

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 51 (1960)  
**Heft:** 20  
  
**Artikel:** Speicherung und Frequenzbandverengung im Fernsehen  
**Autor:** Schröter, F.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-917065>

### **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:** 17.05.2025

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

begegnen? Oder könnte man sich an Stelle der vorsorglichen auf eine Entstörung im konkreten Falle beschränken?

Damit ist man bei einer Reihe von Fragen angelangt, die unbedingt noch der weiteren Abklärung bedürfen.

### Literatur

- [1] Kirschstein, F. und G. Krawinkel: Fernsehtechnik, Stuttgart: Hirzel 1952. S. 26...36.
- [2] Gerber, W.: Normungsfragen des europäischen Farbfernsehens. Techn. Mitt. PTT Bd. 37(1959), Nr. 7, S. 262...267. (bes. S. 265.)
- [3] Martin, A. V. J.: Note sur la réduction de la quantité d'information contenue dans une image de télévision. Onde électr. Bd. 39 (1959), Nr. 388/389, S. 686...689.
- [4] Theile, R. und H. Fix: Fernseh-Bildaufnahmerröhren. Veröff. Fernsehtechn. Bd. 3(1959), Nr. 5.
- [5] Rindfleisch, H.: Der gegenwärtige Ausbau des Fernschrundfunks im In- und Ausland. Rundfunktechn. Mitt. Bd. 3(1959), Nr. 5, S. 219...227.
- [6] Conférence administrative des radiocommunications. Actes finaux. Règlement des radiocommunications, Kap. 2, Art. 5. Genf 1959.
- [7] Colloque International sur les Problèmes physiques de la Télévision en Couleurs. Acta Electronica Bd. 2(1957/58). Nr. 1/2, S. 1...419.
- [8] U. S. Patent Nr. 2844990, July 1958: Method and Apparatus for Producing Color Effects in Projected Pictures. Josef Nagler und Josef Nagler, Jr., Wien.
- [9] Davidse, J.: N. T. S. C. Colour-Television Signals, Measurement Techniques. Electronic & Radio Engr. Bd. 36(1959), Nr. 10, S. 370...376.
- [10] Land, E. H.: Color Vision and the Natural Image, I. Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A. Bd. 45(1959), Nr. 1, S. 115...129.
- [11] Land, E. H.: Color Vision and the Natural Image, II. Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A. Bd. 45(1959), Nr. 4, S. 636...644.

- [12] Woolfson, M. M.: Some New Aspects of Color Perception. IBM-J. Bd. 3(1959), Nr. 4, S. 313...325.
- [13] U.S. Federal Register 1955, S. 9126.
- [14] Bernath, K.: Erste Ergebnisse von Farbfernseh-Ausbreitungsversuchen in der Schweiz. NTZ Bd. 12(1959), Nr. 6, S. 281...285.
- [15] Boutry, G. A. und R. Genève: Etude du système de télévision en couleurs «double message». Onde électr. Bd. 37(1957), Nr. 361, S. 337...357.
- [16] Haantjes, J. und K. Teer: Compatible Colour-Television. Part 1: Two Sub-Carrier System. Wirel. Engr. Bd. 33(1956). Nr. 1, S. 3...9. Part. 2: Comparison of Two Sub-Carrier and N.T.S.C. Systems, Nr. 2, S. 39...46.
- [17] Valensi, G.: Systèmes compatibles de télévision en couleur. Ann. Télécommun. Bd. 7(1952), Nr. 11, S. 439...458; Nr. 12, S. 482...496.
- [18] France, H. de: Le système de télévision en couleurs «séquentiel-simultané». Acta Electronica Bd. 2(1957/58), Nr. 1/2, S. 392...397.
- [19] Baumann, E.: Die Korrektur nichtlinearer Übertragungsfehler von Farbfernseh-Systemen. Bull. SEV Bd. 50(1959), Nr. 10, S. 458...466.
- [20] C. C. I. R., Recommendation No. 212: Television Standards.
- [21] Bernath, K.: Zum Komptabilitätsproblem zwischen modifizierten N. T. S. C.-Farbfernsehensystemen mit unterschiedlichen Chrominanzbandbreiten. Techn. Mitt. PTT Bd. 37(1959), Nr. 11, S. 496...503.
- [22] Kell, R. D. und G. L. Fredendall: Selective Side-Band Transmission in Television. RCA Rev. Bd. 4(1939/40), Nr. 4, S. 425...440.
- [23] Hopf, H.: Laufzeitausgleich für die Restseitenbandübertragung im Fernsehen. Rundfunktechn. Mitt. Bd. 2(1958), Nr. 4, S. 180...183.
- [24] Report of the Television Allocations Study Organization to the Federal Communications Commission. March 16, 1959.

Adresse des Autors:

Dr. W. Gerber, Elfenauweg 64, Bern.

## Speicherung und Frequenzbandverengung im Fernsehen

Von F. Schröter, Neu-Ulm

621.397.2

### 1. Die Redundanz

Die schädliche Redundanz der herkömmlichen Fernsehübertragung wurde schon 1929 von R. D. Kell [1]<sup>1)</sup> diskutiert. In Anbetracht der durch spätere Messungen [2; 3] bestätigten hohen Grade von Autokorrelation im bildfrequenten Videosignal schlug Kell vor, nur die erkennbare Änderung  $\Delta L$  der Leuchtdichte  $L$  jedes Bildelements, die sich beim Vergleich aufeinander folgender Abtastungen zeigt, zum Empfänger zu übermitteln (Differenzbildmethode). Das setzte einen speicherfähigen Empfänger voraus, auf dessen Leuchtschirm der einmal registrierte  $L$ -Wert jedes Bildelements stehen bleibt, bis er vom Sender auf einen anderen  $L$ -Wert umgesteuert wird.

