Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = 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 Telegrafenbetriebe

Band: 49 (1971)

Heft: 10

Artikel: Das Trennvermögen von Fernsehempfängern in den UHF-Bereichen

Autor: Roggli, Heinz

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-874305

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: 14.01.2026

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

Das Trennvermögen von Fernsehempfängern in den UHF-Bereichen

Heinz ROGGLI, Bern

Zusammenfassung. *Für die Fernsehempfangstechnik ist das Trennvermögen der Heimempfänger in den UHF-Bereichen in zunehmendem Masse von Bedeutung, da bei vielen Empfangsanlagen immer mehr Fernsehprogramme auch auf UHF-Kanälen angeboten werden. Anhand von Beobachtungen bei einer Reihe ausgewählter Heimempfänger wurde die Störempfindlichkeit in bezug auf Spiegel-, Nachbar- und Nebenkanalsignale untersucht. Die Art und die Entstehungsform der verschiedenen Störungen werden abgeklärt, und zudem sind einige spezielle Eigenschaften, wie Spiegelempfang und Störungen durch Rückspeisung der Empfänger-Oszillatorspannung auf die Gemeinschaftsanlage, behandelt.*

Sélectivité des téléviseurs domestiques dans la bande des UHF

Résumé. *Pour la réception des émissions de télévision, la sélectivité des récepteurs domestiques dans la bande UHF prend de plus en plus d'importance, étant donné que dans bien des installations réceptrices un nombre toujours plus grand de programmes est offert, sur les canaux UHF également. Des observations ont été faites sur une série de récepteurs du commerce, afin de déterminer quelle était leur sensibilité aux perturbations dues aux signaux réfléchis, et aux signaux des canaux adjacents et voisins. Le genre et la formation des diverses perturbations sont traités, ainsi que quelques propriétés particulières, telles que la réception d'images fantômes et les perturbations dues à la réinjection de la tension d'oscillateur dans l'installation commune.*

La selettività dei ricevitori televisivi nelle gamme UHF

Riassunto. *Nella tecnica della ricezione televisiva la selettività dei ricevitori a domicilio nelle gamme UHF assume sempre maggiore importanza, perchè molti impianti collettivi di ricezione offrono un numero sempre più elevato di programmi televisivi anche sui canali UHF. Su una serie di ricevitori privati opportunamente selezionati fu esaminata la sensibilità alle perturbazioni causate dai segnali specchio, dai segnali di canali adiacenti e da quelli di canali limitrofi. Vengono appurati sia il genere, sia il modo della formazione delle diverse perturbazioni e inoltre discusse alcune caratteristiche speciali come la ricezione della frequenza specchio e le perturbazioni dovute alla tensione di ritorno dell'oscillatore nel ricevitore sull'impianto collettivo.*

1. Einleitung

Der gegenwärtige Stand der Fernsehversorgung durch die nationalen und ausländischen Sendernetze erlaubt in unserem Land vielfach den direkten Empfang von drei bis vier verschiedenen Programmen, über Grossgemeinschaftsanlagen oft sogar bis zu sechs und mehr. Während bisher nur bei Einzelanlagen die UHF-Kanäle direkt, also ohne Umsetzung in den VHF-Bereich, dem Empfänger zugeführt wurden, ist heute bei Grossgemeinschaftsanlagen wegen des erhöhten Programmangebotes ein Ausweichen in den UHF-Bereich bereits zur Tatsache geworden. Wenn heute auch hauptsächlich die sogenannten Sonderkanäle entweder vor den Tertiärnetzen oder erst beim Teilnehmer selbst in den UHF-Bereich transponiert werden, ist doch in Zukunft mit einer immer intensiveren Belegung des UHF-Bereichs zu rechnen. Unter Berücksichtigung dieser Tatsachen stellt sich nun die Frage nach dem Trennvermögen der Heimempfänger. Kennt man diese Eigenschaften, so ist es in vielen Fällen möglich, Empfangsstörungen mit den Mitteln der Empfangstechnik zu vermeiden. Anhand der hier beschriebenen Versuche werden die Empfänger-Trenneigenschaften erfasst und die beobachteten Störeffekte analysiert. Die hauptsächlich durch subjektive Beobachtung ermittelten Eigenschaften weisen erwartungsgemäss eine relativ grosse Streuung auf. Das Ziel der vorliegenden Arbeit liegt aber ohnehin eher darin, einen Überblick über die praktische Bedeutung der verschiedenen Störmöglichkeiten zu gewinnen, als eine genaue statistische Ermittlung der durchschnittlichen Empfängereigenschaften vorzunehmen. Während bei der nationalen Netzplanung die Belegung von Spiegelfrequenzpositionen in einem bestimmten Versorgungsbereich weitgehend verhindert werden kann, ist es beim Fernempfang ausländischer Programme unvermeidlich, dass diese unter Umständen durch Spiegelkombinationen mit landeseigenen Sendern gestört sind.

Neben den Spiegelkombinationen existiert noch eine Anzahl weiterer Frequenzkombinationen, die ebenfalls zu einer erhöhten Störwirkung führen können. Die vorliegende Arbeit beschränkt sich grundsätzlich auf Fernsehsignale und berücksichtigt daher keine Störungen durch andere Funkdienste. Es treten einige kritische Kanalkombinationen oder sogenannte «verbotene Kanäle» auf. Ausser dem «Spiegel» sind dies die Kanäle mit den Nummern $N + 4$, $N + 5$, $N - 4$ und $N - 5$, wobei N der gewünschte oder Nutzkanal ist. Ausser dem Trennvermögen für diese kritischen Kombinationen wurden an einer Auswahl von zehn Heimempfängern auch die Kanalkombinationen $N \pm 1$ (Nachbarkanäle) und die Nebenkanalkombinationen $N \pm 2$ und $N \pm 3$ untersucht. Es zeigt sich dabei, dass neben Intermodulation (IM) 2. Ordnung, aus der sich die genannten kritischen Kanalkombinationen ableiten, immer auch Intermodulation 3. Ordnung auftritt. Oft sind bei den untersuchten Störmöglichkeiten mehrere Bildstörungen gleichzeitig aufgetreten, so dass sich zur Erfassung der betriebsmässigen Verhältnisse praktisch nur eine subjektive Methode (Bildbeobachtung) anwenden liess.

2. Durchführung der Bildbeobachtungen

2.1 Verwendete Empfänger

Für die Messungen und Störbeobachtungen wurde eine Auswahl von zehn Heimempfängern verwendet, wobei vier Schwarzweissgeräte aus den Jahren 1960 bis 1966 und sechs Farbempfänger aus den Jahren 1967 bis 1970 stammen.

Die Empfänger wurden vorerst vollständig neu abgestimmt und danach auf Kanal 28 einer Kontrollmessung unterzogen, die den Amplituden-Frequenzgang (Durchlasskurve) vom Antenneneingang bis zum Ausgang des Videoverstärkers erfasste. Hieraus konnten alle wesentlichen Selektionswerte, insbesondere die der Fallen für die Nachbarbild- und Tonträger tabellarisch registriert werden. Schliesslich sind alle im Zusammenhang mit den Messungen interessanten Konstruktionsmerkmale der Empfänger erfasst worden. *Tabelle I* enthält die wesentlichsten dieser Merkmale. Es sind handelsübliche Geräte europäischer Herkunft mit 23- oder 24-Zoll-Bildröhren. Die getroffene Auswahl soll dabei die auf dem schweizerischen Markt verkauften Geräte repräsentieren. Abgesehen von der Neuabstimmung der Empfänger wurden keine Eingriffe oder Veränderungen vorgenommen.

2.2 Subjektive Störbeobachtungen

Die subjektiven Störbeobachtungen auf dem Bildschirm sind von zwei bis drei geübten Beobachtern unter den folgenden Bedingungen durchgeführt worden:

- Beobachtungsabstand: 6 × Bildhöhe
- Umfeldbeleuchtung: schwach
- Die Einstellung der Empfänger (Helligkeit und Kontrast) wurde von jedem Beobachter individuell vorgenommen.
- Als Bildinhalte sind nur ruhende Testbilder, je nach Versuch entweder das PTT-Testbild (SW), ein Farbbalken-Testbild oder das FuBK-Farbtestbild verwendet worden. (Immer die für den jeweiligen Versuch ungünstigsten Testbilder.)
- In allen Fällen wurden die erforderlichen Nutz- zu Störspannungsabstände für die Sichtbarkeitsgrenze der Störungen (Bildqualität 1–2) bestimmt.

Weitere Versuchsbedingungen sind bei der Behandlung der einzelnen Messungen angegeben.

