

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 52 (1974)

Heft: 6

Artikel: untersuchungen an grossen Fernseh-Gemeinschaftsantennenanlagen

Autor: Roggli, Heinz

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-874763>

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: 19.02.2026

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

Untersuchungen an grossen Fernseh-Gemeinschaftsantennenanlagen

Heinz ROGGLI, Bern

621.397.621.22:621.396.67.001.4

Zusammenfassung. Mit der steigenden Bedeutung der Gemeinschaftsantennenanlagen zur Übertragung von Fernseh- und UKW-Rundfunkprogrammen ist die Frage nach einer einheitlichen Bewertung der bisweilen recht unterschiedlichen Übertragungseigenschaften aufgetaucht. Die PTT-Betriebe haben deshalb spezielle technische Grundforderungen ausgearbeitet, wobei diese zusammen mit geeigneten Messverfahren vorerst praktisch erprobt wurden. Eine insgesamt befriedigende Übereinstimmung zwischen Forderungen und Betriebswerten konnte festgestellt werden.

Essais sur de grandes installations d'antennes collectives de télévision

Résumé. Les installations d'antennes collectives destinées à transmettre les programmes de télévision et de radiodiffusion à ondes ultra-courtes prenant une importance sans cesse croissante, il s'agit d'apprécier de façon uniforme les caractéristiques de transmission jusqu'ici très différentes. C'est pourquoi l'Entreprise des PTT a élaboré des principes fondamentaux techniques spéciaux, qui ont tout d'abord été pratiquement essayés en commun avec des méthodes de mesure appropriées. Une concordance satisfaisante a pu être constatée entre les principes fondamentaux et les valeurs d'exploitation.

Indagini su grandi impianti d'antenne collettive per la televisione

Riassunto. Data la crescente importanza che vanno assumendo gli impianti d'antenne collettive nell'ambito della trasmissione di programmi televisivi e radiofonici su OUC, emerge sempre più impellente la necessità d'una valutazione uniforme della loro qualità di trasmissione, che, a volte, risulta abbastanza varia. Per questa ragione l'Azienda delle PTT ha elaborato esigenze tecniche basilari che, unitamente a procedure di misurazione appropriate, sono state messe alla prova in pratica. In generale si è constatata una concordanza soddisfacente tra le esigenze e i valori rilevati.

1. Einleitung

In den letzten Jahren ist die Bedeutung grosser Gemeinschaftsantennenanlagen zur Verteilung der schweizerischen und ausländischen Fernseh- und UKW-Rundspruchprogramme sehr stark gestiegen. Ende 1973 waren beispielsweise in der Schweiz ungefähr 800 Anlagen mit über 300 000 angeschlossenen Teilnehmern registriert. Dabei gehen laufend neue Projektanträge bei den zuständigen PTT-Stellen ein, und es wird kaum jemand die Tatsache übersehen, dass in absehbarer Zeit noch viele Anlagen erstellt werden. Diese Entwicklung führte bald zu verschiedenartigen Anlagekonzepten mit unterschiedlichen Übertragungseigenschaften, so dass sich die PTT-Betriebe, als Konzessionsbehörde, entschlossen, technische Richtlinien für die Erstellung und den Betrieb solcher Anlagen herauszugeben [1]. Eine hierfür gebildete Arbeitsgruppe hat aufgrund der bekannten Fernsehmesspraxis und anhand theoretischer Überlegungen spezifische Mindestforderungen für die Übertragungsqualität grosser Gemeinschaftsantennenanlagen ausgearbeitet.

Zweck und Ziel der vorliegenden Untersuchungen bestanden darin, einerseits geeignete Messverfahren praktisch zu erproben und andererseits realistische und geprüfte Forderungen herauszugeben. Dazu wurden insgesamt 11 in der Schweiz betriebene Anlagen eingehend untersucht. Dank der Bereitwilligkeit der privaten Besitzer und einer entgegenkommenden Haltung der Erstellerfirmen konnte dieses Vorhaben mit einem vertretbaren Zeitaufwand und verhältnismässig geringen Kosten durchgeführt werden. Dabei war mit einem Messteam von vier Mann ein durchschnittlicher Zeitbedarf von drei Tagen je Anlage erforderlich. Bei der Wahl der Anlagen wurde darauf geachtet, möglichst alle in der Schweiz vertretenen Firmen zu berücksichtigen, was aber wegen der grossen Zahl von Anlageerstellern nicht ganz zu verwirklichen war. Zur übersichtlichen Darstellung der Gesamtergebnisse sind die Einzelergebnisse grösstenteils zusammengefasst und statistisch ausgewertet worden. Wenn bei einigen Messungen Bezug auf die einzelnen Anlagen genommen wird, so geschieht dies mit Hilfe eines neutralen Kennbuchstabens.

2. Angewendete Messverfahren

2.1 Technische Grundforderungen

Die von den PTT-Betrieben ausgearbeiteten technischen Grundforderungen [1] enthalten im wesentlichen Toleranzwerte, bei deren Einhaltung eine Gemeinschaftsantennenanlage qualitativ einwandfrei sein sollte. Die Forderungen beziehen sich nebst einem allgemeinen Teil, der die Fragen der Frequenzbelegung sowie bestehender Störmöglichkeiten erörtert, vor allem auf die Übertragungsqualität. Die geforderten Betriebswerte müssen dabei dauernd eingehalten werden. Bei den vorliegenden Untersuchungen konnte aus Zeitgründen nur ein Teil der Grundforderungen überprüft werden.