Ein derartiges Verfahren verkleinert zwar die mittlere Sendeleistung sowie die Interferenzmöglichkeit zwischen auf gleicher Wellenlänge arbeitenden Fernsehsendern beträchtlich, kann aber den Gütequotienten des Bildempfangs

$$G = \frac{\text{sichtbare Auflösung } q}{\text{Frequenzbandbreite}} = \frac{q}{\Delta f}$$

nicht vergrößern. Gleichviel, ob man zur Verbesserung von  $G$  bei unverändertem  $\Delta f$  mehr Auflösung  $q$  anstrebt (wissenschaftliche und industrielle Anwendungen des Fernsehens) oder bei Erhaltung der heutigen Normung von  $q$

eine Reduktion des Frequenzbandaufwandes  $\Delta f$  zu erzielen wünscht (Fernsehübertragung mittels Rundfunk, Fernsehübertragung mittels Richtfunk, Fernsehübertragung über Scatter-Strecken), in jedem Falle sind zusätzlich zu dem Vorschlag von Kell Operationen am Videosignal erforderlich, die vom optischen Informationsfluss desselben ausgehen und möglichst weitgehend schädliche Redundanz aus dem Abtastspektrum ausmerzen. Im Fernschrundfunk gilt es vor allem, durch Verschmälern des im Äther bei AM beanspruchten Frequenzraumes, insbesondere in den für ungestörte Ausbreitung günstigeren UKW-Bändern I und III, neue Programmkanäle zu gewinnen. Im leitungsgereichten Fernsehen sind Entwicklungen im Gange, die auf Ausnutzung der bekannten Vorzüge der PCM-Übertragung abzielen; hier laufen mehrere Untersuchungen [4; 5; 6], die auf der Basis der Autokorrelation unter Einführung von Wahrscheinlichkeitsfunktionen für den zeitlichen Verlauf von  $L$  in jedem Flächenelement die mittlere Anzahl von bit etwa zu halbieren gestatten. Eine zur Wahrung kontinuierlicher Tönungsübergänge  $2^7 = 128$  Graustufen umfassende Skala könnte daher statt mit 7 mit nur 3...4 bit Aufwand je Bildpunkt übertragen werden. Die Änderung von  $L$  ist an keinem Punkte von der Vorgeschichte seines Umfeldes oder seines eigenen Zustandes unabhängig, weil er nur als Bestandteil einer Gruppe von organisch zusammengehörigen Flächenelementen Bildinformation vermitteln

<sup>1)</sup> Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

kann. Somit ist der zeitliche Verlauf von  $L$  überall in gewissem Ausmass vorhersehbar («Prediction-Methode»), und es genügt grundsätzlich, die Grösse des Irrtums zu übertragen. Die Rechenergebnisse der verschiedenen statistischen Verfahren zur Frequenzbandeinsparung stimmen auffällig überein.

Andere, zur Klasse der Differenzbildsendung gehörende Vorschläge, wie z. B. «Differential Quantizing» [7] suchen die Zahl der bit durch sehr unterschiedliche Abstufung der  $L$ -Quanten — kleine Sprünge bei geringen, grosse bei erheblichen Änderungen der Leuchtdichte — zu vermindern. Sie haben aber bisher kaum günstigere Ergebnisse hinsichtlich der Reduktion des benötigten  $\Delta f$  aufzuweisen, als die statistischen Methoden (etwa 2,0...2,3 bit Ersparnis je Bildpunkt).

## 2. Das System von Technicolor

Das Technicolor-Verfahren von *W. F. Schreiber, C. F. Knapp* und *N. D. Kay* [8], dem in der Folge erdachte neue Systeme nahekommen, geht von Bandaufteilung aus. Ein niederfrequenter Abschnitt wird unverändert (analog) z. B. in AM, übertragen. Die abgespaltenen höheren Frequenzen rühren von den schroffen Helligkeitsübergängen (Konturen, Kanten) her. Die Statistik hat gezeigt, dass bei normaler Bildwechselzahl nicht mehr als  $9 \cdot 10^5$  derartige Sprünge/s vorkommen. Zur Übermittlung dieses Anteils dient die digitale Methode: Man quantisiert in wenigen groben Stufen die beim Abtasten mit 8 MHz festgestellten Sprungwerte von  $L$  (sog. «edges») und sendet zusätzlich deren Zeilenkoordinaten in Form von binären Impulsen, wozu freilich eine recht verwickelte und aufwendige Anordnung von Speicherröhren erforderlich ist. Um für die Positionsübertragung nicht mehr als 5 bit zu benötigen, ist die Zeilenlänge in Teilstrecken von maximal  $2^5 = 32$  Bildpunkten unterteilt, wobei jeder Sprung von  $L$  die Abzählung der weiter zu durchlaufenden Ablaßeinheiten von Null aus neu einleitet. Rechnet man mit nur  $2^3 = 8$  differenzierten Stufen der Leuchtdichtesprünge, so ergeben sich, neben dem niederfrequenten Frequenzband, für die Übermittlung von Höhe und Ort sämtlicher innerhalb 1 s höchstens anfallenden Sprünge von  $L$  im Grenzfalle  $8 \cdot 9 \cdot 10^5 = 7,2 \cdot 10^6$  bit/s, deren Übertragung in einem Kanal von nur 3,6 MHz Breite möglich wäre. Mit PCM der bei 350 kHz abgeschnittenen niederen Frequenzen, die im binären Code für 128 Graustufen und in herkömmlicher Abtastung  $4 \cdot 10^6$  bit/s erfordern würden, käme man auf  $12 \cdot 10^6$  bit/s, entsprechend einem Kanal von 6 MHz Grenzfrequenz, statt 28 MHz bei Darstellung jedes einzelnen (in  $L$  quantisierten) Bildpunktes durch einen 7stelligen digitalen Impulszug.

Die nach dem Technicolor-System übertragenen, bisher veröffentlichten Fernsehbilder zeigen nur eine mässige Qualität, die den grossen Aufwand an Speicher- und Schaltmitteln wohl kaum rechtfertigt. Abgesehen davon, ist die Methode, ebenso wie die vorher beschriebenen, auf PCM über Leitungen bzw. Hertzsche Kabel zugeschnitten.