2.3 Frequenzverhältnisse

Für die bei uns verwendete Fernsehnorm (CCIR, B und G) gelten die folgenden Frequenzverhältnisse:

UHF-Bereich (IV/V):		f = 470...790 MHz
	Kanalnummern:	21...60
	Kanalraster:	8 MHz
ZF-Bereich:	Bildträger:	$B_{(Z)}$ = 38,9 MHz
	Farbträger:	$F_{(Z)}$ = 34,47 MHz
	Tonträger:	$T_{(Z)}$ = 33,4 MHz
Video-Bereich:	f_{Video}	= 0...5 MHz
	f_{Burst}	= 4,43361875 MHz
	f_{Ton}	= 5,5 MHz

3. Versuche und Darstellung der Resultate

3.1 Spiegelfrequenzen

Für den Fernsehempfänger muss die Oszillatorfrequenz immer um den Wert der Zwischenfrequenz (ZF) höher als die gewünschte Empfangsfrequenz eingestellt werden, so dass die Spiegelfrequenz um den doppelten Betrag der ZF über der eingestellten Empfangsfrequenz liegt. Während der Tonträger in der HF-Ebene oberhalb der Bildträgerfrequenz erscheint, ist die Lage im ZF-Bereich gerade umgekehrt *(Fig. 1)*. Ist ein Empfänger auf den Nutzkanal N eingestellt, so ergibt sich für den Bildspiegel $S_{(B_N)}$:

$$S_{(B_N)} = f_{B_N} + 2f_{B_Z} = f_{B_N} + 77{,}8 \text{ MHz}$$

Für einen grossen Teil der UHF-Kanäle liegen also die möglichen Spiegelfrequenzen innerhalb des Bereichs; es werden demnach Störungen durch andere Fernsehsender in Frage kommen. In der Folge sind ausschliesslich Störungen von Fernsehsignalen durch andere Fernsehsignale behandelt. Neben der Frage der Spiegelselektion als Empfängereigenschaft ist für die Empfangspraxis wichtig, welche Störwirkung Fernsehsignale im Spiegelfrequenzbereich ergeben. Für diese Spiegelstörung wurden durch Bildschirm-

Tabelle I. Empfängerauswahl

Empfänger		SW = Monochr. F = Farbe	Bestückung mit aktiven Elementen		Tuner-Abstimmung (UHF)	
Baujahr	Code-Bezeichnung		Röhren	Transistoren	D = Drehkondensator KD = Kapazitäts-Diode	Anzahl abgestimmte HF-Kreise
1960	F	SW	28	—	D	2
62/63	G	SW	36	—	D	2
66	M	SW	15	7	D	2
66	N	SW	11	11	D	2
67	O	F	22	22	KD	2
67	R	F	19	33	D	2
67	S	F	40	13	D	3
67/68	T	F	19	33	KD	2
69/70	X	F	18	37	KD	2
69/70	Y	F	13	46	KD	2

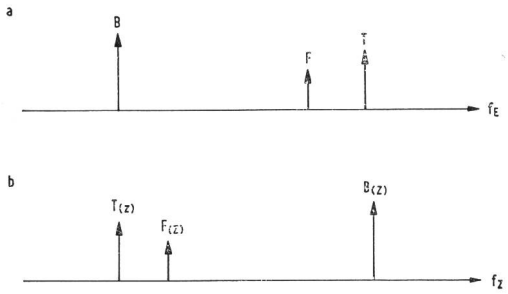

Fig. 1
a Empfangskanal in der HF-Ebene
b Empfangskanal in der ZF-Ebene
B T F Bild-, Ton- und Farbträgerhochfrequenz
$B_{(z)}$ $T_{(z)}$ $F_{(z)}$ Bild-, Ton- und Farbträgerzwischenfrequenz

beobachtungen die erforderlichen Signalabstände der in Frage kommenden Kanäle bestimmt. Ein weiterer Effekt, der ohne Zweifel in der Empfangspraxis eine gewisse Verwirrung stiften kann, ist der eigentliche Spiegelempfang. Bei stark einfallenden Sendern ist der Empfänger nämlich auch auf die Spiegelfrequenz statt auf die Sendefrequenz einstellbar.

3.1.1 Spiegelselektion

Messmethode: Die Spiegelfrequenz ist am Eingang des Mischers gleichberechtigt mit der Empfangsfrequenz. Die Spiegelselektion ist demnach gegeben durch die im Tuner vor der Mischung erreichte HF-Selektion. Sie ist der hohen Frequenzen wegen nur mit speziellen Vorrichtungen und Eingriffen in den Tuner direkt messbar. Diese Messvorrichtungen müssten der jeweiligen Tunerschaltung angepasst werden, und es wäre schwierig abzuklären, ob nicht die Messvorrichtung die zu messenden Eigenschaften beeinflusst. Es wird deshalb eine Messmethode verwendet, die keinen Eingriff in die Empfängerschaltung erfordert. Die Methode benützt ein vollständiges Fernsehsignal, der Empfänger arbeitet also im normalen Betriebszustand. Dies hat unter anderem den Vorteil, dass mit verschiedenen Eingangspegeln gespeist werden kann und auf diese Weise der Einfluss der automatischen Verstärkungsregelung auf die Durchlasskurve der Vorstufe mit erfassbar ist. Auch ist die Wahl des Nutzkanals im ganzen UHF-Bereich beliebig, je nach den zur Verfügung stehenden Sendekanälen.

Das Prinzip der Messmethode sei anhand von *Figur 2* erläutert: Zum Nutzsignal wird ein Hilfsträger H_1, beispielsweise 2 MHz oberhalb des Bildträgers B addiert (Fig. 2b). Der Pegel ist mit vorschlagsweise $U_{H1} = U_N - 26$ dB so gewählt, dass die Empfängerfunktionen nicht beeinflusst werden, aber der Pegel der entstehenden Videofrequenz 2 MHz mit einem Videoselektivpegelmesser eindeutig messbar ist. Dieser wird an die Steuerelektrode der Bildröhre oder an den Ausgang des Bildverstärkers angeschlossen. Danach wird der Hilfsgenerator auf die Frequenz $f_{H2} = f_B + (2 \cdot 38{,}9) - 2$ MHz eingestellt, indem auf den Ausschlag des unveränderten Videoselektivpegelmessers abgeglichen wird. Der Pegel U_{H2} wird erhöht, bis der vorherige Videopegel $U_{H(Video)}$ resultiert. Die Spiegelselektion a_s ist nun

$$a_s = 20 \log \frac{U_{H_2}}{U_{H_1}} \text{ (dB)}$$

Durch Verändern des Reglers vor dem Empfänger (Fig. 2c) lässt sich die Messung rasch für beliebige Empfängereingangsspannungen wiederholen. Der Empfänger wird mit der Feinabstimmung entweder auf das beste Nutzbild abgestimmt oder man kann auch, um den Empfänger genau abzustimmen, die Oszillatorfrequenz am Empfängereingang abnehmen und messen.

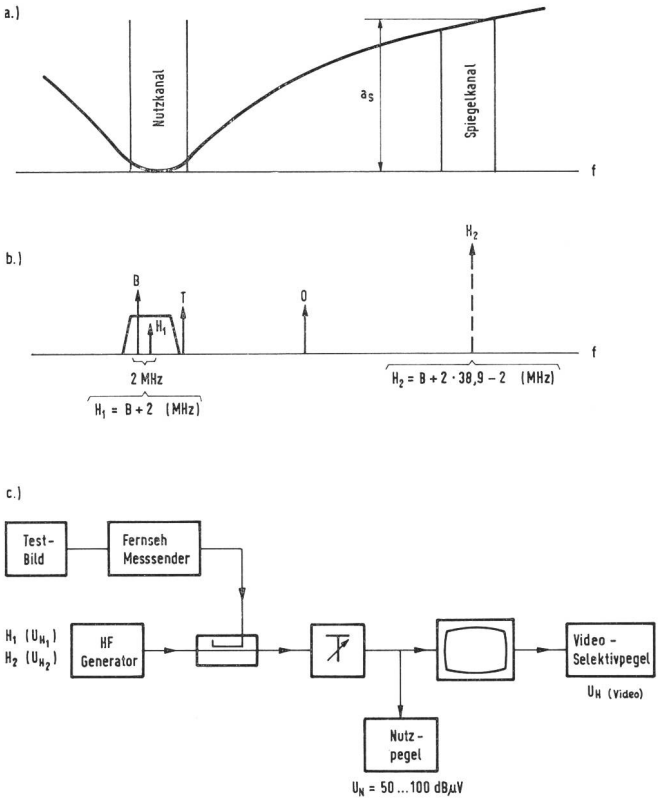

Fig. 2
Messmethode zur Bestimmung der Spiegelselektion

a) Selektionskurve
b) Frequenzlage
c) Blockschema

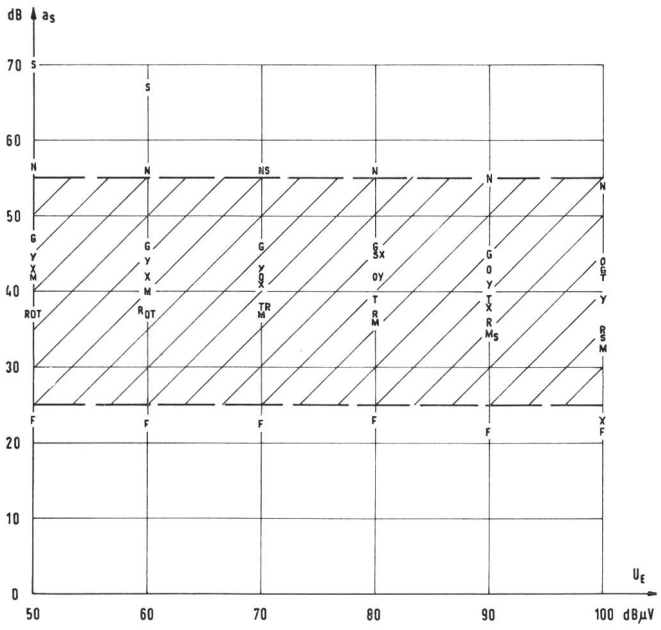

Fig. 3
Spiegelselektion Kanal 45

Resultate und Kommentar: Die Messungen der Spiegelselektion wurden an allen Empfängern auf den drei Kanälen 28, 45 und 55 durchgeführt; die Resultate ergaben für alle drei Kanäle praktisch gleiche Werte. *Figur 3* zeigt die Spiegelselektion auf K 45.

Der mittlere Wert der Spiegelselektion beträgt ungefähr: a_s = 40...45 dB. Der Streubereich ist mit ungefähr ± 15 dB anzugeben.

