

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: 44 (1966)

Heft: 12

Artikel: Über die Störempfindlichkeit der Farbfernsehverfahren NTSC, PAL und SECAM III beim drahtlosen Heimempfang, unter besonderer Berücksichtigung des Mehrwegempfanges. II

Autor: Bernath, K. W.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-874596>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 13.05.2025

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

Über die Störimpfindlichkeit der Farbfernsehverfahren NTSC, PAL und SECAM III beim drahtlosen Heimempfang, unter besonderer Berücksichtigung des Mehrwegeempfanges (II)¹

Zusammenfassung. In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, wie sich die an die CCIR-B- und G-Normen angepassten Farbfernsehverfahren NTSC, PAL und SECAM III beim drahtlosen Heimempfang unter naturgegebenen Störeinflüssen verhalten. In den ersten Abschnitten wird das Problem, unter Zugrundelegung einfacher Bildinhalte und Übertragungsmodelle, theoretisch erörtert. Dem Mehrwegeempfang wird dabei besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Er wird teilweise probabilistisch behandelt, wodurch sich eine Reihe systemspezifischer Erscheinungen, die bei den praktischen Empfangsversuchen beobachtet wurden, erklären lassen. Im letzten Abschnitt werden die Ergebnisse ausgedehnter praktischer Ausbreitungs- und Empfangsversuche mitgeteilt. In nicht-idealen Empfangslagen liess sich mit dem PAL-System im Mittel eine etwas bessere Bildqualität erzielen als mit den andern Systemen. Dieses im statistischen Sinne signifikante Resultat steht in gutem Einklang mit den theoretischen Überlegungen der einleitenden Kapitel.

Résumé. Dans le présent travail, on a étudié comment les procédés de télévision en couleur NTSC, PAL et SECAM III, adaptés aux normes B et G du CCIR, se comportent lorsque la réception se fait au moyen de récepteurs domestiques et sous l'influence de perturbations naturelles. Dans les premiers chapitres, on a traité théoriquement le problème en partant d'un contenu d'image simple et de modèles de propagation simples. On a alors considéré avec attention le cas de la réception par trajets multiples. Ce cas a été étudié en partie d'après la théorie des probabilités et il en est ressorti qu'une série de constatations faites avec les différents systèmes ont pu être expliquées. Dans le dernier chapitre, on a donné les résultats de nombreux essais de propagation et de réception. Dans des endroits de réception non idéaux, on a obtenu une qualité d'image en moyenne un peu meilleure avec le système PAL qu'avec les autres systèmes. Ce résultat statistique sûr est en bon accord avec la théorie exposée dans les sections précédentes.

Riassunto. Viene esaminato il comportamento dei sistemi di televisione a colori NTSC, PAL e SECAM III adeguati alle norme B e G del CCIR, in condizioni normali di ricezione e in presenza di perturbazioni naturali. Il problema viene dapprima studiato teoricamente in base a contenuti d'immagine semplici ed a modelli di trasmissione, con particolare riguardo alla ricezione per tragitti multipli. Questo caso viene parzialmente trattato in base alla teoria delle probabilità che permette di spiegare una serie di fenomeni specifici ai sistemi osservati in pratica. L'ultimo capitolo espone i risultati delle numerose prove di propagazione e di ricezione. Nelle ubicazioni non ideali, la qualità delle immagini ricevute con il sistema PAL si è rilevata in media migliore di quella ottenuta con gli altri sistemi. Questo risultato significativo dal punto di vista statistico corrisponde bene alle considerazioni teoriche esposte nei capitoli introduttivi.

4. Fremdstörungen und Empfängerrauschen

4.1 Einleitung

Eine der wichtigsten Forderungen, die an ein kompatibles Farbfernsehsystem zu stellen ist, lautet dahin, dass dieses nur wenig störimpfindlicher sein darf, als das entsprechende monochrome System. Der Farbartkanal sollte folglich für sich wesentlich stör-unempfindlicher sein als der Leuchtdichtekanal. Bei den hier betrachteten Systemen beträgt der Unterschied im groben Mittel etwa 5 dB (vgl. z. B. [22]).

In Empfehlung 421 des CCIR (Genf, 1963) für Weitverkehrsstrecken wird zwischen folgenden Geräuscharten unterschieden:

- a) kontinuierliches, regelloses Rauschen,
- b) periodisches Geräusch,
- c) impulsförmiges Geräusch.

Beim drahtlosen Empfang besteht das periodische Geräusch, vom Netzbrumm abgesehen, gewöhnlich aus einem in der Amplitude oder Frequenz modulierten Sinusträger. Es kommen auch Kombinationen von b) und c) vor (industrielle oder medizinische HF-Generatoren, Wechselstrom-Kollektormotoren usw.). Impulsförmige Geräusche werden beispielsweise durch Ottomotoren (Motorfahrzeuge) und Gleichstrom-Kollektormotoren erzeugt. Zu den häufigen Störquellen zählen ferner die Stromabnehmer der elektrischen Traktionsfahrzeuge.

Das regellose Rauschen kann, wie im Abschnitt 1 bereits angedeutet, verschiedenen Ursprungs sein. Man unterscheidet zwischen Signalquellenrauschen, Richtfunkstrecken-Rauschen, Rauschen kosmischer Herkunft, Wärmerauschen der Empfängereingangskreise, usw. Von praktischer Bedeutung ist vor allem die letztgenannte Rauschart und zwar in der Randzone des Versorgungsbereiches (flaches Leistungsspektrum, weisses Rauschen).

Im Gegensatz zu Reflexionsstörungen sind Geräusche gewöhnlich mit dem Fernsehsignal nicht korreliert. Man kann deshalb im ersten Fall von kohärenten, im zweiten von inkohärenten Störungen sprechen.

Auch das Geräusch-Störverhalten der verschiedenen (Farb-)Fernsehsysteme kann nur auf subjektiver Grundlage, das heisst experimentell, hinreichend geprüft werden, denn die theoretische Untersuchung kann wie beim Mehrwegeempfang Sichtbarkeits- oder Toleranzgrenzen nicht aufzeigen.

Handelt es sich wie im vorliegenden Fall hauptsächlich um einen Systemvergleich, so kann eine theoretische Untersuchung gleichwohl von grossem Nutzen sein, vor allem deshalb, weil sie uns deutlicher als das Experiment zeigt, wo nötigenfalls «der Hebel anzu- setzen» wäre, um ein System zu verbessern.

Wir wollen die theoretische Untersuchung auf zwei besonders wichtige und übersichtliche Fälle beschränken: unmodulierte Sinusstörer und weisses

¹ Teil I ist in Nr. 11/1966, Seiten 353 ff. erschienen.

Rauschen. Ausserdem sei nur der Farbartkanal betrachtet, denn es darf angenommen werden, dass der Leuchtdichtekanal bei allen Systemen in gleicher Weise gestört wird. Die verwendeten Symbole sind, soweit nötig, im Anhang erläutert.

4.2 Sinusstörer

4.2.1 Theoretische Untersuchung

Der Störabstand des Farbartkanals ist für den Fall sinusförmiger Störsignale schon verschiedentlich berechnet worden [23; 24], allerdings fast nur für ältere Systemvarianten. Für einen Systemvergleich ist es sinnvoll, das Störsignal auf die grösstmöglichen HF-mässig übertragbaren Farbartsignale zu beziehen. Bei der CCIR-G-Norm können bei NTSC und PAL vollgesättigte Grund- und Komplementärfarben höchstens mit 75% der maximalen Leuchtdichte übertragen werden; beim SECAM-III-System liegen die Verhältnisse wegen der 5-MHz-Bandbegrenzung ähnlich. Wir wollen deshalb für alle folgenden Störuntersuchungen 75% der maximalen videofrequenten D_r - und D_b -Signale als Nennwerte betrachten. Des weitem wollen wir die Rechnung für alle Systeme auf Farbart-Modulationsfrequenzen ≤ 500 kHz beschränken, denn alle bis heute gebauten Heimempfänger weisen aus Preisgründen einen Aequiband-Decoder auf, machen also im Falle von NTSC und PAL von der Einseitenband- I -Information im Frequenzbereich von 0,5 bis 1,3 MHz nur wenig Gebrauch. Auch die effektive Farbartbandbreite des SECAM-Heimempfängers dürfte, unter anderem aus Rauschgründen, kaum nennenswert höher liegen.

Im Falle des NTSC- und PAL-Systems lässt sich der Störabstand unmittelbar anschreiben, denn durch die Trägerunterdrückung ist der Modulationsgrad stets gleich ± 1 , die Videoamplitude folglich gleich der Trägeramplitude. Wir wollen im folgenden, analog zu Abschnitt 3, die Bildröhre mit ihrer gekrümmten Charakteristik von der Betrachtung ausschliessen und lassen deshalb den Gradationsvorentzerrungsindex ' weg.

$$S_{D_r} = \frac{0,75 \cdot 0,877}{U_s} = \frac{0,658}{U_s} \quad (66)$$

$$S_{D_b} = \frac{0,75 \cdot 0,493}{U_s} = \frac{0,370}{U_s} \quad (67)$$

Über die subjektive Störwirkung ist damit allerdings noch wenig ausgesagt; diese hängt in starkem Masse von der genauen Frequenzlage des Störers ab. Bei kontinuierlich steigender oder fallender Störfrequenz werden abwechselnd Störmaxima und -minima durchlaufen, und zwar wegen des besonderen Farbträgeroffsets bei PAL doppelt so häufig wie bei NTSC; der frequenzmässige Abstand zweier Maxima ist bei NTSC gleich der Zeilenfrequenz, bei PAL gleich der halben Zeilenfrequenz (vgl. Abschnitt 4.2.2).

Beim SECAM-III-System beträgt der maximale Nutzfrequenzhub ΔF_n des Farbträgers für das D^* -Signal (zeilenweise abwechselnd D_r^* und D_b^*) mit der maximalen Modulationsamplitude 1,33 306 kHz,

der Nominalhub für das Modulationssignal 1, dem, wie beim NTSC- und PAL-System, 75% der maximalen D^* -Amplitude entspricht, 230 kHz. Die Farbträgeramplitude U_c des modulierten Farbartsignals ist in den grauen Bildteilen bei den CCIR-B- und -G-Normen ($D^*=0$) gleich 0,115 (SW-Sprung=1); für die CCIR-I- und -L-Normen (England, Frankreich) wird in [1] der reduzierte Wert 0,1 angegeben. Die sich daraus ergebenden Störabstände sind im folgenden in Klammern den B- und G-Normwerten beigelegt. Bei $D^* \neq 0$ ist die Farbträgeramplitude wegen der trägerfrequenten Vorbetonung grösser als 0,115 (0,1); für das maximale nominelle D^* -Signal beträgt die Anhebung 5 dB (vgl. Fig. 7). Analog zu früher liege am Ausgang des Diskriminators ein Tiefpass mit einer Grenzfrequenz von 500 kHz.

Die theoretische Untersuchung sei auf den Fall der Störung des unmodulierten Trägers beschränkt; die Ergebnisse gelten dann angenähert auch für die in normalen Bildern besonders häufig anzutreffenden schwachgesättigten Farbflächen.

Zunächst seien die Vorbetonungen vernachlässigt. Unter diesen Bedingungen beträgt der Spitzenwert des Störfrequenzhubes ΔF_s , sofern das Störsignal U_s sehr viel kleiner als der FM-Träger U_c ist, was im folgenden stets vorausgesetzt wird (die Bildqualität soll noch akzeptabel sein)

$$\Delta F_s \cong f_s \frac{U_s}{U_c} \quad (68)$$

denn es gilt, mit dem Störphasenhub $\Phi_s \cong \frac{U_s}{U_c}$ (69)

$$\Delta F_s = \frac{1}{2\pi} \cdot d\Phi_s/dt;$$

$f_s = |F_s - F_c|$ = Störfrequenz am Ausgang des Diskriminators,

F_c = Farbträgerfrequenz.

