letzten Station alle Verstärker dem idealen Frequenzgang entsprechen. Dieses Messverfahren erlaubt es daher, alle Impedanzfehler, die sich im Verteilnetz zwangsläufig addierend aufbauen, voll zu kompensieren.

2. Vorteile der Kanaltechnik in Verteilnetzen

a) Verstärkung einer Station

Die heutigen Kanalverstärkerstationen liefern Verstärkungen bis zu 66 dB an zwei Ausgängen. Es können Ausgangsspannungen bis effektiv 4 V erreicht werden. Bei der Kanaltechnik wird jedes einzelne Programm durch automatische Regelung (kanalweise Netzspeisung und Verstärkung) autonom übertragen, die Pilotregelung entfällt. Die Programmanzahl, in der Breitbandtechnik reduziert sich die grösstmögliche Verstärkung mit jedem zusätzlichen Programm. Die relativ hohe Ausgangsspannung gewährleistet ein hohes Stör-Nutzspannungsverhältnis, so dass die Wirkung von Direkteinstrahlung ins Verteilnetz weit günstiger liegt als bei Breitbandanlagen.

b) Feldlängen und Kaskadierung

Die hohe Verstärkung ergibt sehr grosse Feldlängen an zwei Ausgängen. Daher lassen sich Antennenzuleitungen bis zu 2 km Länge ohne Zwischenverstärker aufbauen. Eine Kaskadierung bis zu 25 Verstärkerstationen ist zudem durchaus möglich.

c) Netzgestaltung

Es liegt auf der Hand, dass die Kanaltechnik mit viel weniger Verstärkerstationen auskommt, als dies bei der Breitbandtechnik der Fall ist. Dieser Faktor beträgt je nach Netzgestaltung 1:3 bis 1:4. Jede Anschlußstelle an einem Koaxialkabel birgt verschiedene störende Kriterien in sich. Diese umgeht man am einfachsten, indem man möglichst wenig solche schafft.

d) Einpegelung

Die Verstärkung eines Kanalverstärkers kann auf sehr einfache Weise mit einem Regler eingestellt werden. Die frequenzbedingte Einpegelung der Verstärkung an die Kabeldämpfung des Verteilnetzes kann daher kanalweise mit einem einfachen Antennenprüfgerät vorgenommen werden. Die aufwendige Einpegelung des Breitbandverstärkers über die ganze Bandbreite fällt also dahin.

3. Ausfälle und Service

Fällt ein Breitbandverstärker aus (einen ausfallsicheren Verstärker gibt es trotz der Transistortechnik noch nicht), so wird die Übertragung im ganzen nachfolgenden Verteilnetz unterbrochen. Bei der Kanaltechnik ist dasselbe nur für ein Programm der Fall. Der Abonnent kann also weiterhin fernsehen und nimmt die Störung in Kauf, auch wenn sie sich auf den ganzen Abend erstreckt. Daraus ist ersichtlich, dass die Breitbandtechnik spezielle Servicetechniker auf Pikett beansprucht, um volle «black outs» zu vermeiden. Es braucht nicht besonders betont zu werden, dass dies bei Quartier- oder Gemeindeanlagen bis zu 1000 Anschlüssen einen erheblichen Mehraufwand an Personal und Kosten verursacht. Die Störungsbehebung ist bei der Kanaltechnik allgemein weniger aufwendig und ist auch einfacher auszuführen.

4. Schlussfolgerungen

Die Kanaltechnik in Gemeinschaftsantennenanlagen hat bestimmte Vorteile gegenüber der Breitbandtechnik. Diese Vorteile wiegen sehr schwer in Anlagen, bei denen nicht vorausgesetzt werden kann, dass Servicetechniker ständig an Ort und Stelle sind, bei denen Reparaturen in erster Dringlichkeit von weniger geschultem Personal vorgenommen werden können, und in Anlagen, die schrittweise weiter ausgebaut werden sollen. Alle die erwähnten Bedingungen sind heute von grosser Wichtigkeit bei Empfangsanlagen von ganzen Stadtteilen oder von Kommunalanlagen. Technisch ist die Kanaltechnik der Breitbandtechnik zudem mindestens ebenbürtig.