## 3. Physiologisch-psychologische Grundlagen des Fernsehens. Das Speicherbild

Im Gegensatz dazu wird in den folgenden Betrachtungen die Möglichkeit erheblicher Frequenzbandersparnis bei AM-

Sendung im drahtlosen Übertragungswege diskutiert und anstelle wahrscheinlichkeitstheoretischer Verdünnbarkeit des Bildabtastpektrums eine Art von physiologischer und psychologischer Redundanz eliminiert. Wir gehen dabei vom maximalen optischen Informationsfluss aus, den unser Gesichtssinn verarbeiten kann, müssen uns aber hier versagen, die Folge der zwischen Netzhauterregung im Auge und Bewusstsein der Bildnachricht verlaufenden Einzelvorgänge näher zu analysieren. Es genügt, die visuelle Perzeptionsdauer  $t \approx 0,1...0,2$  s, die Laufzeit der sinnlichen Wahrnehmung, unseren auf die Erfahrungen und Messwerte der Kinematographie gestützten Schlussfolgerungen zugrunde zu legen.

Der Bewegungseindruck im Filmbild ist ein psychologischer Kompensationseffekt: eine diskontinuierliche Reihe verschiedener Momentanlagen des Objekts lässt dieses dem Gesichtssinn als stetig bewegt erscheinen. Diese stroboskopische Verschmelzung hat zur Voraussetzung, dass dem Auge innerhalb der Zeit  $t$  mindestens 2 Momentanlagen dargeboten werden. Die Kinematographie arbeitet mit  $n' = 24$  Aufnahmen/s und folglich ist  $2 \text{ s}/24 \leq t$ . Besonders deutlich zeigt sich das Walten dieser Bedingung beim Mechau-Projektor mit gleichförmigem Filmtransport und Überblendungsbild. Bei diesem Gerät werden im Übergang zwei benachbarte Einzelbilder durchleuchtet, und zwar so, dass die Summe der beiden projizierenden Lichtströme  $\Phi_1 + \Phi_2$  konstant bleibt, also:

$$\frac{d\Phi_2}{dt} = - \frac{d\Phi_1}{dt}$$

Auf dem Bildschirm decken sich beide Einzelbilder. Bei  $16 > n' > 12$  liefert der Mechau-Projektor selbst im Falle von Bewegungen, die binnen  $t' < 1$  s die volle Bildbreite durchlaufen, gute Kontinuität des Verlagerungsvorganges. Dies allein schon würde im Fernsehen bei Verwendung eines Empfangsspeichers, dessen Verhalten der Wirkung einer Bildüberblendung nahekommt, eine Frequenzbandverengung im Verhältnis  $n'/25$  bedeuten. Während beim Mechau-Projektor der glatte Verschmelzungseffekt auf dem stetigen Hinüberwandern der maximalen Beleuchtung vom vorausgehenden zum nachfolgenden Einzelbild beruht, wird bei der Fernseh-Sichtspeicherröhre die Gesamtheit der während  $t' > t$  unverändert bleibenden Majorität aller Bildpunkte mit konstanter Leuchtdichte  $L$  erregt und dort, wo Änderungen von  $L$  übertragen werden, die Steuerung dieser Modulation auf- und abwärts in kontinuierlichem Übergang bewirkt. Ankling- und Abklingzeitkonstante des Leuchtschirmes sowie das Fehlen einer Dunkelzeit bei jedem Bildwechsel sind dabei massgebend für die weitgehende Ähnlichkeit der physiologischen Reaktion beim kinematographischen Überblendungsbild und beim Fernseh-Speicherbild.

Fig. 1, die der klassischen Untersuchung von *Ferry* und *Porter* [9] entnommen ist, erlaubt eine für das gespeicherte Fernsehempfangsbild bedeutsame Schlussfolgerung. Die Modulationsfrequenz von  $L$ , bei der das Flimmern in einen stetigen Lichteindruck übergeht, ist gegeben durch:

$$f_v = a \log L + b \quad \text{mit} \quad \left. \frac{a}{b} \right\} = f(\alpha/t_n)$$

Nun ist für alle Bildpunkte, deren Leuchtdichte sich während einer Zeit  $t' > t$  nicht ändert, das sog. «Sektorverhält-

nis  $\alpha/t_n = 1$ , und folglich verschwinden für diese Punkte  $a$  und  $b$ , wie es die gestrichelte Extrapolation der ausgezogenen Kurven in Fig. 1 andeutet. Eine ununterbrochen beleuchtete Fläche erscheint bei beliebigem  $L$  flimmerfrei. Im Fernseh-speicherbild ist die Gesamtheit der Flächenelemente

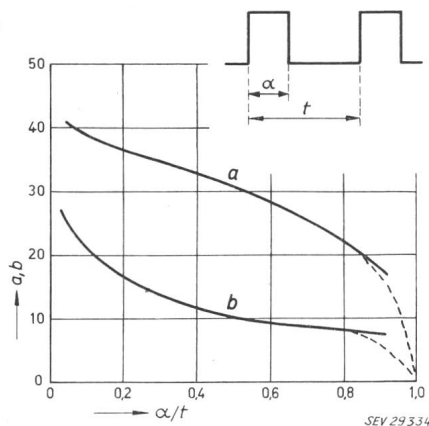


Fig. 1  
Gesetz von Ferry-Porter [9]  
Bezeichnungen siehe im Text

gleichzeitig optisch wirksam, die Verteilung ihrer Aufhellung wird durch ein gespeichertes, bildgetreu aufgebautes Potentialrelief gesteuert. Da nun während der Dauer einer Abtastperiode die überwiegende Mehrzahl der Bildpunkte unverändert weiterleuchtet, ist für sie  $f_v = 0$ . Daher, wie beim Mechau-Überblendungsbild, das stetige Leuchten des jeweils grössten Teiles der Schirmfläche.