Die Abhängigkeit von der Empfängereingangsspannung U_E ist geringfügig, beziehungsweise unbedeutend. Einzig der Empfänger S, der drei abgestimmte HF-Kreise aufweist, zeigt für Eingangsspannungen bis zu 70 dB μV Werte, die über dem Durchschnitt liegen, besonders bei tiefen Frequenzen.

3.1.2 Spiegelstörung

Frequenzmechanismus. Es wird hier auf die Angabe aller Zahlenrechnungen verzichtet und auf 2.3 verwiesen.

Störung durch Kanal N + 9 (vgl. *Fig. 4*)

Kanal N: Nutzkanal
Kanal N + 9: Spiegelkanal

Es entstehen vorwiegend zwei wesentliche Störungen durch:

$T_{N+9} \rightarrow$ 0,3 – MHz-Moiré
$F_{N+9} \rightarrow$ 1,37 – MHz-Moiré

Störung durch Kanal N + 10 (vgl. *Fig. 5*)

Es ergibt sich eine Störmöglichkeit durch
$B_{N+10} \rightarrow$ 2,2 – MHz-Moiré

Messanordnung (Fig. 6). Bei der Signalaufbereitung wurde auf ausreichende Nebenwellenabstände geachtet. Zur Ermittlung der Sichtbarkeitsgrenze für Moiré-Störungen wurde jeweils die ungünstigste HF-Lage der verursachenden Träger eingestellt (innerhalb der Normtoleranzen). Ebenfalls ist immer die ungünstigste Modulationsinformation gewählt (zum Beispiel Farbbalken für den störenden Bildträger und nicht modulierter Tonträger).

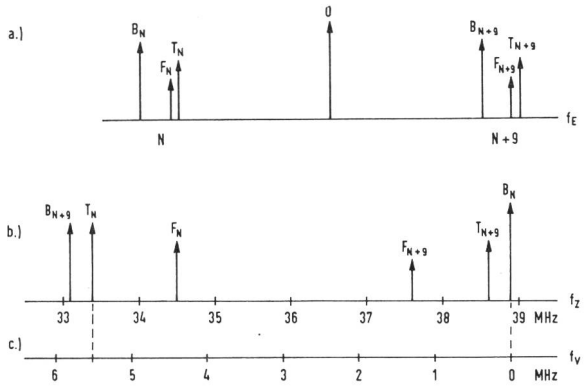

Fig. 4
Störung durch Kanal N + 9

a) HF-Ebene
b) ZF-Ebene
c) Videoebene

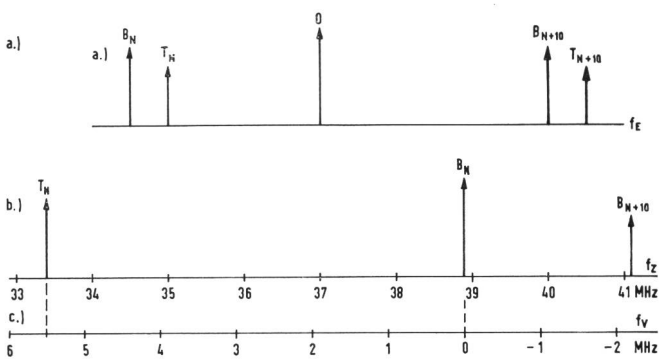

Fig. 5
Störung durch Kanal N + 10

a) HF-Ebene
b) ZF-Ebene
c) Videoebene

Nutz- und Störsignal am Empfängereingang liessen sich einstellen, so dass auch extreme Signalverhältnisse, bei denen mehrere Störerscheinungen gleichzeitig auftraten, beobachtet werden konnten.

Resultate und Kommentar. Die erforderlichen Signalabstände U_S/U_N wurden für die Sichtbarkeitsgrenze im Nutzkanal 45 bestimmt und sind in *Figur 7* zusammengestellt.

Bei einer Eingangsspannung von 80 dB μV liegt der mittlere Wert des erforderlichen Signalabstandes unter 0 dB. Der Empfänger ist also nicht in der Lage, einen gleichstarken Spiegelkanal vom Nutzkanal zu trennen. Diese Tatsache geht auch aus der gemessenen Spiegelselektion hervor, die mit einem mittleren Wert von 40 dB im K 45 (siehe Figur 3) nicht ausreichend ist, da ein Signalabstand von mindestens 50 dB nötig ist.

Damit ein störungsfreier Empfang möglich ist, muss am Empfängereingang das Spiegelkanalsignal um etwa 10 dB geringer als das Nutzsignal sein.

Die bei allen Empfängern vorherrschende Störung ist das 0,3-MHz-Moiré, hervorgerufen durch T_{N+9}. Die Störung durch F_{N+9} konnte auch bei extremen Signalabständen nicht eindeutig beobachtet werden (keine Störverschlimmerung vom SW- zum Farbfernsehen). Dagegen ist bei extremen Signalabständen U_S/U_N ein Anteil Intermodulation festzustellen. Dies kommt auch durch die leicht abfallende

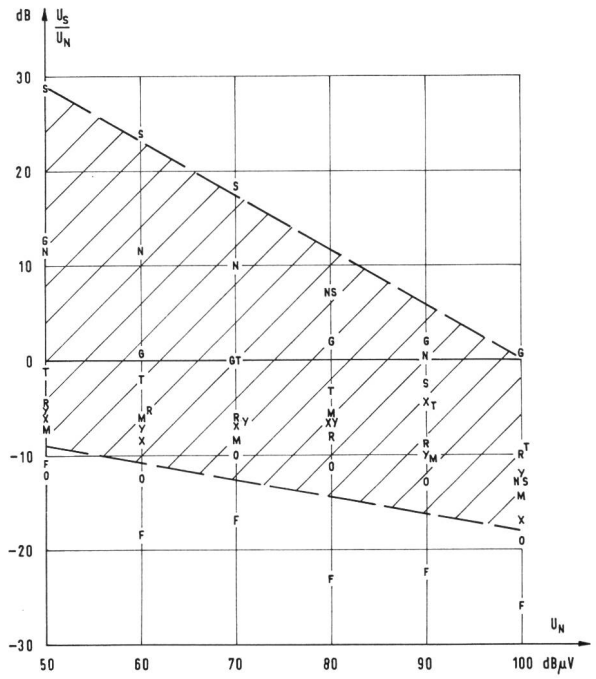

Fig. 7
Spiegelstörung, Signalabstand $\frac{U_S}{U_N}$ für Sichtbarkeitsgrenze

U_N Nutzkanal N = Kanal 45
U_S Störkanal N+9 = Kanal 54

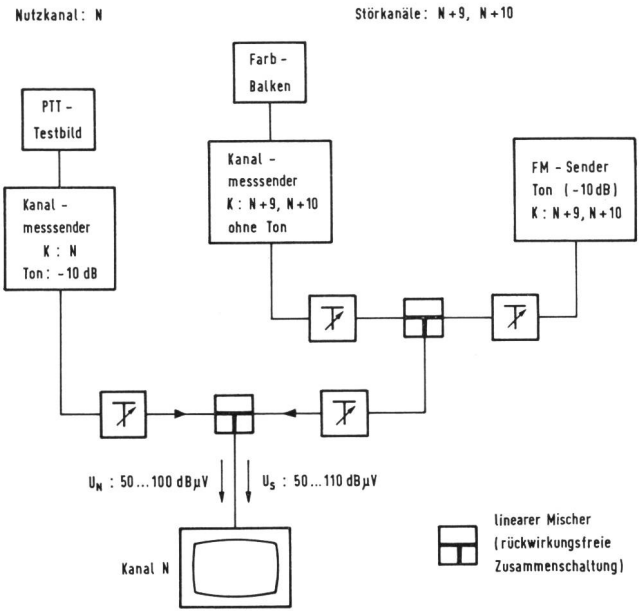

Fig. 6
Versuchsaufbau zur Messung der Spiegelstörung

Tendenz von U_S/U_N bei zunehmendem Eingangssignal zum Ausdruck. Die Spiegelstörung allein entsteht durch lineare Mischung, U_S/U_N müsste waagrecht verlaufen, falls wie festgestellt die Spiegelselektion unabhängig von der Eingangsspannung ist (Ausnahme: Empfänger S).

Die Störung durch den Kanal N + 10 ist weit weniger bedeutend, indem bei U_N = 60 dB μV ein U_S/U_N-Abstand von im Mittel 35 dB zulässig ist (vgl. *Figur 8*). Das Störbild des 2,2-MHz-Moirés wird bei grösseren Eingangsspannungen durch Kreuzmodulation abgelöst (Scheibenwischerstörung), die nichts mehr mit der Spiegelselektion zu tun hat.

