

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:	63 (1985)
Heft:	10
Artikel:	Einstrahlstörungen bei Fernseh-Kabelverteilanlagen
Autor:	Brand, Heinz / Gysel, Hermann
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-875406

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: 02.01.2026

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

Einstrahlstörungen bei Fernseh-Kabelverteilanlagen

Heinz BRAND, Bern, und Hermann GYSEL, San José, USA

Zusammenfassung. In koaxialen CATV-Netzen werden Einstrahlstörungen dann zum Problem, wenn der direkte Heimempfang von verschiedenen Sendern möglich ist, also gerade dann, wenn das Kabelverteilnetz besonders gute Signalqualitäten anbieten sollte. In der vorliegenden Arbeit wird gezeigt, wie man mit einem generellen Rasterversatz gegenüber dem Standard-Kanalraster Störwirksamkeitsgewinne realisieren kann, die in der Grösse des bei der Einzelkanalverknüpfung (phase lock) erreichten Gewinns liegen. Das vorgeschlagene Prinzip erlaubt gleichzeitig die bei Vielkanalanlagen erwünschte harmonische Verknüpfung aller Trägerfrequenzen anzuwenden, mit dem diesbezüglichen Intermodulationsgewinn (composite triple beat). Anhand von Daten über Schirmungsmasse von Installationsmaterial und Heimempfängern werden die zulässigen Störfeldstärken abgeschätzt bzw. die Belegbarkeit von Kanälen im Kabelverteilsystem bestimmt. Als Beispiel werden Angaben für die in Basel projektierte Anlage gemacht.

Pénétration de rayonnements parasites dans les téléréseaux

Résumé. La pénétration de rayonnements parasites dans les téléréseaux à câbles coaxiaux peut devenir un problème aux endroits où la réception directe de certains émetteurs est possible, c'est-à-dire précisément là où les téléréseaux devraient pouvoir fournir des signaux d'une qualité particulièrement bonne. Le présent article montre comment on peut améliorer l'immunité des téléréseaux aux perturbations en décalant la trame des canaux par rapport à la trame standard, ce qui procure un avantage comparable à celui obtenu par verrouillage de phase pour chacun des canaux (phase lock). Le principe proposé permet aussi d'appliquer le verrouillage harmonique de toutes les fréquences porteuses, qui améliore le rapport d'intermodulation (composite triple beat), comme cela est souhaitable dans les installations multicanal. En se fondant sur les coefficients de blindage du matériel d'installation et des récepteurs privés, on détermine les champs perturbateurs admissibles, c'est-à-dire le degré d'occupation des canaux d'un téléréseau. Des indications concernant le téléréseau prévu pour Bâle sont citées à titre d'exemple.

Disturbi di irradiazione negli impianti di distribuzione televisiva via cavo

Riassunto. Nelle reti CATV in cavo coassiale i disturbi di irradiazione cominciano a creare problemi quando è possibile ricevere direttamente in casa diversi trasmettitori, quando cioè la qualità del segnale fornito dalla rete di distribuzione dovrebbe essere particolarmente buona. Gli autori mostrano che con uno spostamento generale della spaziatura, rispetto alla spaziatura standard dei canali, si può giungere a una diminuzione degli effetti di disturbo, comparabile a quella ottenibile con l'accoppiamento di canale singolo (aggancio di fase). Il principio proposto consente contemporaneamente di impiegare la correlazione armonica delle frequenze di tutte le portanti, auspicata nel caso di impianti a più canali, con relativa diminuzione del prodotto d'intermodulazione (triplo battimento misto). In base ai dati sulla schermatura del materiale d'installazione e dei ricevitori domestici vengono valutate le intensità del campo perturbatore risp. determinate le occupazioni dei canali nel sistema di distribuzione. Quale esempio vengono date indicazioni per l'impianto progettato a Basilea.

1 Einleitung

Der Erfolg von Kabelverteilanlagen beruht zweifellos hauptsächlich darauf, dass ein grosses Programmangebot verfügbar gemacht werden kann, wie es mit Heimantennen meistens nicht erreicht wird. Neben den Programmen der Nachbarländer, die landesweit durch das PTT-Richtstrahlnetz GAZ (Gemeinschafts-Anlagen-Zubringer) vermittelt werden, sind in letzter Zeit mehrere Satellitenprogramme aktuell geworden (Sky Channel, Music Box, 3SAT, TV5, Teleclub usw.). Auch mittel grosse Anlagen mit beispielsweise 10 000 Teilnehmern übertragen ein bis mehrere Satellitenprogramme. Ein grosser Teil der Teilnehmer schätzt offenbar die Vielfalt und ist auch bereit, dafür zu bezahlen.

Diese Entwicklung führt zu Verkabelungsprojekten auch an Orten, wo mehrere ausländische Programme mit normalen Heimantennen einigermassen gut empfangbar sind. Das ist zum Beispiel in Basel der Fall, wo neben den schweizerischen auch die französischen und deutschen Programme der terrestrischen Rundfunkversorgung greifbar sind.

Solche Projekte haben allerdings ein wirtschaftliches und ein technisches Problem. Die Konkurrenz durch die drahtlos verfügbaren Rundfunksignale bedeutet für die Kabelanlage, möglichst viele weitere Programme anbieten zu müssen, gleichzeitig aber die Gebühren möglichst niedrig zu halten, damit, trotz der günstigen Empfangslage, viele Teilnehmer sich doch an die Kabelanlage anschliessen.

