

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: Leitergebundene Fernsehübertragung : Einfluss periodischer Kabelunregelmässigkeiten auf die Bildqualität im VHF-Bereich

Autor: Bärfuss, Christian / Ammann, Hans

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-874764>

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: 16.01.2026

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

Leitergebundene Fernsehübertragung

Einfluss periodischer Kabelunregelmässigkeiten auf die Bildqualität im VHF-Bereich

Christian BÄRFUSS und Hans AMMANN, Bern

621.391.837:621.315.212.091.1:621.397.131.029.62
621.317.341.3:621.315.212:621.397.131.029.62

Zusammenfassung. Für eine typische Kleinkoaxialkabel-Verstärkerfeldlänge von 460 m wurde der Zusammenhang zwischen periodischen kabelinternen Reflexionen und monochromer Bildqualität bei VHF-Übertragung untersucht und in Form von Diagrammen dargestellt. Bei dieser Kabellänge ergibt beispielsweise eine Rückflusdämpfung von 11 dB, bei einer Frequenzdifferenz von 1 MHz zwischen Kabelresonanz und Bildträger, eine gerade noch sichtbare Störung. Mit grösserer Frequenzdifferenz verbessert sich bei gleicher Rückflusdämpfung die Bildqualität. Es zeigt sich ferner, dass der Rückfluss nicht unbedingt ein signifikantes Kriterium für die Bildgüte ist; massgebend für die Bildqualität ist vielmehr der Mitfluss. Da dieser nicht einfach zu messen ist, wurde im Sinne eines Vorschlages versucht, einen neuen objektiven Qualitätsparameter einzuführen, der von der Überschwingamplitude des 2T-Impulses abgeleitet wird.

Télévision par câbles.

Influence des irrégularités périodiques d'impédance d'un câble sur la qualité d'une image de télévision en bande VHF

Résumé. Ce rapport examine les relations existant entre les irrégularités périodiques d'impédance d'une paire coaxiale normalisée 1,2/4,4 mm et la qualité d'une image monochrome de télévision pour une transmission VHF. Les résultats des mesures sur un câble de 460 m sont représentés sous la forme de diagrammes. A titre d'exemple, pour une telle longueur de câble, une perturbation juste perceptible est donnée par un affaiblissement de régularité de 11 dB et une différence de fréquence de 1 MHz entre la fréquence de résonance du câble et la porteuse image. Pour une différence de fréquence plus élevée et un même affaiblissement de régularité, la qualité de l'image s'améliore. La mesure de l'affaiblissement de régularité n'est pas nécessairement un critère représentatif de la qualité de l'image. Celle-ci est principalement déterminée par le trainage, mais ce dernier est difficile à mesurer. Un nouveau paramètre objectif de qualité, basé sur la suroscillation de l'impulsion-2T, est introduit à titre d'essai.

Trasmissioni televisive per filo.

Influenza delle discontinuità periodiche del cavo sulla qualità dell'immagine nella gamma a VHF

Riassunto. Su una sezione di amplificazione per cavo coassiale piccolo della lunghezza tipo di 460 m è stata analizzata e rappresentata sotto forma di diagrammi la relazione tra le riflessioni periodiche e la qualità monocromatica dell'immagine trasmessa nella gamma a VHF. Con detta lunghezza di cavo, da un'attenuazione di disadattamento di 11 dB a una differenza di frequenza di 1 MHz tra la risonanza del cavo e la portante dell'immagine, risulta, per esempio, una perturbazione ancora percettibile. Con maggiore differenza di frequenza e attenuazione di disadattamento identica la qualità dell'immagine migliora. È inoltre stato constatato che l'onda riflessa non è sempre un criterio determinante per la qualità dell'immagine; specifico a tale proposito, è invece il flusso diretto. Siccome la misurazione di questo criterio non è semplice, venne proposta, a titolo sperimentale, l'introduzione di un nuovo parametro di qualità oggettivo che è dedotto dall'ampiezza di sovraoscillazione dell'impulso $\text{sen}^2 T_2$.

1. Einleitung

Wie allgemein bekannt ist, können Kleinkoaxialtuben periodische Unregelmässigkeiten aufweisen, die mit dem Fabrikationsprozess zusammenhängen. Diese Unregelmässigkeiten haben bei bestimmten Frequenzen stärkere Einbrüche in den Frequenzgang der Rückflusdämpfung («Rückfluslöcher») zur Folge. Die kritischen Frequenzen (Kabelresonanzen) liegen im allgemeinen über 20 MHz.

Gegenstand der nachfolgend beschriebenen Untersuchungen war es, den Einfluss dieser Kabelresonanzen (Echos auf dem Bildschirm) auf die Übertragungsqualität durch objektive und subjektive Tests für den Fall zu erfassen, dass eine solche Störung in einen Bild-Übertragungskanal fällt. Um das Problem systematisch zu studieren, wurden künstliche periodische Reflexionsstellen in charakteristischen Abständen in qualitativ ausgesuchte Kleinkoaxialtuben so gepresst, dass sie sich eindeutig von den statistisch verteilten Unregelmässigkeiten unterscheiden liessen. Den Untersuchungen lag eine Kabellänge zugrunde, die ungefähr einer mittleren Verstärkerfeldlänge (≈ 500 m) entspricht.

2. Voruntersuchungen an den Kleinkoaxialtuben

Für die VHF-Bildübertragungsversuche standen ausgesuchte Kleinkoaxial-Einzeltuben mit Impedanz-Unregelmässigkeiten in der Grössenordnung von 60 dB zur Ver-

fügung. Es wurden 2 Einzeltuben von je 232 m Länge bereitgestellt und für die eigentlichen Versuche in Kette geschaltet. Was die vorbereitenden Messungen betrifft, sei lediglich auf zwei Punkte hingewiesen:

- der Verlauf der Betriebsdämpfung dieser Tuben geht aus *Figur 1* hervor. Bei 30 kHz macht sich der bekannte «Terrassenpunkt» der Wellendämpfung bemerkbar
- trotz der guten Homogenität sind in den Echogrammen deutlich periodische Unregelmässigkeiten zu erkennen.