2.2 Beschreibung einzelner Messverfahren

Eine ausführliche Beschreibung aller Messverfahren würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Es soll in erster Linie die Ermittlung der wichtigsten Anforderungen, wie Rausch- und Intermodulationsabstand sowie des Echoabstandes näher besprochen werden. Für weitere Messungen finden sich Angaben in [2], [3], [4]. Zur Durchführung der Messungen werden verschiedene Hochfrequenzmessgeräte benötigt, wobei der Aufwand hauptsächlich von den zu untersuchenden Eigenschaften und der gewünschten Messgenauigkeit abhängt. Der für die vorliegenden Untersuchungen benutzte Gerätepark entspricht einem Kostenaufwand von ungefähr 200 000 Franken, jedoch wurden diese Geräte aus einer bestehenden Laboreinrichtung bezogen. Immerhin lässt die Höhe des Betrages erkennen, dass für genaue Untersuchungen recht hohe Investitionen erforderlich sind. Diese lassen sich wohl noch reduzieren, wenn beispielsweise eine geringe Genauigkeit genügt, bedeuten aber dennoch eine kaum zumutbare Belastung für kleinere Betriebe. Diese Situation dürfte sich allerdings in den nächsten Jahren leicht bessern, da vermehrt preisgünstige Messgeräte für die Belange der Gemeinschaftsantennentechnik angeboten werden.

2.2.1 Messung des Rauschabstandes

Die Bestimmung des Rauschabstandes von Gemeinschaftsantennenanlagen bedingt ein Messverfahren, mit

dem der Absolutwert der effektiven Rauschspannung von der Bandbreite des betrachteten Systems abhängt. Für den Fall des Fernseh-Bild/Rausch-Abstandes muss daher mit einer Bezugsbandbreite von 5 MHz gerechnet werden.

Wird die Rauschspannung mit einem selektiven Hochfrequenz-Millivoltmeter gemessen, so ist der angezeigte Wert auf effektive Spannung an 5 MHz Bandbreite umzurechnen. Dies erfordert die genaue Kenntnis der Bandbreite des Messgerätes und der Abweichung zwischen Anzeige und Effektivwert.

Ist der Effektivwert der Rauschspannung bezüglich 5 MHz Bandbreite bestimmt, so lässt sich nach der Messung des Fernseh-Kanalpegels der Hochfrequenzrauschabstand ermitteln.

2.2.2 Messung des Intermodulationsabstandes

Zur Bestimmung des Intermodulationsabstandes von grossen Gemeinschaftsantennenanlagen kann grundsätzlich dasselbe Verfahren angewendet werden, wie es bei einzelnen Verstärkern benutzt wird. Dabei ist unbedingt zwischen Kanal- und Breitbandtechnik zu unterscheiden. Während Anlagen in Kanaltechnik nach der sogenannten «Umsetzer-Methode» zu messen sind, ist bei Breitbandanlagen nach der 3-Sender-Methode (DIN 45004) vorzugehen. Eine ausführliche Beschreibung aller bekannten Intermodulationsmessmethoden ist beispielsweise unter [4], [5] zu finden.

Bei Intermodulationsmessungen an Gemeinschaftsantennenanlagen müssen alle von der Anlage übertragenen Fernsehkanäle in der Kopfstation getrennt werden. Anstelle der Fernsehsignale sind die für die Messung erforderlichen Hochfrequenzgeneratoren anzuschliessen. Bei der Messung an grossen Anlagen können verschiedene Schwierigkeiten auftreten. Einmal darf bei den wenigsten Anlagen die automatische Regelung der Strecken ausgeschaltet werden, weshalb die Pilotfrequenzen auf der Anlage belassen werden müssen. Andererseits können bei Anlagen in Kanaltechnik die für die Intermodulationsmessung erforderlichen Signalpegel meist nicht der Messmethode entsprechend eingestellt werden, da sich die automatische Verstärkungsregelung auch hier kaum ausser Betrieb setzen lässt. In beiden Fällen sind Kompromisse zu schliessen, wobei meist trotzdem brauchbare Resultate erzielt werden.

Für Messungen an Breitbandanlagen sind verschiedene Vorgehen denkbar. Um aber möglichst rationell voranzukommen, wurde ein besonderes Verfahren gewählt. Dieses bestimmt jeweils nur auf zwei Frequenzen innerhalb des Übertragungsbereichs die Aussteuerungen (U_{A60}) für 60 dB Intermodulationsabstand. Die Frequenzen sind dabei möglichst auf den Anfang oder das Ende des Übertragungsbereiches zu legen (Fig. 1). Durch Ausmitteln der beiden Messergebnisse wird dann die zulässige Aussteuerung \bar{U}_{A60} gebildet, die nach Definition der Messmethode einer Aussteuerung mit zwei Fernsehkanälen entspricht. Anhand der Belegung der Anlage lässt sich nun durch Umrechnen eine praktische Aussteuerungsgrenze $U_{A(max.)}$ finden. Für die Umrechnung wird im vorliegenden Fall ein gemischt linear-quadratischer Zusammenhang angenommen.

$$U_{A(max.)} = \bar{U}_{A60} - 7,5 \log(C-1)$$

C Anzahl übertragene Fernsehkanäle

Die mit den Originalsignalen bestehende Verstärker-aussteuerung darf nun den gefundenen Grenzwert nicht überschreiten, da sonst sichtbare Intermodulationsstö-

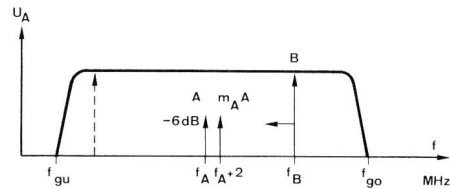


Fig. 1
Intermodulationsmessung an Breitbandanlagen

A, $m_A \cdot A$, B Messsignalkomponenten

$$f_A = \frac{f_{gu} + f_{go}}{2}$$

U_A Verstärker-Ausgangsspannung
 f_{gu}, f_{go} untere bzw. obere Grenzfrequenz

rungen auftreten. Andererseits kann bei einer bestehenden «Reserve» unter Berücksichtigung des Rauschabstandes festgestellt werden, wie weit sich eine bestimmte Strecke noch ausbauen lässt. Dieses Vorgehen hat sich bei den unter 3.7 beschriebenen Intermodulationsmessungen bewährt, obschon dabei das komplizierte Intermodulationsverhalten vieler kaskadierter Verstärker bei einer Belegung mit mehreren Kanälen nur näherungsweise erfasst werden kann.