Der Störabstand wird damit

$$S = \frac{\Delta F_n}{\Delta F_s} = \frac{\Delta F_n}{f_s} \cdot \frac{U_c}{U_s} \quad (70)$$

Beachten wir ferner, dass der Nutzhub ΔF_n bei SECAM III maximal 230 kHz beträgt, so ergibt sich mit dem normierten FM-Nutzträger 0,115 (0,1) zahlenmässig der folgende Störabstand

$$S_{D^*} = \frac{26,5(23) \cdot 10^3}{f_s \cdot U_s} \quad (71)$$

beziehungsweise mit

$$D_r^* = (-) 1,9 D_r, \quad D_b^* = 1,5 D_b \quad (72)$$

$$S_{D_r} = 1,9 S_{D^*}, \quad S_{D_b} = 1,5 S_{D^*} \quad (73)$$

Der Störabstand sinkt somit umgekehrt proportional zu U_s und f_s , um bei 500 kHz mit

$$S_{D^* \min} = \frac{0,0531 (0,046)}{U_s} \quad (74)$$

den schlechtesten Wert zu erreichen (rund eine Grössenordnung ungünstiger als bei NTSC und PAL).

Wir wollen nun den Einfluss der Vorbetonungen noch mitberücksichtigen. Der videofrequenten Vorbetonung $\frac{1}{V(f)}$ entspreche die Nachbetonung $V(f)$, der trägerfrequenten $\frac{1}{T(|\Delta F|)}$, $T(|\Delta F|)$; wobei im vorliegenden Fall $|\Delta F| = f$ gesetzt werden kann (Störung des unmodulierten FM-Trägers). Die trägerfrequente Vorbetonung sei bei $f_1=0$, die videofrequente bei $f_2=70$ kHz nicht wirksam ($T(f_1)=V(f_2)=1$). Die Amplitude U_s der Störschwingung der Frequenz ΔF_s ändert sich zunächst am Diskriminatoreingang auf den Wert $U_s^* = U_s \cdot T(|\Delta F_s|)$. Im videofrequenten Nachbetonungsnetzwerk am Ausgang des Diskriminators erfolgt eine weitere Amplitudenänderung, so dass die Störampplitude schliesslich den Wert $U_s^{**} = U_s \cdot T(|\Delta F_s|) \cdot V(f_s) = U_s \cdot H_s$ annimmt. Figur 11 zeigt den Amplitudengang der einzelnen Nachbetonungen und den Verlauf der Gesamtkurve $H(f)$ für das SECAM-III-System. Der Störabstand bei Vorbetonung wird damit

$$S_{D^*} = \frac{26,5(23,0) \cdot 10^3}{f_s \cdot U_s \cdot H_s} \quad (75)$$

wobei wiederum

$$S_{D_r} = 1,9 S_{D^*}, \quad S_{D_b} = 1,5 S_{D^*} \text{ ist.} \quad (76) \quad (77)$$

In Figur 12 sind zu Vergleichszwecken die auf gleiche Störampplitude bezogenen objektiven Störabstände für alle drei Systeme zusammengestellt. Man erkennt, dass diese im Mittel nicht sehr stark differieren.

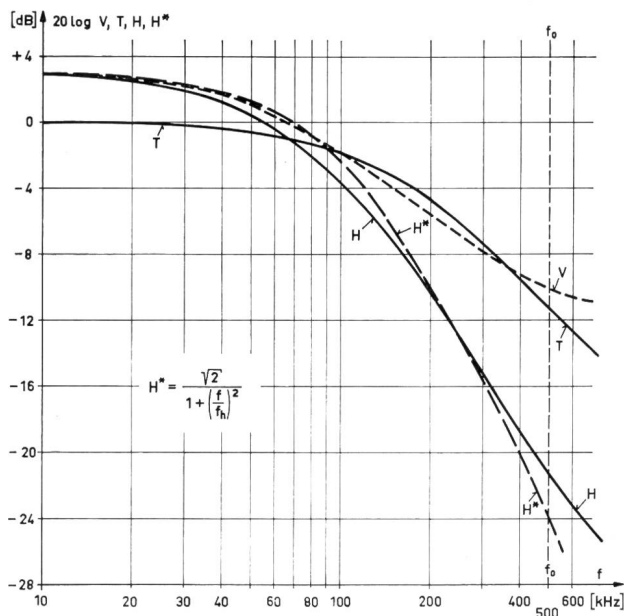


Fig. 11

SECAM-III-System. Amplitudengänge der Nachbetonungen. V = videofrequente Nachbetonung; T = trägerfrequente Nachbetonung, auf Videobereich bezogen; H = Gesamtverlauf, angenähert durch H^* . f_0 = Grenzfrequenz des videofrequenten Farbartsignals; f_h = Grenzfrequenz des Gesamtverlaufs der Nachbetonung = 110 kHz

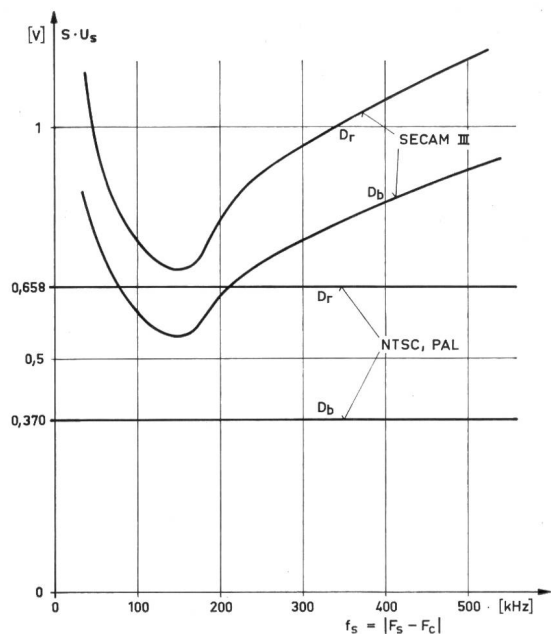


Fig. 12

Produkt aus Störabstand S und normierter Störspannung U_s (Bezugsspannung s. Text) als Funktion der Störfrequenz $f_s = |F_s - F_c|$. F_c = Farbträgerfrequenz; F_s = Störfrequenz am Eingang, f_s = Störfrequenz am Ausgang des Demodulators (Diskriminators)

Beim SECAM-Verfahren mit frequenzmoduliertem Farbträger zeigen sich, im Gegensatz zu den andern Verfahren, bei steigender Störfrequenz subjektiv auf dem Bildschirm keine ausgeprägten Maxima und Minima (vgl. nächster Abschnitt).

4.2.2 Experimentelle Ergebnisse

Die Beeinflussung der verschiedenen Farbfernsehsysteme durch Sinusstörer wurde wiederholt auch experimentell untersucht [25–28].

Dabei ergaben sich wie erwartet für NTSC, PAL und SECAM III im Mittel sehr ähnliche subjektive Störabstände. Bei genauer Offsetlage der Störträgerfrequenz bei NTSC und PAL sind diese Systeme aber etwas im Vorteil.

4.3 Weisses Rauschen

4.3.1 Theoretische Untersuchung

Auch das Rauschverhalten wurde, vor allem für ältere Farbfernsehsysteme, schon wiederholt theoretisch untersucht [23; 24; 29; 30], wobei aber den unterschiedlichen Rauscheigenschaften der Demodulatoren bisher kaum Beachtung geschenkt wurde.

Der trägerfrequente Farbartenkanal des NTSC-Empfängers weist die mittlere spektrale Rauschleistungsdichte $dN/df = \bar{R}^2$ [W/Hz] auf. Die Rauschleistung N_r im Frequenzband $F_c - f_0 \dots F_c + f_0$ (F_c = Farbträgerfrequenz, f_0 = Grenzfrequenz des dem Bandpass äquivalenten Tiefpasses) wird damit

$$N_r = \int_{F_c - f_0}^{F_c + f_0} \bar{R}^2 df = 2 \bar{R}^2 f_0 \quad (78)$$

die effektive Rauschspannung über dem normierten reellen Widerstand von 1Ω

$$\bar{U}_r = \bar{R} \sqrt{2 f_0} \quad (79)$$

Damit ergeben sich beim *NTSC-System*, analog zu Abschnitt 4.2.1, am videofrequenten Ausgang des Demodulators die folgenden Rauschspannungsstörabstände (Modulationsgrad $= \pm 1$; $f_0 = 500 \text{ kHz}$):

$$S_{Dr} = \frac{0,658 \cdot K}{\bar{R} \sqrt{2 f_0}} = \frac{0,658 \cdot 10^{-3} \cdot K}{\bar{R}} \quad (80)$$

beziehungsweise

$$S_{Db} = \frac{0,370 \cdot K}{\bar{R} \sqrt{2 f_0}} = \frac{0,370 \cdot 10^{-3} \cdot K}{\bar{R}} \quad (81)$$

Die Demodulationskennzahl K hängt im allgemeinen sowohl vom Demodulatortyp als auch vom Störabstand ab; sie kann grösser oder kleiner als 1 sein. Für den Fall der bei NTSC und PAL heute praktisch ausschliesslich angewandten multiplikativen synchronen Demodulation ergibt sich, unabhängig vom Störabstand, der Wert $K=1$. Beim stückweise linearen Demodulator mit Knickkennlinie, der im *Laufzeit-PAL*-Empfänger bei Trägerzusatz grundsätzlich anwendbar wäre, ergäbe sich bei grossem Eingangs-Rauschabstand für K ein Wert grösser als 1, bei sehr kleinem Rauschabstand dagegen ein solcher kleiner als 1 [31].

Es ist ferner mitzuberücksichtigen, dass sich beim PAL-Empfänger mit Verzögerungsleitung bei normalen Bildinhalten objektiv ein um annähernd 3 dB besserer Rauschabstand als beim NTSC- und einfachen PAL-Empfänger ohne Laufzeitglied ergibt. Da sich das Farbsignale über benachbarte Zeilen des Halbrasters bei normalen Bildinhalten nur wenig ändert, addiert es sich beim Laufzeit-PAL-Decoder zum nicht verzögerten Farbsignale annähernd linear (Verdoppelung der Spannung), während sich die

Rauschanteile, die normalerweise mit dem Bildsignale nicht korreliert sind, quadratisch addieren (Verdoppelung der Leistung). Wie Versuche zeigten, ist allerdings der subjektive Gewinn im Fernsehbild merklich geringer als 3 dB, was der in vertikaler Richtung etwas vergrösserten und damit besser sichtbaren Struktur des Rauschens zuzuschreiben ist (vgl. Abschnitt 4.3.2).

Beim *SECAM-III-System* gestaltet sich die theoretische Rauschuntersuchung wesentlich komplizierter [32; 33]. Der Störabstand S_a am Ausgang des FM-Empfängers hat, als Funktion des Eingangsstörabstandes S_e , grundsätzlich den in *Figur 13* eingezeichneten Verlauf. Er kann durch Vorbetonung beeinflusst werden; genau genommen handelt es sich dabei um eine Anpassung der Rauschcharakteristik des FM-Systems an bestimmte, häufig zu erwartende spektrale Geräuschverteilungen, zum Beispiel flaches Rauschen.

Über einem bestimmten Schwellwert ist der Störabstand gemäss *Figur 13* bei FM besser als bei AM, unterhalb wird er rasch schlechter. Der Schwellwert, der nur statistisch definiert werden kann, liegt dort, wo die Rauschspitzen ziemlich häufig die Trägeramplitude erreichen (vgl. spätere Ausführungen).

Wir knüpfen bei unserer Untersuchung mit Vorteil bei Abschnitt 4.2.1 an, fragen also wiederum nach der Störung, die der unmodulierte FM-Träger erleidet, und erhalten mit $dN_r = \bar{R}^2 \cdot df$, unter der Voraussetzung, dass wiederum der Effektivwert der Rauschamplitude am Eingang des Diskriminators klein gegen den Nutzträger U_c ist, das heisst, dass man sich in *Figur 13* rechts vom Knick befindet, zunächst den Rausch-Störfrequenzhub

$$\Delta F_r = \frac{1}{U_c} \sqrt{\int_0^{f_0} f^2 \bar{R}^2 df} = \frac{\bar{R}}{U_c} \sqrt{\frac{f_0^3}{3}} \quad (82)$$

$\bar{U}_c$ = Effektivspannung des Trägers.

Daraus errechnet sich der Rauschabstand ohne Vorbetonung zu

$$S_{D*} = \frac{\Delta F_n}{\Delta F_r} = \frac{\sqrt{3} \cdot \bar{U}_c \cdot \Delta F_n}{\bar{R} \sqrt{f_0^3}} = \frac{\bar{U}_c \cdot \beta \sqrt{3}}{\bar{R} \sqrt{2 f_0}}, \quad \beta = \frac{\Delta F_n}{f_0} \quad (83)$$

β = Modulationsindex

Ein Vergleich mit dem für AM bei synchroner Demodulation gewonnenen Störabstand zeigt folgendes: Wird die FM-Trägeramplitude gleich der AM-Spitzenträgeramplitude gewählt, ist der Rauschabstand bei vorbetonungsloser FM um den Faktor $\beta \sqrt{3}$ von jenem für AM verschieden.