Der technische Problemkreis entsteht durch die zahlreichen Sender, deren Feldstärken sich in den Kabelanlagen als «Einstreusignale» bemerkbar machen und so die gute Wiedergabequalität der Kabelsignale beeinträchtigen können. Dies, weil besonders die Hausverteilanlage, das Empfängeranschlusskabel und die Empfänger selbst verhältnismässig geringe Schirmwirkungen aufweisen, die durch unsachgemässen Installationspraktiken oft noch stark verschlechtert werden (schlechte Kabelübergänge usw.). Der Teilnehmer seinerseits wird nur dann zufrieden sein, wenn die vom Kabel angebotene Bild- und Tonqualität mindestens ebenso gut wie jene beim Direktempfang ist.

Weil die Kabelanlage viele Programme verteilen muss, um attraktiv zu sein (zeitgemäß etwa 20 Fernsehprogramme), ist das Einstreuproblem bedeutsam. Man kann nicht mehr, wie das bei wenigen Programmen der Fall war, alle Kanäle in denen drahtlose Signale einfallen als Lücken im Kabelkanalraster unbelegt lassen, sondern ist gezwungen, möglichst alle Kanäle im Frequenzbereich 108 MHz...300 MHz zu belegen. Selbstverständlich geschieht dies im lückenlosen Nachbarkanalbetrieb, wie er in der Schweiz vor 10 Jahren eingeführt worden ist.

Erstklassiges Hausinstallationsmaterial und gut geschirmte Empfänger erreichen zwar Schirmungsmasse, die nur in seltenen Einstreufällen ungenügend sind. Anderes Material ist aber ebenfalls vorhanden, so dass bei Anlagen mit grosser Kanalzahl die Einstrahlstörungen unter den verschiedenen möglichen Störungsarten im

Kabelrundfunk vorherrschend sind, jedenfalls in typisch gelegenen Ortschaften, etwa in der Nähe der Landesgrenzen. Basel ist dafür ein gutes Beispiel.

2 Störfeldstärken und Schirmungsmasse

21 Abschätzung der Störfeldstärken aus den Senderdaten

Die grössten Störfeldstärken und flächenmässig grössten Störgebiete werden durch die regulären grossen Fernsehsender erzeugt. Der Ausgangspunkt der nachfolgenden Betrachtungen liegt daher im Fernsehfrequenzbereich III (170 MHz...230 MHz), in dem sich die meisten möglichen Störsender für eine VHF-Kabelverteilanlage befinden.

Die Störfeldstärken werden wie Nutzfeldstärken aus Freiraumfeldstärke minus Beugungsdämpfung berechnet. Für die Freiraumfeldstärke gilt [1]:

$$E = 77 + P_s - 20 \log(D) \quad \text{dB}(\mu\text{V}/\text{m}) \quad (1)$$

mit E: Freiraumfeldstärke in dB(µV/m) im Abstand D zum Sender

P_s: Sendeleistung in dB(W) unter Berücksichtigung des Sendeantennendiagramms

D: Distanz zum Sender in km

Besteht keine Sichtverbindung, ist zusätzlich die Beugungsdämpfung zu berücksichtigen. Dazu können die folgenden Formeln [2, 1] verwendet werden:

$$A_b = 6,4 + 20 \log[v + (1+v^2)^{1/2}], v > -0,8 \text{ dB} \quad (2)$$

$$v = H \left(\frac{F}{37500 \cdot D} \right)^{1/2} \quad (3)$$

mit A_b: Beugungsdämpfung in dB

F: Frequenz in MHz

D: Distanz zwischen Sender und Empfänger in km

H: Hindernishöhe in m (Hindernis über direkter Verbindungsleitung Sender – Empfänger)

Bei mehreren Hindernissen zwischen Sender und Empfänger benutzt man ein schrittweises Berechnen der gesamten Beugungsdämpfung, wie es in [2] beschrieben ist.

Die Störfeldstärke wird selten durch mehr als zwei Teilwellen erzeugt (Höhenfunktion). In Sendernähe, das heisst je nach den Geländebeziehungen in einer Entfernung vom Sender etwa bis zu 10 km, muss man im ungünstigsten Fall (Standort der Empfangsinstallation) mit dem doppelten Wert der Freiraumfeldstärke rechnen (+6 dB). Demgegenüber darf für die Abschirmwirkung der Hauswände ein Dämpfungswert von 6 dB...7 dB angenommen werden, der sich mit dem erwähnten Gewinn von 6 dB verrechnen lässt. Für die Störfeldstärke ergibt sich dann als oberer Grenzwert:

$$E_{\text{stör}} = 77 + P_s - 20 \log(D) - A_b \quad \text{dB}(\mu\text{V}/\text{m}) \quad (4)$$

mit E_{stör}: Zu erwartender Höchstwert der Störfeldstärke im Gebäudeinneren

P_s und D: wie in (1)

A_b: Beugungsdämpfung nach (2)

22 Berücksichtigung der Schirmungsmasse von Installationsmaterial und Empfängern

In [4] und [5] wird die zulässige Störfeldstärke, die unter ungünstigen Bedingungen höchstens erreicht werden darf, folgendermassen berechnet:

$$E_{\text{stör}} < U_{\text{nutz}} - a_i + A_s + 20 \log(f) - 31 \quad \text{dB}(\mu\text{V}/\text{m}) \quad (5)$$

mit E_{stör}: Störfeldstärke in dB(µV/m)

U_{nutz}: Nutzsignalpegel in dB(µV) an 75 Ω

a_i: Interferenzabstand in dB für geforderte Störwirksamkeit

A_s: Schirmungsmass in dB (siehe [4] und [5])

f: Nutzfrequenz in MHz

Ungenügende Schirmungsmasse werden hauptsächlich durch schlecht geschirmte Empfängeranschlusskabel (z. B. 39 dB) und Anschlussdosen verursacht (z. B. 49 dB bei 180 MHz). Wenn Einstreuprobleme bestehen, darf solches Material nicht verwendet werden. Wie Beispiele zeigen [5, 6] erreichen einzelne Fabrikate Werte über 60 dB. Für Empfängeranschlusskabel und Anschlussdosen wird in der Folge ein Schirmungsmass von 60 dB (bei 180 MHz) vorausgesetzt.