2.2.3 Messung des Echoabstandes

Zur Bestimmung des Echoabstandes steht meistens kein spezielles Messgerät zur Verfügung. Es muss daher versucht werden, «videoseitig», also nach der Demodulation des betreffenden Signals, mit Hilfe eines Kathodenstrahl-oszillographen allfällig vorhandene Reflexionsanteile zu messen. Als Kontrollmöglichkeit bietet sich die subjektive Bildbewertung an.

– Messung mit Kathodenstrahl-oszillograph nach der Demodulation:

Laborversuche ergaben, dass mit geeigneten Testsignalen (\sin^2 -2T-Impuls oder 15-kHz-Rechteck) einzelne Echos bis zu 20 dB Abstand bei Laufzeit-Unterschieden $\geq 0,5 \mu s$ noch recht genau erfasst werden können. Für Abstände von 20...30 dB beträgt die Genauigkeit noch etwa ± 3 dB und darüber hinaus ist eine Bestimmung praktisch unmöglich (Störspannungen, Rauschen). Ebenfalls für Laufzeit-Unterschiede $\leq 0,5 \mu s$ wird die Messung sehr problematisch, da sich dann die Echos kaum mehr von allenfalls vorhandenen Überschwingamplituden unterscheiden.

– Subjektive Bestimmungen der Echostörung:

Bei schwierigen Bedingungen ist unter Umständen eine Messung mit dem Kathodenstrahl-oszillograph nicht mehr möglich. Hier bleibt vorläufig nur noch die Möglichkeit der subjektiven Störbewertung. Entsprechende ausführliche Erläuterungen sind beispielsweise in [3] zu finden.

3. Untersuchungen an verschiedenen Anlagen

Aus Zeitgründen erstreckten sich die Messungen je Anlage auf die Kopfstation sowie 2 bis 3 möglichst weit entfernte Punkte im Verteilnetz. Alle Messergebnisse wurden nach den untersuchten Messkriterien zusammengefasst und grösstenteils statistisch ausgewertet. Dieses Vorgehen war nötig, um die den Messungen zugrunde gelegte Zielsetzung zu erfüllen. Zur Darstellung der zwischen den einzelnen Anlagen bestehenden Unterschiede

ist für die Messpunkte ein einfacher Code verwendet worden. Die Anlagen sind dabei mit den Buchstaben A...K und die Messpunkte mit den Zahlen 1...4 bezeichnet. A3 bedeutet demnach: 3. Messpunkt der Anlage A.

3.1 Bildqualität

Die subjektive Bestimmung der Bildqualität wurde an einem 12-Zoll-Farbmonitor durchgeführt. Ein spezieller Fernseh-Mess- und Kontrollempfänger diente zur Demodulation der Hochfrequenzsignale. Als Bewertungsmassstab diente die CCIR-Skala mit 5 Noten.

Messbedingungen

Anzahl Beobachter:	3...5
CCIR-Qualitätsskala:	5 sehr gut
(New-Delhi, 1970)	4 gut
	3 ziemlich gut
	2 nicht befriedigend
	1 schlecht
Beobachtungsabstand:	6×Bildhöhe
Leuchtdichte von Weiss auf dem Bildschirm:	160 asb±51 cd/m ²
Leuchtdichte der Umgebung:	ca. 20 asb±6,4 cd/m ²
Bewertete Bilder:	Elektronisches Farbtestbild nach Figur 2 oder ähnliche Testbilder

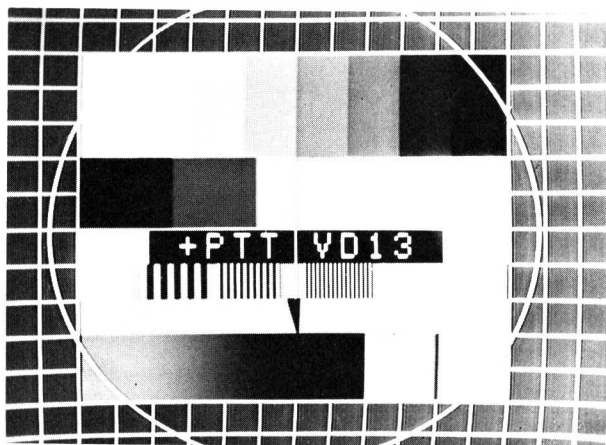


Fig. 2
Elektronisches PTT-Testbild

Bildbewertungen fanden sowohl auf der Empfangsseite (Kopfstation) als auch bei den Anlage-Messpunkten statt. Bewertet wurden alle «verteilten» Signale der CCIR-Normen B und G. Für die PTT-Betriebe ist jedoch nur wesentlich, dass die schweizerischen Programme mit guter Bildqualität übertragen werden. Die Auswertung der Bildqualität erfasst aus diesem Grund nur die Schweizer Sender.

Figur 3 zeigt die relative Verteilung der festgestellten Bildqualitäten.

Figur 3a erfasst die auf den Kopfstationen empfangenen Schweizer Kanäle. 88% der bewerteten Testbilder erreichen mindestens die verlangte Note 4,5. Die restlichen 12% weisen immerhin noch die Qualität 4 auf.

Figur 3b enthält die Verteilung der den Teilnehmern angebotenen Bildqualität. Hier erreichen 76,5% mindestens die geforderte Qualität 4. Die Noten 3,5 und 3,25 sind dabei noch mit 12,5% beziehungsweise 6,5% festgestellt worden.