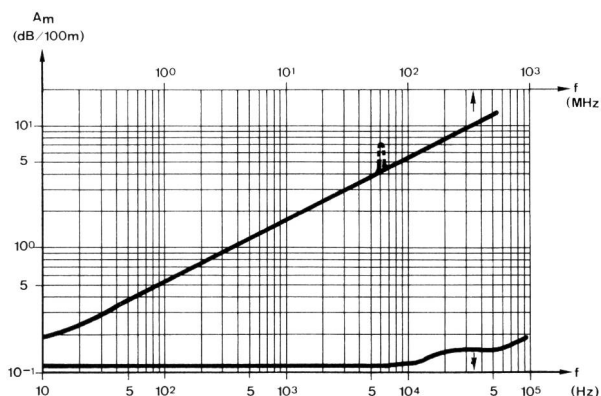


Fig. 1

Betriebsdämpfung $A_m = f(f)$ der Kleinkoaxialtube 1,18/4,43 mm, Ballontyp
Länge 232,0 m
Kabeltemperatur $+19^\circ \text{C}$
Aussenleiter isoliert

Diese fabrikationsbedingten Fehler bewirken, dass bei $f_o = 27,54$ MHz, entsprechend einer Distanz von etwa 5 m (sogenannter 5-m-Fehler), eine erste Kabelresonanz auftritt. Bei dieser Frequenz liegt ein ausgeprägter Einbruch in den Amplitudengang der Rückflusdämpfung vor.

Bei einer genaueren Untersuchung traten noch weitere Resonanzen in Erscheinung, deren Frequenzen ganzzahlige Vielfache der ersten Resonanzstelle sind (siehe *Tabelle I*).

Tabelle I. Kabelresonanzen

Resonanzfrequenz (MHz)	Rückflusdämpfung A_r (dB)
27,54 (= f_o)	27
137,7 (= $5 f_o$)	24
192,8 (= $7 f_o$)	26
275,9 (= $10 f_o$)	25
302,0 (= $11 f_o$)	23

Die 6. und 9. Harmonische treten ebenfalls, jedoch nur schwach, in Erscheinung.

Jede nicht sinusförmige periodische Schwankung des Wellenwiderstandes als Funktion der Frequenz setzt sich, entsprechend ihrer Fourier-Zerlegung, aus einer Grundwelle und Oberwellen zusammen. Jede einzelne Oberwelle führt zu einer Reflexionsfaktorspitze. Dadurch ergibt sich nach [1] eine wiederkehrende Folge von Störspitzen im Frequenzspektrum.

Die örtliche Form der periodischen Fehler bestimmt die Anzahl der Harmonischen und beeinflusst auch die Tiefe des Einbruches bei diesen.

3. Beschreibung der Versuche

3.1 Beschreibung der kabletechnischen Versuche

In die Kleinkoaxialtuben wurden künstliche Unregelmässigkeiten (Stossstellen) eingepresst, und zwar so, dass

- sie klar von den nicht zu vermeidenden, statistisch verteilten Fabrikations-Unregelmässigkeiten zu unterscheiden waren,

- die Impedanzabweichung an jeder Stossstelle schrittweise um gleiche Beträge vergrössert werden konnte,
- die erste der entstehenden Resonanzen frequenzmässig in einen bestimmten gewählten Übertragungskanal fiel. Dies erreichte man durch geeignete Wahl des Stossstellenabstandes.

Die Berechnung des Abstandes der periodischen Reflexionsstellen beruht auf folgender Gesetzmässigkeit:

Haben zwei Reflexionsstellen dieselbe «Richtung» (beide positiv oder negativ, wie dies bei periodischen Fehlern naturgemäss der Fall ist), so heben sich die Reflexionsfaktoren am Leitungsanfang bei $h = \lambda/4$ auf, während sie sich bei $h = \lambda/2$ phasengleich addieren. Von Interesse sind ihrer «Gefährlichkeit» wegen im allgemeinen nur die Reflexionsmaxima. In Abhängigkeit von der Frequenz folgen sich diese bei den Vielfachen der Frequenz, für die $h = \lambda/2$ ist.

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit in der Kleinkoaxial-Einzeltube beträgt (Mittelwert aus 20 Messungen)

$$v \approx 277,8 \text{ m}/\mu\text{s}$$

(gemessen mit Echometer, Impuls 5 ns Halbwertsbreite, ungefähr Dreiecksform).

Wahl der ersten Kabelresonanz: $f_{o1} = 63,25 \pm 0,5$ MHz

$$\begin{aligned} \text{Abstand der Reflexionsstellen: } h &= v/(2 \cdot f_{o1}) \\ h &\approx 2,20 \text{ m} \end{aligned}$$

3.2 Beschreibung der fernsehtechnischen Versuche

Nach der Messung der kabletechnischen Grössen wurden über die, auf genannte Weise vorbereiteten Koaxialtuben mit besonders modulierten Prüfsignalen (Wobbelsignal und 2T-Impuls) die Fernseh-Übertragungsparameter gemessen.

Wie aus *Tabelle I* ersichtlich ist, tritt bei $f = 192,8$ MHz die 7. Harmonische der fabrikationsbedingten Grundresonanz mit 26 dB auf. Diese Frequenz liegt nahe der Bildträgerfrequenz des Kanals 7 ($f_{BT} = 189,25$ MHz). Vor dem Einbau der künstlichen Reflexionsstellen wurde nun untersucht, ob dieses «Rückflussloch» im Kanal 7 bereits einen Einfluss auf die Bildqualität ausübt.