Die Abhängigkeit des Schirmungsmasses von der Frequenz kann approximativ folgendermassen dargestellt werden:

$$A_s = A_s(180 \text{ MHz}) - 20 \log(f/180) \quad \text{dB} \quad (6)$$

mit f: Frequenz in MHz

(6) gibt bei Kabel sowie bei Dosen in den Bändern I und V grössere Fehler, ist aber sonst in Band III und den Sonderkanälen brauchbar (Fehler verglichen mit den Resultaten von [5] kleiner als 2 dB). (6) in (5) ergibt dann für eine Dose mit 60 dB Schirmungsmass bei 180 MHz und einem geforderten Interferenzabstand von 64 dB [7, 8] die maximal zugelassene Störfeldstärke:

$$E_{\text{stör}}(\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})) < U_{\text{nutz}}(\text{dB}(\mu\text{V}) \text{ an } 75 \Omega) + 10 \text{ dB} \quad (7a)$$

Wird diese Störfeldstärke an keinem Ort der Hausteilung überschritten, so kann der betreffende Kanal jedoch nur dann ohne Störungen befürchten zu müssen belegt werden, wenn der Empfänger auch mindestens 60 dB Schirmung aufweist.

Messungen an Fernsehempfängern erbrachten auf Grund des Immunitätsmessverfahrens nicht dieses Schirmungsmass, sondern direkt die höchste zulässige Störfeldstärke [9]. Diese ist im Band I 60 dB(µV/m) und im Band III 54 dB(µV/m) bei 1 mV TV-Signalpegel. Empfänger, die eine nicht unterbrochene Abschirmung der Signaleinführung in den Tuner aufweisen, gestatten einen störungsfreien Betrieb bis zu Feldstärken um 73 dB(µV) bei 55 MHz, 63 dB(µV/m) bei 190 MHz und 1,5 mV Nutzpegel [10]. Diese Werte gelten für einen RF-Interferenzabstand von 60 dB. In [7, 8] sind aber 64 dB verlangt.

Mit (5) kann aus diesen Resultaten der Medianwert und die obere Grenze der Empfängerschirmungsmasse für die Bänder I und III abgeleitet werden. Diese sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle I. Schirmungsmasse von Fernsehheimempfängern

Medianwert	Band I	Band III
	46 dB	40 dB
Obere Grenze	64 dB	54 dB

Diese Werte zeigen, dass in der sorgfältig dimensionierten und installierten Hausverteilanlage der Empfänger den grössten Störanteil bei Einstrahlstörungen verursacht. Als dessen Schirmungsmass wird nun für die weiteren Überlegungen einheitlich 47 dB verwendet, da man dem Teilnehmer zumuten kann, in den wenigen, besonders schlechten Lagen, nicht die billigsten Empfänger zu verwenden. (Er ist hier auf den Fachhandel angewiesen, wobei es auch diesem nicht zugemutet werden kann, die Schirmungsmasse aller Empfänger zu kennen oder zu eruieren. Er kann sich jedoch durch Ausprobieren verschiedener Fabrikate leicht von den grossen Unterschieden im Schirmungsmass überzeugen.)

Mit dem Schirmungsmass von 47 dB erhält man aus (7a) die maximale Störfeldstärke:

$$E_{\text{st}\ddot{o}r}(\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})) < U_{\text{nutz}}(\text{dB}(\mu\text{V}) \text{ an } 75 \Omega) - 3 \text{ dB} \quad (7b)$$

3 Möglichkeiten zur Reduktion der Störwirksamkeit

31 Wahl eines optimalen Kanalrasters

Seit den frühen fünfziger Jahren hat man versucht, die Störwirksamkeit von Interferenzstörern dadurch zu vermindern, dass man die hohe Periodizität des analogen Videosignals ausnützt. Man setzt Nutz- und Störsignal in eine bestimmte Beziehung der Trägerfrequenzen, so dass sich der Störeindruck über eine gewisse Anzahl Zeilen ausmittelt. Man spricht von phase lock (kein Frequenzversatz), Halbzeilenoffset und (Zwei-)Drittelzeilenoffset.

Die grundlegende Arbeit dazu ist [11]. Tabelle II zeigt die wichtigsten Resultate daraus.

Tabelle II. RF-Schutzabstandswerte für ein PAL-moduliertes Nutzsignal bei verschiedenen Offsetlagen eines PAL-modulierten Störers

Senderstabilität	Offsettyp		
	0-Hz-Offset	2/3-Zeilen-Offset	1/2-Zeilen-Offset
0 Hz	36 dB	36 dB	42 dB
2 Hz	45 dB	36 dB	42 dB
500 Hz	50 dB	49 dB	42 dB

Für die Planung bei Einstrahlstörungen interessanter sind die Offsetgewinne, also Schutzabstandsgewinne bezüglich des ungünstigsten Falles. Daraus berechnet sich der Offsetgewinn, dargestellt in Tabelle III.