Zahlenmässig ergibt sich,

$$\text{mit } \bar{U}_c = \frac{U_c}{\sqrt{2}} = 0,0813 (0,0707) \text{ V,}$$

$f_0 = 500 \text{ kHz}$, $\Delta F_n = 230 \text{ kHz}$, $\beta = 0,46$, $\beta \sqrt{3} = 0,797$ der Wert

$$S_{D*} = \frac{0,0648 (0,0563) \cdot 10^{-3}}{\bar{R}}, \quad [\bar{R}] = [\text{V}_{\text{eff}} / \text{Hz}^{1/2}] \quad (84)$$

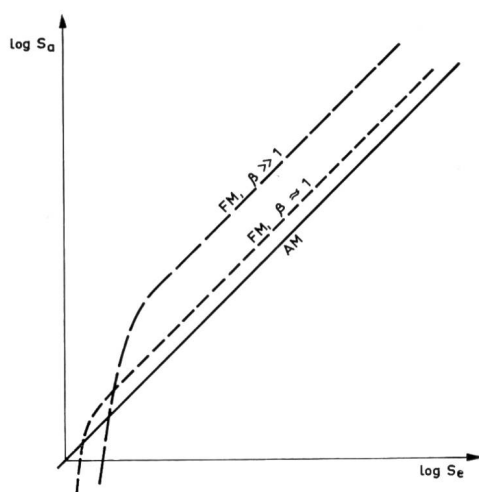


Fig. 13

Störabstand am Ausgang des Demodulators (Diskriminators) S_a als Funktion des Eingangsstörabstandes S_e bei Amplituden (AM)- und Frequenzmodulation (FM). β = Modulationsindex

Dabei gilt analog zu früher

$$S_{D_r} = 1,9 S_D^* \quad S_{D_b} = 1,5 S_D^*$$

Der Rauschabstand bei «vorbetonungslosem SECAM III» ist damit bei grösserem Störabstand rund fünfmal ungünstiger als bei NTSC und PAL. Schuld daran ist vor allem der kleine Modulationsindex, der indessen, mit Rücksicht auf den internationalen Programmaustausch, im Falle einer europäischen Einigung auf dieses System, wegen der CCIR-B- und G-Normen nicht grösser gemacht werden darf.

Die Vorbetonungen seien nun mitberücksichtigt. Beim Rausch-Störfrequenzhub

$$\Delta F_r = f \frac{\bar{U}_r}{\bar{U}_c} \quad (85)$$

ergibt sich, unter Beachtung der Leistungsübertragungsfunktion der in Kette geschalteten träger- und videofrequenten Nachbetonung $H^2(f)$ (vgl. Abschnitt 4.2.1), die Beziehung

$$\Delta F_r = \frac{1}{\bar{U}_c} \sqrt{\int_0^{f_o} H^2(f) \cdot f^2 \cdot \bar{R}^2 df}, f_o = 500 \text{ kHz} \quad (86)$$

Die in Figur 11 eingetragene Funktion $H(f)$ lässt sich im betrachteten Frequenzbereich von 0...500 kHz durch den Ausdruck

$$H^*(f) = \frac{\sqrt{2}}{1 + \left(\frac{f}{f_h}\right)^2}, f_h = 110 \text{ kHz}, \quad (87)$$

für unsere Zwecke hinreichend genau annähern. Damit wird

$$\Delta F_r = \frac{\sqrt{2} \cdot \bar{R} \cdot f_h^2}{\bar{U}_c} \cdot \sqrt{\int_0^{f_o} \frac{f^2}{(f_h^2 + f^2)^2} df} \quad (88)$$

$$= \frac{\sqrt{2} \cdot \bar{R} \cdot f_h^2}{\bar{U}_c} \sqrt{\frac{1}{2f_h} \arctan\left(\frac{f_o}{f_h}\right) - \frac{f_o}{2(f_h^2 + f_o^2)}} \quad (89)$$

Die numerische Auswertung ergibt zunächst für den Störhub

$$\Delta F_r = 38,7 \cdot 10^6 \frac{\bar{R}}{\bar{U}_c} \quad (90)$$

Für den Rauschabstand bei SECAM III folgt:

$$S_D^* = \frac{\Delta F_n}{\Delta F_r} = \frac{\bar{U}_c \cdot \Delta F_n}{38,7 \cdot 10^6 \cdot \bar{R}} \quad \text{oder} \quad (91)$$

wiederum mit

$$\bar{U}_c = 0,0813 (0,0707) \text{ V}, \quad \Delta F_n = 230 \text{ kHz},$$

$$S_D^* = \frac{0,485 (0,422) \cdot 10^{-3}}{\bar{R}} \quad (92)$$

sowie $S_{D_r} = 1,9 S_D^*, S_{D_b} = 1,5 S_D^*$

Bei grösserem Störabstand besitzt SECAM III mithin bei flachem Rauschen im Grau und bei un-

satten Farben ungefähr den gleichen Rauschabstand wie NTSC und PAL.

Auf sehr ähnliche Weise lassen sich auch die Rauschabstände für grosse Flächen satter Farbe berechnen, wobei etwas ungünstigere Werte zu erwarten sind [24].

Bei kleinem Rauschabstand, das heisst im Bereich des Kennlinienknicks von Figur 13 und darunter, ist der oben angegebene Rechnungsgang nicht mehr anwendbar. Das SECAM-III-System ergibt unter solchen Bedingungen unter Umständen wesentlich ungünstigere Rauschabstände als die andern Verfahren [30]. Mit verhältnismässig aufwendigen technischen Kunstkniffen, wie sie beispielsweise beim Satellitenempfang angewendet werden, liesse sich der Kennlinienknicke noch etwas nach kleineren Rauschabständen hin verschieben. Mit den heute bekannten Schaltungen lässt sich aber bei kleinem Modulationsindex offensichtlich nur sehr wenig gewinnen [34].

Rice hat das Verhalten von FM-Systemen im Bereich des Kennlinienknicks theoretisch eingehend untersucht [35]. Bei steigendem Rauschanteil kommt es immer häufiger vor, dass einzelne Rauschspitzen die Trägeramplitude überschreiten, was am Eingang des Diskriminators zu Phasensprüngen von 2π führt. Dadurch würden theoretisch im Grenzfall bei unendlicher Bandbreite am Ausgang des Diskriminators δ -Impulse entstehen. Praktisch ergibt sich angenähert eine si-Funktion, deren Halbwertsbreite $\cong \frac{1}{2} f_h$ ist (f_h = Bandbreite der in Kette geschalteten träger- und videofrequenten Nachbetonungstiefpässe = 110 kHz bei SECAM III). Für solche auf dem Fernsehschirm in horizontaler Richtung verhältnismässig sehr breite Störimpulse ($\cong 4,5 \mu s$), die subjektiv ausserordentlich stark stören, wurde der Ausdruck «Silberfische» (englisch: silver fishes) geprägt. Das Experiment zeigt, dass diese Störungsart bei kleinem Rauschabstand für das SECAM-Verfahren tatsächlich charakteristisch ist. (Vgl. Abschnitte 4.3.2 und 5).

Auf das SECAM-III-System angewendet, findet man, dass der Kennlinienknicke, der nach Rice ungefähr bei 1000 positiven Phasensprüngen/s liegt, bei flachem Rauschen einem Leuchtdichte-Geräuschabstand von etwa 18 dB entspricht [30]. Solche an sich zwar schlechte Rauschabstände werden vom Fernsehteilnehmer erfahrungsgemäss in schwierigen Empfangslagen – besonders, wenn es um den Empfang ausländischer Sender geht – in der Regel noch toleriert. Bei zusätzlichen Spektrumsschwankungen durch Mehrwegeempfang müssten die Verhältnisse, statistisch gesehen, für einen beträchtlichen Prozentsatz aller Fälle noch ungünstiger sein. Diese Theorie steht in gutem Einklang mit den Ergebnissen praktischer Empfangsversuche (vgl. Abschnitt 5).

4.3.2 Experimentelle Ergebnisse

Über die Rauschempfindlichkeit der Farbfernsehverfahren NTSC und SECAM III liegen für weisses

und «farbiges» Rauschen eine Reihe von Laborergebnissen vor, die alle auf subjektiver Basis gewonnen wurden [1; 23; 25...27; 36; 37]. Über jene des PAL-Systems mit seinen verschiedenen Decodervarianten ist bisher kaum je geschrieben worden. Alle in- und ausländischen Labor- und Feldversuche haben aber, gewissermassen implizite, bis heute erwartungsgemäss für den PAL_d-Empfänger eher eine Spur günstigere Werte ergeben, als für den NTSC-Empfänger. Laborvergleiche zwischen SECAM III und NTSC zeitigten, wie ebenfalls zu erwarten ist, bei grossen Rauschabständen kaum Unterschiede, bei kleinen indessen eine sehr ausgeprägte Überlegenheit des NTSC-Systems [27; 36; 37].

4.4 Impulsförmige Störungen

Der Einfluss impulsförmiger Störungen auf die Qualität des NTSC-, PAL- oder SECAM-Farbbildes wurde bisher noch kaum systematisch untersucht. Dies dürfte drei Gründe haben:

Einmal ist die Durchführung von Untersuchungen dieser Art sowohl theoretisch als auch praktisch recht schwierig. Das Experiment muss reproduzierbar sein, die Rechnung wirklichkeitsnah durchgeführt werden. Ausserdem wäre zwischen system- und schaltungsbedingten Einflüssen zu unterscheiden. Zum zweiten gehören Störungen dieser Art heute, zumindest in den Bändern III...V, bei einwandfreier Antenneninstallation erfahrungsgemäss eher zu den seltenen Ereignissen. Drittens haben die bei den praktischen Empfangsversuchen gewonnenen Ergebnisse bisher, statistisch gesehen, keine signifikanten Systemunterschiede ergeben (s. Abschnitt 5).

Auf die impulsförmigen Störungen sei deshalb im Rahmen dieser Arbeit nicht näher eingegangen.

5. Überblick über die Ergebnisse neuerer vergleichender Farbfernseh-Ausbreitungs- und -Empfangsversuche, unter besonderer Berücksichtigung des schweizerischen Beitrages

5.1 Einleitung

Eine hinreichende Farbfernseh-Systemuntersuchung muss, aus Gründen, die in den ersten Abschnitten erörtert wurden, neben theoretischen Studien und Laborversuchen auch Ausbreitungs- und Empfangsteste im Gelände umfassen. Mit dem praktischen Empfangsversuch können zweierlei Ziele verfolgt werden: Im weitesten Sinne kann damit eine integrale Systemprüfung, unter Einschluss aller möglichen system-, geräte- und naturbedingten Gegebenheiten angestrebt werden. Ein Beispiel dafür sind die zu Beginn der Fünfzigerjahre, in der Schöpfungsperiode des NTSC-Systems, in den USA durchgeführten «field tests». In jüngerer Zeit – vor allem im Rahmen der *Ad-hoc-Gruppe für Farbfernsehen der UER* – wird der Begriff indessen meist enger gefasst: Es geht bei diesen (in England mit «field trials» bezeichneten) Versuchen hauptsächlich um die statisti-

sche Erfassung des qualitätsmindernden Einflusses des drahtlosen Pfades zwischen Sender und Heimempfänger, wobei allenfalls noch Fragen der Empfängerbedienung und -stabilität miteingeschlossen sind.

In diesem Abschnitt soll, dem Rahmen der Arbeit entsprechend, nur auf *vergleichende* Versuche mit zwei oder mehr Farbfernsehsystemen eingegangen werden, denen die zweitgenannte, engere Zielsetzung zugrunde lag; Bezugsnorm ist stets das (modifizierte) NTSC-System.

Vergleichende Versuche dieser Art dürfen aus wellenausbreitungstechnischen Gründen nicht etwa simultan in der Weise durchgeführt werden, dass jedem System ein Kanal und Sender zugeordnet wird; es ist vielmehr notwendig, die verschiedenen Farbsignale zeitlich nacheinander mit dem gleichen Sender auszustrahlen. Da sich die Empfangsverhältnisse, aus heute noch ziemlich unklaren Gründen, in ungünstigen Lagen hin und wieder zeitlich verhältnismässig rasch ändern können, sollte das Beobachtungsintervall für ein bestimmtes System an einem bestimmten Empfangsort die Grössenordnung von etwa $\frac{1}{4}$ h nicht überschreiten. Bei den Versuchen betrug diese System-Schaltperiode, aus praktischen Gründen, meist nur ein paar Minuten.