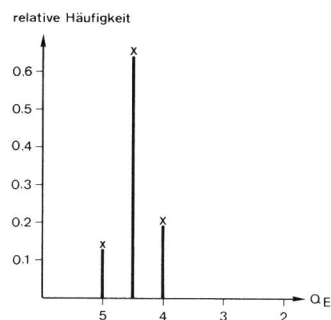
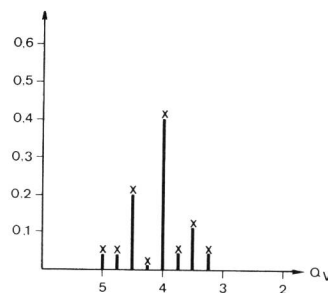


Fig. 3
Subjektive Bewertung der Bildqualität

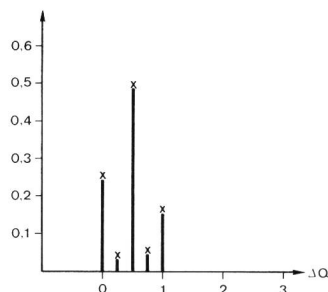
a) Empfangene Bildqualität Q_E

$$\bar{Q}_E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{Ei} = 4,5$$



b) Verteilte Bildqualität Q_V

$$\bar{Q}_V = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{iV} = 4,0$$



c) Verschlechterung durch Anlage ΔQ

$$\bar{\Delta Q} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta Q_i = 0,5$$

Figur 3c veranschaulicht schliesslich die Verteilung der durch die Anlagen entstandenen Bildqualitätsverschlechterungen. Die noch tolerierte Verschlechterung von einem halben Notenpunkt oder weniger war bei 78,2% der Schweizer Kanäle zu beobachten. Lediglich bei 16,2% der Signale ist die Qualität um einen ganzen Punkt herabgesetzt worden.

Die ermittelten Bildqualitäten liegen somit zum grössten Teil innerhalb der PTT-Forderungen [1] und bestätigen diese weitgehend.

3.2 Pegelung der Verteilanlagen

Eine genaue Untersuchung jedes einzelnen Verstärkers der Verteilanlagen wäre aus Zeitgründen nicht durchführbar gewesen. Die Betrachtung der Verteilanlage als Einheit, wie dies auch für die technischen Grundforderungen ver-

einfachend angenommen wurde, erlaubt immerhin eine Aussage über die Pegelverhältnisse am Ausgang des letzten Verstärkers (Stammverstärker) der gemessenen Verteilstrecke. Die nachfolgende *Tabelle 1* gibt Auskunft über bestehende Forderungen und die festgestellten Abweichungen. Die Pegeldifferenzen wurden mit Hilfe nachstehender statistischer Methoden ausgewertet.

Tabelle 1 Pegelunterschiede am Verstärkerausgang

	Forderung gemäss [1] Beilage A	Messwerte (dB) Durchschnitt \bar{x}	Standard- abw. s
Tonabsenkung	max. 16 dB	12	4,5
Unterschiede Bd. I	max. 5 dB	3	3
Unterschiede Bd. III	max. 5 dB	5	2,8
Unterschiede Bd. I+III	max. 10 dB	6,2	5,5
mittl. UKW-Absenkung	keine Forderung	15,6	4,9

$$\text{Durchschnitt der Stichprobe: } \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$\text{Standardabweichung: } s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Die Tabelle zeigt eine recht gute Übereinstimmung zwischen den Forderungen und den Betriebswerten. Einzig die Pegelunterschiede im Bereich III werden nur gerade von 50% der Messpunkte erfüllt. Allerdings ist hier einschränkend zu bemerken, dass diese nicht beim Teilnehmer, sondern direkt am Ausgang der Stammverstärker gemessen wurden. Im Bereich III sind bis zum Teilnehmer «Verschiebungen» der gemessenen Pegel von bis zu 4 dB möglich. Diese treten als Folge der frequenzabhängigen Kabel- und Auskoppeldämpfung der Dosen auf. Die festgestellte mittlere UKW-Absenkung beträgt 15,6 dB, wobei ein Wert von 20 dB vielfach als ideal bezeichnet wird.

Figur 4 zeigt die arithmetischen Mittelwerte der gemessenen Kanalpegel ($U_{A(\text{Betrieb})}$) für die jeweiligen Verstärker der Messpunkte. Die durchschnittliche Aussteuerung aller Breitbandanlagen liegt bei $\bar{U}_{A(\text{Betrieb})} = 97,5 \text{ dB}\mu\text{V}$. Mit Ausnahme der Kanalverstärker (Messpunkte E1 und E2) befinden sich alle Betriebspegel im Bereich 86...107 dB μV .

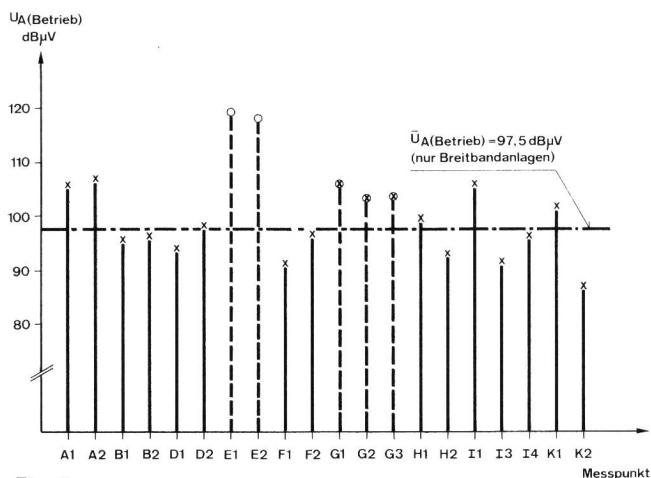


Fig. 4
Aussteuerung der Stammverstärker

- × Breitbandanlagen
- Anlagen in Kanaltechnik
- gemischte Anlagen

Figur 5 zeigt die an einem bestimmten Verstärkerausgang mit einem Spektrumanalysator gemessenen Pegel.