Die Messresultate zeigen, dass noch keine Beeinflussung der Bildqualität vorliegt. Wie später erläutert wird, ist für eine sichtbare Bildstörung in diesem Fall

- die Rückflusdämpfung noch zu gross und
- die Resonanzfrequenz noch zu weit von der Bildträgerfrequenz entfernt: $f - f_{BT} = 3,55$ MHz.

Für die eigentlichen Versuche wurde Kanal 4 gewählt (Bildträgerfrequenz $f_{BT} = 62,25$ MHz), weil

- dieser im Band I liegt und die Kleinkoaxialtube dort eine noch nicht allzu grosse Dämpfung besitzt, so dass die Reflexionsstellen sich deutlich auswirken können
- die Direkteinstrahlung vom nahe gelegenen Fernsehsender Bantiger den Kanal 4 nicht stört.

Um den Einfluss der Amplitudengangverzerrungen in Abhängigkeit ihres Abstandes Δf vom Bildträger f_{BT} zu untersuchen [2], musste dieser frequenzmässig verschoben werden, da die Kabelresonanzfrequenz f_{o1} durch den Abstand der Stossstellen fest gegeben war.

Die Grösse Δf ist definiert:

$$\Delta f = f_{o1} - f_{BT}$$

Die Untersuchungen wurden bei den Frequenzabständen (Bildträger-Kabelresonanz) 1, 2 und 4 MHz durchgeführt, was im Videobereich Störstellen bei 1, 2 und 4 MHz ergibt (*Fig. 2*).

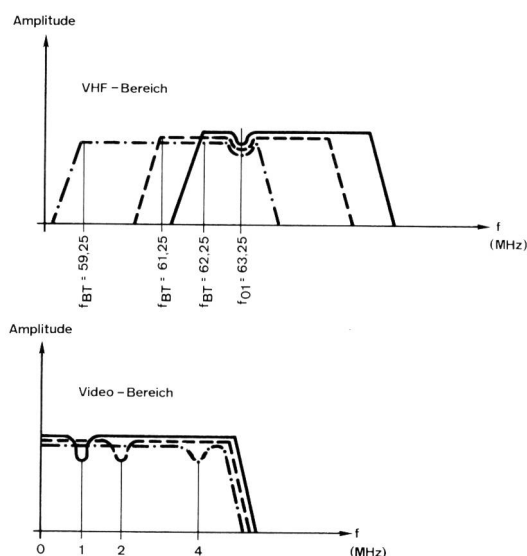


Fig. 2
Frequenzmässige Verschiebung des Bildträgers bezüglich der Kabelresonanz

Subjektive Bewertungen von vier verschiedenen gestörten Testbildern durch mehrere Beobachter haben es ermöglicht, den gesuchten Zusammenhang zwischen subjektivem Störeinfluss und messbaren Parametern zu bestimmen.

Die Messbedingungen bei den subjektiven Störbewertungen waren:

Anzahl Beobachter	6...7
CCIR-Störskala (New-Delhi, 1970)	5 Echo nicht sichtbar 4½ Sichtbarkeitsgrenze 4 Echo sichtbar, aber nicht störend 3 Echo leicht störend 2 Echo störend 1 Echo stark störend
Beobachtungsabstand	6 × Bildhöhe
Leuchtdichte von Weiss auf dem Bildschirm	160 asb
Leuchtdichte der Umgebung	3...4 asb
Verwendete Dias	UER-Testbild (Nr. 7) Philips-Girl (Nr. 14) UER-Knabe (Nr. 1) Postcheck

4. Versuchsablauf und Messanordnung

Den Zustand der Tuben bezüglich Rückflusssdämpfung vor dem Einbau der künstlichen Reflexionsstellen zeigt *Figur 3*. Der Einbau der künstlichen Fehlerstellen geschah stufenweise. In einer ersten Phase erhielten die Kleinkoaxialtuben nur ganz geringe Druckstellen. Diese wurden nach jedem Versuch sukzessive verstärkt. Damit die Quetschungen örtlich festgelegt waren, wurden auf der Leitung alle 2,2 m Markierungen angebracht. Zur Erzeugung der Druckstellen wurde im Laboratorium eine einstellbare Flachzange mit 1 cm Backenbreite hergestellt, so dass die Längsausdehnung der Fehlerstellen sehr klein gegenüber deren Abstand blieb. Auf diese Weise konnte eine annähernd rechteckförmige Veränderung des Wellenwiderstandes an den Fehlerstellen erreicht werden.

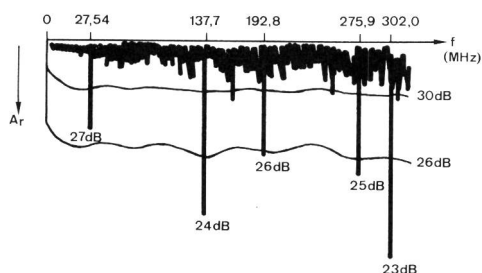


Fig. 3
Rückflusssdämpfung der Kleinkoaxialtube
Zustand vor dem Einbau der künstlichen Reflexionsstellen

A_r = Rückflusssdämpfung in dB

4.1 Kabeltechnische Messungen

Bei der ersten Fehlerstelle vom Kabeleingang aus wurde die Koaxialtube so stark zusammengepresst, bis die Reflexion auf dem Zeitbereich-Reflektometer die gewünschte Grösse aufwies (*Fig. 4*). Diese erste Fehlerstelle diente als Referenz für alle weiteren, deren Einbau mit der gleichen Zangenstellung geschah.