Für einen zuverlässigen Systemvergleich müssen nach unseren Erfahrungen mindestens 20 Empfangsorte mit sehr unterschiedlichen Empfangsverhältnissen aufgesucht werden. Die Bildbeurteilung geschieht am besten aufgrund einer international eingeführten Diapositiv-Testbildreihe, die mindestens drei verschiedene Bildinhalte umfassen sollte. Mit drei Farbsystemen und zwei PAL-Decodervarianten ergibt sich so, bei einem Kollektiv von vier Beobachtern – einer Zahl, die erfahrungsgemäss nicht unterschritten werden sollte – ein Total von mindestens $20 \times 3 \times 4 \times 4 = 960$ Farb-Einzelbeobachtungen.

Im übrigen bedarf es wohl kaum der besonderen Erwähnung, dass die an der Übertragung beteiligten Richtfunkstrecken und Sender für alle Systeme farbtüchtig sein müssen, das heisst Amplitudengang, Gruppenlaufzeit, pegelabhängige Amplitude, pegelabhängige Phase und Geräuschabstand müssen innerhalb der für eine sehr gute Bildqualität erforderlichen Toleranz liegen. Bei Versuchen mit Heimempfängern, bei denen jedes System seinen eigenen HF-Teil hat, ist natürlich auch darauf zu achten, dass die Geräte die gleichen Rauschzahlen aufweisen (Abgleich durch vorgeschaltete Attenuatoren).

5.2 Erste vergleichende NTSC-SECAM-Versuche

Die ersten Untersuchungen dieser Art gehen auf das Jahr 1960 zurück. Damals wurden auf Dezimeterwellen folgende zwei Frühvarianten des SECAM-Verfahrens mit dem NTSC-System verglichen [28]:

- Version mit amplitudenmoduliertem Farbträger, ohne Trägerunterdrückung im Grau, mit einfacher Enveloppendemodulation im Empfänger;
- Erste zwei Versionen mit frequenzmoduliertem

Farbträger (verhältnismässig grosser Hub, keine Vorbetonung).

Die schon damals auf relativ breiter Basis durchgeführten Versuche ergaben, gesamthaft gesehen, bei allen SECAM-Varianten noch eine sehr deutliche Überlegenheit des NTSC-Systems (Farbartkanalrauschen, Kompatibilität).

In der Folge wurde in den Jahren 1961 und 1962 das SECAM-Verfahren von den französischen Ingenieuren durch Einführung einer video- und trägerfrequenten Vorbetonung wesentlich verbessert. Im Mai 1962 konnte die später mit SECAM I bezeichnete Spielart in einer weiteren, zweiten UHF-Empfangsreihe ziemlich eingehend getestet werden [39]. Die damals noch schlechten Rauschzahlen der im dm-Bereich zur Verfügung stehenden Empfänger schieben den Empfangsorte ohne Sicht zum verhältnismässig schwachen Sender praktisch aus, weshalb das Verhalten der Systeme in typischen Mehrwegeempfangslagen nicht hinreichend überprüft werden konnte. Unter diesen Umständen ergaben sich bei Diapositiven, die nur eine beschränkte Farbsättigung aufweisen können, im Mittel hinsichtlich Rauschen und Kompatibilität (Sichtbarkeit des Farbträgers im kompatiblen SW-Bild) für beide Systeme ungefähr die gleichen Bildqualitäten. Bei stark verrauschten Bildern schnitt das NTSC-System, in den wenigen überprüfbaren Mehrwegeempfangslagen in Sendernähe dagegen das SECAM-System, etwas besser ab. Satte Farben, beispielsweise elektronisch erzeugte Farbbalken, liessen sich mit dieser SECAM-Variante bei unseren CCIR-B- und -G-Normen wegen der Tonfalle im Empfänger nicht befriedigend übertragen. Dies war der Hauptgrund, weshalb der Hub bei diesem Verfahren in der Folge – nach weiteren eingehenden Versuchen im Schosse der in der Zwischenzeit gegründeten *Ad-hoc-Gruppe für Farbfernsehen der UER* – auf etwa 65% des ursprünglichen Wertes reduziert wurde (Ende 1963, mit zugleich leicht erhöhter Farbträgeramplitude: SECAM II; wenig später, mit ursprünglicher Farbträgeramplitude für die CCIR-Normen I und L: SECAM III).

Etwas nach der zweiten schweizerischen Versuchsreihe wurden mit SECAM I in der Bundesrepublik Deutschland, vor allem aber in London und Umgebung, ebenfalls Empfangsteste durchgeführt. Sie führten zu sehr ähnlichen Ergebnissen [40...45].

5.3 Neuere Versuchsreihen (NTSC, SECAM III, PAL)

Die Aufnahme der SECAM-III- und PAL-Varianten des NTSC-Verfahrens in das Prüfprogramm der *Ad-hoc-Gruppe für Farbfernsehen der UER* machte die Durchführung weiterer vergleichender Ausbreitungs- und Empfangsversuche notwendig. Deshalb wurden in Europa im Jahre 1964 einige zum Teil recht ausgedehnte Testreihen organisiert und durchgeführt, an denen die *schweizerischen PTT-Betriebe* massgeblich mitbeteiligt waren [1; 46–52].

Tabelle III. Daten der dritten und vierten schweizerischen Versuchsreihe

Gegenstand	Dritte Versuchsreihe (Januar 1964)	Vierte Versuchsreihe (Dezember 1964)
Systeme	NTSC, SECAM III, PAL angepasst an CCIR-B- und -G-Normen	NTSC, SECAM III, PAL, PAL _{mod}
PAL-Decodervarianten	PAL _d , PAL _n , PAL _s (vgl. Text)	PAL _d , PAL _s
Sender, Umsetzer, Bänder, Kanäle	Bantiger: B. I, K. 2, 30 kW ERP B. IV, K. 25, 8 kW ERP Niederhorn: B. III, K. 12, 1 kW ERP	Wie bei dritter Versuchsreihe; zusätzlich: Umsetzer Wattenwil, B. III, K. 6, 45 W ERP
Art der Bildbewertungen	– Absolutqualität des NTSC-Farbbildes; – Relativqualität des Nicht-NTSC-Farbbildes, Referenz: NTSC-Farbbild	Wie bei dritter Versuchsreihe; zusätzlich: – Absolute Störwirkung des NTSC-Farbträgers im kompatiblen SW-Bild; – Relative Störwirkung des Nicht-NTSC-Farbträgers im kompatiblen SW-Bild, Referenz: NTSC-System; – Absolute Qualität des rekompatiblen SW-Bildes
Farbempfangsgeräte	Gemeinsamer HF- und ZF-Empfangsteil für alle Systeme; getrennte Studiodecoder; gemeinsamer Studiomonitor mit 21"-Lochmaskenröhre	Farbtests: auf gleiche Rauschzahl gebrachte Farbheimempfänger. NTSC, PAL: Modif. USA-Empfänger (CTC-15-Chassis); SECAM: Französische Empfänger (CFT, Paris). Alle Geräte: 21"-Lochmaskenröhre
Monochrome Empfänger	—	3 normale SW-Heimempfänger verschiedener Provenienz
Empfangsgebiet	Achse Bern–Thun–Interlaken und Umgebung (vgl. Fig. 14, 16 und 17)	
Ausbreitungs- und Empfangsbedingungen	Schattenzoneempfang; vorwiegend Bildqualitäten zwischen «gut» und «nicht ganz befriedigend»	Normale Empfangslagen in ziemlich flachem, hügeligem und bergigem Gebiet, (50% Sicht, 20% Tangente, 30% leichtere Schattenzone); Bildqualitäten zw. «gut» und «nicht ganz befriedigend»
Signalquellen	Elektron. Farbbalkengeber, Lichtpunkt-Farbdiageber	
Bildinhalte	Farbbalken (75% Ampl., 100% Sätt.), USA- und UER-Farbstestbilder, einzelne kritische Amateur-Farbdiapositive	
Standort der Signalquellen	PTT-Laboratorien, Speichergasse 6, Bern	

Gegenstand	Dritte Versuchsreihe (Januar 1964)	Vierte Versuchsreihe (Dezember 1964)
Zubringer- strecken	Richtfunk	
Bedingun- gen für System- vergleich	Identischer Übertragungsweg für alle Systeme, realisiert durch Systemwechsel im Rhythmus von einigen Minuten (zyklisches Umschalten der Coder und Decoder bzw. Empfänger auf Sende- und Empfangsseite). Farbtüchtige Geräte für alle Systeme	
Empfangs- antennen	Gute Heimempfangsantennen, entspr. Richt- linien UER. Mehrelement-Yagi, Gewinn ca. 8...12 dB, Vor-Rückwärtsverhältnis ca. 20...26 dB (vgl. Fig. 15)	
Zahl der verfügb. Ant.-Maste	2	3 (vgl. Fig. 15)
Masthöhe	8...13 m (häufig ca. 10 m) (vgl. Fig. 15)	
Richten der Empfangs- ant. vor Bewertung	Kriterium: Optimales NTSC-Farbbild. Ände- rung von Azimut und Masthöhe; in Einzel- fällen seitliches Verschieben der Antenne bis ca. 10 m	
Betrach- tungsab- stand	3...5 × Bildhöhe	4...7 × Bildhöhe (Kompatibilität: 3...5 × Bildhöhe) (be- sonderer Bildbeobach- tungswagen)
Fremdlicht	sehr wenig (vorwiegend Tageslicht)	
Bildbewer- tungskol- lektiv, ganze Ver- suchs- periode	27 ausländische Farb- fernsehfachleute, 15 schweizerische SW-Fernsehfach- leute, 8 Laien	20 ausländische Farb- fernsehfachleute, 54 schweizerische SW-Fernsehfach- leute, 15 Laien
Bildbewer- tungskol- lektiv je Versuchstag	5...9	8...12
Zahl der Versuchs- tage	7	9
Justierung der Emp- fänger vor Bewertung	An jedem Empfangsort im Prinzip einmal erlaubt, jedoch nur mittels jener Regler, die dem Fernsehteilnehmer zugänglich sind (Be- dienungsknöpfe)	
Instruk- tionen an Bewerter	Bei Beginn der täglichen Versuchsreihen: Hinweis auf die Struktur der zu bewertenden Bildfehler sowie auf nicht systembedingte Fehler (z. B. Konvergenzfehler der Loch- maskenröhre)	
Gesamtzahl der Emp- fangsorte	30	35 (vgl. Fig. 14)
Bereich der Empfänger- eingangs- spannung	etwa 50 μ V bis 10 mV an 50 Ω	etwa 100 μ V bis 20 mV an 50 Ω
Gesamtzahl der Relativ- urteile	1644	5791

Tabelle III orientiert über die wichtigsten Parameter und äusseren Bedingungen, unter denen sich die beiden grössten schweizerischen Versuchsreihen abwickelten (vgl. auch Fig. 14 bis 17).

Auf unseren Vorschlag hin wurden die Farbfern-
sehbilder bei fast allen neueren vergleichenden Emp-
fangsversuchen im Schosse der UER nach folgen-
dem Schema begutachtet:

- a) Absolutbewertung der Qualität des NTSC-Bildes
aufgrund nachstehender Notenstufung (absolute
Qualitätsskala, Einheit A_q):
- 1 A_q = sehr gut,
 - 2 A_q = gut,
 - 3 A_q = befriedigend,
 - 4 A_q = nicht ganz befriedigend,
 - 5 A_q = schlecht,
 - 6 A_q = sehr schlecht.
- b) Vergleich der Qualität des PAL- oder SECAM-
Bildes mit jener des NTSC-Bildes, unter Verwen-
dung der folgenden relativen Qualitätsskala (Ein-
heit C_q):
- +3 C_q = viel besser als NTSC,
 - +2 C_q = besser als NTSC,
 - +1 C_q = etwas besser als NTSC,
 - 0 = wie NTSC,
 - 1 C_q = etwas schlechter als NTSC,
 - 2 C_q = schlechter als NTSC,
 - 3 C_q = viel schlechter als NTSC.
- c) Angabe der Hauptursache(n) der Qualitätsminde-
rung nach folgendem Schema:
- N = Rauschen,
 - M = Langzeitechos («Geister»),
 - F = fehlerhafte Farbwiedergabe,
 - E = Kurzzeitechos und Übersprecheffekte
im Farbartkanal (im besonderen Kanten-
effekte),
 - I = impulsförmige Störungen,
 - P = Störmuster, die auf Sinusstörer zurückzu-
führen sind,
 - S = Ton im Bild,
 - X = andere als aufgeführte Störung.