3.1.3 Spiegelempfang

Das Spiegelkanalsignal N + 9 ist nicht nur ein Störsignal, sondern kann beim Fehlen des Nutzsignals N als sozusagen normales Signal im Empfänger demoduliert werden. Arbeitet also auf dem Kanal N + 9 ein Sender, so kann bei genügend grossem Eingangssignal der Empfänger auch ungefähr auf den Kanal N eingestellt werden. Bei diesem Irrtum stimmt der Beobachter den Empfänger so ab, dass die Tonstörung (Ton im Bild) verschwindet. Mit

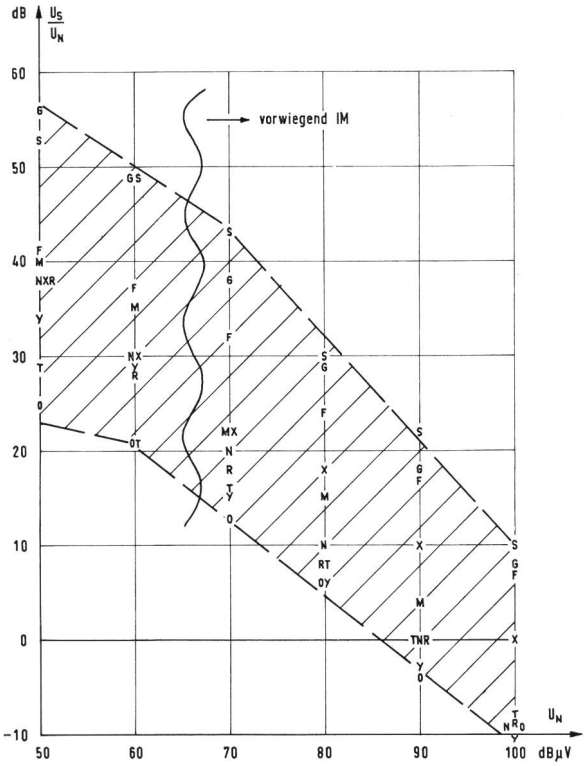

Fig. 8
Spiegelstörung, Signalabstand $\frac{U_S}{U_N}$ für Sichtbarkeitsgrenze

U_N Nutzkanal N = Kanal 45
U_S Störkanal N+10 = Kanal 55

andern Worten wird dabei der Empfängeroszillator um 1,8 MHz von der richtigen Einstellung für Kanal N nach unten gedreht ($O_{N-1,8MHz}$), so dass der Ton T_{N+9} in die Nachbarkanaltonfalle T_U fällt (siehe *Figur 9*). Obschon die Frequenzlage im ZF-Bereich nun seitenverkehrt ist, der Bildträger nicht auf der Nyquistflanke liegt, die ZF-Bandbreite reduziert ist und schliesslich der Farbkanal stark gedämpft wird, kann oft sogar ein Farbempfang möglich sein. Läuft ein Programm ab, so ist die Fehlabstimmung auf die Spiegelposition unter Umständen kaum zu bemerken. Allerdings ist die Empfängerabstimmung heikler als beim Normalempfang. Der Spiegelempfang äussert sich vor allem durch stark reduzierte Empfindlichkeit, die um die Spiegelselektion, das heisst etwa um 40 dB geringer ist als die Normalempfindlichkeit. Die in *Figur 10* dargestellten Messungen bestätigen das recht deutlich.

Der Spiegelempfang äussert sich oft durch stark verrauschte Bilder und ist nur in Sendernähe praktizierbar. Im Zweifelsfalle kann man sofort feststellen, ob nicht um 9 Kanäle höher ein besseres Signal empfangbar ist.

3.2 Nachbar- und Nebenkanäle

3.2.1 Summarische Betrachtung

Die wesentlichsten Störmöglichkeiten beziehungsweise Frequenzkombinationen werden in der Folge einzeln im Frequenzspektrum angegeben und die Erscheinungsform der resultierenden Bildstörung wird genannt. Diese zunächst summarische Darstellung soll vor allem die Zuordnung und Diagnose beobachteter Störungen erleichtern und auf Bekämpfungsmassnahmen hinweisen.

Störungen durch Nachbarkanäle
Unterer Nachbarkanal als Störer

a) Demodulation des Nachbartonträgers T_{N-1} *(Fig. 11a)*
Der Träger T_{N-1} bildet ein Seitenband zum Nutzträger B_N. Dieser wird abgeschwächt durch den Verlauf der ZF-Durchlasskurve, gegebenenfalls durch eine UHF-Nachbarkanaltonfalle Tu' in der Zwischenfrequenzebene (vgl. Fig. 9). Drei der zehn Versuchsempfänger enthalten eine solche.
Störerscheinung: 2,5-MHz-Moiré.

b) Intermodulation B_N/T_{N-1} (Fig. 11b)
Frequenzlage:

$$f_{IM} = 2\, f_{B_N} - f_{T_{N-1}} = f_{B_N} + 2{,}5 \text{ MHz}$$

Störerscheinung: 2,5-MHz-Moiré
Die beiden Effekte a) und b) sind nicht zu unterscheiden.

c) Intermodulation der modulierten Bildträger (Kreuzmodulation) (Fig. 11c)
Frequenzlage: Im Nutzkanal der Nutzmodulation überlagert
Störerscheinung: Scheibenwischerstörung

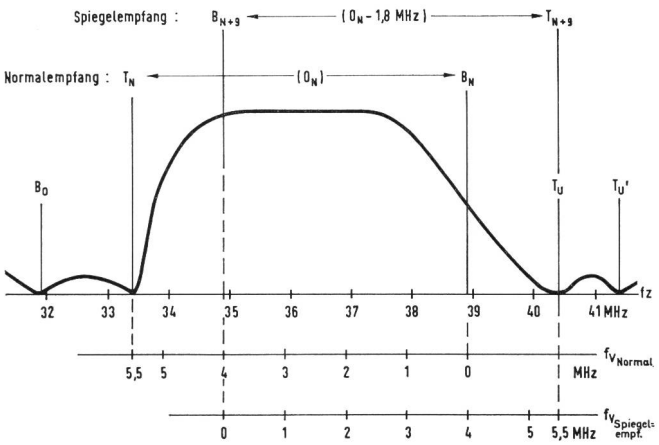

Fig. 9
Empfängerabstimmung für Spiegelempfang

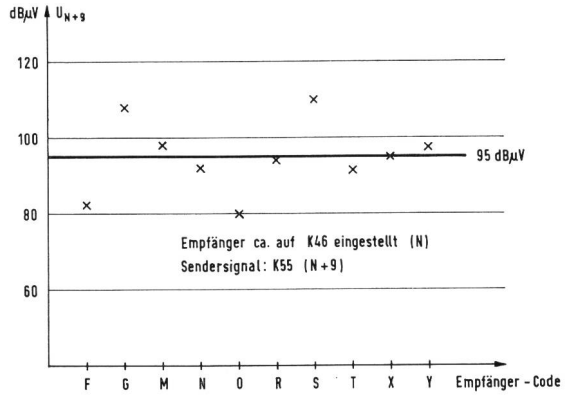

Fig. 10a
Spiegelempfang (Spiegelempfindlichkeit)
Eingangsspannung für Rauschqualität 1–2 (PTT-Testbild)

d) Intermodulation B_{N-1}/T_{N-1} (Fig. 11d)
Frequenzlage:

$$f_{IM} = 2\, f_{T_{N-1}} - f_{B_{N-1}} = f_{B_N} + 3 \text{ MHz}$$

Störerscheinung: 3-MHz-Moiré

Oberer Nachbarkanal als Störer

a) Intermodulation der modulierten Bildträger (Kreuzmodulation) *(Fig. 12a)*
Frequenzlage: Im Nutzkanal der Nutzmodulation überlagert
Störerscheinung: Scheibenwischerstörung

b) Intermodulation B_{N+1}/T_{N+1} (Fig. 12b)
Frequenziage:

$$f_{IM} = 2\, f_{B_{N+1}} - f_{T_{N+1}} = f_{B_N} + 2{,}5 \text{ MHz}$$

Störerscheinung: 2,5-MHz-Moiré

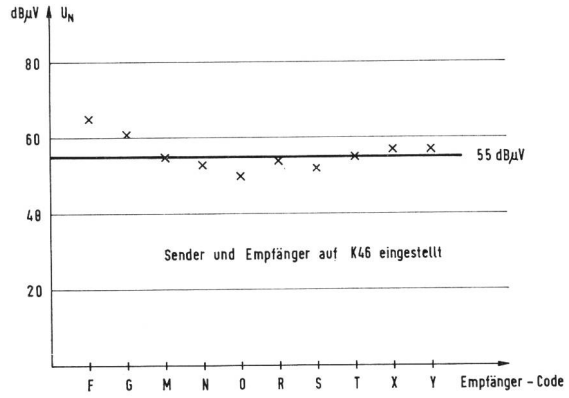

Fig. 10b
Normaler Empfang (Empfindlichkeit)
Eingangsspannung für Rauschqualität 1–2 (PTT-Testbild)

c) Intermodulation T_N/B_{N+1}
Störerscheinung: 3-MHz-Moiré
Frequenzlage:

$$f_{IM} = 2\, f_{T_N} - f_{B_{N+1}} = f_{B_N} + 3 \text{ MHz}$$

Das Auftreten beziehungsweise das Gewicht der genannten Störungen verläuft ungefähr in der angegebenen Reihenfolge a)...d), wobei a) die stärkste Störung ist.

Intermodulation 2. Ordnung

Durch Summen- oder Differenzbildung der Trägerfrequenzen der Kanäle N — 5, N — 4, N + 4 und N + 5 mit dem Nutzkanal N ergeben sich diskrete Störfrequenzen in der ZF-Ebene (vgl. *Fig. 13*). Die wesentlichen acht Kombinationsmöglichkeiten sind in der nachstehenden *Tabelle II* zusammengestellt.

Verschiedene Trägerpositionen ergeben dieselben ZF- beziehungsweise Videofrequenzpositionen. Es entstehen die Moirés 1,1, 1,4 und 4,4 MHz, wobei letzteres im Farbkanal ein 0,03-MHz-Farbmoiré bedeutet. Die Bildung der Störprodukte wird hauptsächlich im Mischer geschehen, wobei sich die HF-Selektion auswirkt, über die die gemessene Spiegelselektion einen Hinweis gibt.