Mit dieser Eigenschaft steht das Fernseh-Speicherbild in charakteristischem Gegensatz zum herkömmlichen Aufbauprinzip des Empfangsbildes, bei dem ein intensiver Lichtpunkt über den Leuchtschirm bewegt wird und  $\alpha/t_n$  für jedes Flächenelement einem sehr kleinen Wert nahe bei Null hat. Dem entspricht ein Maximum von  $f_v$  ganz nahe am linken Rande in Fig. 1, wogegen die Verhältnisse bei der beschriebenen Art von Fernseh-Empfangsspeicherung durch den Verlauf am rechten Rande der Figur ( $\alpha/t_n = 1$ ) bestimmt werden.

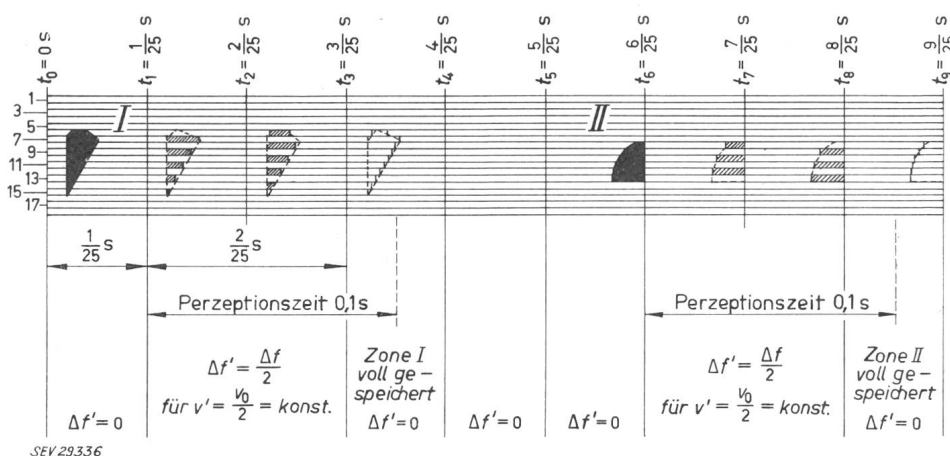


Fig. 3

#### Bandbreite beim Speicherempfang

$t_0 \dots t_9$  Anfangszeiten von 9 Einzelbildern;  $v, v'$  Zeilenabtastgeschwindigkeiten;  $\Delta f, \Delta f'$  Frequenzbandbreiten während der dargestellten 9 Zeitabschnitte

#### 4. Sichtspeicher- und Zwischenspeicher-Röhre

Fig. 2 zeigt das Aufbauschema einer Sichtspeicherröhre nach M. Knoll [10]. Der von einem Oszillographen-Strahlensystem 2 ausgehende, vom Videosignal modulierte und zwischen zwei Plattenpaaren wie üblich abgelenkte Schreibstrahl erzeugt auf der Isolatorschicht des Speichergitters

durch Auslösung von Sekundärelektronen das bildgetreue Potentialrelief. Die Sekundärelektronen fließen zum Kollektorgitter ab. Der Lesestrahlgeber 1 entsendet gegen das Speichergitter einen Kegel langsamer Elektronen von konstanter Dichte, der von den Maschen des Speichergitters

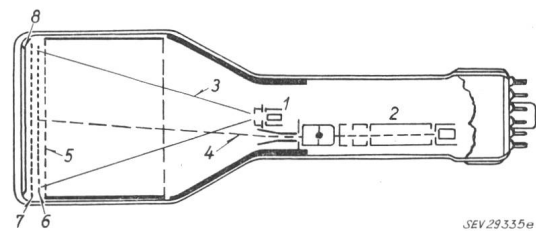


Fig. 2

#### Aufbauschema einer Sichtspeicher-Röhre nach Knoll

1 Lesestrahlgeber; 2 Schreibstrahlensystem; 3 Lesestrahl-Kegel; 4 Schreibstrahl; 5 Kollektor; 6 Speichergitter; 7 Beschleuniger; 8 Leuchtschirm

nach Massgabe des örtlichen Steuerpotentials durchgelassen wird. Im anschliessenden Raume werden die eingedrungenen Elektronen durch eine hohe Gleichspannung gebündelt und stark beschleunigt, so dass sie auf dem Bildschirm ein intensiv leuchtendes Punktmosaik hervorrufen. Auf diese Weise werden sämtliche Flächenelemente endlicher Helligkeit gleichzeitig und anhaltend erregt, so dass ein Sichtspeicherbild entsteht.

Ange-sichts vieler Millionen in Gebrauch befindlicher nicht speichernder Fernsehempfänger ist nun aber vorerst nicht daran zu denken, Form und Bandbreite des zugeführten Signals zu ändern. Um die Frequenzbandverengung trotzdem im Funkwege auszunutzen, wäre die Sichtspeicherröhre nach Fig. 2 zu modifizieren: Das vom Schreibstrahl erzeugte Potentialrelief steuert den Eintritt der Leseelektronen in einen Farnsworth-Zerleger [11]. Hier wird das ganze Bündel mit normaler Zeilen- und Bildfrequenz über einer Sondenöffnung abgelenkt und der momentan durchgelassene Strom mittels Sekundäremission an Dynoden verstärkt. So entsteht wieder das normengerechte Fernseh-

signal, das von den vorhandenen Empfangsgeräten verarbeitet werden kann. Man verteilt es in Häuserblocks von einer Speicherzentrale aus, wo eine derartige Röhre als Wandler fungiert, über besondere HF-Leitungen.

