

Tripal

Ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale

Von Dr.-Ing. Ernst F. Schröder

Prolog

Im Mai 1970 habe ich meinen beruflichen Werdegang als Entwicklungsingenieur in Hannover bei Telefunken in der Abteilung Grundlagenentwicklung begonnen. Dort gehörte es unter anderem zu meinen Aufgaben, die Präsentationen über Farbfernsehtechnik mit zu betreuen. Diese "PAL-Demonstrationen" wurden von Professor Walter Bruch, dem Leiter der Grundlagenentwicklung, regelmäßig für diverse Besuchergruppen durchgeführt.

In dem von Telefunken gemieteten Gebäude in Hannover in der Vahrenwalder Straße gab es einen großen "Vorführraum" mit Fernseh-Monitoren und weiterer technischer Ausrüstung, sowie einigen Stuhlreihen. Seitlich befanden sich mehrere Tische, auf denen einige Schwarzweiß-Videorecorder standen. Es waren die damals handelsüblichen Geräte mit 1/2-Zoll breiten Magnetbändern, offenen Spulen und Schrägspuraufzeichnung mit FM-Modulation. Soweit ich mich erinnern kann, handelte es sich um Geräte von JVC, Panasonic, Philips und Sony.

Diese Geräte waren schon einige Zeit vor meinem Erscheinen von den Ingenieuren des Grundlagenlabors so präpariert worden, dass mit ihnen Farbfernsehsignale aufgenommen und wiedergegeben werden konnten. Gegen Ende einer Demonstration der Vorzüge von PAL wurden typischerweise auch diese Videorecorder und die von ihnen abspielbaren Farbsignale gezeigt. Die voraufgezeichneten Sequenzen bestanden üblicherweise - wie auch bei den PAL-Demonstrationen - aus dem Standard-Farbbalkensignal, einigen Test-Dias und schließlich einem oder mehreren Kurzfilmen. Besonders in Erinnerung geblieben ist mir ein Film mit dem Titel "Paletten der Mode", der wohl ganz offensichtlich mit besonders intensiven Farbeffekten produziert worden war.

Bei der Vorbereitung einer geplanten Vorführung vor Gästen wurden immer alle Geräte aufwändig getestet und eingestellt. Davon habe ich auch heute noch immer die hohe Qualität der Farb-Videowiedergabe von diesen doch einfachen Videorecordern in Erinnerung. Besonders fiel mir aber immer auf, dass bei einem oder zweien dieser Geräte die Farbwiedergabe des Balkentestsignals leicht abwich. Insbesondere der vertikale Grün-Balken war irgendwie dunkler und nicht so brillant wie bei den anderen Geräten, dafür aber war offenbar weniger Rauschen im Bild zu sehen.

Natürlich habe ich meinen damaligen Mentor und Kollegen Hans-Jürgen Kluth dazu befragt. Als Antwort bekam ich zu hören, dass bei fast allen Geräten das Farbsignal mit dem sogenannten "colour-under" Verfahren aufgezeichnet war, bei diesen auffälligen aber mit dem "Tripal" Verfahren.

Das sagte mir zunächst gar nichts, aber ich setzte mich hin und versuchte die technischen Details zu dieser Antwort herauszubekommen.

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale

Für "colour-under" war dies eher einfach. Das Original PAL-Farbfernsehsignal mit einer Signalbandbreite von etwa 5 MHz konnte wegen der nur etwa 3 MHz betragenden nutzbaren Bandbreite der Videorecorder nicht ohne völligen Verlust der Farbinformation aufgezeichnet werden. Daher wurde das Farbsignal aus dem FBAS-Signal, also das Frequenzgebiet um den Farbhilfsträger (4,43 MHz) herum, zunächst abgetrennt und dann durch Mischen in eine tiefere Frequenzlage (ca. 0,5...1,5 MHz) gebracht. Dieses Signal wurde dann zusätzlich und im Spektrum unterhalb (daher "colour-under") des als FM-Signal aufgezeichneten Schwarzweiß-Signals auf dem Video-Band aufgezeichnet. Die konstante Trägerfrequenz für den Mischer wurde durch Synchronisierung als bestimmte Vielfache der Zeilenfrequenz erzeugt. Bei der Wiedergabe geht es anders herum. Dabei gibt es keine besonderen Geheimnisse zu verstehen. Die späteren VHS-Videorecorder haben ebenfalls nach diesem Prinzip gearbeitet.

Bei "Tripal" ist das schon anders ... Dessen Geschichte geht zurück bis mindestens 1960.