Tabelle III. Offsetgewinne bei verschiedenen Offsetlagen eines PAL-modulierten Störers

Senderstabilität	Offsettyp		
	0-Hz-Offset	2/3-Zeilen-Offset	1/2-Zeilen-Offset
0 Hz	24 dB	24 dB	18 dB
2 Hz	15 dB	24 dB	18 dB
500 Hz	10 dB	11 dB	18 dB

Die Gewinne, die Tabelle III verspricht, sind in der Praxis des Kabelfernsehens zum Teil schwer erreichbar. Im Gegensatz zur Planung von Senderfrequenzen, wofür Tabelle II eigentlich gemacht ist, stellt sich in der Kopfstation das Problem, die Kanalfrequenz, die über das Kabel verteilt wird, zu einer Störfrequenz in Beziehung zu bringen, die nicht unbedingt die Stabilität eines Präzisionsoffset-Senders hat. Man verwendet dann einen Phasenregelkreis, der die Stör- und Nutzträgerphasen verknüpft. Dies geschieht meist ohne Frequenzversatz [12]. Es sind aber auch Einrichtungen für $\frac{1}{2}$ - und $\frac{2}{3}$ -Zeilen-Offset auf dem Markt [13]. Bei $\frac{2}{3}$ -Zeilen-Offset, und besonders ohne Offset, darf der Störfrequenzhub nur einige Hertz betragen, sonst wird die Verminderung der Störwirksamkeit des Einstrahlstörers reduziert, wie Tabelle III vermuten lässt. In einem Test mit einem durch Rauschen nach CCIR-Rec. 559 frequenzmodulierten Störträger (ähnlich dem Rauschen einer PLL) ohne Versatz zum Nutzträger wurde ein zulässiger effektiver Hub von 20 Hz gefunden, der den Rastergewinn verkleinert. Der Verlust ist aber nicht derart gross, wie man nach den Zahlen in Tabelle III vermuten würde, da die Störung im Videosignal ein Geräusch und keine sinusförmige Interferenz ist, die eine Schwebung im Videosignal erzeugt. Sehr unproblematisch ist Halbzeilenoffset, der auch beim Vorhandensein von grossem Phasenrauschen die volle Wirksamkeit der Offsetlage bewahrt.

Wie in [16, 17] dargestellt, ist es bei hohen Kanalzahlen empfehlenswert, kohärente Raster zu verwenden. Diese verunmöglichen aber, im Kabelnetz verwendete Bildträgerfrequenzen mit Störträgerfrequenzen zur Störungsminderung zu verknüpfen. Der einzige Weg, der zur Bekämpfung von Einstrahlstörungen offen bleibt, besteht darin, die CATV-Kanalfrequenzen so zu wählen, dass die off-air-Störfrequenzen in einen Bereich geringerer Störwirksamkeit fallen. Eigene Tests haben gezeigt, dass eine Erhöhung der Kanalfrequenzen um knapp 2 MHz gegen dem Normal-Raster in Band III interessant ist.

Die genaue Versatzfrequenz wird durch die Synthesizer der Heimempfänger bestimmt. Ihre üblichen Frequenzinkremente sind 125 kHz und 62,5 kHz.

Für die Kanalfrequenz gilt:

$$f_{\text{Kanal}} = n \cdot 7 + 0,25 + f_{\text{Offset}} \quad \text{MHz}, \quad n: \text{ganze Zahl} \quad (8)$$

Die Lokaloszillatorfrequenz des Empfängers ist:

$$\begin{aligned} f_{\text{LO}} &= f_{\text{Kanal}} + 38,9 = f_{\text{Kanal}} + 35 + 3,9 \quad \text{MHz} \quad (9) \\ &= (n+5) \cdot 7 + 3,9 + 0,25 + f_{\text{Offset}} \end{aligned}$$

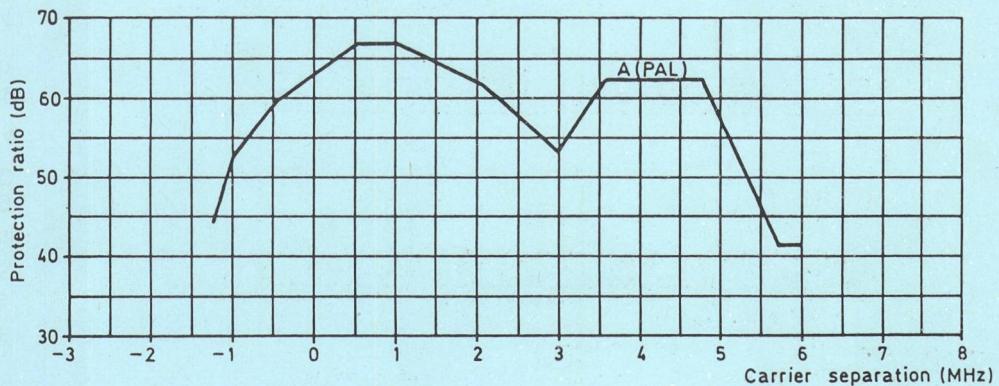


Fig. 1
Schutzabstände für die Sichtbarkeitsgrenze beim PAL-Signal

Sollen keine Abstimmfehler gemacht werden, so wird:

$$0,025 + f_{\text{Offset}} = m \cdot 0,125 \text{ mit } m \text{ als ganze Zahl} \\ \text{und } f \leq 2 \text{ MHz}$$

$$m \text{ sei } 16: f_{\text{Offset}} = 16 \cdot 0,125 - 0,025 = 1,975 \text{ MHz}$$

$$m \text{ sei } 15: f_{\text{Offset}} = 15 \cdot 0,125 - 0,025 = 1,85 \text{ MHz}$$

f_{LO} wird dann:

$$f_{\text{LO}} = (n+5) \cdot 7 + 3,9 + 0,23 + 1,85 \text{ MHz} \\ = (n+5) \cdot 7 + 6 \text{ MHz}$$

Dies ist ein Vielfaches von 125 kHz, so dass der Empfänger fehlerfrei abgestimmt werden kann (im Normalraster wird ein Fehler von 25 kHz gemacht).

Diese Offsetfrequenz von 1,85 MHz ist günstig, da sie erlaubt, in der Frequenzaufbereitung der Kopfstation Synthesizer mit 50 kHz Inkrementweite zu verwenden.