Die statistische Auswertung der zahlreichen Ein-
zelergebnisse geschah gewöhnlich in der Weise, dass
man zunächst die Verteilung der absoluten NTSC-
Qualitätsurteile ermittelte. Hierauf wurden NTSC-
Qualitätsklassen gebildet und in jeder dieser Klassen
die arithmetischen Mittelwerte und Streuungen
(mittlere quadratische Abweichungen vom arith-
metischen Mittelwert) der Relativurteile über die
Nicht-NTSC-Bilder berechnet. Die auf diese Weise
gewonnenen Resultate lassen sich in Form von
Histogrammen übersichtlich darstellen.

Die Kompatibilität konnte aus Zeitgründen nur
bei der vierten Versuchsreihe überprüft werden.
Dabei wurde wie folgt vorgegangen:

- a) Absolutbeurteilung der Qualität des Schwarz-
weissbildes auf dem Schirm eines guten, mono-
chromen Heimempfängers (Qualitätsskala, Ein-
heit A_q);
- b) Absolutbeurteilung der Störwirkung des NTSC-
Farbträgers auf dem Schirm dieses Empfängers,
unter Verwendung der folgenden absoluten Stör-
skala (Einheit A_s):

- 1 A_s = nicht wahrnehmbar,
- 2 A_s = gerade wahrnehmbar,
- 3 A_s = deutlich wahrnehmbar, aber noch nicht störend,
- 4 A_s = etwas störend,
- 5 A_s = ziemlich stark störend,
- 6 A_s = unbrauchbar;

c) Relative Beurteilung der Störwirkung des Farbträgers auf dem Schirm des gleichen Heimempfängers beim Nicht-NTSC-System (Bezugssystem: NTSC) unter Verwendung folgender relativer Störskala (Einheit C_s):

- +3 C_s = viel schlechter wahrnehmbar als bei NTSC,
- +2 C_s = schlechter wahrnehmbar als bei NTSC,
- +1 C_s = etwas schlechter wahrnehmbar als bei NTSC,
- 0 = wie bei NTSC,
- 1 C_s = etwas besser wahrnehmbar als bei NTSC,
- 2 C_s = besser wahrnehmbar als bei NTSC,
- 3 C_s = viel besser wahrnehmbar als bei NTSC.

Parallel zu den Befragungen wurden vom Versuchsleiter noch systemspezifische Experimente und Bildbeobachtungen besonderer Art ausgeführt, deren wichtigere Resultate, zusammen mit den in Form von Histogrammen dargestellten Hauptergebnissen, in den Unterabschnitten 5.4 und 5.5 zusammengefasst sind.

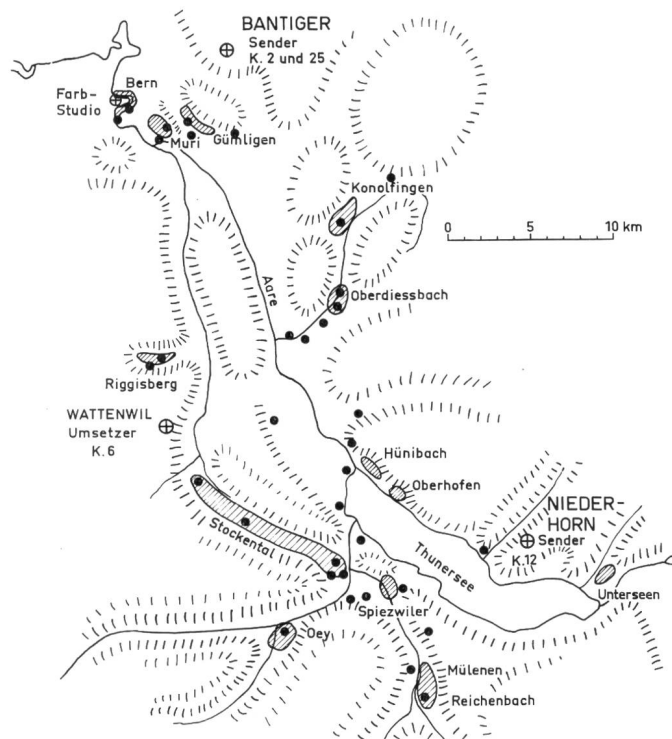


Fig. 14

Hauptversuchsreihen vom Januar und Dezember 1964. Geographische Skizze mit Senderstandorten und Empfangsgebieten. Schraffierte Bereiche: Empfangszonen der dritten Versuchsreihe; schwarze Punkte: Empfangsorte der vierten Versuchsreihe



Fig. 15

Vierte Versuchsreihe (Dezember 1964); Empfangskarawane. Links die beiden Messwagen mit den drei Schiebemasten und Antennen (Bänder I, III, IV), rechts der verdunkelte Bildbeobachtungs-Car

Figur 14 zeigt das Empfangsgebiet der dritten und vierten schweizerischen Versuchsreihe, Figur 15 eine typische Empfangsanordnung (vierte Versuchsreihe). Die Figuren 16 und 17 vermitteln Schattenzonenlandschaften, wie sie für viele bergige Gegenden Europas typisch sind.

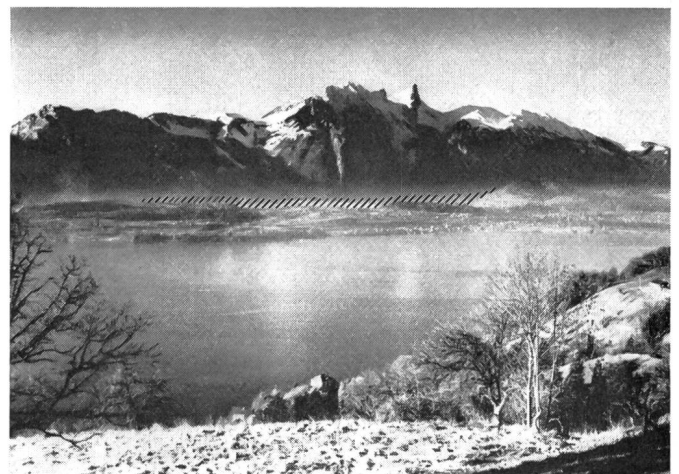


Fig. 16

Zone mit ausgeprägtem, vorwiegend diffusem Reflexionsempfang (Stockental südlich von Thun). Das von Norden (rechts) eintreffende direkte Signal des Fernsehenders Bantiger wird im schraffierten Gebiet durch den der Stockhornkette vorgelagerten Hügelzug gebeugt und abgeschwächt, während die Steilhänge der Stockhornkette viel Echoleistung zurückstrahlen. Das untere Stockental wird aber durch den Sender Niederhorn, der in der rückwärtigen Verlängerung der Bildachse liegt, befriedigend versorgt



Fig. 17

Schattenzone Oberdiessbach-Konolfingen, von der Falkenfluh aus gesehen. Im Hintergrund, durch Kreuz markiert, die Antenne des Fernsehsenders Bantiger. Schattenzonen dieser Art sind typisch für weite Teile des schweizerischen Mittellandes und Alpenvorlandes. Für grössere Ortschaften sind in solchen Fällen Umsetzer vorgesehen

5.4 Ergebnisse der dritten schweizerischen Versuchsreihe (Schattenzonenempfang, Studiodecoder [46]) (vgl. Tabellen III und IV)

Das Ergebnis der Farbbild-Qualitätsbewertung durch das Kollektiv von Versuchspersonen ist in den Histogrammen 1 und 2 (Fig. 18 und 19) graphisch dargestellt.

Aus Figur 18 ist zu entnehmen, dass die Empfangsorte so ausgewählt wurden, dass sich die Qualität beim NTSC-System im allgemeinen innerhalb von 2 A_q (gut)...4 A_q (nicht ganz befriedigend) bewegte.

Figur 19 zeigt, dass sich sowohl bei PAL als auch bei SECAM III im Durchschnitt eine etwas bessere Bildqualität als bei NTSC ergab, wobei der Unterschied umso deutlicher ausfiel, je schlechter die Empfangslage war. Bemerkenswert ist das gute Verhalten des einfachen PAL-Decoders ohne Verzögerungsleitung (PAL_s). Die Streuungen lagen bei PAL in der Regel zwischen 0,5...1 C_q , bei SECAM III zwischen 1...1,5 C_q . Die verhältnismässig grosse Streuung der SECAM-Urteile ist darauf zurückzuführen,

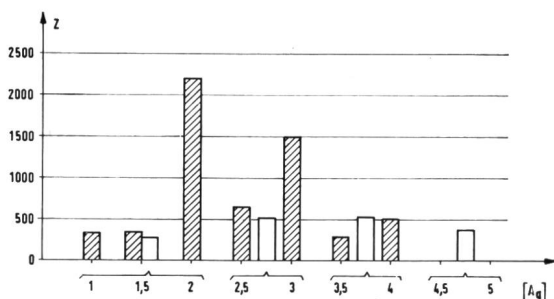


Fig. 18

Histogramm 1. Verteilung der Einzelurteile Z der relativen Nicht-NTSC-Farbbild-Qualitätsbewertungen über die entsprechenden NTSC-Farbbildqualitäten. Weiss: dritte Versuchsreihe (Jan. 1964, Studiodecoder, Schattenzonen); schraffiert: vierte Versuchsreihe (Dez. 1964, Heimempfänger, normale Empfangslagen)

dass das SECAM-Bild, im Vergleich zum NTSC-Bild, häufig bei etwas besserer Farbwiedergabe etwas mehr rauschte. Ein Teil des Kollektivs wies in solchen Fällen der Farbtreue, ein anderer der Rauschstörung, die grössere Bedeutung bei.

Art und Häufigkeit der beobachteten Bildstörungen sind aus Tabelle IV ersichtlich.

Als wichtigste Ursachen für die nichtideale Qualität des NTSC-Farbbildes finden wir diskrete und diffuse Langzeitechos (Vielwegeempfang) und als Folge davon eine fehlerhafte Farbwiedergabe. Dies sind gleichzeitig die Hauptgründe für die etwas bessere Qualität des Nicht-NTSC-Bildes. In diesem Zusammenhang muss erneut auf die unterschiedliche Störwirkung diskreter und diffuser Echos hingewiesen werden. Während bei jenen das Leuchtdichtesignal in der Regel subjektiv stärker gestört wird als das Farbartsignal, kann dies beim vorwiegend diffusen Echo, das vor allem in Schattenzonen recht häufig anzutreffen ist (vgl. Fig. 16 und 17), gerade umgekehrt sein. Als Folge davon treten bei diesem die Systemunterschiede deutlicher zutage als bei jenem.

Beim NTSC-System machen sich in grösseren, gleichfarbigen Bildteilen örtliche Farbtonschwankungen bemerkbar, die subjektiv deshalb verhältnismässig stark stören, weil gestörte und korrekte Farbtöne

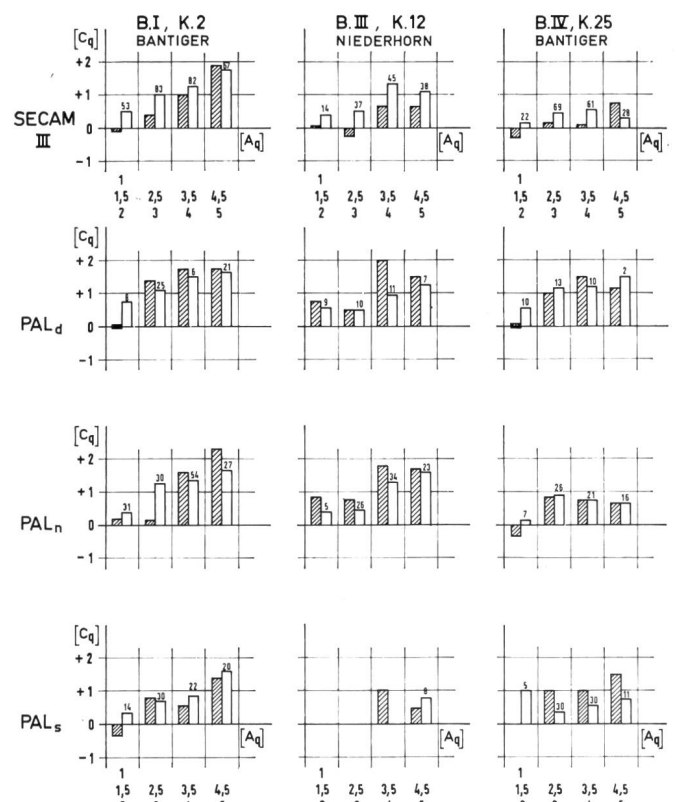


Fig. 19

Histogramm 2. Dritte Versuchsreihe (Jan. 1964, Studiodecoder, Schattenzonen). Relative Qualität des Nicht-NTSC-Bildes, bezogen auf das NTSC-Bild, als Funktion der NTSC-Qualitätsklasse. Parameter: Fernsehkanal, Bildinhalt (schraffiert: Farbbalken, weiss: Diapositive). Mittelwerte über alle Beobachtungen. Den Diapositiv-Bewertungen ist die Zahl der Einzelurteile zugeordnet, auf denen die Mittelwertbildung beruht

Tabelle IV. Dritte Versuchsreihe, Januar 1964. Hauptgründe für die nichtideale Qualität des NTSC-Farbbildes sowie für die unterschiedliche Farbbildqualität bei den verschiedenen Systemen. Summierung der Einzelurteile über alle Kanäle, Bildinhalte und Beobachter.