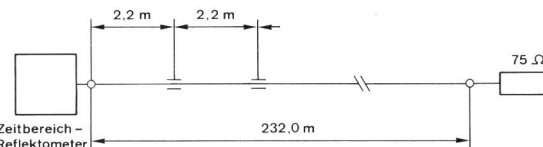


Fig. 4
Einbau der künstlichen Reflexionsstellen

Anschliessend an den «Einbau» der Fehler wurde die Rückflusssdämpfung gegenüber 75 Ω (nomineller Wellenwiderstand der Kleinkoaxialtuben) gemessen (Nachbildung an der Gabelschaltung und Abschluss am fernen Leitungsende). Dabei wurde einerseits der ganze VHF-Bereich durchgewobbelt und andererseits ein Ausschnitt aus dem Frequenzgang bei 63 MHz gemessen. Die Ausschnittmessung hatte zum Zweck, die frequenzmässige Breite ΔF der Resonanzstelle zu bestimmen. Wichtigste Messgrösse war jedoch der Wert der Rückflusssdämpfung an der Resonanzstelle (*Fig. 5*).

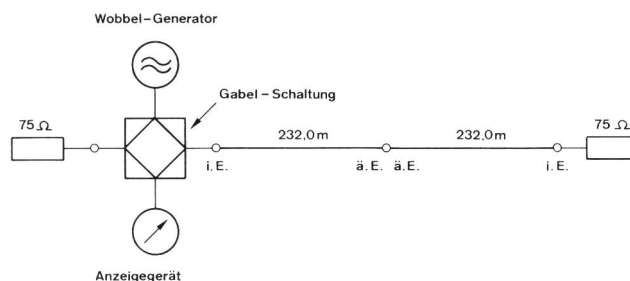


Fig. 5
Messung der Rückflusssdämpfung
i. E. inneres Ende des Haspels
ä. E. äusseres Ende des Haspels

4.2 Fernsehmessungen

Für die Messung der Übertragungsparameter wurde der Versuchsaufbau gemäss Blockscheema *Figur 6* gewählt. Der Reflexionsfaktor wurde stufenweise vergrössert. Das beschriebene Messverfahren wiederholte sich somit nach jedem Versuchsdurchgang.

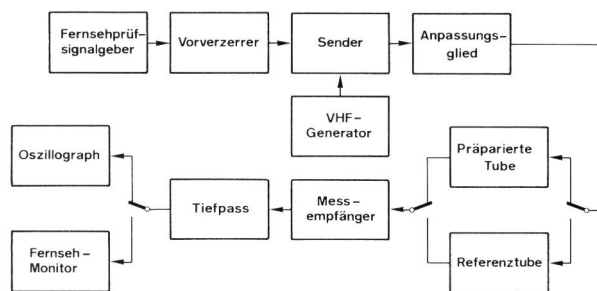


Fig. 6
Blockscheema für die Fernsehmessungen
Bemerkung: VHF-Generator für die externe Steuerung der Bild-trägerverschiebung

Zur Eichung wurden die Geräte an das Referenzkabel (ohne künstliche Stossstellen) geschaltet. Dieses war gleich lang wie die Versuchsstrecke. Mit den Prüfsignalen wurden die Apparaturen so eingestellt, dass sich auf dem Oszillograph Referenzsignale nach *Figur 7* ergaben. Nach der Eichung des Messplatzes wurde das Referenzkabel durch das Prüfkabel mit den künstlichen Stossstellen

ersetzt. Die über das Versuchskabel übertragenen Prüfsignale (Wobbelsignal und 2T-Impuls) wurden ab Oszillographenschirm fotografiert.

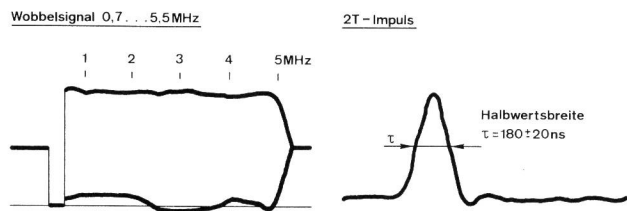


Fig. 7
Referenzsignale für die Fernhemessungen

Testpersonen bewerteten die über das Prüfkabel übertragenen Bildsignale (Test-Dias). Vor jeder Bewertung wurden die Bildsignale zwecks Vergleich über das Referenzkabel übertragen. Zur Dokumentation wurde bei jedem Versuchsdurchgang das Dia «Philips-Girl Nr. 14» ab Monitor fotografiert. Nach dem Einstellen der neuen Bildträgerfrequenzen, $\Delta f = 2$ und 4 MHz, wiederholte sich das Verfahren.

5. Messresultate

5.1 Kabelmessungen

Die periodischen Reflexionsstellen haben beträchtliche Schwankungen der Betriebsdämpfung in der Gegend der Kabelresonanz zur Folge. Bei einer Stärke der Einzelreflexionen von 15 dB (letzter Versuch) betrug die Dämpfungszunahme etwa 60% (Fig. 1).

Nach [1] ergeben sich an den periodischen Stossstellen bei schmalen rechteckigen Wellenwiderstandsschwankungen Reflexionsfaktorspitzen, die sich in gleichen Frequenzabständen wiederholen und mit steigender Frequenz ansteigen. Dass diese sehr selektiv sind, zeigt Fig. 8 für eine bestimmte Rückflusssdämpfung. Die Annahme, dass durch den Einbau der künstlichen Stossstellen mit einer Zange annähernd rechteckförmige Impedanz-Veränderungen entstehen, scheint damit gerechtfertigt zu sein. Wie dies bei jeder Resonanzerscheinung der Fall ist, ruft auch die Kabelresonanz eine beträchtliche Abweichung der Eingangsimpedanz des Kabels von dessen Wellenwiderstand hervor (Messung mit der nominellen Kabelimpedanz von 75 Ω).