In [14], Figur 1 und Tabelle II sind die Schutzabstandscurven für die Wahrnehmbarkeitsgrenze von Interferenzstörungen dargestellt, die durch PAL-modulierte Störträger hervorgerufen werden. Jene, die hier von Be-

deutung ist, gibt Figur 1 wieder. In [14] und Tabelle V findet man die Korrekturfaktoren für verschiedene Modulationsarten. Damit kann für die Wirkung eines jeden Störträgers und Unterträgers unter Berücksichtigung seiner relativen Frequenzlage sowie seines relativen Pegels ein Schutzabstand für den zugehörigen Bildträger abgeleitet werden. In Tabelle IV sind sie dargestellt.

Der RF-Schutzabstand in der rechten Kolonne von Tabelle IV bezeichnet den Abstand von Stör- und Nutz bildträger, bei dem die Störung, hervorgerufen durch den bezeichneten Träger oder Unterträger, die Sichtbarkeitsgrenze erreicht. Die Störung mit dem grössten notwendigen Schutzabstand ist dominant. Im Kanal, der frequenzmäßig über dem Störer liegt, ist die Störung des ersten Stör-Tonträgers im Nutz-Chromianzkanal dominant. Im darunterliegenden Nutzkanal ist es die Chromianzstörung, hervorgerufen durch den Störbildträger (Fig. 2).

Unter realistischen Bedingungen können geringere Schutzabstände akzeptiert werden, wie die Werte in Klammern zeigen, die an einem handelsüblichen Tuner am Testbild (bei gesättigten Farben) gemessen wurden. Bei normalem Programmaterial ist die Farbsättigung meist gering. Es hat sich gezeigt, dass der Schutzabstand bezüglich des störenden Farbhilfsträgers dann noch um rund 6 dB verringert werden kann. Die verbliebenen beiden vorherrschenden Störungen sind in Tabelle V dargestellt.

Tabelle IV. Schutzabstände und relative Störfrequenzen bei 1,85-MHz-Versatz

Störer	Relative Störfrequenz	Sichtbarkeitsgrenze [14]	Relative Pegel	Schutzabstand
Bildträger	-1,85 MHz 5,15 MHz*	< 30 dB (17) 53 dB (39)	0 dB 0 dB	< 30 dB 53 dB
Farbhilfsträger	2,58 MHz	57 dB (45)	-16 dB	41 dB
1. Tonträger	3,65 MHz	62 dB (51)	-13 dB	49 dB
2. Tonträger	3,89 MHz	62 dB (51)	-20 dB	42 dB

* Es werden zwei Kanäle gestört, hier wird der unterhalb des Störers betrachtet, sonst jener oberhalb

Werte in Klammern wurden an einem typischen Heimempfänger (mit Oberflächenwellenfilter) bei 33 dB Rauschabstand unbewertet gemessen

Im Tonkanal wird eine wahrnehmbare Störung erst erreicht, wenn die Bildstörung schon deutlich sichtbar ist

Tabelle V. Schutzabstände beim 1,85-MHz-Offsetraster

Nutzkanal	Sichtbarkeitsgrenze		
	im perfekten Bild	bei 33 dB Rauschabstand	
		im Testbild	im bewegten Bild
Unterhalb Störkanal	53 dB	39 dB	33 dB
Oberhalb Störkanal	49 dB	38 dB	32 dB

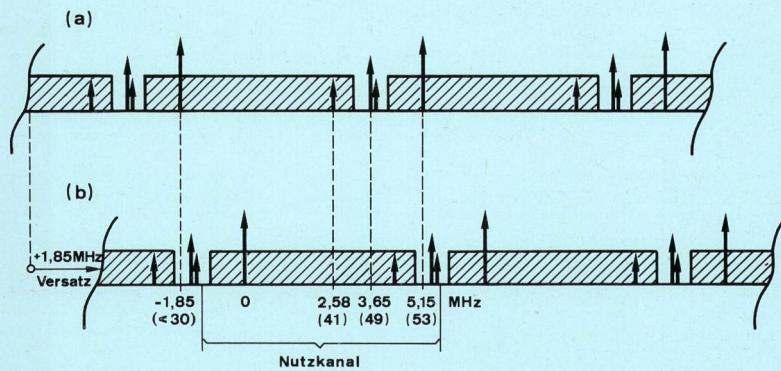


Fig. 2
Kanalraster
a) CCIR-Standardraster für den Bereich III, Norm B

b) Kabelkanalraster mit Video-Störprodukten und Schutzabständen in (dB)

Aus diesen Werten kann der Rastergewinn, dargestellt in Tabelle VI, berechnet werden. Dieser ist die Differenz der obigen Schutzabstände zum Wert ohne Offsetlage zum Störer gemäss Kurve (Fig. 1). Da die Untersuchun-

gen über zulässige Störfeldstärken am perfekten Bild gemacht werden, sind besonders auch die Werte bei leichtem Rauschen und bewegtem Bild interessant, wie sie in den beiden letzten Spalten der Tabelle V dargestellt sind. Bereits ein leichtes Rauschen (33 dB) hat einen grossen maskierenden Effekt.