Vorgeschichte

Am 28.01.1960 meldet die Telefunken Patentverwertungsgesellschaft beim Deutschen Patentamt eine Erfindung von Walter Bruch an, die später unter DE1126443 [1] erteilt wird:

Ein Videosignal mit einer an sich für eine Bandaufzeichnung zu hohen Bandbreite wird in zwei schmalere Frequenzbereiche aufgeteilt, die nach entsprechender Frequenztransposition sequenziell, also im zeilenweisen Zeitmultiplex aufgezeichnet werden. Bei der Wiedergabe steht dann in jeder Zeile nur ein Signal mit der halben Frequenzbandbreite zur Verfügung, die jeweils zeitlich fehlenden Signalteile werden durch Verzögerungseinrichtungen (Kabel, Ultraschall) mit 1-zeilenweiser Verzögerung bereitgestellt.

Wenig später, am 07.03.1960, wird von Sony in Japan eine Erfindung angemeldet, die später unter GB952487 [2] auch in England erteilt wird. Hier wird ein Farbsignal aufgezeichnet, indem das Luminanz-Signal Y und ein Chrominanz-Signal aus I und Q zeilenweise abwechselnd aufgezeichnet werden. Bei der Wiedergabe wird ebenfalls eine 1-zeilenweise Verzögerung eingesetzt um ein kontinuierliches Signal wiederzugewinnen.

Am 3. Januar 1963 stellte Walter Bruch das im Dezember 1962 für Telefunken zum Patent angemeldete PAL-Farbfernsehverfahren vor Experten der EBU vor. In der Folge wurde dieses Verfahren in vielen Ländern zum Standard für die drahtlose Übertragung von Farb-Fernsehsignalen. Kennzeichnend und hier wichtig ist unter anderem, dass zur Realisierung der Empfangsschaltungen eine Verzögerungseinrichtung notwendig ist, die eine Signalverzögerung um genau eine Zeile des Fernsehbildes gestattet. Realisiert wird diese mit Hilfe einer Ultraschalleitung aus Glas.

Offenbar hat Walter Bruch nach seinem Erfolg mit PAL auch weiter an einer Lösung für die Farbsignalaufzeichnung auf einfachen Videorecordern gearbeitet. Nun standen ja Verzögerungseinrichtungen für genau eine Fernsehzeile zur Verfügung. Am 09.04.1966 schließlich meldet Telefunken eine Erfindung von Walter Bruch an, die unter DE1256686 [3] erteilt wird. Diese Erfindung kann man als das Ur-Tripal bezeichnen und sie stützt sich auf zwei dieser Verzögerungseinrichtungen.

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale

In Bild 1 ist gezeigt, wie die von einer Farbkamera oder einem Bildabtaster kommenden separaten Farbsignale R, G und B sequenziell mit der auf dem (Schwarzweiß-) Recorder (7) verfügbaren Bandbreite aufgezeichnet werden. Bei der Wiedergabe steht in jeder Zeile eines der drei Farbsignale direkt mit dieser Bandbreite zur Verfügung (8). Die jeweils beiden anderen Farbsignale (11, 12) werden durch zwei zeilenweise Verzögerungsglieder (9, 10) mit im Prinzip geringerer Bandbreite und drei Multiplexschalter (13, 14, 15) bereitgestellt.

Es war dem Erfinder offenbar klar, dass mit den dargestellten Schritten das grundsätzliche Problem der Farbsignalaufzeichnung auf einfachen Videorecordern noch nicht zufriedenstellend gelöst ist. In verschiedenen Unteransprüchen werden hierzu Ansätze sichtbar.