3.3 Dämpfungsverzerrungen innerhalb des Fernsehkanales

Der Amplitudenfrequenzgang von Breitbandanlagen ist innerhalb der Bandbreite eines Fernsehkanals vernachlässigbar klein. Wenn trotzdem die verteilten Signale im Bereich des Farbträgers einen Dämpfungseinbruch aufweisen, so ist hierfür die Empfangsseite (Kanalaufbereitung in der Kopfstation) verantwortlich. Anlagen in Kanaltechnik neigen dagegen infolge der viel geringeren Bandbreite eher zu Dämpfungsverzerrungen.

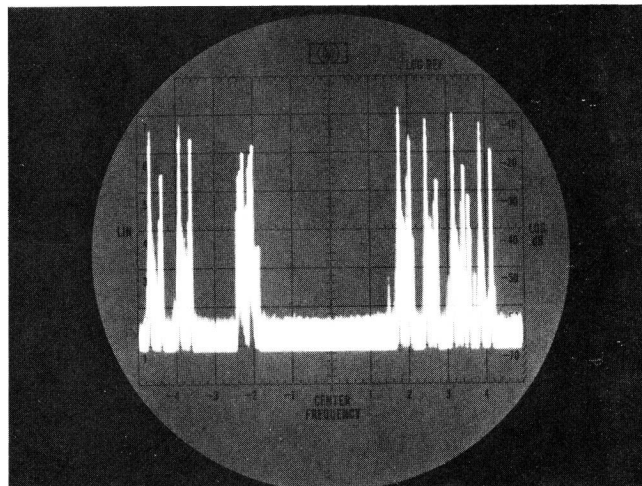


Fig. 5
Spektrumanalysator-Aufnahme

$$\begin{aligned} f_{\text{center}} &= 140 \text{ MHz,} \\ \Delta f &= 20 \text{ MHz/Div.} \\ U_{\text{ref.}} &= 100 \text{ dB}\mu\text{V} \end{aligned}$$

Figur 6 veranschaulicht die statistische Erfassung der mit dem Multiburstsignal gemessenen Dämpfungsverzerrungen. Die Darstellung enthält den mittleren Amplitudenfrequenzgang (\bar{A}) sowie die Streuung s. Diese Werte wurden gemäss der in 3.2 angeführten Formeln ermittelt.

Beim Betrachten der Mittelwerte fällt auf, dass der Amplitudenfrequenzgang (\bar{A}_T) der angebotenen Signale stetig abfällt und beim Farbträger 3,8 dB erreicht.

Die technischen Grundforderungen [1] verlangen im Bereich des Farbträgers einen Wert $\leq 6 \text{ dB}$. Bei vorausgesetzter Normalverteilung der Messwerte wird diese Forderung von etwa 72% der gemessenen Signale erfüllt.

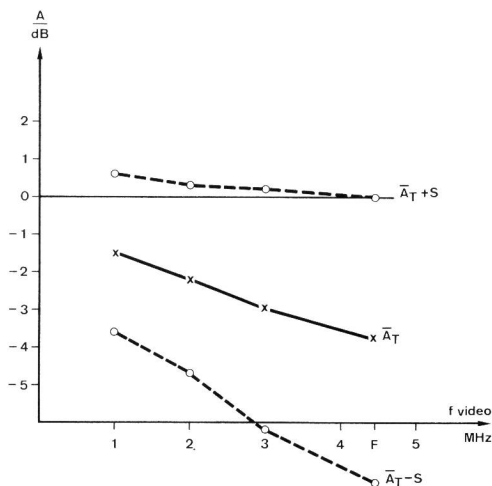
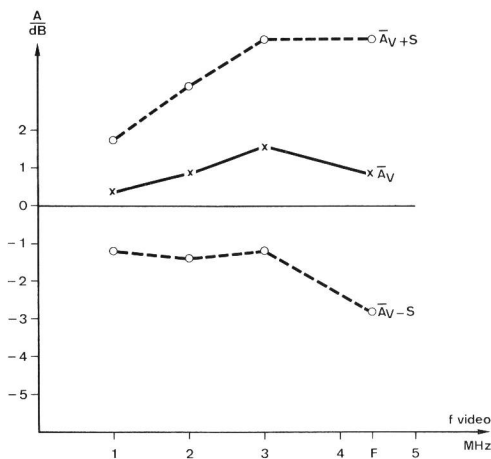


Fig. 6a
Dämpfungsverzerrungen innerhalb des Fernsehkanales
Verstärkerausgang, A_T Verzerrung beim Teilnehmer



6b Dämpfungsverzerrung innerhalb des Fernsehkanals
Verteilanlage, A_V Verzerrung der Verteilanlage

Der Mittelwert der Verteilanlagen (\bar{A}_V) verläuft leicht ansteigend und weist im Bereich des Farbhilfsträgers eine Anhebung von 0,85 dB auf. Die relativ grosse Streuung ($s = 1,5 \dots 3,5$ dB) ist zum Teil wegen Miteinbezug der Anlagen in Kanaltechnik und der gemischten Anlagen entstanden. Zudem wurden bei den Breitbandanlagen die am Ausgang der Kopfstation vorhandenen Kanalverstärker zur Einspeisung der Messsignale benötigt und demzufolge mitberücksichtigt.

Figur 7 zeigt die Aufnahme eines extrem schlechten Frequenzganges, wobei der Farbträgerabfall ungefähr 10 dB beträgt.