Im fast perfekten Bild (Qualität 4,5) kann näherungsweise mit *18 dB Rastergewinn* (Mittelwert der beiden ersten Spalten von Tabelle VI) gerechnet werden. Für die Störfeldstärke bei PAL-modulierten Störkanälen im Normalraster gilt dann:

$$E_{\text{stör}}(\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})) < U_{\text{nutz}}(\text{dB}(\mu\text{V}) \text{ an } 75 \Omega) + 15 \text{ dB (7c)}$$

In Basel werden diese Gewinne natürlich nur bei deutschen und schweizerischen Störsendern, nicht aber bei französischen erreicht. Letztere sind in einem Kanalraster (L) angeordnet, dessen Kanalabstand 8 MHz be-

Tabelle VI. Rastergewinn beim 1,85-MHz-Offsetraster

Nutzkanal	Gewinn gegenüber Nichtoffsetlage und perfektem Bild		
	im perfekten Bild	bei 33 dB Rauschabstand	
		im Testbild	im bewegten Bild
Unterhalb Störkanal	10 dB	24 dB	30 dB
Oberhalb Störkanal	14 dB	25 dB	31 dB

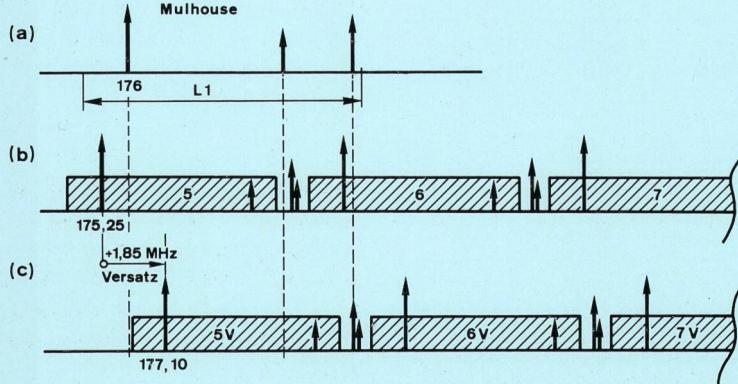


Fig. 3
Störungen des Kanals L1 (a) im CCIR-Norm-B-Raster (b) und im versetzten Kabelkanalraster (c)

trägt. Dadurch ist die Offsetlage eines französischen Störers nicht mehr konstant, sondern kanalabhängig.

Der Sender Mülhausen erzeugt in Basel eine Freiraumfeldstärke von 92 dB ($\mu\text{V}/\text{m}$). Wie gezeigt wird, ist diese Störfeldstärke zu hoch, als dass die betroffenen Kanäle noch belegt werden könnten. Im Nicht-Offsetfall wird Kanal 5 durch den Bildträger von Kanal L 1 gestört, Kanal 6 durch dessen Tonträger. Bei Anwendung des 1,85-MHz-Offsets fällt der störende Tonträger von L 1 1,6 MHz unter den Bildträger von Kanal 6. Seine Störwirksamkeit ist dort vernachlässigbar, so dass nun Kanal 6 belegbar wird. Man erkennt, dass in diesem speziellen Fall die Anwendung des Offsetrasters auch bei einem Störer im L-Raster nützlich ist (Fig. 3).

32 Erhöhte Pegel an der Teilnehmerdose

Die einfachste Art, mit Einstrahlstörungen fertig zu werden, besteht darin, die Pegel an der Teilnehmerdose über das rauschbedingte Minimum zu erhöhen. Dabei hat man allerdings zu beachten, dass das Grosssignalverhalten der Empfänger und die verfügbare Signalleistung am Beginn der Hausinstallation einer Pegelerhöhung an der Teilnehmerdose Grenzen setzt. Im allgemeinen sind Empfängereingangsspegel über 12 dB (mV)/Kanal zu vermeiden [15]. Allerdings sind moderne Geräte ohne weiteres in der Lage, Pegel bis 20 dB (mV) bei 30 Kanälen störungsfrei zu verarbeiten. In den Fällen guter Einstrahlstörfestigkeit, jedoch nur mittlerer Linearität der Heimempfänger, kann auch eine Dämpfung am Empfängereingang nützlich sein. Am ehesten ist zu empfehlen, in Hochhäusern oder sonst exponierten Wohnlagen, Eingangsspegl bis 20 dB (mV) anzubieten. Die vereinzelt auftretenden Störungsfälle wegen Übersteuerung der Heimempfänger sind dann individuell zu lösen. Bei Heimempfängern sehr hoher Immunität gegen Einstrahlstörungen (Blocktuner) kann eine Dämpfung vor den Antenneneingang geschaltet werden. Allerdings hat sich gezeigt, dass gerade diese Geräte ein gutes Grossignalverhalten aufweisen, so dass sich dann eine Dämpfung erübrigt.

Bei diesem Eingangsspegl von 12 dB (mV) gilt dann für die maximale Freiraumstörfeldstärke bei PAL-moduliertem Störer im Normalraster bei Anwendung des beschriebenen 1,85-MHz-Offsets:

$$E_{\text{stör}}(\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})) < 87 \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m}) \quad (7d)$$

Für andere Störsender (Raster L, Natel, Ortsruf usw.) ist der ermittelte Rastergewinn von 18 dB nicht vorhanden. Ohne Abklärung der genauen Frequenzlage des Störers befindet man sich dann auf der sicheren Seite, wenn für die Freiraumfeldstärke gilt:

$$E_{\text{stör}}(\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})) < 69 \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m}) \quad (7e)$$

4 Intermodulationsstörungen bei hoher Kanalzahl

Bei hohen Kanalzahlen, also bei einer belegten Bandbreite deutlich über einer Oktave, treten Störungen durch Intermodulationsprodukte zweiter Ordnung in den Vordergrund [15]. Der einzige Weg, deren Störwirksamkeit zu vermindern, besteht in der Wahl besonderer Frequenzraster.