#### 5. Andere Ausnützung der Perzeptionsdauer

Auf die Perzeptionsdauer  $t = 0,1 \dots 0,2$  s lässt sich bei Voraussetzung eines Überblendungsspeichers eine weitere Möglichkeit zur Bandverengung begründen: Es werden unter Beibehaltung der Zeilensprungübertragung die Zeilen- und die Bildfrequenz des genormten Fernsehbildes halbiert. Das

bedeutet 25 Halbbilder/s und entspricht den 24 Kinobildern/s, abgesehen von der halbierten Auflösung. Fig. 3 zeigt, was dann geschieht. Die Zeilen sind hier nummeriert. Jede Einzelaufnahme wird mit halber Zeilenzahl wiedergegeben, die eine durch die ungeradzahigen, die nächste durch die geradzahigen Zeilen. Der ruhende Anteil bleibt im Überblendungsspeicher scharf stehen. In Fig. 3 stellen die dunklen Felder I und II Änderungen der Bildinformation dar, die zu den angegebenen Zeiten eintreten. Sie sind jeweils nach  $2/25$  s voll im Empfangsspeicher registriert. Dies ist durch die umrandeten Felder im 4. und im 9. Einzelbild angedeutet. Die Zeitintervalle, während deren das halbierte Frequenzband im Äther auftritt, sind bei jedem der beiden Umsteuervorgänge angeschrieben; in der übrigen Zeit ist  $\Delta f = 0$ . Da  $t > 2/25$  s, wird die Unschärfe während der stattfindenden Umgruppierung der Leuchtdichtewerte im Speicher nicht wahrgenommen. Notwendig ist nur, dass vor Ablauf von  $t$  die volle Auflösung wiederhergestellt wird.

Bezeichnen wir die wirksame Breite des Abtaststrahls der Bildgeberröhre mit  $d$ , die konstante halbierte Abtastgeschwindigkeit mit  $v' = v_0/2$ , so ist das Übertragungsfrequenzband nach oben begrenzt durch:

$$f' = \frac{v'}{2d} = \frac{v_0}{4d}$$

Informationstheoretisch ist aber dieses Verfahren noch stark redundant, weil auch die momentan unveränderlichen Flächenelemente immer wieder, mit der Frequenz  $12,5 \text{ s}^{-1}$ , neu gesendet werden, obwohl sie im Empfangsspeicher bereits registriert sind.

Um mehr als die bloße Halbierung des Bandes zu erreichen, werde nun  $f'$  durch ein phasenreines Filter bei  $f'/2$  abgeschnitten. Damit steigt nach der bekannten Beziehung:

$$\tau_s \approx \frac{1}{2f'/2} = \frac{1}{f'}$$

die Einschwingzeit  $\tau_s$  einer Dunkelkante auf das Doppelte, und die Schärfe derselben im Empfangsbild fällt auf den Halbwert. Diesen Verlust können wir nach Fig. 4 durch

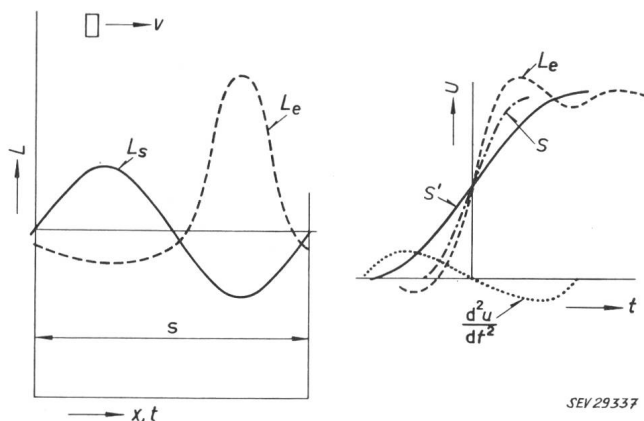


Fig. 4  
Wirkung der  $v$ -Modulation

$L$  Leuchtdichte im Empfangsbild;  $L_s$  Steuerfunktion der  $v$ -Modulation;  $L_e$  Resultierender  $L$ -Übergang;  $x, t$  Zeilen-, Zeitkoordinate;  $U$  Empfangssignalspannung;  $S$  Einschwingvorgang bei  $f'$ ;  $S'$  Einschwingvorgang bei  $f'/2$

$$\varphi = 2\pi \frac{vt}{s}$$

$$L_e(x) = \frac{C}{1 + m \sin \varphi} \approx C(1 - m \sin \varphi + m^2 \sin^2 \varphi \dots)$$

künstliche Versteilerung des gespeicherten Sprungsignals

kompensieren. Unter den verschiedenen Methoden der differentiellen Entzerrung eignet sich hierzu eine geringe zusätzliche Modulation  $\Delta v$  der Ablenkgeschwindigkeit in der im Speicher geschriebenen Zeile. Man bildet den 2. Differentialquotienten der Zeitfunktion  $U \cdot \varphi(t)$  des Videosignals und steuert mit dieser Grösse phasenrichtig das  $\pm \Delta v$ . Da die vom Schreibstrahl auf dem Speichernetz örtlich aufgebaute Ladungsdichte mit  $1/v$  geht, ergibt sich eine bedeutende Versteilerung des Potentialgradienten am Orte der Dunkelkante, demnach eine Übergangsschärfe der Leuchtdichte  $L$ , die den Effekt der Bandbescheidung sogar überkompensieren kann (Kurve  $L_e$  in Fig. 4). In der Figur sind die Anstiegsflanken der Steuerspannung idealisiert dargestellt; der tatsächliche, durch den Integralsinus bestimmte Einschwingverlauf ändert jedoch an der Wirksamkeit der Methode nichts. Das Überspringen von  $L$ , die «Plastik», lässt sich durch Gegenkopplung auf die Strahlstromstärke vermeiden.