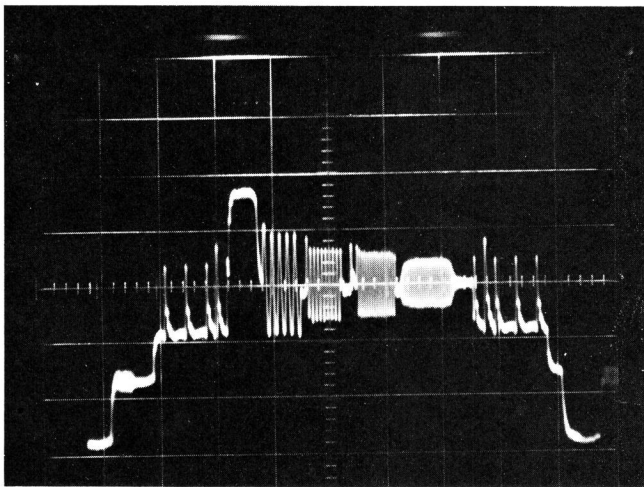


Fig. 7
Multiburstsignal bei extrem schlechtem Frequenzgang

Besondere Messungen des Amplitudenfrequenzganges zwischen Bild- und Farbträger mit dem 20T-Prüfimpuls ergaben für die Verteilanlagen eine mittlere Anhebung von 1,1 dB bei einer Streuung von $s = 4$ dB. Diese Werte zeigen somit eine gute Übereinstimmung zu den Messungen mit dem Multiburstsignal.

3.4 Gruppenlaufzeit

Eine genaue Messung des Gruppenlaufzeit-Frequenzganges wäre im Rahmen des Messprogrammes zu aufwendig gewesen. Es blieb einzig die Möglichkeit, mit Hilfe des getriggerten 20T-Testsignals die Gruppenlaufzeitunterschiede zwischen Bild- und Farbträger festzustellen. Als Nachteil muss eine verhältnismässig hohe Messunsicherheit in Kauf genommen werden (etwa ± 15 ns).

Dabei konnten in einem Einzelfall sehr grosse Verzerrungen festgestellt werden, die wie Figur 8 zeigt, zu einem starken Überspringen des 2T-Impulses führten.

Forderungen für Verteilanlagen gemäss [1]

$$\tau_g \leq 50 \text{ ns}$$

Ergebnis der 20T-Impuls-Messung:
(statistisch ausgewertet)

$$\tau_g = 35 \text{ ns}, (s = 43 \text{ ns})$$

Das Messergebnis zeigt, dass die Forderung auf über 50% der untersuchten Strecken eingehalten wird.

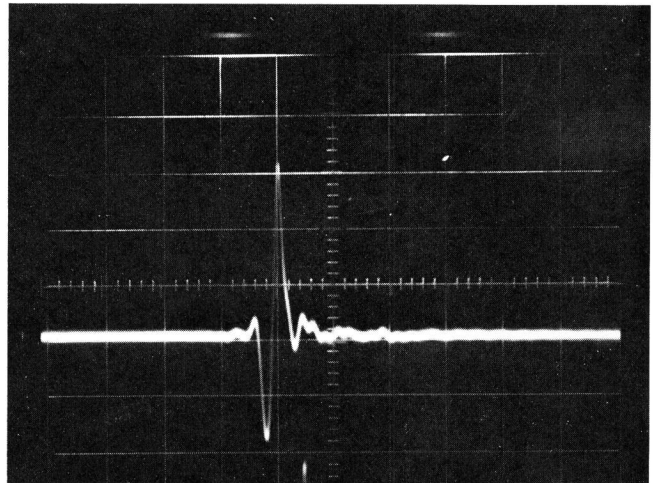


Fig. 8
2T-Impuls mit starkem Überspringen

3.5 Echoabstand

Die mit dem Kathodenstrahloszillograph gemessenen Echoabstände sind unter Angabe der zugehörigen Bildqualität in eine Darstellung mit aus früheren Laborversuchen entstandenen Kurven (Bildqualität in Funktion des Echoabstandes [3]) eingetragen.

In Figur 9 sind, abgesehen von zwei Doppelechos (mit ausgezogener Linie verbundene Punkte), nur Einzelechos beobachtet worden. Die eingetragenen Punkte zeigen eine ungefähre Übereinstimmung mit den früheren Messungen. Der grösste Teil der Punkte liegt jedoch ungefähr einen halben Notenpunkt über den Laborkurven. Diese Feststellung lässt den Schluss zu, dass die Reflexionsmessungen mit dem Kathodenstrahloszillograph eher etwas zu günstig ausfallen.

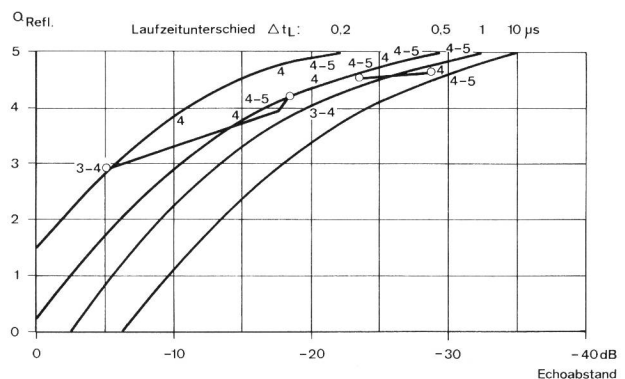


Fig. 9
Beobachtete Reflexionssignale

○ Einzelechos
○—○ Doppelechos

3.6 Hochfrequenzrauschabstand

Von den verschiedenen Messungen zur Erfassung des Rauschabstandes haben sich nur zwei als genügend exakt erwiesen.

Figur 10 zeigt die Messergebnisse der Selektivmessung und zusätzlich einige Kontrollpunkte der ebenfalls durchgeführten Substitutionsmessung. Aus der Lage der Ergebnisse ist eine gute Übereinstimmung der beiden Methoden abzuleiten. Messungen im Videobereich mit einem Störspannungsmessgerät ergaben wegen des für diesen Fall ungenügenden Eigen-Rauschabstandes des verwendeten Messempfängers keine brauchbaren Resultate.

In Figur 10 sind neben den gefundenen Einzelauschabständen noch der durchschnittliche Rauschabstand $\bar{a}_{r(HF)} = 49,5 \text{ dB}$ und die bestehende Minimalsforderung (43 dB) eingetragen.