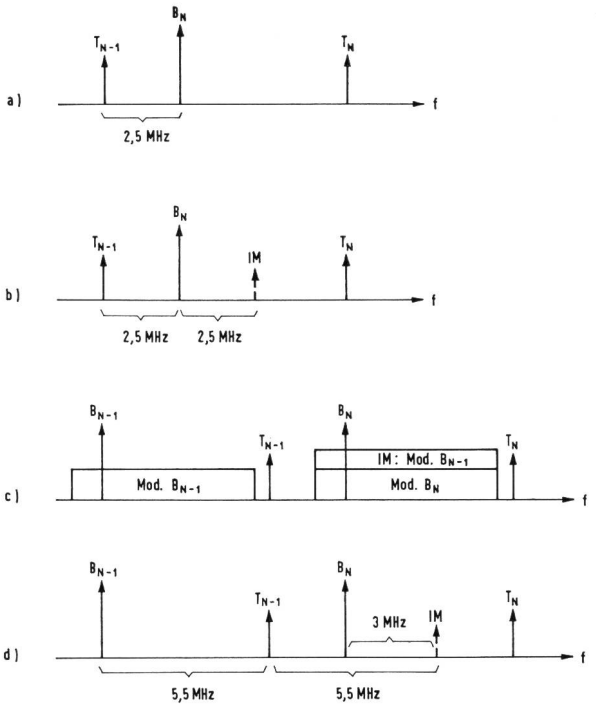

Fig. 11
Unterer Nachbarkanal (N — 1) als Störer

Tabelle II. Wesentliche IM-Produkte 2ter Ordnung

HF	ZF	VIDEO
$f_{T_{N+4}} - f_{B_N}$ $f_{T_N} - f_{B_{N-4}}$	37,5 MHz	1,4 MHz
$f_{B_{N+5}} - f_{T_N}$ $f_{B_N} - f_{T_{N-5}}$	34,5 MHz	4,4 MHz (30 kHz im Farbkanal)
$f_{B_{N+5}} - f_{B_N}$ $f_{T_{N+5}} - f_{T_N}$ $f_{B_N} - f_{B_{N-5}}$ $f_{T_N} - f_{T_{N-5}}$	40,0 MHz	(—) 1,1 MHz

Intermodulation 3. Ordnung

Kreuzmodulation. Alle in der Umgebung des Nutzkanals N liegenden Kanalsignale können bei entsprechenden Pegeln zur Bildung von Intermodulationsprodukten 3. Ordnung führen. Es handelt sich dabei um den Intermodulationsspezialfall der Kreuzmodulation, das heisst, der Modulationsinhalt des störenden Trägers wechselt zum Nutzträger. Die zu beobachtende «Scheibenwischerstörung» bewegt sich bei Farbsignalen infolge der erhöhten Konstanz der Taktgeberfrequenzen nur noch sehr langsam über den Bildschirm. Die Bildung von Intermodulation 3. Ordnung geschieht hauptsächlich im Eingangs-HF-Transistor. Der Tunereingang ist bei den meisten Fabrikaten gegenwärtig noch aperiodisch ausgelegt, so dass innerhalb des UHF-Bereichs keine Eingangsselektion besteht. (Nur ein Fabrikat enthält einen abgestimmten Eingangskreis.) Die jeweilige Kanalkombination ergibt daher in einer grossen Umgebung des Nutzkanals keinen Einfluss.

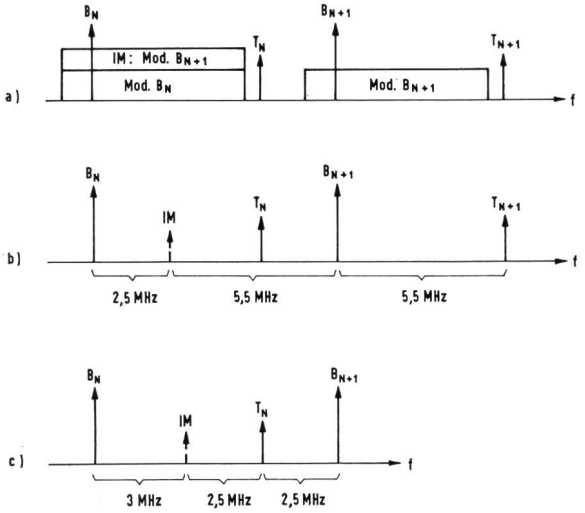

Fig. 12
Oberer Nachbarkanal (N + 1) als Störer

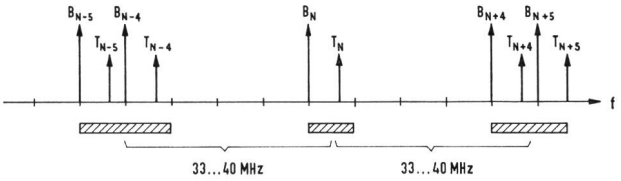

Fig. 13
Intermodulation zweiter Ordnung

Moiré-Produkte bei den Kanälen N — 3, N — 2, N + 2 und N + 3: Bei den genannten Kanalkombinationen kann gelegentlich ein 1,07-MHz-Moiré beobachtet werden, das auf die Farbinformation im Störkanal zurückzuführen ist *(Fig. 14)*.
Bildungsgesetz (z. B. für Kanal N-3):

$$f_{IM} = f_{B_N} + f_{T_{N-3}} - f_{F_{N-3}} = f_{B_N} + 1{,}07 \text{ MHz}$$

Grundsätzlich tritt dieses Moiré natürlich bei beliebigen Kanalkombinationen auf. Bei den Kombinationen N ± 4 und N ± 5 ist aber das 1,1-MHz-Moiré 2. Ordnung vorherrschend (Tabelle II). In allen Fällen ist das 1,07-MHz-Moiré 3. Ordnung der Kreuzmodulation untergeordnet.

Intermodulation ohne Beteiligung des Nutzkanals

Bisher wurden immer Frequenzkombinationen mit dem Nutzkanal betrachtet. Bei intensiver Kanalbelegung kann besonders die angeführte Intermodulation 2. Ordnung auch ohne Beteiligung des am Empfänger eingestellten Nutzkanals erfolgen. Die in der Tabelle II angeführten Produkte können auch durch zwei in der Umgebung des Nutzkanals liegende Kanäle erzeugt werden, deren Kanalnummerndifferenzen 4 oder 5 beträgt. *Figur 15* zeigt ein solches Beispiel, der Kanal N — 3 bildet mit dem Kanal N + 2 die entsprechenden Moiré-Frequenzen.

Spezialfall einer vermeintlichen Gleichkanalstörung

Anlässlich der Laborversuche wurde unter bestimmten Umständen ein niederfrequentes Moiré betrachtet, das beispielsweise Zeilenstruktur aufweist und der Gleichkanalstörung bei Trägerversatz ähnlich ist. Der Effekt ist mit der

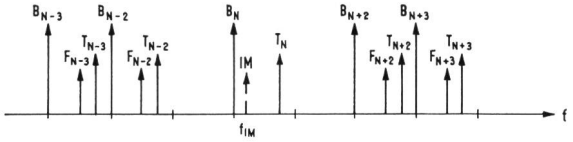

Fig. 14
Intermodulations-Moiré dritter Ordnung durch den Farbträger

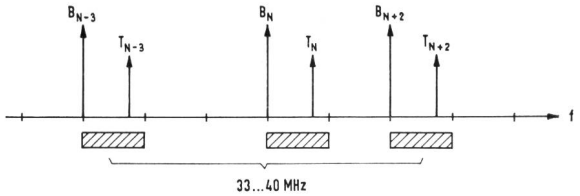

Fig. 15
Intermodulation zweiter Ordnung ohne Beteiligung des Nutzkanals

Intermodulation 3. Ordnung verknüpft, also nicht unmittelbar von der Kanalkombination abhängig. Das sehr nahe beim Nutzbildträger liegende Intermodulationsprodukt ergibt sich aus den Frequenzen der drei beteiligten Träger gemäss Beispiel *Figur 16*.

Bildungsgesetz: $f_{IM} = f_1 \pm f_2 \pm f_3$

im Beispiel: $f_{IM} = f_{T_{46}} + f_{B_{49}} - f_{T_{49}}$

Die entstehende Videofrequenz berechnet sich aus allen vier beteiligten Trägern

$$f_{video} = (f_{T_{49}} - f_{B_{49}}) - (f_{T_{46}} - f_{B_{46}})$$

Bei der heute üblichen Genauigkeit der Träger resultiert eine sehr niederfrequente Videostörfrequenz (Rolladeneffekt).

Normalerweise ist die Kreuzmodulation (Scheibenwischerstörung) vorherrschend. Bei Farbsignalen wird diese langsamer, bei Sendungen gleichen Ursprungs (Tagesschau, Eurovision) bleibt sie stehen, das heisst, sie erhält die Erscheinungsform einer Reflexion. In diesem Fall kann der erwähnte Effekt sichtbar werden und eine Gleichkanalstönurg vortäuschen.

3.2.2 Durchführung der Messungen

Die Auswahl der Empfänger ist unter 2.1 beschrieben. Grundsätzlich wurde mit Farbsignalen gearbeitet, wobei ein elektronisches Farbtestbild FuBK, das gegenwärtige PTT-Testbild mit Farbbalkenstreifen und ein Farbbalkensignal sowie weitere Signale eines Farbmustergenerators zur Verfügung standen. Bei den Bildbewertungen diente

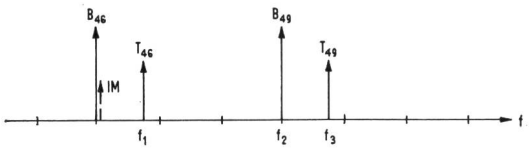

Fig. 16
Vermeintliche Gleichkanalstörung

Tabelle III. Verwendete Kanalkombinationen

Kombination	−5	−4	−3	−2	−1	N	+1	+2	+3	+4	+5
Nutzkanal	46	45	48	48	46		45	46	45	41	41
Störkanal	41	41	45	46	45		46	48	48	45	46

das FuBK-Bild als Nutzbild und ein Farbbalkensignal als Störbild, so dass damit die ungünstigsten Störverhältnisse auftraten. Bewertet wurde jeweils die Sichtbarkeitsgrenze (Bildqualität 1 — 2) durch 2 oder 3 geübte Beobachter.