Kohärente oder harmonische Raster (alle Kanalfrequenzen sind Vielfache einer Grundfrequenz, z. B. von 7 MHz) vermindern die Sichtbarkeit der Intermodulationsstörungen aller Ordnungen beträchtlich [16, 17]. Bei inkremental-harmonischen Rastern gilt für die Kanalfrequenzen exakt:

$$f_{Kn} = n \cdot f_G + f_0 \quad (10)$$

mit f_{Kn} : n-te Kanalfrequenz

f_G : Grundfrequenz des harmonischen Rasters

f_0 : konstante Offsetfrequenz

n: ganze Zahl

Die Intermodulationsprodukte erster und zweiter Ordnung fallen dann auf Frequenzen, die nicht immer mit einer Kanalfrequenz identisch sind. Tabelle VII gibt eine

Tabelle VII. Relative Frequenzlage der Intermodulationsprodukte zweiter und dritter Ordnung bei 1,85-MHz-Offsetlage gegenüber Band-III-Normalraster

Intermodulationsfrequenz	Intermodulations-Offset	Gewinn Herkunft
$f_1 + f_2 = (n_1 + n_2)f + 2f_0$	f_0	2,1 MHz $<= 13 \text{ dB}^1$ [11]
$f_1 - f_2 = (n_1 - n_2)$	$-f_0$	$7 - 2,1 = 4,9 \text{ MHz}$ $> 5 \text{ dB}$ [14]
$f_1 + f_2 - f_3 = (n_1 + n_2 - n_3) + f_0$	0	0 MHz $> 6 \text{ dB}^2$ [16,17]
$f_0 + f_2 + f_3 = (n_1 + n_2 + n_3) + 3f_0$	$2f_0$	4,2 MHz 1 dB^3 [14]
$f_1 - f_2 - f_3 = (n_1 - n_2 - n_3) - f_0$	$-2f_0$	$7 - 4,2 = 2,8 \text{ MHz}$ 14 dB [14]

¹ Dieses Produkt hat die Frequenz 2,1 MHz = 134,4 · 15 625 kHz. Sein Gewinn entspricht daher fast demjenigen des Halbzeilenoftsets

² Dieser Wert gilt für composite triple beat, die anderen für einzelne Intermodulationsprodukte. Daher sind diese eher als optimistische Schätzungen anzusehen

³ Diese Intermodulationsfrequenzen treten nur in geringer Zahl in den obersten Sonderkanälen auf. Sie sind daher trotz ihrer grossen Störwirksamkeit von untergeordneter Bedeutung

Übersicht für den Fall, dass die Offsetfrequenz 1,85 MHz (Offset gegenüber Normalraster) plus 250 kHz (Offset des Normalrasters gegenüber Vielfachen von 7 MHz) beträgt. Die n-te Kanalfrequenz beträgt dann:

$$f_{Kn} = n \cdot 7 + 2,1 \text{ MHz} \quad (11)$$

Tabelle VII zeigt, dass das vorgeschlagene 1,85-MHz-Offsetraster, in der Form eines inkremental-harmonischen Rasters, nur unbedeutende Einbussen in der Reduktion der Störwirksamkeit von Intermodulationsprodukten gegenüber einem kohärenten Raster mit sich bringt. Mit diesem Raster ist es daher möglich, die Vorteile eines kohärenten Rasters mit jenen eines einstrahlstöroptimierten Rasters zu verbinden. Der Gewinn in bezug auf Einstrahlstörungen ergibt sich einerseits durch die Lage der CATV-Kanalfrequenzen gegenüber den off-air-Störfrequenzen und andererseits dadurch, dass höhere Eingangsspegl zur Anwendung gelangen können, ohne bei den Empfängern sichtbare Intermodulationsstörungen hervorzurufen.

5 Hinweise und Vorschläge zur Rasterwahl und Kanalbelegung im projektierten Kabelverteilnetz Basel

Anhand der im vorliegenden Artikel niedergelegten Erkenntnisse sind nachstehend konkrete Angaben für eine in Basel zu projektierende Verteilanlage zusammenge stellt.

51 Bauelemente

Von wesentlicher Bedeutung sind die Schirmungseigenschaften von Hausverteilanlage und Empfänger. Gemäss Abschnitt 22 werden folgende Forderungen aufgestellt:

Schirmungsmass (bei 180 MHz)

- Verzweig- und Anschlussdosen, Empfängeranschlusskabel 60 dB
- Empfänger 50 dB

52 Pegel

Als Planungswert wird ein minimaler Versorgungspegel an der Anschlussdose von 12 dB (mV) vorgeschlagen. Für exponierte Empfangslagen (Geländeerhebungen, Hochhäuser) kann ein erhöhter Anschlusspegel bis zu 20 dB (mV) in Erwägung gezogen werden.

53 Kanalraster

Sämtliche Trägerfrequenzen werden gegenüber dem Standardraster um +1,85 MHz versetzt. Die harmonische Verkopplung aller Träger ist als Massnahme zur Minderung der Intermodulationsstörungen möglich (Abschnitt 4).

54 Einstreufeldstärken

Entsprechend den vorerwähnten Voraussetzungen gelten für die Einstreufeldstärken die Grenzwerte:

$$E_{\text{stör}}(\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})) < 87 \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m}) \quad (7d)$$

beziehungsweise ohne Offset (Raster L, Mülhausen):

$$E_{\text{stör}}(\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})) < 69 \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m}) \quad (7e)$$

Tabelle VIII. Kanalbelegung im Bereich III in Basel

Sender	Kanal	Grösste gemessene Feldstärke dB(µV/m)	Belegbar
Mülhausen (Raster L)	5/6	92	5 nein
		(Freiraumfeldstärke)	6 ja
Les Ordons	7	83	ja
Feldberg	8	83	ja
Kein nahe gelegener Sender	9	—	ja
	10	—	ja
St. Chrischona	11	109	nein
Kein nahe gelegener Sender	12	—	ja

Tabelle IX. Empfohlene Kanalbelegung für den Erstausbau der Anlage Basel

Bereich	Kanalbezeichnung	Belegbarkeit	Anzahl Kanäle
I	4	ohne Einschränkung	1
Unterer Sonderkanalbereich	S ₃ ...S ₆	mit Einschränkung*	4
III	6, 7, 8, 9, 10 und 12	ohne Einschränkung	6
Oberer Sonderkanalbereich	S ₁₁ ...S ₁₉	ohne Einschränkung	9
Total			20

* Die Bemerkung «mit Einschränkung» bedeutet, dass Störungen unwahrscheinlich sind, aber als Einzelfälle doch auftreten können

Die Frequenzbelegung durch drahtlose Dienste in Basel wurde eingehend untersucht [3]. Die Verhältnisse im Bereich III sind in Tabelle VIII dargestellt.