Art der Bildstörung	Qualitätsgruppen des farbigen NTSC-Bildes									
	Noten 1...3 A _q					Noten 3,5...5 A _q				
	NTSC	PAL _s	PAL _d	PAL _n	SECAM	NTSC	PAL _s	PAL _d	PAL _n	SECAM
Rauschen (<i>R</i>)	86	5	3	5	31	107	7	2	8	53
Langzeitechos (<i>M</i>)	193	23	32	57	81	279	58	33	110	172
Fehlerhafte Farbwiedergabe (<i>F</i>)	199	33	33	61	113	340	76	44	120	197
Kanteneffekte (<i>E</i>)	50	13	1	7	21	32	8	8	7	31
Impulsstörer (<i>I</i>)	11	1	2	—	5	33	—	2	4	8
Sinusstörer (<i>P</i>)	7	5	—	12	10	15	3	—	13	16
Ton im Bild (<i>S</i>)	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
Andere Störung (<i>X</i>)	—	—	—	1	15	—	2	—	—	5

nahe nebeneinander anzutreffen sind (sehr kritisch ist in dieser Beziehung zum Beispiel ein ausgedehnter blauer Himmel). Das PAL-System vermag dagegen, vor allem in Verbindung mit dem Laufzeitleitungs-Decoder, ausbreitungsbedingte Farbtonfehler weitgehend zu kompensieren.

Ausser Farbtonfehlern bei NTSC ergeben sich in solchen Empfangslagen, bei NTSC und PAL, auch örtlich variierende Farbsättigungsfehler. Diese stören den Betrachter aber erfahrungsgemäss viel weniger. Das SECAM-III-System, das grundsätzlich gegen Fehler dieser Art immun ist, bringt auch unter günstigen Rauschbedingungen gegenüber PAL in solchen Fällen interessanterweise bildqualitätsmässig praktisch keinen Gewinn. Dies mag daran liegen, dass sich bei diesem System, unter den hier zur Diskussion stehenden Empfangsbedingungen, Farbtonfehler im Differentiellen nicht ganz vermeiden lassen (vgl. Abschnitt 3.4.8.3).

Beim NTSC-System wäre noch nachzutragen, dass in ausgeprägten Vielwegeempfangslagen im allgemeinen schon geringe Schwankungen des Empfangsantennenmastes beträchtliche Farbvariationen zur Folge haben. Es ist bei diesem System an solchen Orten oft auch schwierig, einen befriedigenden Kompromiss für die Farbtoneinstellung (Phaseneinstellung des Lokaloszillators) zu finden.

Neben den Reflexionsstörungen kommt, wie aus Tabelle IV ersichtlich ist, in der Praxis auch noch dem Empfängerrauschen grosse Bedeutung zu. Hier ist zunächst zu erkennen, dass die verschiedenen PAL-Decodervarianten offensichtlich praktisch die gleichen Rauscheigenschaften wie NTSC aufweisen. Demgegenüber hat sich das SECAM-III-System als rauschempfindlicher erwiesen; wenngleich die Unterschiede bei dieser dritten Versuchsreihe, bei der ein hochgezüchteter SECAM-III-Decoder mit über 100 Transistoren und rund 40 Dioden verwendet wurde, nicht sehr gross ausgefallen sind. Immerhin zeigte sich schon hier in typischen Vielwegeempfangslagen bei schwachem Eingangssignal, im Gegensatz zu NTSC

und PAL, eine deutliche Neigung zu Farbart-Grobstrukturrauschen (vereinzeltes Auftreten von subjektiv stark störenden «Silberfischen», vgl. Abschnitt 4).

Bei den weniger häufig in Erscheinung getretenen Störungen ergaben sich nur bei den durch Kurzzeitechos verursachten Kanteneffekten deutliche Systemunterschiede. Beim NTSC-System verursachen solche Übertragungsfehler häufig ein Farbart-Übersprechen innerhalb des Chrominanzkanals, was Farbsäume zur Folge hat. Auch das SECAM-III-System ist in dieser Beziehung nicht vollkommen. Beim PAL-System dagegen werden Fehler dieser Art vollständig kompensiert (vgl. Abschnitt 3).

Aus Figur 19, Histogramm 2, ist zu entnehmen, dass sich im Band I etwas grössere Systemunterschiede ergaben als im Band IV. Man darf daraus aber nicht voreilig den Schluss ziehen, dass die Dezimeterbänder für NTSC-Farbsignale relative Vorteile bieten. Es ist in diesem Zusammenhang zu beachten, dass die Sendeleistung des Band-IV-Senders etwa eine Grössenordnung unter den im praktischen Betrieb sonst üblichen Werten lag, wodurch in den hier ohnehin schärfer begrenzten Schattenzonen die Empfangsfeldstärke für einen befriedigenden Bildeindruck häufig nicht ausreichte. Andererseits sind es aber im allgemeinen gerade die Schattenzonen und deren Grenzlagen zur Sichtzone, wo Mehrwegeempfang angetroffen wird. Die bei gleichen äusseren Abmessungen schärfer bündelnden Dezimeter-Empfangsantennen wirken im übrigen dem Umstand wirkungsvoll entgegen, dass durch die verhältnismässig grosse Rauheit der Erdoberfläche in diesen Bändern mehr Reflexions- und Streuleistung erzeugt wird. Der Einfluss der Trägerfrequenz auf die Bildqualitätsunterschiede zwischen den verschiedenen Systemen dürfte daher eher gering sein.

Über die Versuchsperiode von sieben Tagen wiesen die NTSC- und PAL-Decoder, Verzögerungsleitung und halbzeilenfrequente Farbartumpolung eingeschlossen, trotz stark wechselnder Temperaturbedingungen eine gute Stabilität auf. Jene der SECAM-

III-Geräte war dagegen, von der Farbartumschaltung abgesehen, nicht voll befriedigend. Als Funktion des Beobachtungsortes, beziehungsweise bei festem Ort des empfangenen Senders, waren bei den verschiedenen Systemen vorgängig der Bildbewertung im allgemeinen folgende systembedingte Decoder-Nachregelungen vorzunehmen:

- NTSC: Farbton (Farbartphase; leichte Nachjustierung), Farbsättigung (Farbartamplitude; mittlere Nachregelung);
- PAL_d, PAL_n: Farbsättigung (Farbartamplitude; mittlere Nachregelung);
- PAL_s: wie bei NTSC, Phaseeinstellung jedoch etwas weniger kritisch;
- SECAM III: grundsätzlich keine. Unter stark wechselnden Rauschbedingungen mussten indessen die Begrenzer- oder Diskriminatorkreise häufig etwas «nachsymmetriert» werden.

5.5 Ergebnisse der vierten schweizerischen Versuchsreihe (Normale Empfangslagen, Heimempfänger [50])

(vgl. Tabelle III)

5.5.1 Farbbildqualität

Das Resultat der Farbbild-Qualitätsbewertung durch das Kollektiv ist in den Histogrammen 3, 4 und 5 (Fig. 20...22) übersichtlich zusammengestellt. Für das PAL-System ergaben sich, auf gleiche NTSC-Qualität bezogen, sehr ähnliche Unterschiede wie bei der dritten Versuchsreihe. Es zeigte sich ferner, dass bei diesem Verfahren eine leichte Absenkung der Farbträgeramplitude zur Verbesserung der Kompatibilität, («PAL_{mod}»), vom Geräusch her betrachtet, wohl noch tragbar wäre.

Bei SECAM III war diesmal, gesamthaft gesehen, gegenüber NTSC kein Vorteil mehr zu erkennen. Dies kam davon her, dass der Farbartteil der verwendeten Heimempfänger, im Vergleich zu den früheren Studiodecodern, eine höhere Rauschempfindlichkeit aufwies. Diese war zum Teil zurückzuführen auf den wesentlich geringeren Schaltaufwand (der Heimempfänger-Decoder darf aus Preisgründen nur einen kleinen Bruchteil der Komponenten des früher verwendeten Studiodecoders aufweisen), zum Teil aber auch auf einen für den Transport im Messwagen ungenügend stabilen mechanischen Aufbau. Statistisch gesehen ergaben sich bei SECAM III bei rund einem Drittel jener Empfangsanlagen, in denen, als Folge von Vielwegeempfang und Rauschen, die NTSC- und PAL-Qualität 2,5 A_q oder schlechter war, Farb-art-Grobstruktur-Rauschstörungen («Silberfische»).

Im übrigen zeigten sich im Vergleich zur dritten Versuchsreihe keine neuen Gesichtspunkte. Sowohl die NTSC- als auch die PAL-Heimempfänger waren sehr stabil.

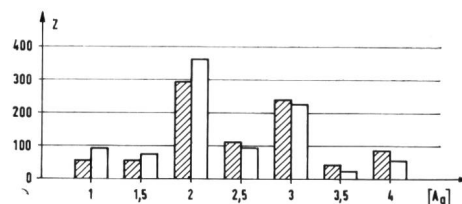


Fig. 20

Histogramm 3. Vierte Versuchsreihe (Dez. 1964, Heimempfänger, normale Empfangslagen). Verteilung der Einzelurteile Z der NTSC-Farbbild-Qualitätsbewertung (schraffiert) und der entsprechenden rekompatiblen monochromen Bildbewertung (weiss). Gesamtzahl der Einzelurteile: 888. Mittlere Qualitäten: NTSC: 2,37; monochrom: 2,30

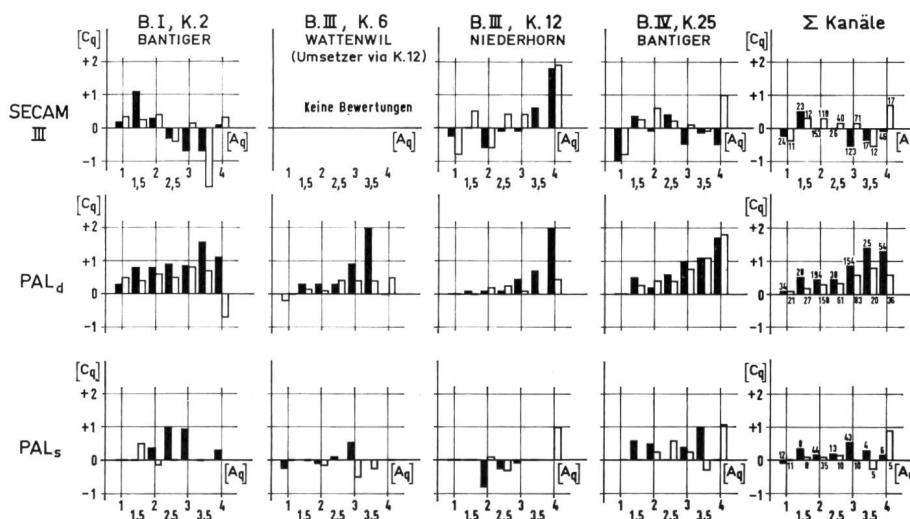


Fig. 21

Histogramm 4. Vierte Versuchsreihe (Dez. 1964, Heimempfänger, normale Empfangslagen). Relative Qualität des Nicht-NTSC-Bildes, bezogen auf das NTSC-Bild, als Funktion der NTSC-Qualitätsklasse. Parameter: Fernsehkanal, Bildinhalt (schwarz: kritische Dias und Farbbalken, weiss: unkritische [Diapositive]). Mittelwerte über alle Beobachtungen. Bei der Summierung über alle Kanäle ist den Ordinatenwerten die Zahl der Einzelurteile zugeordnet, auf denen die Mittelwertbildung basiert