Die Differenz von 6,5 dB zeigt deutlich, dass die gemessenen Anlagen noch eine beachtliche Reserve zum verlangten Mindestwert aufweisen. Die einzelnen Messpunkte liegen dabei im Bereich $\bar{a}_{r(HF)} = 42...62 \text{ dB}$.

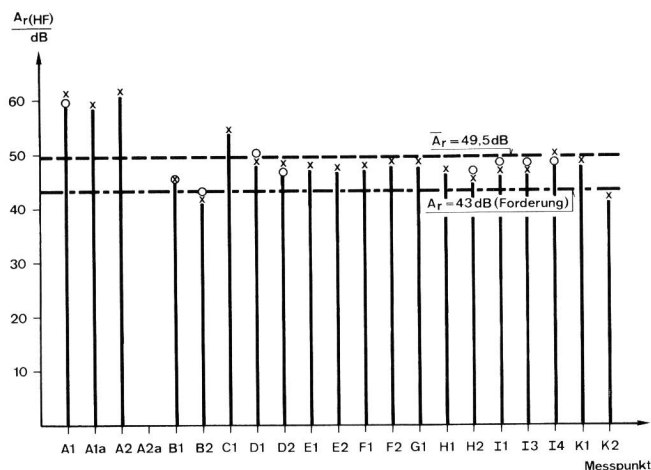


Fig. 10
Hochfrequenter Rauschabstand
× Selektivmessung
○ Substitutionsmessung

3.7 Intermodulation

3.7.1 Breitbandanlagen

In Figur 11 sind die für einen Intermodulationsabstand von 60 dB ermittelten Aussteuergrenzen der gemessenen Streckenabschnitte (Ausgang Kopfstation bis Stammverstärker) dargestellt. Die Messwerte liegen zwischen 93...115,3 dB μ V und die mittlere Aussteuergrenze beträgt 107,5 dB μ V. Wird von diesem Wert, der einer Aussteuerung mit zwei Kanälen entspricht, auf durchschnittlich sechs Fernsehkanäle und UKW umgerechnet, so findet man eine zulässige Aussteuergrenze von $U_{A(max)} = 101,5 \text{ dB}\mu\text{V}$. Der mittlere Betriebspegel (Fig. 4) von 97,5 dB μ V liegt dabei um 4 dB unter diesem Wert.

3.7.2 Kanaltechnik und gemischte Anlagen

In Figur 12 sind die bei Anlagen in Kanaltechnik und gemischten Anlagen gemessenen Intermodulationsabstandswerte eingetragen. Die gestellte Forderung von 46 dB wird durch 50% der untersuchten Strecken mindestens erfüllt oder überschritten. Abgesehen von einem wirklich ungenügenden Punkt (31 dB) genügen vier weitere Werte noch

gerade knapp (Intermodulationsprodukte sichtbar, jedoch nicht störend).

Die Intermodulationsmessung an Anlagen in Kanaltechnik führt unter Umständen zu Schwierigkeiten beim Einpegeln des Messsignals. Die in einem PTT-Bericht [2] vorgeschlagene Methode berücksichtigt bereits die Tatsache, dass bei den meisten Kanaltechnikanlagen die Pegelregelung automatisch den Bildträger auf dem Sollwert hält und diesen nicht manuell einstellen lässt. Die zugrunde gelegte «Umsetzermethode» verlangt jedoch eine Herabsetzung des Bildträgers auf -8 dB und fordert einen Intermodulationsabstand von 57 dB. Von diesem Wert können allerdings noch 3 dB gekürzt werden, denn diese berücksichtigen eine in der Fernsehumschalterplanung vorgesehene Kettenschaltung von bis zu drei Stationen. Der resultierende Wert von 54 dB ist nun noch an das veränderte Messsignal (Bildpegel auf 0 dB) anzupassen. Aus der multiplikativen Verknüpfung zwischen Intermodulationsabstand und Messsignalkomponenten lässt sich dann die neue Forderung von 46 dB errechnen.

3.8 Kaskadierungsmöglichkeit

3.8.1 Pegeldiagramm

Sowohl die Rausch- als auch die Intermodulationsmessung für sich lassen noch keine Aussage über die «Güte» beziehungsweise die Kaskadierungsreserve der gemessenen Strecken zu. Um darüber genauere Angaben zu erhalten, sind in Figur 13 alle erforderlichen Parameter eingetragen. Das so entstandene Pegeldiagramm zeigt