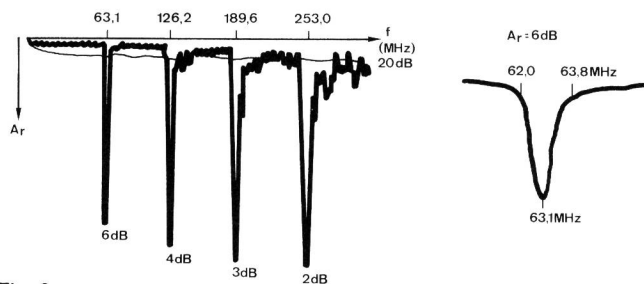


Fig. 8
Rückflusssdämpfung im VHF-Bereich und Ausschnitt bei 63 MHz aus dem Frequenzgang der Rückflusssdämpfung

f_{01} = Kabelresonanz
 f_{BT} = Bildträgerfrequenz
 A_r = Rückflusssdämpfung in dB
 $f_{01} = 63,25$ MHz
 $f_{BT} = 62,25$ MHz
 $A_r = 6$ dB

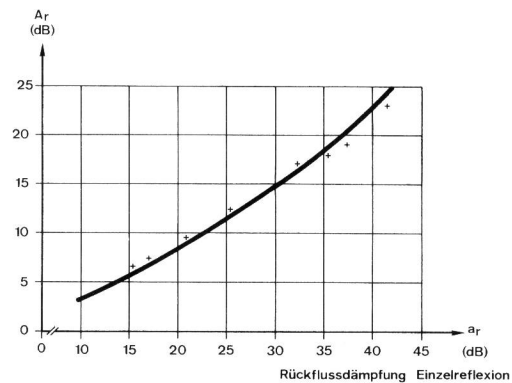


Fig. 9
Zusammenhang zwischen Einzelreflexion und Gesamtrückfluss (mit $Z = 75 \Omega$) für eine mittlere Verstärkerfeldlänge (ca. 500 m)
 A_r (dB) = Rückflusssdämpfung bei der künstlichen Resonanz
 a_r (dB) = Rückflusssdämpfung Einzelreflexion

Der Zusammenhang zwischen der Rückflusssdämpfung einer Einzelreflexion (a_r [dB]) und der Gesamtrückflusssdämpfung (A_r [dB]) bei 63 MHz ist in Fig. 9 dargestellt. Die gemessenen Punkte sind durch eine ausgleichende Kurve verbunden. Es muss betont werden, dass dieser Zusammenhang nur für eine mittlere Verstärkerfeldlänge Gültigkeit besitzt [4].

Am Kabeleingang kommen umso mehr Reflexionsstellen zur Wirkung, je kleiner die Dämpfung der Kabelstrecke ist. Jene betrug bei 63 MHz vor dem Einbau der künstlichen Reflexionsstellen 20 dB. Die Versuchsstrecke ist also bereits als elektrisch lang zu bezeichnen. Reflexionsstellen am Kabelende beeinflussen die Rückflusssdämpfung nicht mehr. Bestimmend für die Bildqualität ist jedoch der durch mehrfache Reflexionen hervorgerufene Mitfluss. Dieser trifft zeitlich verschoben zum Hauptfluss am Kabelende ein und äussert sich als Störung (Geisterbild). Der Mitfluss ist bei einer gegebenen Einzelreflexion umso stärker, je länger das Kabel ist, das heisst, je mehr Reflexionsstellen sich in ihrer Wirkung unterstützen können [3]. Rückfluss und Mitfluss verhalten sich bezüglich Kabellänge komplementär. Da der Mitfluss aus apparativen Gründen nicht direkt gemessen werden konnte, der Rückfluss aber von einer bestimmten Länge an nicht mehr signifikant ist, musste man zur Qualitätsbeurteilung ein anderes Merkmal heranziehen (siehe 7).

Eine genaue theoretische Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Einzelreflexionen einerseits und Rück- und Mitfluss andererseits würde den Rahmen dieses Berichtes sprengen. Nähere Auskünfte können aus [5], [6], [7] entnommen werden.

5.2 Fernhemessungen

Es wurden die Mittelwerte und die Streuungen jedes einzelnen Dias ($\mu \pm \sigma$) sowie die Mittelwerte und die Streuungen über alle vier Dias ($\mu_t \pm \sigma_t$) bei den drei verschiedenen Bildträgerlagen ermittelt (Tabelle II). Bei den Bildträgerfrequenzen $f_{BT} = 61,25$ und 59,25 MHz wurden die subjektiven Bewertungen erst vom 6. Versuchsdurchgang an gemacht, da die Störungen erst von dieser Stufe an sichtbar wurden.

Die Kurven in Fig. 10 zeigen die Mittelwerte μ_t der subjektiven Bewertungen über alle vier Dias für verschiedene Rückflusssdämpfungen in Funktion des Abstandes zwischen Bildträger und Kabelresonanz.

Diese Kurven gelten nur für mittlere Verstärkerfeldlängen.

Versuchsdurchgang	A_r (dB)	Subjektive Bewertung $f_{BT} = 62,25$ MHz ($\Delta f = 1$ MHz)				Subjektive Bewertung $f_{BT} = 61,25$ MHz ($\Delta f = 2$ MHz)				Subjektive Bewertung $f_{BT} = 59,25$ MHz ($\Delta f = 4$ MHz)				Subjektive Bewertung $f_{BT} = 62,25$ MHz			
		a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	$\mu \pm \sigma$	$\mu \pm \sigma_t$	$\mu \pm \sigma$	$\mu \pm \sigma_t$
0	>30	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0
1	23	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0
2	19	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0
3	18	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0
4	17	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0
5	12	4 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	4 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	4 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	4 ± 0	5 ± 0	4 ± 0	5 ± 0
6	9	$3 \pm 0,5$	4 ± 0	4 ± 0	3 ± 0	3 ± 0	4 ± 0	4 ± 0	3 ± 0	4 ± 0	4 ± 0	4 ± 0	4 ± 0	$3 \pm 0,5$	4 ± 0	$3 \pm 0,5$	4 ± 0
7	7,5	$2 \pm 0,3$	$2,8 \pm 0,3$	$2,8 \pm 0,3$	$2,5 \pm 0,4$	$2,1 \pm 0,2$	$3,5 \pm 0,3$	$3,3 \pm 0,3$	$3,8 \pm 0,4$	$4,8 \pm 0,3$	$4,8 \pm 0,3$	$4,8 \pm 0,3$	$4,8 \pm 0,3$	$4,8 \pm 0,3$	$4,8 \pm 0,3$	$4,8 \pm 0,3$	$4,8 \pm 0,3$
8	6	$1,3 \pm 0,3$	$1,1 \pm 0,2$	$1,1 \pm 0,2$	$1,6 \pm 0,4$	$2,4 \pm 0,2$	$1,8 \pm 0,3$	$2,2 \pm 0,3$	$2,3 \pm 0,3$	$4,0 \pm 0$	$4,3 \pm 0,3$	$4,0 \pm 0$	$4,0 \pm 0$	$4,0 \pm 0$	$4,3 \pm 0,3$	$4,0 \pm 0$	$4,3 \pm 0,3$