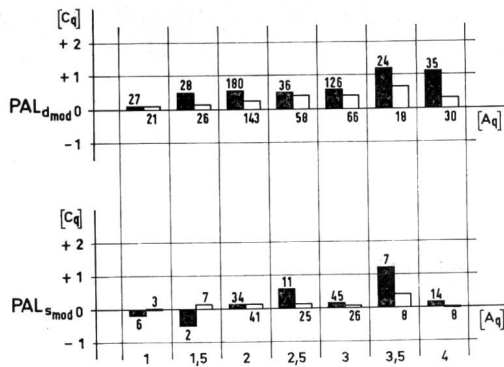


Fig. 22

Histogramm 5. Vierte Versuchsreihe (Dez. 1964, Heimempfänger, normale Empfangslagen). Modifiziertes PAL-System (Farbträger sendeseitig, im Vergleich zum normalen PAL-System, um 2 dB abgesenkt), relative Qualität des PAL-Bildes, bezogen auf das NTSC-Bild, als Funktion der NTSC-Qualitätsklasse. Parameter: Bildinhalt (schwarz: kritische Dias und Farbbalken, weiss: unkritische Diapositive). Mittelwerte über alle Beobachtungen und Kanäle (2, 6, 12, 25). Den Ordinatenwerten ist die Zahl der Einzelurteile zugeordnet, auf denen die Mittelwertbildung beruht

5.5.2 Kompatibilität

(Farbsignal auf normalem, monochromem Heimempfänger, vgl. Histogramme 6 und 7, Fig. 23 und 24.)

Die Kompatibilitätsforderung (geringe Störwirkung des Farbträgers im kompatiblen Schwarzweissbild) dürfte bei allen untersuchten Systemen befriedigend erfüllt sein; es ergaben sich bei ziemlich grosser Streuung keine signifikanten Systemunterschiede. Dies liegt zum Teil wohl daran, dass schon bei

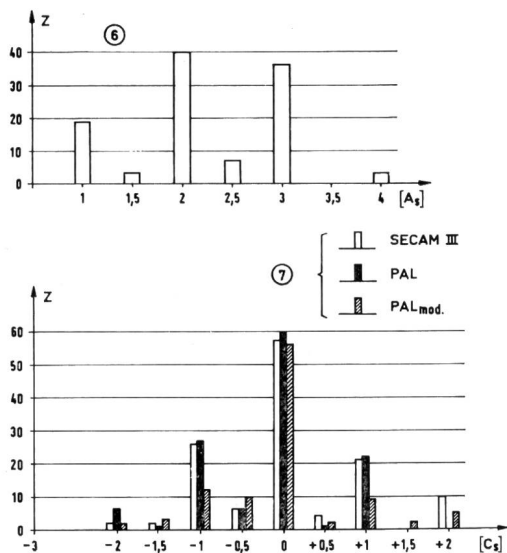


Fig. 23, 24

Histogramme 6 und 7. Vierte Versuchsreihe (Dez. 1964, Heimempfänger, normale Empfangslagen)

Histogramm 6. Wahrnehmbarkeit des Farbträgers im kompatiblen SW-Bild beim NTSC-System. Verteilung Z der insgesamt 108 Einzelurteile, Betrachtungsabstand drei- bis fünfmal Bildhöhe

Histogramm 7. Relative Störwirkung des Farbträgers beim Nicht-NTSC-System; Bezugsnorm: NTSC-System. Verteilung Z der Einzelurteile. Gesamtzahl der Einzelurteile: SECAM III: 129, PAL: 124, PAL_{mod} (Farbträger um 2 dB abgesenkt): 101. Betrachtungsabstand drei- bis fünfmal Bildhöhe

schwachem Empfängerrauschen die feine Farbträgerstruktur, die zumindest bei den CCIR-B- und -G-Normen häufig durch die Tonfilterflanke im ZF-Kanal des Empfängers noch etwas gedämpft ist, auch bei verhältnismässig kleinem Betrachtungsabstand von vielen Versuchspersonen kaum noch wahrgenommen wird. Die Frage, ob der Fernsehteilnehmer bei wiederholtem mehrstündigem Heimempfang kritischer oder toleranter wird, ist allerdings noch offen.

5.5.3 Rekompabilität

(Monochromes Signal auf Schirm des Farbempfängers bei ausgeschaltetem Farbartteil, vgl. Histogramm 3, Fig. 20.)

Die Qualität des rekompabilen Schwarzweissbildes wurde im Mittel eine Spur günstiger bewertet als jene des NTSC-Farbbildes, womit die heutigen Geräte der Forderung nach Rekompabilität befriedigend nachkommen. Hier kommt es natürlich sehr darauf an, dass die Konvergenzkorrekturen der Lochmaskenröhre einwandfrei eingepegelt sind. Ausserdem ist die Röhre, zur Erzielung eines gleichmässigen Weissfeldes, sorgfältig zu entmagnetisieren.

5.6 Neue PAL-Variante mit «Wechselburst»

Die im Mai 1965 im Schosse der *Ad-hoc-Gruppe für Farbfernsehen der UER* tentativ festgelegte PAL-Norm sieht für die Steuerung des zeilenfrequenten Farbartumschalters ein zeilenweise mit $\pm 45^\circ$ phasenmoduliertes Farbsynchroneignal vor. Es stellte sich in diesem Zusammenhang unter anderem das Problem, inwieweit diese neue Synchronisierungsart den Anforderungen des Randzonenempfangs gewachsen ist.

Zur Abklärung dieser Frage wurde von den *schweizerischen PTT-Betrieben* im Oktober 1965, unter Ausnutzung der Farbsendungen des Fernsehsenders Feldberg/Schwarzwald, im Dreieck Bern-Zofingen-Basel, eine kleinere Empfangsversuchsreihe durchgeführt [53]. Die Tests zeigten, dass das neue Synchronisierungsverfahren auch in extrem ungünstigen Empfangslagen bei sehr schlechter Bildqualität noch einwandfrei arbeitet.

5.7 Ergebnisse ausländischer Versuchsreihen vergleichenden Charakters

In den Histogrammen 8 und 9 (Fig. 25 und 26) sind die Hauptergebnisse ausländischer vergleichender Versuchsreihen jüngerer Datums übersichtlich zusammengestellt [44; 47; 48; 49].

Beim Vergleich der Ergebnisse der in- und ausländischen Versuche ist den zum Teil recht unterschiedlichen topographischen Verhältnissen Rechnung zu tragen. Während die italienischen Versuche in einem Gelände durchgeführt wurden, das dem schweizerischen ähnlich ist, war das Prüfgebiet in Deutschland, und vor allem in England (London und Umgebung), im Mittel wesentlich flacher; andererseits wurden die in Grossstädten sich stellenden Empfangsprobleme nur in den letztgenannten Ländern studiert.

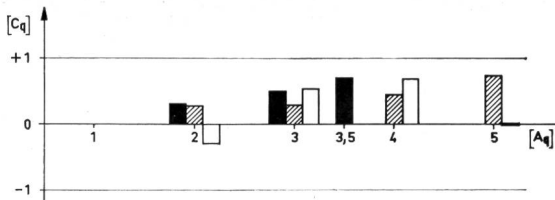


Fig. 25

Histogramm 8. Ausländische Ergebnisse vergleichender Farbfernseh-Empfangsversuche. Relative Qualität des Nicht-NTSC-Bildes, bezogen auf das NTSC-Bild, als Funktion der NTSC-Qualitätsklasse. Mittelwerte über alle Beobachtungen

Schwarze Balken: PAL_d-Decoder, Stadtgebiet Hamburg, 1964; Teilnehmerantennen; Band III; vorwiegend kritische Bildinhalte (Diapositive); total 4641 Einzelurteile [49]

Schraffierte Balken: PAL_d-Decoder, Stadtgebiete von Frankfurt am Main, Hannover und Stuttgart, 1964; Antennen auf Messwagenmast; m- und dm-Wellen; vorwiegend kritische Bildinhalte (Diapositive); total 675 Einzelurteile [47]

Weisse Balken: PAL_s-Decoder, London und Umgebung, 1962/63; Antennen auf Messwagenmast; Band IV; vorwiegend kritische Bildinhalte [44]

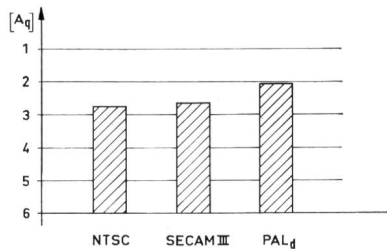


Fig. 26

Histogramm 9. Italienische Versuchsergebnisse in Piemont und im Aostatal, 1964. Mittelwerte der Bildqualitäten der unter identischen Ausbreitungs- und Empfangsbedingungen beurteilten NTSC-, SECAM- und PAL-Farbfernsehbilder. Sender und Umsetzer, dm-Wellen; total 1284 Einzelurteile [48]

In diesem Zusammenhang sind die verhältnismässig ausgeprägten Qualitätsdifferenzen zugunsten des PAL-Systems im flachen Hamburg zu beachten, wo die Farbempfänger an bestehende Heimantennen und Gemeinschaftsanlagen angeschlossen wurden. Es darf als sicher gelten, dass bei nichtidealen Antenneninstallationen – vor allem im Band I, wo die relative Bandbreite gross ist – das PAL-System gegenüber dem NTSC-System zusätzliche Vorteile bietet.

Die Tests, auf die Histogramm 8 (Fig. 24) Bezug nimmt, wurden in sehr ähnlicher Weise wie die schweizerischen durchgeführt. Bei den deutschen Versuchen wurde jedoch die Absolutbewertung des NTSC-Farbbildes, nach der später die Klasseneinteilung vorgenommen wurde, zum Teil nicht von einem Kollektiv, sondern der Einfachheit halber vom Versuchsleiter selber vorgenommen – ein etwas willkürliches Vorgehen, das grundsätzlich abzulehnen ist.

In jenen Fällen, in denen die Kompatibilität mit-untersucht wurde, ergaben sich bei allen Systemen annehmbare Verhältnisse. Im allgemeinen wurde NTSC ein klein wenig besser bewertet als PAL, dieses wiederum etwas besser als SECAM III.

Systemdaten

Systemunabhängige Grundbeziehungen

Leuchtdichtesignal:

$$Y' = 0,30 R' + 0,59 G' + 0,11 B', \text{ Bandbreite } 5 \text{ MHz},$$

$$R', G', B' = \text{Grundfarbensignale (Rot, Grün, Blau);}$$

Farbartsignale:

$$R' - Y' = 0,70 R' - 0,59 G' - 0,11 B' \equiv D_r',$$

$$B' - Y' = -0,30 R' - 0,59 G' + 0,89 B' \equiv D_b'$$

beziehungsweise

$$I' = 0,60 R' - 0,28 G' - 0,32 B',$$

$$Q' = 0,21 R' - 0,52 G' + 0,31 B';$$

der Index ' bedeutet, dass das entsprechende Signal, gemäss $\frac{1}{\gamma} = 0,45$, gradations-vorentzert ist.

Modulationsart der Farbartsignale

NTSC, PAL: Simultanes Komponentenpaar, übertragen als amplitudenmodulierte Seitenbänder zweier unterdrückter Hilfsträgerschwingungen, deren Phasen rechtwinklig zueinander stehen;

SECAM III: Zeilensequentiell mit Frequenzmodulation übertragenes Komponentenpaar.

Farbträgerfrequenz, Bildrasterung

$$\text{NTSC: } f_c = 4,4296875 \text{ MHz} = 567 \cdot f_h/2, f_h = 15625 \text{ Hz};$$

$$\text{PAL: } f_c = 4,4296875 \text{ MHz} = (284 - 1/4) f_h' + 25 \text{ Hz}, f_h' \cong f_h,$$

$$(\text{NB. Ab 1966 gilt: } f_c = 4,43361875 \text{ MHz}, f_h' = f_h);$$

$$\text{SECAM III (verschwindende Farbartsignale): } f_c = 4,4375 \text{ MHz} = 284 f_h,$$

(NB. seit 1966: SECAM IIIB mit leichten Modifikationen).