Wir dürfen diese Operation an der Zeilenablenkung aber nur dort ausführen, wo im Sendespektrum der Bereich zwischen  $f'$  und  $f'/2$  mit Übertragungsleistung besetzt, d. h. ein schroffer Helligkeitssprung im Bilde wirklich vorhanden war. Der Empfänger muss daher ein Kriterium dafür besitzen, ob das Sendespektrum vor der Filterung Frequenzen oberhalb  $f'/2$  enthalten hatte oder nicht. Nur im ersten Falle darf er mit Kantenverschärfung reagieren. Fig. 5 zeigt eine

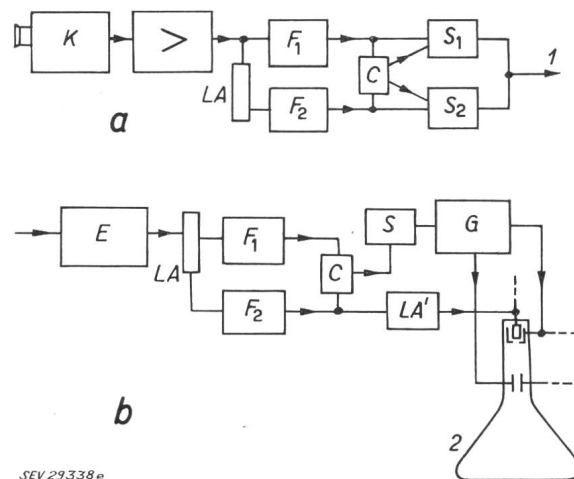


Fig. 5

#### Schema eines Fernseh-Bandbegrenzers

$a$  Geberteil;  $b$  Empfängerteil;  $K$  Fernsehkamera;  $LA$  Laufzeitketten (Ausgleich);  $LA'$  Laufzeitausgleich für  $v$ -Modulation;  $F_1, F_2$  Tiefpässe;  $S, S_1, S_2$  elektronische Schalter;  $C$  Leistungsvergleich;  $G$  Generator für Hilfsablenkung ( $v$ -Modulation) und Gegenkopplung auf den Elektronenstrahl;  $1$  zum Modulator;  $2$  Bildröhre

Lösung dafür. Schicken wir nach Fig. 5a das Signal der Sendekamera unter Laufzeitausgleich ( $LA$ ) über zwei parallelgeschaltete Tiefpässe  $F_1, F_2$  mit genügend verschiedener oberer Durchlassgrenze  $f'/2$  bzw.  $(f'/2 - \Delta f'/2)$  und Dämpfungscharakteristik im Bereich der höchsten Frequenzen, so wird ein auf den gemeinsamen Eingang wirkender Spannungssprung

$$\frac{U_0}{2} + \frac{U_0}{\pi} \int_0^\infty \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega$$

an beiden Ausgängen eine Spannungsdifferenz  $\Delta U$  hervorbringen, die aus der vorstehenden Gleichung durch Band-



begrenzung abgeleitet werden kann. Der Einfachheit halber sei  $U_0 = 1$  und der Übertragungsfaktor im ganzen Durchlassgebiet von  $F1$ ,  $F2$  ebenfalls gleich 1 angenommen. Die abgegliche Laufzeit sei  $t_0$ . Wir nähern die Grenzfrequenzen der Filter den Effektivwerten an:

$$\frac{f'}{2} = 1 \text{ MHz} \quad \text{und} \quad \frac{f'}{2} - \frac{\Delta f'}{2} = 0,7 \text{ MHz}$$

und erhalten aus der Einschwingbedingung:

$$\Delta U = \frac{1}{\pi} \left( \text{Si } \pi f' (t - t_0) - \text{Si } \pi (f' - \Delta f') \cdot (t - t_0) \right)$$

Mit  $t_0 = 0,5 \mu\text{s}$  finden wir z. B. für einen Zeitpunkt  $t_1 = 0,75 \mu\text{s}$ ,  $f' = 2 \cdot 10^6 \text{ Hz}$ ,  $f' - \Delta f' = 1,4 \cdot 10^6 \text{ Hz}$  einen Spannungsunterschied an den Ausgängen beider Tiefpässe von  $\Delta U = 0,11$ . Für  $t_2 = 1 \mu\text{s}$  ergäbe sich unter gleichen Bedingungen  $\Delta U = 0,052$ . Derartige Amplitudendifferenzen reichen auch in Ansehung der Rauschleistung aus, um nach Fig. 5a mittels des Komparators  $C$  und der elektronischen Umschalter  $S_1$ ,  $S_2$  das Videosignal bei Vorhandensein hoher Frequenzen (Dunkelkanten, Konturen) über  $F1$  mit 1 MHz Grenzfrequenz und bei Abwesenheit derartiger Frequenzen über  $F2$  mit 0,7 MHz Grenzfrequenz zum Sendermodulator zu leiten.

Gemäss Fig. 5b enthält der Empfänger den gleichen Frequenzdiskriminator mit Laufzeitausgleich wie der Sender. Die mittleren und tiefen Frequenzen steuern die Bildröhre bzw. die Zwischenspeicherröhre unmittelbar in gewohnter Weise. Überwiegt jedoch die Amplitude am Ausgang von  $F1$ , so wird die weiter oben beschriebene Versteilerung hinzugeschaltet (Hilfsablenkung und Gegenkopplung). Bei Gleichheit der Ausgangsspannungen beider Tiefpässe läuft das Videosignal nur über  $F2$ , und die Versteilerung unterbleibt, weil unnötig und unerwünscht.

In derartigen Zweiwegschaltungen müssen die Laufzeiten sämtlicher Elemente abgeglichen werden, um beim Umschalten störende Phasenfehler im übertragenen Bilde zu vermeiden. Die Werte von  $\Delta U$ , und damit die Umschaltssicherheit, nehmen zu, wenn man die Durchlässigkeit in  $F1$  nahe der oberen Frequenzgrenze passend anhebt. Berechnungen der günstigsten  $\omega$ -Charakteristik für bestimmte Zeitfunktionen der Helligkeitsverteilung im Sendebild sind in Durchführung begriffen. Ihr Zweck ist, die Grösse  $\Delta U$  nicht nur für die Kanalschaltung  $F1 - F2$ , sondern zusätzlich auch für eine variable Steuerung der Hilfsablenkung nach Fig. 4 zu benützen. Je steiler im Original  $dL/dx$  bzw.  $dU/dt$  verläuft, desto mehr Übertragungsleistung tritt am Ausgang der Kamera bei den höchsten Frequenzen des ursprünglichen Videospektrums, also zwischen 1 MHz und 2 MHz, auf. Es liegt daher nahe,  $\Delta U$  durch die mit  $\omega$  wachsende Anhebung dieses Bereichs einen genügenden Spielraum zur Amplitudenregelung der überlagerten Hilfsablenkung im Empfänger zu geben, um so die abgetasteten  $dL/dx$ -Werte des Sendebildes quantitativ, bis zu der vollen,  $v_0 = \text{konst.}$  entsprechenden Schärfe zu reproduzieren.