Figur 17 zeigt die Messanordnung, mit der jeweils eine Kanalkombination untersucht werden konnte. Beide Tonträger mit einer Absenkung von —10 dB blieben zwecks eindeutiger Moiré-Erkennung unmoduliert.

Die Bildbeobachtungen und Bewertungen wurden im Bereich der Kanäle 41...48 gemäss *Tabelle III* durchgeführt. Wie die Messungen der Spiegelselektion zeigten, verändert sich die HF-Selektion im ganzen UHF-Bereich nur unwesentlich. Ebenso ist ein Einfluss des Nutzkanalpegels vernachlässigbar. Damit haben die Resultate für die genannten Kanalkombinationen im ganzen UHF-Bereich Gültigkeit. Einzelne Kanalkombinationen wurden zur Kontrolle unten und oben im UHF-Bereich ausgemessen und bestätigen die Annahme.

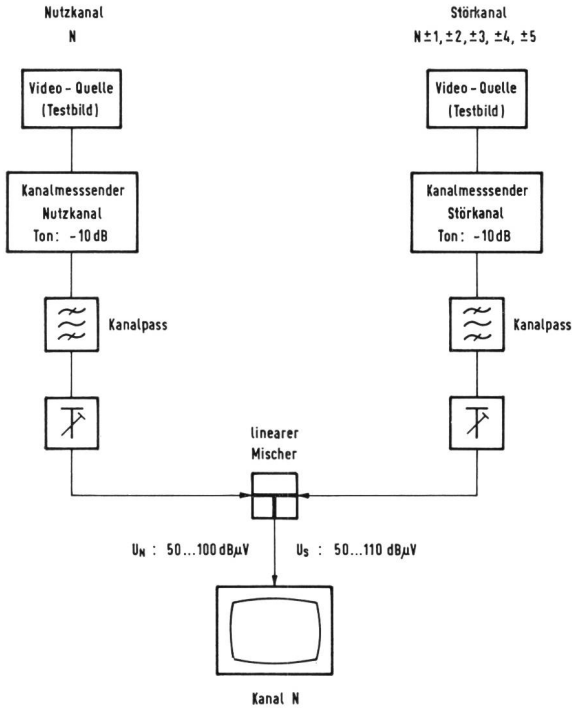

Fig. 17
Messanordnung für beliebige Kanalkombinationen

3.2.3 Resultate und Ausmittlung

Einzelne Messreihen. Zunächst wurde für jede der beobachteten Kanalkombinationen N ± 1...N ± 5 eine graphische Darstellung in der Form von *Figur 18* erstellt. Für jeden der zehn Versuchsempfänger wurde das Kanalpegelverhältnis U_S/U_N (Störpegel/Nutzpegel) für verschiedene Nutzpegel ermittelt und in Funktion des Nutzpegels dargestellt. Die Messpunkte sind mit den Empfänger-Code-Buchstaben markiert.

Ausmittlung. Im Bestreben, die verschiedenen Kanalkombinationen mit charakteristischen Werten zu erfassen und vergleichen zu können, wurde folgender Weg der Ausmittlung beschritten:

- Der sehr grosse Streubereich wird mit einer obern und einer untern Grenzlinie eingefasst (Beispiel Figur 18).
- Als charakteristische Kurve wird im Sinne einer Durchschnittsbildung eine Gerade durch die Mitte des Streubereichs gezogen. (Die Kurven einzelner Empfänger sind näherungsweise Geraden.)

Resultate für einzelne Messreihen. In der vorliegenden Arbeit ist als Beispiel Figur 18 enthalten. Die Durchsicht aller aufgenommenen Messreihen ergibt:

- Der Streubereich der Werte U_S/U_N beträgt 30 dB, wenn alle Einzelresultate und Kanalkombinationen berücksichtigt werden.
- Lässt man jeweilen den besten und den schlechtesten Empfänger weg, berücksichtigt also grob 80% aller Empfänger, so verbleibt ein Streubereich von 20 dB. Das Resultat lässt sich mit der charakteristischen Durchschnittsgeraden und einer Streuung von ±10 dB angeben.

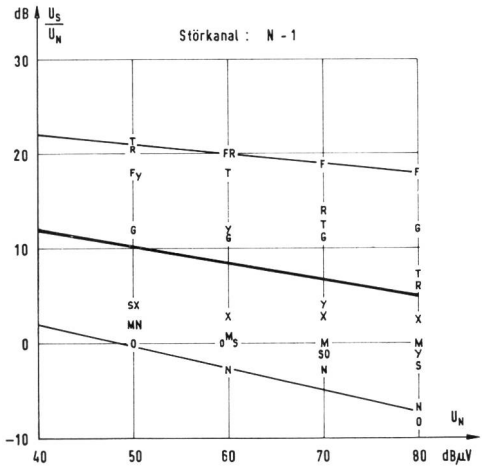

Fig. 18
Signalabstand $\frac{U_S}{U_N}$ für Sichtbarkeitsgrenze

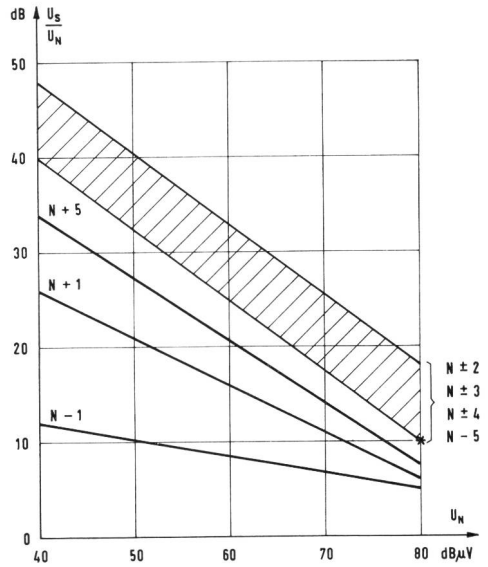

Fig. 19
Signalabstände für Sichtbarkeitsgrenze (Zusammenstellung)

- Lediglich eine Tendenz lässt sich feststellen, indem der Empfänger S (drei abgestimmte HF-Kreise), mit Ausnahme der Nachbarkanäle N ± 1, bei allen Kanalkombinationen leicht über dem Durchschnitt liegt.
- Die Verteilung der Einzelresultate für alle andern Empfänger lässt keine Tendenz innerhalb des Streubereichs erkennen. Von Messreihe zu Messreihe liegt derselbe Empfänger einmal über, einmal unter dem Durchschnitt, das heisst, es sticht kein Empfänger hervor. Ebenso ist kein Unterschied zwischen Schwarzweiss- und Farbempfänger erkennbar.
- Wechselweise Versuche mit SW- und Farbsignalen, die hier nicht angeführt sind, bestätigen, dass für sämtliche Kanalkombinationen das Farbfernsehen keine Verschlechterung gegenüber dem Schwarzweissfernsehen ergibt.

Zusammenstellung der Resultate. In *Figur 19* sind die charakteristischen Durchschnittswerte für die Kanalkombination N — 1, N + 1 und N + 5 als separate Geraden dargestellt. Die Durchschnittskurven für alle andern Kombinationen liegen innerhalb des schraffierten Bereichs und sind praktisch gleichbedeutend. Zusätzlich ist immer die Empfängerstreuung zu berücksichtigen, die beim Einschluss von 80% aller Empfänger ±10 dB beträgt.

Tabelle IV beschreibt die Störwirkungen und versucht, eine allgemeine Rangfolge anzugeben. Zunächst wurde die Sichtbarkeitsgrenze bestimmt, dann der Störpegel über die Sichtbarkeitsgrenze erhöht, bis weitere Störerscheinungen

Tabelle IV: Beobachtete Störungen und Rangfolge

Kanal-Kombination N = Nutzkanal	Art der Störung	Beobachtete Störwirkung	Beobachtete Rangfolge (Gewichtsverteilung)
	lineares Nebensprechen	2,5 MHz Moiré	zuerst sichtbar
	IM 3. Ord.	2,5 MHz Moiré	
N — 1	IM 3. Ord.	Kreuzmod.	ab $U_N \geq 80$ dB μV sichtbar
	IM 3. Ord.	3 MHz Moiré	nicht eindeutig feststellbar
	IM 3. Ord.	Kreuzmod.	zuerst sichtbar
	IM 3. Ord.	2,5 MHz Moiré	bei erhöhtem Störsignal
N + 1	IM 3. Ord.	3 MHz Moiré	ca. gleichzeitig sichtbar
	IM 3. Ord.	Kreuzmod.	zuerst sichtbar
N ± 2	IM 3. Ord.	1,07 MHz Moiré	später sichtbar (nur bei einigen Empf.)
N ± 3	IM 3. Ord.	Zeilenstruktur	bei erhöhtem Störsignal
	IM 3. Ord.	Kreuzmod.	
N ± 4	IM 2. Ord.	1,4 MHz Moiré	ca. gleichzeitig sichtbar
	IM 3. Ord.	Kreuzmod.	
N — 5	IM 2. Ord.	(—) 1,1 MHz Moiré	ca. gleichzeitig sichtbar
	IM 2. Ord.	4,4 MHz Moiré	nicht eindeutig feststellbar
	IM 2. Ord.	(—) 1,1 MHz Moiré	leicht vorherrschend
N + 5	IM 3. Ord.	Kreuzmod.	etwas später sichtbar
	IM 3. Ord.	4,4 MHz Moiré	nicht eindeutig feststellbar

auftraten. Unabhängig von der summarischen Aufzählung der Störungen unter Abschnitt 3.2.1 sind nur solche in der Tabelle enthalten, die bei den meisten Empfängern regelmässig beobachtet werden konnten. Die Rangfolge ist nicht zwingend, einzelne Empfänger können sie durchbrechen, besonders bei nicht einwandfreiem Abstimmzustand oder beim Verstellen der Feinabstimmung. Allgemein ist die Kreuzmodulation vorherrschend und bildet die Grenze der Empfänger-Trennfähigkeit.