$a = \text{«Philips Girl (Nr. 14)»}$
 $b = \text{«Postcheck»}$
 $c = \text{«UER-Testbild (Nr. 7)»}$
 $d = \text{«UER-Knabe (Nr. 1)»}$

Dias a und c sind kritisch bezüglich Echosstörungen
Dias b und d sind nicht kritisch bezüglich Echosstörungen

$f_{BT} = \text{Bildträger}$

$A_r = \text{Rückflusssdämpfung}$
 $\Delta f = f_{01} - f_{BT}$
 $f_{01} = \text{Kabelresonanzfrequenz (63,25 MHz)}$
 $\mu = \text{Mittelwert eines einzelnen Dias}$
 $\sigma = \text{Streuung eines einzelnen Dias}$

$$\mu = \frac{\sum x_i}{n}, \sigma = \sqrt{\frac{\sum (\Delta x_i)^2}{n-1}}$$

$x_i = \text{einzelne Subjektive Bewertungsnoten}$
 $i = 1, 2, \dots, n$
 $\Delta x_i = \mu - x_i$
 $n = \text{Anzahl Beobachter (6...7)}$
 $\mu_t = \text{Mittelwert über alle vier Dias}$
 $\sigma_t = \text{Streuung über alle vier Dias}$

Bemerkung: Für die Konstruktion der Kurven sind die berechneten Zwischenwerte μ_t benutzt worden, obwohl die CCIR-Störskala nur ganze (oder halbe) Bewertungsnoten S enthält.

6. Fotografische Auswertungen

Für jeden Versuchsdurchgang wurden folgende Messgrössen fotografiert:

- Einzelreflexion
- Rückflusssdämpfung (VHF-Bereich und Ausschnitt bei 63 MHz)
- Wobbelsignal
- 2T-Impuls
- Dia Philips-Girl Nr. 14

Die Fotos bestätigen, dass mit zunehmender Nummer der Harmonischen der Kabelresonanz die Rückflusssdämpfung schlechter wird. Bei zunehmender Reflexionsstärke ergibt sich ein tieferer Einbruch in den Frequenzgang des Wobbelsignals. In Funktion von Δf ist der Einfluss bei 1 MHz am grössten, da dort der Energieinhalt des Bildsignals am höchsten ist. Auch weisen die Störungen in diesem Fall örtlich eine besonders grobe Struktur auf. Das Überspringen beim 2T-Impuls ist umso grösser, je stärker die Einzelreflexion und je kleiner Δf ist [2], [8].

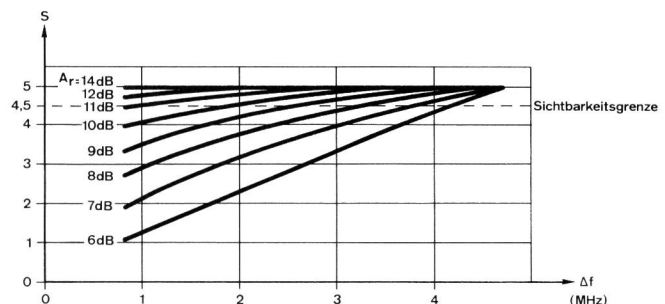


Fig. 10

Mittlere Bewertungsnoten für verschiedene Δf mit A_r als Parameter für eine mittlere Verstärkerfeldlänge (ca. 500 m)

$$\Delta f = f_{01} - f_{BT}$$

$f_{01} = \text{Kabelresonanzfrequenz (63,25 MHz)}$

$f_{BT} = \text{Bildträgerfrequenz}$

$A_r = \text{Rückflusssdämpfung}$

$S = \text{Bewertungsnote}$

Die Figuren 11a, b, c und d zeigen den Verlauf von Wobbelsignal und 2T-Impuls mit den entsprechenden Fotos des Dia Philips-Girl Nr. 14 für den ursprünglichen Zustand und verschiedene Frequenzverschiebungen des Bildträgers bei einer bestimmten Rückflusssdämpfung.

Das Foto Philips-Girl Nr. 14 zeigt, dass das Bild um so verwischter ist,

- je stärker die Einzelreflexion und
- je kleiner Δf ist.

Gemäss [9], [10] bleibt nach dem Eintreffen des Hauptflusses eine sogenannte Mitflussschleppung bestehen, wenn der Mitfluss genügend gross ist. Man erhält nicht ein scharfes Hauptecho, sondern ein verwischtes (Geister-) Bild (die Phasenlage des Störsignals ist unbekannt). Es ist möglich, den mittleren Zeitabstand indirekt auf dem Bildschirm zu messen. Da die Zeit, die der Strahl für einen

Durchlauf benötigt, bekannt ist, kann daraus der mittlere Zeitabstand $\overline{\Delta t}$ bestimmt werden. Er beträgt:

$$\overline{\Delta t} \approx 0,32 \mu s$$

(Mittel aus 30 Messungen), was ungefähr einer Verschiebung von 3...4 Bildpunkten entspricht. Mit Hilfe der Ungenauigkeitsrelation der praktischen Schwingungsanalyse [10], [11] kann man, wenn die Breite ΔF der Resonanzstelle bekannt ist, den mittleren Zeitabstand ebenfalls berechnen. Mit

$$\overline{\Delta F} \approx 2,1 \text{ MHz}$$

wird

$$\overline{\Delta t} \approx \frac{1}{\overline{\Delta F}} \approx 0,47 \mu s$$

Die Differenz zwischen Messung und Rechnung beträgt ungefähr zwei Bildpunkte.