Dieses Verfahren begegnet zugleich dem Einwand, dass nicht alle im Gebiet zwischen 0,7 MHz und 1 MHz vorkommenden Übergänge von scharfen Dunkelkanten herühren und deshalb die Gefahr der Überbetonung derartiger Sprünge von  $L$  besteht, wenn unabhängig von der Amplitude des Spannungsunterschiedes  $\Delta U$  stets nur auf verdop-

pelte Steilheit des Einschwingvorganges im Empfangsspeicher geschaltet wird.

## 6. Umschaltung der Abtastgeschwindigkeit

Abschliessend sei auf eine dritte Möglichkeit zur Ausnutzung der visuellen Perzeptionsdauer  $t$  hingewiesen. Die vorstehend beschriebene Methode zur Reduktion der Frequenzbandbreite im Verhältnis 4 : 1 mittels Halbierung der Abtastgeschwindigkeit, Begrenzung des Sendespektrums auf die Hälfte ( $f'/2$ ) und Regeneration des abgeschnittenen Anteils im Empfänger kann mit Differenzbildübertragung kombiniert und dadurch eine noch weiter gehende Bandersparnis erreicht werden. Angenommen  $t = 0,1 \text{ s} > 0,08 \text{ s} = 2/25 \text{ s}$ , ferner  $\varrho = 400000$  Bildpunkte, von denen während der Zeit  $t$  die Hälfte = 200000 ihre  $L$ -Werte ändern mögen. Gäbe es ein Mittel, nur diese der Modulation unterliegenden Punkte in 0,1 s zu übertragen, so wäre das dafür notwendige Frequenzband bestimmt durch die obere Grenze bei:

$$f = \frac{1}{2} \cdot \frac{\varrho}{2} \cdot \frac{1}{t} = \frac{4 \cdot 10^5}{4 \cdot 10^{-1}} \text{ s}^{-1} = 10^6 \text{ Hz}$$

Das normal zerlegte und übertragene Fernsehbild würde statt dessen ein  $f > 4 \cdot 10^6 \text{ Hz}$  für gleiche Auflösung erfordern.

Das vom Verfasser vorgeschlagene Verfahren der Geschwindigkeitsumschaltung [12] bei der Zeilenablenkung, wofür die Beziehung gilt:

$$v_1 > v_0 > v_2 \quad (v_0 \text{ derzeitige Norm})$$

bedeutet eine erste Annäherung an dieses Ziel. Jedes Einzelbild wird über einen Speicher mit seinem Vorgänger Punkt für Punkt verglichen und bei Feststellung einer Leuchtdichtedifferenz, die einen Schwellwert der Kontrastempfindung überschreitet, von der schnellen Abtastung ( $v_1$ ) auf die langsame ( $v_2$ ) umgeschaltet. Nur die im  $v_2$ -Zustande auftretenden  $L$ -Werte (nicht deren Differenzen!) werden vom Sender übermittelt; dieser bleibt untätig, solange  $v_1$  besteht. Im Empfänger schaltet das eintreffende Videosignal synchron mit dem Geber von  $v_1$  auf  $v_2$  um und zurück zu  $v_1$ , sobald kein Zeichen mehr ankommt. Eine graphische Untersuchung dieser Vorgänge beweist, dass die Geschwindigkeitsumschaltung keine geometrische Verzerrung im übertragenen Bildfeld hervorruft [12].

Wieder setzen wir nun folgendes voraus:

1. Empfang mittels Überblendungsspeicher (bei Fernsehrundfunk als Zwischenspeicher zur Norm-Rückwandlung, wie weiter oben dargelegt).
2. Halbierung der genormten Abtastgeschwindigkeit  $v_0$ , so dass jetzt gilt:

$$v_1 > \frac{v_0}{2} > v_2$$

3. Zeilensprung, einfach. Die Frequenz der vollständigen Zeilenrastra,  $n = 25 \text{ s}^{-1}$ , ist demnach auf  $n' = 12,5 \text{ s}^{-1}$  herabgesetzt. Dann wird die resultierende Höchstfrequenz im Videosignal:

$$f'' = \frac{v_2}{2d} < \frac{v_0}{4d}$$

wo  $d$  die wirksame Weite des Abtastquerschnitts in Zeilenrichtung bedeutet. Aus der anderen Ortes [12] mitgeteilten Gleichung ergibt sich das Verhältnis  $\sigma$  der erzielbaren Band-

breite  $\Delta f''$  zur Bandbreite  $\Delta f$  der Sendung nach der CCIR-Norm wie folgt:

$$\sigma = \frac{\Delta f''}{\Delta f} \cdot \frac{n'}{n} \cdot \frac{100 - p(1 - v_1/v_2)}{100 v_1/v_2},$$

wenn  $p$  der Prozentsatz der in 1/12,5 s von Änderungen der Leuchtdichte befallenen Bildpunkte ist. Es sei z. B.  $p = 40\% = 160000$  Bildpunkte, und wir wählen  $v_1 = 6 v_2$ . Dann wird:

$$\sigma = \frac{1}{2} \cdot \frac{100 - 40(1 - 6)}{600} = \frac{1}{4}$$

mit  $v_2 = v_0/4$  und  $v_1 = 3 v_0/2$ . Für kleinere  $p$  findet man noch weit günstigere Werte von  $\sigma$ .

Das so erhaltene Differenzbildsignal kann nun über die Tiefpass-Diskriminatorschaltung nach Fig. 5 gesendet und in seiner Bandbreite nochmals verschmälert werden. Dabei wird empfängerseits selbstverständlich die Versteilungsmethode nach Fig. 4 angewandt. Ob man auf diesem Wege bis zur Halbierung von  $f''$ , d. h. Bandverengung auf 1/8, gehen kann, muss die Praxis lehren. Die Reduktion auf 1/5 der CCIR-Bandbreite würde vermutlich durchführbar sein, ohne dass die Merkmale der Bildgüte sichtbar beeinträchtigt wären.