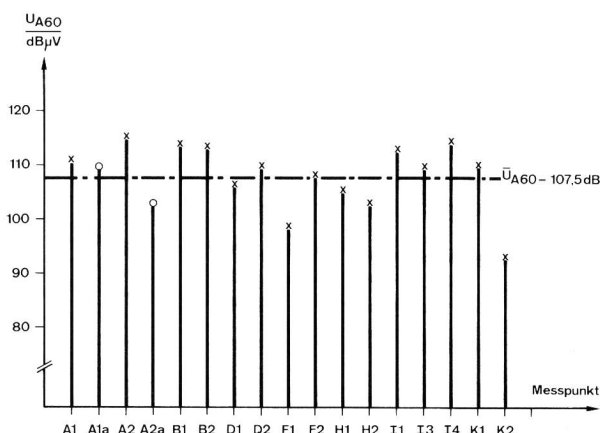


Fig. 11
Intermodulation, Breitbandanlagen
× Stammverstärker
○ Linienverstärker

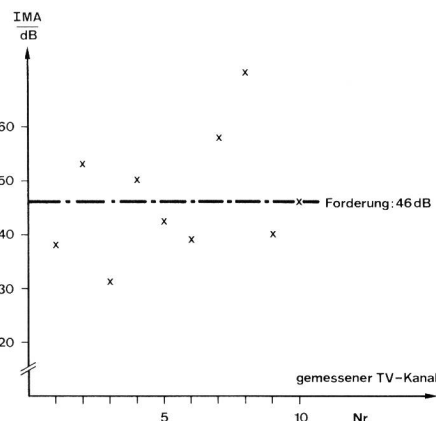


Fig. 12
Intermodulation, Kanaltechnik und gemischte Anlagen

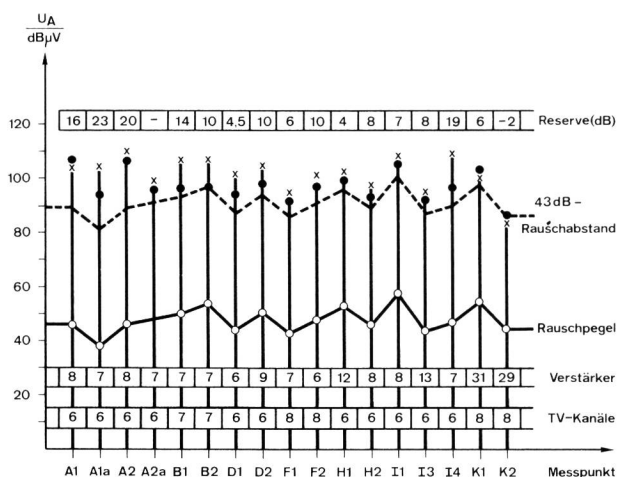


Fig. 13
Pegeldiagramm

× max. Ausgangspegel
● Betriebspegel

neben der höchstzulässigen Aussteuerung für 60 dB Intermodulationsabstand den Betriebspegel, den gemessenen Rauschpegel am Stammverstärkerausgang sowie die für 43 dB Rauschabstand erforderliche minimale Ausgangsspannung. Zusätzlich enthält das Diagramm noch für jeden Messpunkt Angaben über die Zahl der kaskadierten Verstärker und die Kanalbelegung. Als wesentliche Resultate sind aus dieser Darstellung sofort die theoretische Reserve der Strecken (in dB) sowie die «Lage» der Betriebspegel ersichtlich.

Als Beispiel sei der Messpunkt A1 betrachtet: Hier liegt der Betriebspegel mit 106,5 dBµV eindeutig zu hoch. Eine vernünftige Pegelung liegt dann vor, wenn dieser ungefähr in der Mitte zwischen minimal und maximal zulässiger Aussteuerung (zum Beispiel Punkt A1a) liegt. Im Falle der genannten Punkte ist ersichtlich, dass wohl der Linienverstärker (A1a) richtig gepegelt ist, dass aber aus nicht näher bekannten Gründen der nachfolgende Stammverstärker (A1) zu hoch ausgesteuert wird.

4. Schlussbemerkungen

Mit den beschriebenen Untersuchungen konnte die gestellte Aufgabe im allgemeinen recht befriedigend gelöst werden. Wenn auch einzelne Werte der technischen

Grundforderungen nicht hundertprozentig eingehalten sind, so ergibt sich gesamthaft gesehen doch eine gute Übereinstimmung zwischen den Forderungen und den gemessenen Betriebswerten.

Die Tatsache, dass «nur» zwei bis drei Streckenabschnitte der untersuchten Anlagen gemessen wurden, hat auf das Resultat keinen wesentlichen Einfluss. Dagegen ist eine umfassende Beurteilung der einzelnen Anlagen anhand der wenigen Messpunkte nicht sinnvoll. Immerhin könnten die Messungen jeder Anlage als Stichproben betrachtet werden und für sich allein ausgewertet werden. Da nach der Zielsetzung der vorliegenden Arbeit nur die Gesamtheit der Ergebnisse interessierte, wurde auf eine solche Auswertung verzichtet.

Trotzdem kann aufgrund der Messungen der gegenwärtige Stand der Gemeinschaftsantennenanlagen in der Schweiz recht gut überblickt werden. Beispielsweise liegt die Ausdehnungsgrenze grosser Anlagen mit einer Kaskadierung von bis zu 30 Verstärkern immerhin bei 10 km, wobei eine Belegung mit bis zu 8 Fernsehkanälen und dem UKW-Bereich vorliegt. Mit den gegenwärtig besten Breitbandverstärkern kann diese Entfernung jedoch schon heute um ungefähr 50% erhöht werden, wobei mit speziellen Sub-VHF-Verstärkern (Frequenzbereich 5...110 MHz) bereits eine Zubringerstrecke über 28 km in Betrieb steht.

In nächster Zeit ist vermehrt mit grossen Regionalanlagen zu rechnen und zweifellos wird auch das Programmangebot noch weiter steigen, so dass eine messtechnische Erfassung der Übertragungsqualität von Fernsehgemeinschaftsantennenanlagen in Zukunft unentbehrlich sein wird.

Bibliographie

- [1] Technische Grundforderungen für die Übertragungsqualität von Gemeinschaftsantennenanlagen. Generaldirektion PTT Bern (Entwurf) PTT 810.52, Nov. 1973.
- [2] Messverfahren zur Erfassung der Übertragungsqualität von Gemeinschaftsantennenanlagen. PTT-Bericht VD 13.006P, 9. 3. 1973.
- [3] Brand H., Hügli H. Fernsehempfangstechnik I. Heft 106. Blaue TR-Reihe, Verlag Hallwag.
- [4] Messmethoden zur Erfassung von nichtlinearen Verzerrungen in Hochfrequenzverstärkern für Fernseh Zwecke. PTT-Bericht A 42.084 vom 31. 10. 1969.
- [5] Brand H., Hügli H. Fernsehempfangstechnik II. Heft 116. Blaue TR-Reihe, Verlag Hallwag.

Die nächste Nummer bringt unter anderem Vous pourrez lire dans le prochain numéro

P. Prisi	Die Plandruckerei PTT Le service d'impression et de reprographie des PTT
L. Praz	Probabilité et temps moyen d'attente des réseaux de couplage à plusieurs étages avec possibilité d'attente illimitée
Fritz Hegl	Kathodischer Schutz von erdverlegten Tankanlagen in PTT-Objekten
English Part:	
E. Wey	The Swiss Mobile Radio Telephone System