7. Vorschlag eines neuen objektiven Qualitätsmerkmals

Nach 5.1 ist man daran interessiert, für die objektive Beurteilung der Bildqualität eine spezielle Messgrösse zu finden. Nach 6. ergibt die Veränderung des Wobbelsignals und des 2T-Impulses nach dem Durchlaufen der Versuchsstrecke ein objektives Mass für die Bildqualität (Fig. 11). Es zeigt sich, dass das Überspringen beim 2T-Impuls für ein bestimmtes Δf umso deutlicher auftritt, je stärker die Stossstellen sind. Darum wurde versucht, diese Tatsache für die Qualitätsbeurteilung heranzuziehen.

Für den Zusammenhang zwischen Überspringen und Bewertungsnote wurde in Anlehnung an den k-Faktor [2], [12], das Qualitätsmerkmal nach folgender Formel bestimmt:

$$Q = (1 - |A_2|/|A_1|) \cdot 100 (\%)$$

mit $|A_1|$ = Hauptamplitude des 2T-Impulses
und $|A_2|$ = erste Überschwingamplitude des 2T-Impulses.

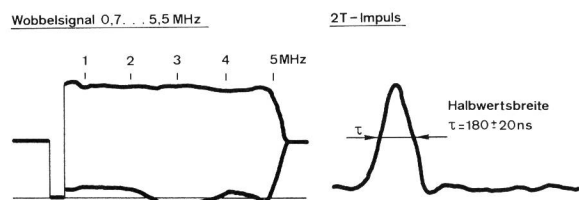
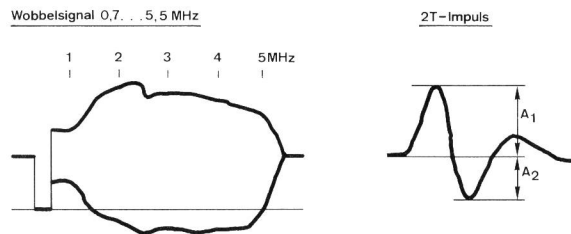


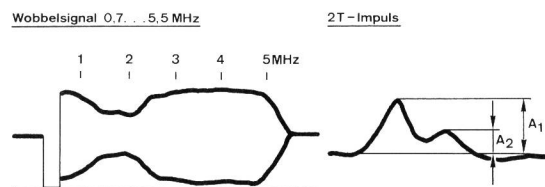
Fig. 11
Wobbelsignal, 2T-Impuls und Foto des Dias «Philips-Girl Nr. 14» für

a) Kleinkoaxialtube im ursprünglichen Zustand
 $f_{BT} = 62,25 \text{ MHz}$

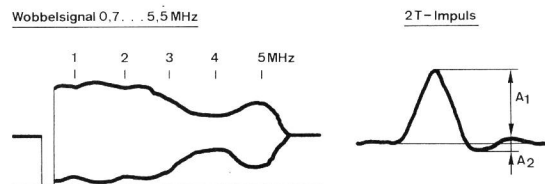
$\Delta f = f_{01} - f_{BT}$
 f_{01} = Kabelresonanz



b) Kleinkoaxialtube mit künstlichen periodischen Reflexionsstellen
 $\Delta f = 1 \text{ MHz}$
 $f_{01} = 63,25 \text{ MHz}$
 $f_{BT} = 62,25 \text{ MHz}$
 $A_r = 6 \text{ dB}$



c) Kleinkoaxialtube mit künstlichen periodischen Reflexionsstellen
 $\Delta f = 2 \text{ MHz}$
 $f_{01} = 63,25 \text{ MHz}$
 $f_{BT} = 61,25 \text{ MHz}$
 $A_r = 6 \text{ dB}$



d) Kleinkoaxialtube mit künstlichen periodischen Reflexionsstellen
 $\Delta f = 4 \text{ MHz}$
 $f_{01} = 63,25 \text{ MHz}$
 $f_{BT} = 59,25 \text{ MHz}$
 $A_r = 6 \text{ dB}$

Foto ähnlich wie in Figur 11c

f_{BT} = Bildträgerfrequenz
 A_r = Rückflussdämpfung in dB
 A_1 = Hauptamplitude
 A_2 = erste Überschwingamplitude

In Figur 12 ist $Q = f(S)$ mit Δf als Parameter dargestellt und in Figur 13 $Q = f(\Delta f)$ mit der Bewertungsnote S als Parameter.

Aus Figur 13 kann man dann für eine bestimmte Bewertungsnote S und eine Frequenzverschiebung Δf das maximal erlaubte Amplitudenverhältnis am Ende des Kabels berechnen.

Man erkennt, dass Q für eine bestimmte Note ($\leq 4,5$) mit zunehmendem Δf grösser wird. Das hängt damit zusammen, dass der Energieinhalt des Bildsignals bei den tieferen Frequenzen am grössten ist [13]. Andererseits besitzt das Qualitätsmerkmal für die Note 5 (Echo nicht sichtbar) bereits nur noch eine Grösse von etwa 90%. Das normal fabrizierte Kabel und die Messapparatur ergeben bereits Werte dieser Grössenordnung.