Dank dem vorgeschlagenen Versatz +1,85 MHz können die Bereich-III-Kanäle 6, 7 und 8 belegt werden (Fig. 2 und 3).

55 Empfohlene Kanalbelegung

Aus verschiedenen Gründen wird empfohlen, den Bereich I (Kanäle 2 bis 4) grundsätzlich nicht zu belegen. Allenfalls könnte man den Kanal 4 als Servicekanal zur Aussendung eines Testbildes und von Informationstexten betreffend die Anlage benutzen.

Im untern Sonderkanalbereich (108 MHz...174 MHz) sind zahlreiche Funkdienste angesiedelt, so dass generell auf eine Belegung verzichtet werden sollte. Die Kanäle S₃ bis S₅ sind mit Vorbehalt belegbar (Flugfunk), ebenso kann Kanal S₆ versuchweise belegt werden (Amateurband 144 MHz...146 MHz).

Im Bereich III sind laut Tabelle VIII 6 Kanäle belegbar, im obern Sonderkanalbereich (230 MHz...300 MHz) stehen 9 Kanäle zur Verfügung, wenn man den Abstimmbereich der heutigen Empfänger berücksichtigt. Tabelle IX zeigt die empfohlene Kanalbelegung für den Erstausbau der Anlage Basel.

Bibliographie

- [1] Ausbreitungskurven für 100 bis 1000 MHz und Distanzen bis 80 km. GD PTT, Bern, Bericht VD 11.1006 F, 1981.
- [2] BASIC-Programme zur Berechnung der Gelände-Beugungsdämpfungen. GD PTT, Bern, Bericht VD 11.1037 U, 1984.
- [3] Feldstärkemessungen in Basel. GD PTT, Bern, Bericht VD 13.1048 U, 1985.
- [4] Mesure de l'efficacité du blindage de composants d'antennes collectives (TV et radio) par la méthode de la pince absorbante. DG PTT, Berne, Rapport VD 24.151 U, 1983.
- [5] Dahinden E. und Blunier E. Bericht über die Fremdsignal-einwirkung in koaxialen Hausverteilanlagen. PRT-Ausschuss Einstrahlstörfestigkeit Arbeitsgruppe 3 «Verteilanlagen», 11. Januar 1983.
- [6] Passive Bauteile für VHF/UHF-Verteilnetze. GD PTT, Bern, Bericht VD 13.028 A, 1974.

- [7] Planungsunterlagen für Breitbandverteilnetze für die Rundfunkversorgung, Teil 1: Definitionen und Forderungen. GD PTT, Bern, Bericht VD 1.1001 P, 1984.
- [8] Planungsunterlagen für Breitbandverteilnetze für die Rundfunkversorgung, Teil 2: Grundlagen und Richtlinien. GD PTT, Bern, Bericht VD 1.1002 P, 1984.
- [9] Mesure de l'immunité de 16 téléviseurs dans les canaux de réception et dans la MF par 4 méthodes d'essais. DG PTT, Berne, Rapport VD 24.138 C, 1983.
- [10] Mesure de l'immunité de récepteurs de télévision à un champ haute fréquence module en amplitude ou en fréquence par la méthode synthétique. DG PTT, Berne, Rapport VD 24.135 U, 1983.
- [11] Aigner M. und Hopf H. Schutzabstände für den Gleichkanalbetrieb von Fernsehsendern bei Modulation mit PAL-Farbfernsehsignalen. Rundfunktechnische Mitteilungen, Hamburg 13 (1969) 6.
- [12] Lendenmann K. (Jerrold), Kopfstationen mit professioneller Signalaufbereitung. Informistagung «Kabelfernsehen '78», Regensdorf 8. März 1978.
- [13] Becker G. (Hirschmann), Direkteinstrahlung in Kabelfernsehnetze. Informistagung «Kabelfernsehen '80», Regensdorf 5. März 1980.
- [14] Proposal for a revised Report 306-4. CCIR Interim Working Part 11/5 Doc. IWP 11/5-84/2, 11. November 1984.
- [15] Gysele H. Untersuchungen von Fernsehempfängern mit Blick auf den Betrieb in Kabelverteilanlagen. Techn. Mitt. PTT, Bern 62 (1984) 1, S. 16.
- [16] Meyrat P. Techniques to increase the channel carrying capacity and the supply radius of CATV systems. 11th International Television Symposium, Montreux 1979.
- [17] Krick W. Verbesserung der Kabelfernsehübertragung durch ein optimales kohärentes Trägersystem. Rundfunktechnische Mitteilungen, Hamburg 23 (1979) 5.

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

11/85

- | | |
|-----------------------------------|---|
| Wiederkehr A.
et Birrer K. | Nouvelle conception de la gestion informatique du matériel des télécommunications |
| Hostettler R. | Comtex – Das Projekt für elektronische Mitteilungsdienste |
| Afheldt H. | Die Entwicklung der Kommunikation in Europa und der Welt
Le développement de la communication en Europe et dans le monde |
| Thomet H. R.
und Schulthess F. | Die fernmeldegeschichtliche Sammlung der PTT-Betriebe |
| Stieger H. | Distribution frame connector system 83 (VS 83) |