Commission Electrotechnique Internationale (CEI)

Sitzungen des CE 9 und des CMT vom 1. bis 5. Oktober 1970 in Rom

Aus organisatorischen Gründen tagten das CE 9 und das CMT nicht anlässlich der Réunion Générale der CEI in Washington, sondern vom 1. bis 5. Oktober 1970 in Rom. Als Haupttraktanden wurden behandelt:

— Revision der Publikation 165 der CEI
Abnahmevorschriften von Triebfahrzeugen nach deren Übernahme und vor ihrer Inbetriebsetzung
— Überprüfung neu vom CE 9 in Arbeit zu nehmender Fragen
— Stand der Arbeiten der Arbeitsgruppe 4
Überarbeitung des Kapitels 30 (Elektrische Traktion) des Vocabulaire Electrotechnique International (VEI).

Die grösste Zeit nahm die Beratung der für die Revision der Publikation 165 eingegangenen Änderungs- und Ergänzungsanträge der verschiedenen Nationalkomitees in Anspruch. Die Vorschläge der UIC waren beim zur Diskussion stehenden Entwurf bereits eingebaut. Die Ergänzungsanträge des Schweizerischen Nationalkomitees wurden akzeptiert. Der so ausgearbeitete Text untersteht nun der 6-Monate-Regel.

Zur Ausarbeitung neuer Empfehlungen wurden Arbeitsgruppen gebildet. Sie werden Entwürfe erstellen für (die beteiligten Nationalkomitees sind in Klammer angegeben; das Nationalkomitee, welches das Sekretariat der Arbeitsgruppe übernommen hat, ist kursiv gedruckt):

— Stromabnehmer (*Italien,* Schweden, Holland)
— Fahrleitungen (*Italien,* Deutschland, Holland)
— Bewertung der Kommutation (*Frankreich,* Schweden, Polen, Deutschland, Schweiz)
— Elektrische und elektromagnetische Bremsen (*Holland,* Deutschland, Italien, Frankreich, Schweiz)
— Anwendung der Publikation 165 auf thermo-elektrische Triebfahrzeuge (*Frankreich,* Italien, Holland, Russland)
— Elektronik in Steuerstromkreisen von Triebfahrzeugen (*Schweiz,* Grossbritannien)
— Zulässige Temperaturen im Betrieb (*Frankreich,* Schweden, Deutschland, Polen, Holland).

Die Arbeiten sollten so geführt werden, dass bis 1972, dem Datum der Réunion Générale der CEI, auch das CE 9 zur Beratung der vorliegenden Entwürfe zusammentreten kann.

Die Arbeitsgruppe 4, Vocabulaire Electrotechnique International, Groupe 30, Traction électrique, empfiehlt für die 3. Auflage folgende Änderungen:

— Systematischer Aufbau in 8 Abteilungen zu je 10 Kapiteln mit je maximal 99 Begriffen statt bisher 3 Kapiteln. Numerierung in Einerschritt statt bisher Fünferschritt, mit 4 Ziffern statt bisher 7.
— Sodann wurden die Dimensionen und Grössen im Giorgi-System aufgeführt, französische und englische Wörter mit kleinen Anfangsbuchstaben versehen. Weniger geläufige Ausdrücke werden in Klammern beigefügt.

Die Sitzung des CMT bestätigte die Resultate der im CE 9 getroffenen Entscheidungen.

Anschliessend an die Sitzungen des CE 9 und des CMT wurden auf einer Fahrt zwischen Rom und Neapel die neuen Triebfahrzeuge der FS, Lok E 444 und ein Triebwagen mit Maximalgeschwindigkeiten bis 200 km/h vorgeführt. Beide Triebfahrzeuge wie auch das seit kürzerer Zeit eingeführte Sicherungssystem hinterliessen einen vorzüglichen Eindruck. *H. H. Weber*