Die Ausnahmen sind

a) der untere Nachbarkanal N — 1 mit linearem Nebensprechen

b) der Kanal N + 5 mit Intermodulation zweiter Ordnung.

3.2.4 Diskussion der Resultate (Fig. 19)

Nachbarkanäle. Bei der höchsten empfohlenen Empfängereingangsspannung von 80 dB μV (10 mV) und unter Berücksichtigung der Empfängerstreuung von —10 dB können gleich starke Nachbarkanäle vom Empfänger nicht getrennt werden. Der untere Nachbarkanal bildet den schwerwiegendsten Störer, der obere stellt sich etwas besser.

Nebenkanäle. Hier beherrscht die Kreuzmodulation das Bild. Die in den Planungsunterlagen für den Stockholm-Plan genannten kritischen Kanalkombinationen N ± 4 und N ± 5 sind im allgemeinen nicht ungünstiger als beispielsweise die Kombinationen N ± 2, N ± 3, N ± 6 usw. Einzig die Kombination N + 5 liegt etwas ungünstiger als die übrigen. Dies ist erklärbar, weil es sich bei N + 5 um die Bildträgerfrequenzen handelt (vgl. Tabelle III) und die HF-Vorselektion für N — 5 etwas besser ist als für N + 5.

Die Neigung der Durchschnittsgeraden. Interessant ist die Neigung der Geraden von Figur 19. Intermodulationsprodukte ergeben bekanntlich die Neigung —1, während lineares Nebensprechen eine waagrechte Gerade ergibt. Man erkennt, dass für den Kanal N — 1 Nebensprechen vorherrschend sein muss, für den Störkanal N + 1 Nebensprechen und Intermodulation mehr oder weniger gleichzeitig auftreten und alle andern Kombinationen vorwiegend durch Intermodulation gekennzeichnet sind. Das Trennvermögen der Empfänger in bezug auf Kanäle in der Umgebung des Nutzkanals ist demnach zur Hauptsache begrenzt durch Intermodulation 3. Ordnung, also eine Frage der Eigenschaften von Eingangskreis und HF-Transistor.

Maximale Empfängereingangspegel. Zeichnet man anstelle der Geraden U_S/U_N den Verlauf von U_S in Funktion von U_N auf, so ergeben sich aus den Intermodulationskurven mit der Neigung von ungefähr —1 waagrechte Geraden, das heisst praktisch ein einziger Wert für U_S. Ausgehend von U_N = 80 dB μV und dem tiefsten Punkt * des schraffierten Bereichs in Figur 19 (U_S/U_N = 10 dB) findet man unter Berücksichtigung der Empfängerstreuung von —10 dB einen maximal zulässigen Wert U_S = 80 dB μV. Das Signal U_S wird bei anderer Empfängereinstellung auch zum Nutzsignal. (Man will mehrere Kanäle empfangen.)

Es ist demnach U_N = 80 dB μV (10 mV) die höchst zulässige Empfängereingangsspannung überhaupt.

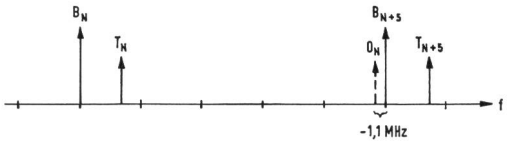

Fig. 20
Frequenzlage des UHF-Oszillators

Die vorliegenden Messungen zeigen, dass etwa 90% der Empfänger eben gerade in der Lage sind, gleich starke Nebenkanalpegel zu trennen.

3.3 Oszillatorstörungen

Obschon die in der Schweiz käuflichen Fernsehempfänger den einschlägigen Störstrahlungsvorschriften entsprechen, sind innerhalb der zugeordneten Frequenzbereiche unter Umständen gegenseitige Störungen der Empfänger möglich. Es werden hier ausschliesslich die an den Empfängerantennenklemmen vorhandenen und in die Antennenleitung rückgespeisten Störfrequenzen von Fernsehempfängern untersucht.

3.3.1 Oszillatorspannungen am Empfängereingang

Sowohl der UHF- wie der VHF-Oszillator (Oberwellen) erzeugt Störspannungen an den Empfänger-Eingangsklemmen. Mit den nachfolgenden Ausführungen werden die beiden Fälle getrennt behandelt.

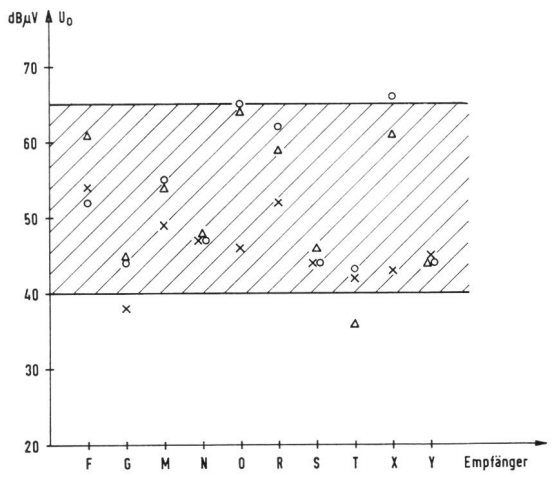

Fig. 21
Oszillatorspannung an den UHF-Eingangsklemmen gemessen an $Z_0 = 60\ \Omega$

× K 28 eingestellt
△ K 45 eingestellt
○ K 55 eingestellt

UHF-Grundwellen. Figur 20 zeigt die Oszillator-Frequenzlage des auf Kanal N laufenden Empfängers. Der Oszillator fällt in den Kanal N + 5 und bildet dort ein Störprodukt:

$$f_S = f_{B_N} + f_Z = f_{B_{N+5}} - 1{,}1\ MHz$$

Störerscheinung: (—) 1,1-MHz-Moiré

Diese fällt mit Intermodulationsprodukten 2. Ordnung ($B_{N+5} - B_N$, $B_N - B_{N-5}$ usw.) zusammen; siehe Tabelle III.

Messungen. Bei den zehn Versuchsempfängern wurden jeweils auf den Kanalstellungen 28, 45 und 55 die zugehörigen Oszillatorspannungen an den Empfänger-Eingangsklemmen über $Z_0 = 60\ \Omega$ gemessen. *Figur 21* zeigt die gemessenen Oszillatorspannungen. Diese liegen zu 90% innerhalb des eingezeichneten Streubereiches von

$$U_0 = 40 \ldots 65\ dB\ \mu V$$

VHF-Oberwellen. Verschiedene Oberwellen des VHF-Oszillators fallen in den UHF-Bereich und können die Kanäle nach *Tabelle V* stören. Die angegebenen Störfrequenzen sind theoretischer Natur; in der Praxis sind Abweichungen bis ±1 MHz infolge unterschiedlicher Empfängerabstimmung möglich.

Messungen. Die Versuchsempfänger wurden auf den Kanälen 5, 8 und 12 betrieben. Oberwellen 2 f_0 und 3 f_0, die in den UHF-Bereich fallen, wurden an den VHF-Eingangsklemmen über $Z_0 = 60\ \Omega$ gemessen.

Figur 22 zeigt die gemessenen Spannungen. Der eingezeichnete Streubereich beträgt

$$U_{Oberwellen} = 25 \ldots 54\ dB\ \mu V$$

3.3.2 Störwirkung

Störung durch UHF-Oszillatoren. Zulässige Störabstände: Wie unter 3.3.1 gezeigt wurde, liegt die störende Oszillatorfrequenz 1,1 MHz unterhalb des Bildträgers $B_N + 5$, also auf der Nyquistflanke. Eine genaue Bestimmung des zulässigen Störabstandes konnte nur durch Messungen an verschiedenen Empfängern erfolgen, da die Nyquistflanken der Empfänger bei $f_B - 1{,}1$ MHz recht unterschiedliche

Tabelle V. Durch VHF-Oszillator gestörte Kanäle

VHF Kanal	2 x f_0 stört: Kanal	Störung (Moiré)	3 x f_0 stört: Kanal	Störung (Moiré)
5			42	3,2 MHz
6			45	0,2
7			47	5,2
8	21	(—) 0,95 MHz	50	2,2
9	22	5,05	53	(—) 0,8
10	24	3,05	55	4,2
11	26	1,05	58	1,2
12	28	(—) 0,95	61	(—) 1,8

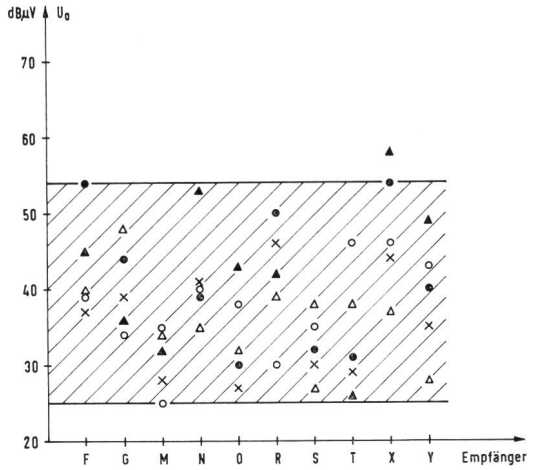

Fig. 22
Oszillator-Oberwellen an den VHF-Eingangsklemmen gemessen an $Z_0 = 60\,\Omega$

× $3 \times f_{osz}$ von Kanal 5
○ $2 \times f_{osz}$ } von Kanal 8
● $3 \times f_{osz}$
△ $2 \times f_{osz}$ } von Kanal 12
▲ $3 \times f_{osz}$

Dämpfungswerte aufweisen. Für die Sichtbarkeitsgrenze der Störungen wurden mit der Messanordnung nach *Figur 23* die in *Tabelle VI* angegebenen Abstände gemessen.