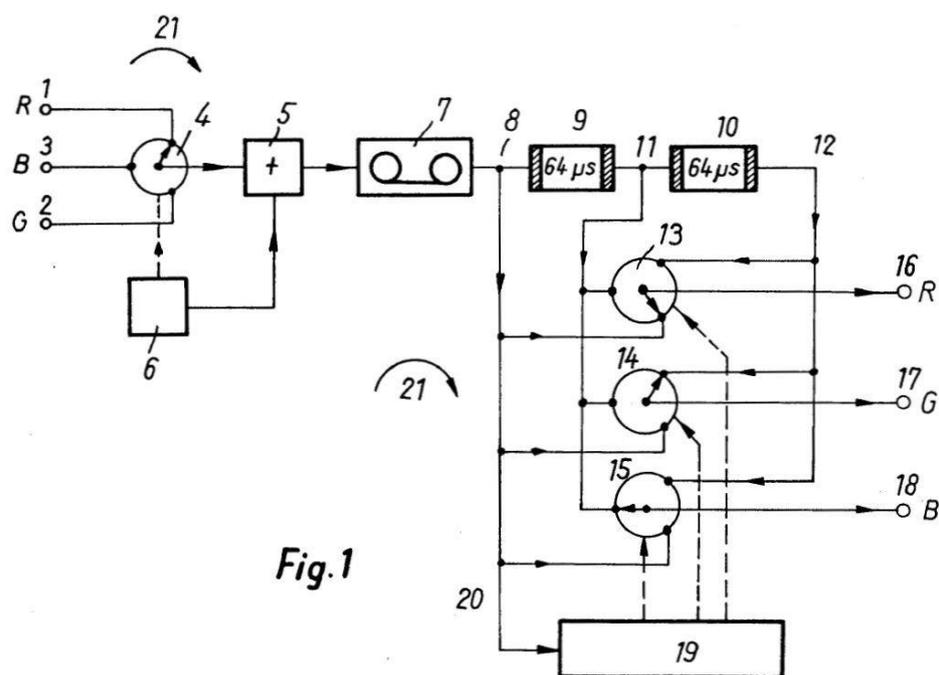


Fig.1

Bild 1: Signalverarbeitung beim Ur-Tripal, Fig. 1 aus DE1256686 [3]

Ein Aufbau dieser Idee ist sicherlich damals in Hardware erstellt und getestet worden. Dia- und Filmabtaster mit RGB-Ausgang sowie Monitore mit RGB-Eingang standen im Labor zur Verfügung. Und die Ultraschall-Verzögerungsleitung war inzwischen ein Standard-Bauelement in Fernsehempfängern nach dem PAL-System.

Um die zu erwartende Qualität dieses Verfahrens abschätzen zu können, wurde eine Software-Simulation durchgeführt. Ein geeignetes Farb-Testbild wurde nach den Vorgaben in Bild 1 tri-sequenziell codiert, auf etwa 3 MHz Bandbreite des Aufzeichnungsgerätes (7) begrenzt, und dann entsprechend Bild 1 decodiert. Dabei wurde für die beiden Verzögerungsleitungen (9, 10) eine Bandbreite von 500 kHz angenommen. Das Ergebnis zeigt Bild 2 in einem vergrößerten Ausschnitt.

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale



Bild 2: Ausschnitt aus dem Ergebnis einer Simulation entsprechend Bild 1

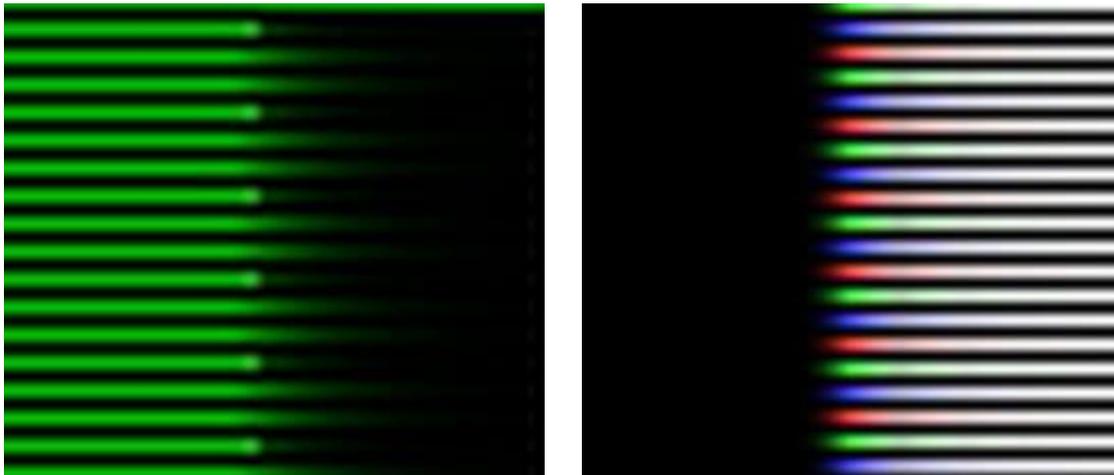
Es sind deutlich zwei Probleme zu erkennen:

1. An horizontal verlaufenden Übergängen entstehen komplexe farbige, in vertikaler Richtung ausgedehnte Konturen. Beispielsweise entstehen die drei roten bzw. blauen Linien im rechten Bildteil dadurch, dass in der Bildvorlage nur eine einzige weiße horizontale Linie vorkommt. In der Zusammenwirkung der sequenziellen Farbübertragung, der zweifachen Verzögerung (9 und 10 in Bild 1) im Decoder, sowie der generellen vertikalen Bildabtastung im Zeilensprungverfahren entstehen daraus jeweils drei horizontale farbige Linien mit jeweils einer Linie Abstand. Ähnlich ist es beim vertikalen Übergang von schwarz nach weiß in der Mitte oben. Es entsteht eine Abfolge von Zeilen mit den Farben schwarz, grün, rot, cyan, gelb und weiß. Hier wird infolge der komplexen vertikalen Abtastung eindeutig das Abtasttheorem verletzt und eigentlich müsste eine aufwändige vertikale Filterung vorgeschaltet werden. Die ist aber zu der damaligen Zeit in keiner Weise realisierbar gewesen.