Bandbreite der getragerten Farbartsignale

$$\text{NTSC, PAL: } I\text{-Signal: oberes Seitenband: } 0,57 \text{ MHz},$$

$$\text{unteres Seitenband: } 1,3 \text{ MHz};$$

$$Q\text{-Signal: beide Seitenbänder } 0,4 \text{ MHz};$$

$$\text{SECAM III: oberes Seitenband: } 0,57 \text{ MHz},$$

$$\text{unteres Seitenband: } 1,4 \text{ MHz}.$$

Zusammengesetztes Farbsignal

(Normierte Amplituden)

$$\text{NTSC: } M' = Y' + Q' \sin(\omega_c t + 33^\circ) + I' \cos(\omega_c t + 33^\circ)$$

beziehungsweise für Farbartfrequenzen $\leq 0,4 \text{ MHz}$,

$$M' = Y' + 0,49 D_b' \sin(\omega_c t) + 0,88 D_r' \cos(\omega_c t);$$

PAL: Wie NTSC, doch wechselt die I' -Komponente (tentative Norm bis Mai 1965) beziehungsweise die D_r' -Komponente (Norm seit Juni 1965) zeilenweise das Vorzeichen.

$$\text{SECAM III: } M' = Y' + C' \cos(\omega_c + D^* \Delta \omega)t, \text{ wobei}$$

$$D^* = \text{zeilenweise abwechselnd } D_r^*, D_b^*,$$

$$D_r^* = -1,9 D_r', D_b^* = 1,5 D_b';$$

$\Delta \omega$ = Kreisfrequenz für Einheitsamplitude von D^* ;
(NB. Seit 1966: SECAM IIIB mit leichten Modifikationen, zum Teil auch bezüglich der nachfolgenden Parameter).

$C' = f(D^*, \Delta \omega) = 0,115$ für $D^* = 0$ (CCIR-B- und -G-Normen), Hub für $D^* = 1$: $\pm 230 \text{ kHz}$ (Maximalhub $\pm 500 \text{ kHz}$), Vorbetonungen: vgl. Abschnitt 4, zusätzliche Amplitudenmodulation des Farbträgers zur Reduktion des Leuchtdichte-Farbart-Übersprechens:

$$+ 3,5 \dots 6 \text{ dB für } Y' = 1, 0 \text{ dB für } Y' < 0,5.$$

Die normierten Amplituden der videofrequenten Farbartsignale sowie deren Trägerfrequenzen für die Grund- und Komplementärfarben grösstmöglicher Sättigung und Leuchtdichte gehen aus folgender Tabelle hervor.

	Y'	D_r'	D_b'	$D_r'^*$	$D_b'^*$	$\Delta f_{D_r}'$ (kHz)	$\Delta f_{D_b}'$ (kHz)	
R'	0,30	0,70	-0,30	-1,33	-0,45	-306	-104	R = Rot
Ge'	0,89	0,11	-0,89	-0,21	-1,33	-48	-306	Ge = Gelb
G'	0,59	-0,59	-0,59	1,12	-0,89	258	-205	G = Grün
BG'	0,70	-0,70	0,30	1,33	0,45	306	104	BG = Cyan
B'	0,11	-0,11	0,89	0,21	1,33	48	306	B = Blau
P'	0,41	0,59	0,59	-1,12	0,89	-258	205	P = Purpur
W	1	0	0	0	0	0	0	W = Weiss

Schrifttum

- [1] Report of the EBU Ad-hoc Group on Colour Television, Second edition, Brussels, Febr. 1965; including amendment to this report of Febr. 1966.
- [2] CCIR-Report No. 308, Geneva, 1963, table I.
- [3] Report of the 6th meeting of Sub-Group 1 of the EBU Ad-hoc Group on Color Television; Com. T. (E) 197 (1965).
- [4] Jones D. S. The theory of electromagnetism. Oxford, London, New York, Paris; 1964.
- [5] Beckmann P., Spizzichino A. The scattering of electromagnetic waves from rough surfaces. Oxford, London, New York, Paris, 1963.
- [6] Bernath K., Brand H. Über den Einfluss der Mehrwegeausbreitung auf das trägerfrequente Spektrum des Fernsehsignals. Techn. Mitt. PTT **35** (1957), 401...412.
- [7] McIlwain K., Dean C. E. (ed.) Principles of color television. New York, London, 1956.
- [8] Bruch W. Demodulationsschaltungen für PAL-Farbfernseh-Empfänger. Telefunken-Zeitung **37** (1964), H. 1, 62...73.
- [9] Bruch W. Neue Methoden zur Referenzträgersynchronisierung im PAL-Farbfernseh-Empfänger. Telefunken-Zeitung **37** (1964), H. 2, 100...115.
- [10] Melchior G., Ragot C. The SECAM Decoder. Electronic Engineering **35** (1963), 642...650.
- [11] Koster J. Die Mehrwegeverzerrung beim FM-Empfang und ihre Nachahmung im Laboratorium. Philips Techn. Rdsch. **23** (1961/62), Nr. 2, 55...65.
- [12] Record of investigations undertaken by the EBU Ad-hoc Group on Colour Television. Brussels, Oct. 1963.
- [13] Doob J. L. Stochastic processes. New York, London; 1953.
- [14] Rayleigh, (Lord). The theory of sound. 3rd edition; London; 1896.
- [15] Norton, Vogler, Mansfield, Short. The probability distribution of the amplitude of a constant vector plus a Rayleigh distributed vector. Proc. IRE **43** (1955), 1354...1361.
- [16] Rice S. O. Mathematical analysis of random noise. B. S. T. J. **23** (1944), 282...332; **24** (1945), 46...156.
- [17] Norton, Shultz, Yarbrough. The probability distribution of the phase of the resultant vector sum of a constant vector plus a Rayleigh distributed vector. J. Appl. Phys. **23** (1952), 137...141.
- [18] Wiener N. The extrapolation, interpolation, and smooting of stationary time series, with engineering applications. New York, London; 1949.
- [19] Lee Y. W. Statistical theory of communication. New York, London; 1960.
- [20] Schlitt H. Systemtheorie für regellose Vorgänge. Berlin, Göttingen, Heidelberg; 1960.
- [21] Markoff A. A. Wahrscheinlichkeitsrechnung. Leipzig, Berlin; 1912.
- [22] ITU-Report. Technical data used by the European VHF/UHF Broadcasting Conference, Stockholm, 1961. Geneva, 1961.
- [23] Mayer N. Vergleich zwischen dem NTSC-Farbfernseh-Übertragungsverfahren und seinen Varianten SECAM (I) und FAM. Rundfunktechn. Mitt. **7** (1963), 83...95.
- [24] Melchior G. Chromaticity channel protection in the SECAM (I) colour television system. Electronic Engineering **35** (1963), 358...365.
- [25] Fredendall G. L. A comparison of monochrome and color television with reference to susceptibility to various types of interference. RCA Rev. **14** (1953), 341...358.
- [26] Cassagne P., Sauvanet M. Le système de télévision en couleurs SECAM (I), comparaison avec le système NTSC. Annales de Radioélectricité **16** (1961), 109...121.
- [27] Federal Rep. of Germany. Sub-Group Colour TV of Techn. Committee of ZVEI. Comparison of colour television systems. Random noise (1965).
- [28] BBC Res. Dept. Subjective impairment resulting from the addition of periodic noise to 625-line colour television signals. EBU-Rep. Com. T. (E) 118 (Febr. 1964).
- [29] Fagot J. Examination of SECAM (I) modulation; comparison with NTSC. Comp. Française de Télévision, Paris (mars 1963).
- [30] Ad-hoc Group on Colour Television of the EIA Engineering Dept., New York. Summary of differences between NTSC, SECAM and PAL colour television systems. New York, Jan. 1965.
- [31] Smith R. A. The relative advantages of coherent and incoherent detectors: A study of their noise spectra under various conditions. Proc. IEE **98** (1951), P. IV, Mon. No. 6, 43...54.
- [32] Crosby M. G. Frequency modulation noise characteristics. Proc. IRE **25** (1937), 472...514.
- [33] Woschni E. G. Klirrvverzerrungen und Rauschen in AM- und FM-Systemen. Na.-Technik **12** (1962), 121...124.
- [34] Panter P. F. Modulation, noise, and spectral analysis. New York, 1965.

- [35] *Rice S. O.* Noise in FM receivers. Rosenblatt (ed.), Time series analysis. New York, 1963, 395...422.
- [36] BBC Res. Dept. Subjective assessments of the susceptibilities to random noise of the NTSC system and the SECAM III system. EBU-Rep. Com. T. (E) 117 (Jan. 1964).
- [37] BBC Res. Dept. Some subjective comparisons of the effect of adding random noise to the NTSC and SECAM III colour television signals. EBU-Rep. Com. T. (E) 182 (Jan. 1965).
- [38] *Bernath K.* Premiers résultats d'essais comparatifs de télévision en couleur NTSC-SECAM. Berichte Nr. 40.004 und 40.006 vom 11. bzw. 25. Febr. 1961, Abt. Forschung und Versuche, GD PTT, Bern.
- [39] *Bernath K.* Vergleichende Empfangsbeobachtungen mit NTSC- und SECAM-Farbfernsehsystemen. Nachrichtentech. Z. 16 (1963), 181...188.
- [40] *Wharton W., Taylor E. W., Edmondson G.* UHF field trials 1962/63: A comparison of the effects of UHF propagation on NTSC, SECAM and PAL signals. BBC Res. Dept. Techn. Mem. No. T-1060/1 (1963).
- [41] *Wharton W., Taylor E. W., Edmondson G.* UHF field trials 1962/63: A comparison of the reception of NTSC and SECAM (I) when transmitted on two UHF channels. BBC Res. Dept. Techn. Mem. No. T-1060/2 (1963).
- [42] *Spronson M. A.* 1962/63 UHF home viewing tests. The compatibility of three colour television systems. BBC Res. Dept. Techn. Mem. No. T-1061/2 (1963).
- [43] *Spronson M. A.* 1962/63 UHF home viewing tests. A comparison of the colour pictures received on three colour television systems. BBC Res. Dept. Techn. Mem. No. T-1061/3 (1963).
- [44] BBC Res. Dept. Comparison of PAL with NTSC in terms of the grade of NTSC reception. EBU-Rep. Com. T. (E) 167 (1964).
- [45] *Hopf W., Jaeschke F.* Empfangsbeobachtungen mit den Farbfernsehsystemen NTSC, SECAM (I) und PAL. Elektron. Rdsch. 18 (1964), 35...37.
- [46] *Bernath K. W.* Vergleichende Empfangsbeobachtungen mit drei Farbfernsehsystemen in Schattenzonen. Techn. Mitt. PTT 42 (1964), 341...352.
- [47] *Wendt H.* Farbfernseh-Empfangsbeobachtungen in Grossstädten mit den Systemen NTSC und PAL. Rundfunktechn. Mitt. 9 (1964), 48...50.
- [48] Italy (RAI). Field tests on domestic colour television receivers in Piemonte and Val d'Aosta. EBU-Rep. Com. T. (E) 154 (Nov. 1964).
- [49] F. R. of Germany. Recent comparative field tests of colour television reception with NTSC and PAL. EBU-Rep. Com. T. (E) 134 (Okt. 1964).
- [50] Switzerland (PTT). Colour television field trials with domestic receivers at normal receiving sites in fairly flat, hilly and mountainous terrain. EBU-Rep. Com. T. (E) 166 (Jan. 1965).
- [51] France (ORTF). Premiers résultats de la campagne d'essais des récepteurs de télévision en couleurs SECAM. EBU-Rep. Com. T. (E) 179 (Jan. 1965).
- [52] Conclusions of the Interim Meeting of Study Group XI, CCIR, Vienna, ITU, Geneva (1965), 75...94.
- [53] *Bernath K. W.* Neue tentative PAL-Farbfernsehnorm mit Wechselburst. Arbeitsweise des zeilenfrequenten Farbartumpolers in schwierigen Empfangslagen. Bericht Nr. 40.076 vom 19. Nov. 1965, Abt. Forschung u. Versuche, GD PTT, Bern.

Prof. Dr. h. c. FRITZ SCHRÖTER – ein weltbekannter
Pionier des Fernsehens – begeht am 28. Dezember
1966 seinen 80. Geburtstag. Wir gratulieren herzlich.