Störabschätzung. Im Falle einer Verteilung von UHF-Kanälen in Gemeinschaftsanlagen können vor allem für die am Ende der Stammleitungen angeschlossenen Empfänger Oszillatorstörungen auftreten, weil hier die Nutzspannungen am geringsten sind. *Figur 24* zeigt die letzten zwei Empfänger einer Stammleitung, als Beispiel für die folgenden Überlegungen.

Modellfall. Setzen wir eine minimale Entkopplung der Empfänger voraus, und nehmen wir die geringste zulässige Eingangsspannung mit $U_N = 54$ dB μV an, so ergeben sich folgende Verhältnisse:

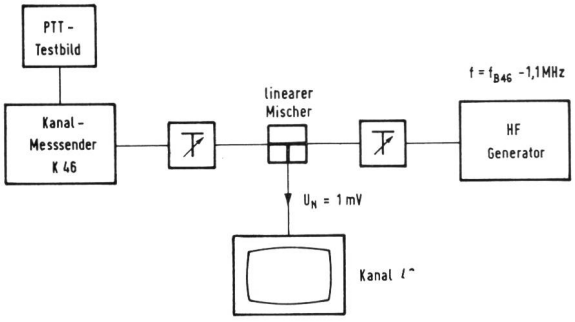

Fig. 23
Messanordnung zur Bestimmung des zulässigen Störabstandes

Tabelle VI. Gemessene Störabstände (dB)

Empfänger:	F	G	M	N	O	R	S	T	X	Y
$20 \log \frac{U_N}{U_0}$	31	25	23	38	32	30	27	28	33	35

Störspannung (Höchstwert)	65 dB μV
– Empfängerentkopplung	20 dB
Oszillatorspannung am gestörten Empfänger	45 dB μV
minimal zulässige Nutzspannung	54 dB μV
Störspannungsabstand	9 dB

Vergleicht man diesen Wert mit den gemessenen zulässigen Abständen (23...38 dB), so ist hier mit einer starken Störung zu rechnen.

Schlussfolgerung: Kanalkombinationen ± 5 müssen vermieden werden.

Störung durch VHF-Oszillatoroberwellen. Zulässige Störabstände: Infolge der unterschiedlichen Lage der Störprodukte (siehe Tabelle V), muss hier ein Störabstand von mindestens 50 dB gefordert werden.

Störabschätzung. Hier gilt dasselbe wie für Störungen durch UHF-Oszillatoren, mit dem Zusatz, dass die Empfängeranschlusskabel eine Weiche enthalten, welche die Anschlüsse VHF und UHF entkoppelt. Die Selektion dieser Weiche vom VHF-Anschluss (Störspannungsquelle) bis zum Koaxialstecker (Dosenanschluss) beträgt für UHF-Frequenzen mindestens 20 dB. Die Empfängerentkopplung bezüglich VHF-Oszillatoroberwellen erhöht sich somit um diesen Betrag.

Modellfall

Störspannung (Höchstwert)	54 dB μV
– Empfängerentkopplung (einschliesslich Weiche)	40 dB
Spannung am gestörten Empfänger	14 dB μV
Minimale Nutzspannung	54 dB μV
Störspannungsabstand	40 dB

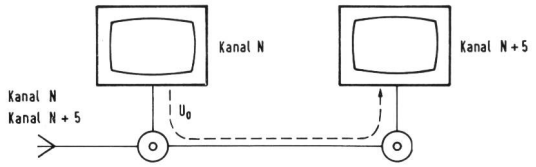

Fig. 24
Teil einer Gemeinschaftsanlage

Dieser Wert ist etwas zu knapp. Liegt eine Anlage mit Richtkopplerdosen vor (Entkopplung einschliesslich Weiche = 50 dB), so ist jedoch keine Störwirkung mehr zu erwarten.

Schlussfolgerung: Oberwellen der Bereich-III-Oszillatoren können unter Umständen leichte Störungen verursachen.

4. Schlussfolgerungen für die Empfangstechnik

4.1 Allgemeine Bemerkungen

Bei der zu erwartenden Kanalbelegung im UHF-Bereich werden in der Praxis gegenseitige Störungen verschiedener Kanalsignale auftreten. Ausschlaggebend sind die dem Empfänger zugeführten Kanalpegel. Die Grösse der einfallenden Feldstärken oder die Senderplanung sind nur sekundär beteiligt, indem entsprechende Kanalkombinationen entstehen. Die schwerwiegendsten Störmöglichkeiten durch Spiegel- und Nachbarkanäle werden von der Senderplanung soweit als möglich vermieden. In allen andern Fällen ist es die Aufgabe der Empfangsanlage, durch Aufbereiten gleichstarker Kanalsignale und Anwendung einer entsprechenden Kanalbelegung die Nebenkanalstörungen zu vermeiden. Dabei darf man nicht vergessen, dass die vorherrschenden Intermodulationsstörungen 3. Ordnung ebenfalls im Antennenverstärker erzeugt werden können, wenn die Pegel oder Pegelverhältnisse am Verstärkereingang unzulässige Werte erreichen.

4.2 Spiegelfrequenzen

Die gemessene Spiegelselektion im UHF-Bereich beträgt im Mittel etwa 40...45 dB, der Streubereich des Empfängers etwa ±15 dB. Die auftretende Spiegelstörung erfordert im Mittel ein um 10 dB kleineres Signal auf dem Spiegelkanal N + 9 im Verhältnis zum Nutzsignal auf Kanal N (Streubereich ±15 dB). Zu beachten ist der Umstand, dass die Störung im Empfänger entsteht. Sie kann deshalb grundsätzlich überall dort auftreten, wo zwei Signale den Kanalabstand 9 aufweisen. Die Grösse der Empfangsfeldstärken ist nicht bestimmend, solange beide Signale erwünscht sind und zum Empfang ausreichende Feldstärken einfallen, denn schwache Signale werden verstärkt. In einer Einzelanlage wird man das obere Kanalsignal (N + 9) um mindestens 10 dB gegenüber dem unteren (N) absenken müssen. In Gemeinschaftsanlagen wird man die Spiegelbelegung durch Umsetzen ganz vermeiden. Wenn immer möglich, sollten Spiegelkombinationen bereits durch die Frequenzplanung vermieden werden, wie das für die europäische Planung geschehen ist.

4.3 Kanalbelegung in Empfangsanlagen

Aufgrund der Messungen ergeben sich nachstehende Schlussfolgerungen:

- Nachbarkanal-Oszillator- und Spiegelkombinationen müssen vermieden werden, das heisst die Kombinationen N ± 1, N ± 5, N ±9
- Alle übrigen Kanalkombinationen im UHF-Bereich sind in bezug auf Empfängereigenschaften praktisch gleichwertig
- Alle UHF-Kanalpegel sollten am Empfängereingang möglichst gleich gross sein und 80 dB μV (10 mV) nicht überschreiten. Bei geringeren Eingangspegeln verbessert sich die Empfängertrennfähigkeit etwas, so dass man in Grenzfällen mit vorgeschalteten Dämpfungen etwas erreichen kann
- Bei Gemeinschaftsanlagen mit gleichzeitiger VHF-Belegung müssen die Oszillatoroberwellen der Bereich-III-Kanäle berücksichtigt werden. Sie schliessen die Belegung einer Anzahl UHF-Kanäle aus.

Tabelle VII: Beispiel einer UHF-Kanalbelegung

21	23	25	27	29
31	33	35	37	39
41	43	**45**	47	49
51	53	**55**	57	59
61	63	65	67	69

4.4 Beispiel einer UHF-Kanalbelegung

Unter Berücksichtigung von 4.3, das heisst beim Ausschluss der 1er-, 5er- und 9er-Schritte ist beispielsweise eine Kanalbelegung nach *Tabelle VII* möglich.

Berücksichtigt man nur die Oszillatoroberwellen, beispielsweise einer VHF-Belegung mit den Kanälen 6, 8, 10 und 12, so fallen die halbfett gesetzten Kanäle weg. Es verbleiben in unserm Beispiel 22 belegbare Kanäle. Nun sind allerdings die Selektionseigenschaften von Kanalfiltern und Kanalverstärkern in bezug auf den Kanalschritt 2 eher kümmerlich, so dass die Bauteilehersteller allgemein einen kleinsten Kanalschritt von 3 vorsehen. Dadurch fallen eine ganze Anzahl weiterer Kanäle aus und man erhält je nach VHF-Belegung nur noch etwa 12 UHF-Kanäle. Diese Dezimierung ist jedoch nicht nötig. Wenn der Empfänger seinerseits in der Lage ist, den Schritt 2 ebenso gut zu trennen wie die Schritte 3, 4, 6, 7 usw., sollte man auf das 2er-Schrittsystem nicht verzichten. Dies um so mehr, als es die verbotenen Schritte 1, 5 und 9 alle gleichzeitig vermeidet.

Für die Zukunft drängt sich deutlich eine Verbesserung der Anlagebauteile (Selektionsmittel) auf. In bezug auf den Empfänger wird eine weitere Verbesserung von Selektion und Linearität der Tuner, insbesondere aber die Verbesserung der Oszillatorrückspeisung erwartet.