## 7. Schlussbemerkungen

Gemeinsame Grundlage der vorstehend besprochenen Entwicklungsmöglichkeiten sind:

1. Die nicht mehr zu bezweifelnde Realisierbarkeit eines Fernseh-Empfangsspeichers mit folgenden Eigenschaften:
  - a) Auflösung in 400000 Bildpunkte;
  - b) Zeitliche Beständigkeit des gespeicherten Potentialreliefs;
  - c) Genügende Umsteuerungsgeschwindigkeit für die gespeicherten Potentiale. Notwendig sind  $4 \cdot 10^6$  Bildpunkte/s;
  - d) Kleiner Rauschabstand;
  - e) Guter Kontrastumfang bei richtigem Gamma.
2. Die hohe Punktredundanz des derzeitigen Fernsehbildes.
3. Die Erkenntnis, dass der Überblendungsspeicher bei beliebigen Leuchtdichten flimmerfrei arbeitet und die Ausnutzung der Perzeptionsdauer visueller Eindrücke,  $t = 0,1 \dots 0,2$  s, ermöglicht.
4. Die diesbezüglichen, auf das Fernsehbild übertragbaren Erfahrungen beim Mechau-Projektor mit optischem Ausgleich.

Es muss aber zugegeben werden, dass physiologische Messwerte sich schwer verallgemeinern lassen. Jedoch hat gerade die Erfahrung mit dem Mechau-Projektor gezeigt, dass  $t$  keinesfalls  $< 0,06$  s sein kann. Die vorstehenden Schlussfolgerungen hinsichtlich der zu erzielenden Frequenzbandverengung im Verhältnis 4 : 1 bis 5 : 1 behalten ihre Gültigkeit, solange  $t \geq 0,08$  s bleibt. Bei Annahme von  $t = 0,06$  s müssten die gefundenen Faktoren für die Bandbreitereduktion auf 3/4 ihres Betrages gekürzt werden.

## Literatur

- [1] *Brit. Pat. Group XL 341811, Convention Date April, 25: Television. British Thomson-Houston Co. Ltd.; (Assignees of R. D. Kell).*
- [2] *Kretzmer, E. R.: Statistics of Television Signals. Bell Syst. techn. J. Bd. 31(1952), Nr. 4, S. 751...763.*
- [3] *Cherry, C. E. und G. G. Gouriet: Some Possibilities for the Compression of Television Signals by Recording. Proc. IEE Bd. 100 (1953), Part. 3, Nr. 63, S. 9...18.*
- [4] *Oliver, B. M.: Efficient Coding. Bell Syst. techn. J. Bd. 31(1952), Nr. 4, S. 724...750.*
- [5] *Powers, K. H. und H. Staras: Some Relations between Television Picture Redundancy and Bandwidth Requirements. Trans. AIEE Bd. 76(1957), Part. 1, Commun. & Electronics Nr. 32, S. 492...496.*
- [6] *Harrison, C. W.: Experiments with Linear Prediction in Television. Bell Syst. techn. J. Bd. 31(1952), Nr. 4, S. 764...783.*
- [7] *Graham, R. E.: Communication Theory Applied to Television Coding. Acta Electronica Bd. 2(1957/58), Nr. 1/2, S. 333...343.*
- [8] *Schreiber, W. F., C. F. Knapp und N. D. Kay: 84th Soc. Motion Picture and Television Engrs.-Convention. Detroit, Michigan, Oct. 1958.*
- [9] *Ferry, E. S.: Persistence of Vision. Amer. J. Sci. 3. Ser., Bd. 44 (1892), Nr. 261, S. 192...207.*  
*Porter, T. C.: Contribution to the Study of Flicker. Paper II. Proc. Roy. Soc., London Bd. 70(1902), Nr. 463, S. 313...329.*
- [10] *Knoll, M., P. Rudnick und H. Hook: Viewing Storage Tube with Halftone Display. RCA Rev. Bd. 14(1953), Nr. 4, S. 492...501.*
- [11] *Larson, C. C. und B. C. Gardner: The Image Dissector. Electronics Bd. 12(1939), Nr. 10, S. 24...27; S. 50.*  
*Hartmann, W.: Hausmitt. Fernseh GmbH. Bd. 1(1939), S. 130 bis 134.*
- [12] *Schröter, F.: Bildspeicherprobleme. Bull. SEV Bd. 40(1949), Nr. 17, S. 564...566.*  
*Schröter, F.: Speicherempfang und Differenzbild im Fernsehen. AEÜ Bd. 7(1953), Nr. 2, S. 63...70.*

Adresse des Autors:

Prof. Dr. F. Schröter, Am Illerkanal 24, Neu-Ulm (Deutschland).

# Die Verknüpfungsaufgabe in einem aus dünnen Magnetschichten bestehenden Schaltkreissystem

Von H. Oguey, Adliswil

538.24 : 539.16.225

## 1. Einleitung

Die Bauelemente, aus denen sich Rechenmaschinen zusammensetzen, sollen Verstärkereigenschaft, Nichtlinearität und möglicherweise zwei stabile Zustände besitzen. Die Nachfrage nach immer leistungsfähigeren und schnelleren Rechenautomaten fordert die Entwicklung von möglichst raschen, einfachen und billigen Elementen. Weitere Gesichtspunkte sind kleiner Leistungsbedarf, lange Lebensdauer und Betriebssicherheit der einzelnen Elemente.

Im folgenden soll ein Schaltkreissystem aus dünnen, magnetischen Schichten vorgeschlagen werden, das die oben aufgestellten Forderungen weitgehend erfüllt.

## 2. Eigenschaften dünner Magnetschichten

Die hier betrachteten Schichten entstehen durch Niederschlag ferromagnetischen Materials, vorzugsweise Permalloy (der Zusammensetzung 80% Ni, 20% Fe) auf einer dünnen Glasplatte. Die Schichtdicke liegt üblicherweise zwischen