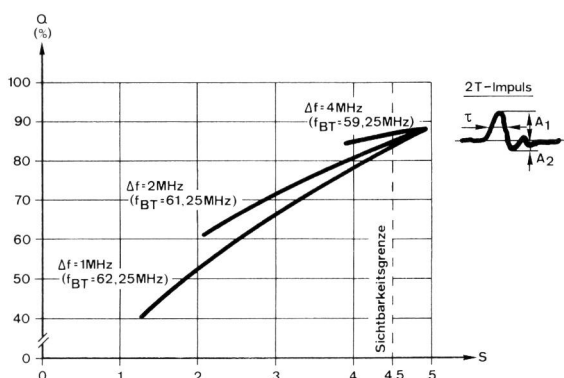


Fig. 12

Zusammenhang zwischen Qualitätsmerkmal Q und Bewertungsnote S mit Δf als Parameter

Halbwertsbreite $\tau = 180 \pm 20$ ns

$\Delta f = f_{01} - f_{BT}$

f_{01} = Kabelresonanzfrequenz (63,25 MHz)

f_{BT} = Bildträgerfrequenz

S = Bewertungsnote

A_1 = Hauptamplitude

A_2 = erste Überswingamplitude

$$Q = \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \cdot 100 (\%)$$

8. Schlussbemerkungen

Zweck dieser Arbeit war, für eine typische Verstärkerfeldlänge den Einfluss periodischer Reflexionen auf die Qualität eines monochromen Fernsehbildes zu untersuchen. Der an sich messbare Rückfluss stellt für mittlere Verstärkerfeldlängen von etwa 500 m gerade noch ein objektives Mass für die Bildgüte dar. Da der für die Bildqualität massgebende Mitfluss nicht einfach zu messen ist, wurde versucht, aus dem Überspringen des 2T-Impulses einen Qualitätsparameter abzuleiten.

Es ist beabsichtigt, die Untersuchungen weiterzuführen, wobei insbesondere die Kabellänge als Parameter in die Tests eingehen soll. Auch sollen die Versuche auf farbige Bilder der PAL-Norm ausgedehnt werden. Dieses System dürfte auf Verzerrungen der vorliegenden Art verhältnismässig unempfindlich sein [13], so dass schon jetzt angenommen werden kann, dass das Kleinkoaxialkabel heutiger Fertigung hinsichtlich kabelinterner Reflexionen im VHF-Bereich kaum ernsthafte Probleme stellt.

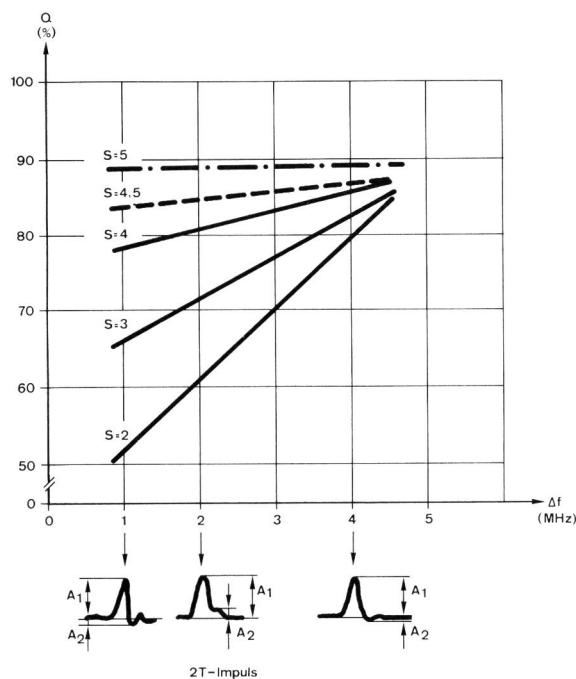


Fig. 13

Zusammenhang zwischen Qualitätsmerkmal Q und Δf mit der Bewertungsnote als S -Parameter

$\Delta f = f_{01} - f_{BT}$

f_{01} = Kabelresonanzfrequenz (63,25 MHz)

f_{BT} = Bildträgerfrequenz

S = Bewertungsnote

A_1 = Hauptamplitude

A_2 = erste Überswingamplitude

$$Q = \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \cdot 100 (\%)$$

Bibliographie

- [1] Scheffler E. Flexwell-Kabel – koaxiale Hochfrequenzkabel mit gewelltem Aussenleiter. Telefunken-Zeitung, Heft 136, Juni 1962.
- [2] CCIR, New-Delhi 1970, volume V, partie 2, Avis 418-2 et 451-1.
- [3] Didlauskis M. und Kaden H. Die inneren Unregelmässigkeiten von koaxialen Breitbandkabeln. ENT Heft 1, 1937.
- [4] Fischer L. Pressedokumentation zur offiziellen Inbetriebsetzung der Stadtantenne Luzern, 7. Juli 1970.
- [5] Peltier Y., Fuchs G. Relation entre l'affaiblissement de réflexion et la régularité des caractéristiques de transmission des paires coaxiales. Câbles et Transmission, 26. Jahrgang, Nr. 1, 1972.
- [6] Fuchs G. Réflexions dues aux irrégularités d'impédance dans un câble coaxial. Câbles et Transmission, 7. Jahrgang, Nr. 2, 1953.
- [7] Payant A. und andere. Influence des irrégularités périodiques d'impédance des paires coaxiales sur la distorsion d'affaiblissement. Câbles et Transmission, 23. Jahrgang, Nr. 2, 1969.
- [8] Roberts W., Wilkenloh F., Peltier Y. Effets d'irrégularités périodiques des câbles à paires coaxiales sur la qualité des images de télévision. Annales des Télécommunications, Nr. 11-12, 1971.
- [9] Kaden H. Impulse und Schaltvorgänge in der Nachrichtentechnik, Verlag Oldenbourg, 1957.
- [10] Schröter F. Fernsehtechnik. Springer-Verlag, 1956.
- [11] Fischer F. A. Einführung in die statistische Übertragungstheorie. BI-Hochschul-Taschenbücher, Band 130.
- [12] Application of Insertion Test Signal Techniques to Television Transmission Chain Operation. The Radio and Electronic Engineer, Vol. 41, Nr. 4, April 1971.
- [13] Bernath K. W. Grundlagen des Farbfernsehens, Heft 86, Blaue TR-Reihe, Verlag Hallwag.