2. An vertikalen Kanten, sowohl bei schwarz/weißen als auch bei farbigen Übergängen, entstehen sogenannte "Mausezähne". Diese folgen daraus, dass das direkte Signal (8 in Fig. 1) eine Bandbreite von 3 MHz und damit eine hohe Flankensteilheit aufweist, während die beiden verzögerten Signale (11 und 12 in Fig. 1) nur eine Bandbreite von 500 kHz und damit einen deutlich flacheren Verlauf aufweisen. Werden diese Signale miteinander kombiniert, dann entstehen Fehler infolge der unterschiedlichen Flankensteilheiten.

Dieser Effekt ist im folgenden Bild 3 verdeutlicht. Es sind hier sind nur die Signale eines Halbbildes dargestellt. Dazwischen befinden sich die schwarzen Zeilen des hier nicht dargestellten anderen Halbbildes.

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale



**Bild 3: vergrößerter Ausschnitt aus dem Ergebnis einer Simulation
entsprechend Bild 1, nur Signale eines Halbbilds dargestellt
links: Übergang Grün > Schwarz
rechts: Übergang Schwarz > Weiß**

In der linken Vergrößerung ist deutlich zu sehen, dass bei einem Signalsprung von Grün nach Schwarz in jeweils einer Zeile eine hohe Flankensteilheit auftritt (direktes Signal 8 in Bild 1), gefolgt von zwei Zeilen mit geringerer Flankensteilheit (Signale 11 und 12) infolge der stärkeren Frequenzbandbegrenzung.

Rechts ist bei einem Übergang von schwarz auf weiß deutlich zu sehen, wie zunächst ein steiflankiges direktes Signal erscheint, wodurch die Zeile kurzzeitig und im Wechsel eine der Grundfarben R, G oder B annimmt. Etwas später kommen dann die beiden stärker bandbegrenzten Signale hinzu, wodurch die Zeile dann die korrekte weiße Farbe annimmt.

Insgesamt ist demnach die Bildqualität des Verfahrens nach Bild 1 unbefriedigend, insbesondere bei Testbildern mit sich von Zeile zu Zeile stark ändernden Strukturen.

Bei realen, von einem Flying-Spot Dia- oder Filmabtaster gelieferten Fernsehbildern treten die Probleme an horizontalen Übergängen aber nicht unbedingt so deutlich hervor, weil der Abtastfleck eine endliche Ausdehnung hat und evtl. sogar ellipsenförmig eingestellt wird, damit in vertikaler Richtung eine gewisse Verschmierung oder Tiefpasswirkung erzielt wird.

Darüber hinaus waren sowohl die horizontale als auch die vertikale Auflösung auf den damaligen Bildschirmen mit Lochmaskenröhre deutlich geringer als auf den hier zur Wiedergabe der Simulationen verwendeten Computer-LCD-Bildschirmen.

Aber vielleicht ging es ja auch damals schon besser?

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale

Erste Verbesserung: mixed highs

Nur ein halbes Jahr später, am 14.10.1966, wird von Telefunken eine Erfindung angemeldet, die tatsächlich eine wesentliche Verbesserung darstellt:

Walter Bruch beschreibt in der DE1261876 [4] die Grundzüge der sogenannten "**mixed highs**": Grundlage ist die schon bei der Entwicklung der NTSC- und PAL-Farbfernsehverfahren verwendete Erkenntnis, dass das menschliche Auge Farbsignale gegenüber Leuchtdichtesignalen nur mit geringerer Auflösung verarbeitet. Für die Verarbeitung der Farbsignale ist eine Bandbreite von 600 kHz oder auch weniger ausreichend. Bruch schreibt dazu: "Die Erfindung besteht darin, dass eine Signalkombination aufgezeichnet wird, die zeilenweise abwechselnd nur die tiefen Frequenzen der Farbsignale und in jeder Zeile ein die hohen Frequenzen enthaltendes Leuchtdichtesignal enthält."

Diese Idee der "mixed highs" geht offenbar auf Arbeiten zur Entwicklung des "elektronischen" und mit Schwarz-Weiß Empfängern "kompatiblen" Farbfernsehens zurück, die in den 40er und 50er Jahren bei der RCA in Princeton/NJ durchgeführt wurden und schließlich zur Einführung des NTSC Farbfernsehverfahrens führten.

Alda Bedford beschreibt in seinem am 07.12.1946 eingereichten US-Patent 2,554,693 [5] genau diese Aufteilung in tief- und hochfrequente Signalanteile. Allerdings verwendet er eine simultane Übertragung in parallelen Kanälen, nicht die hier von Bruch beschriebene sequenzielle Übertragung. Sicherlich hat Bruch bei der Konzipierung seines PAL-Verfahrens das verwandte, ältere NTSC-Verfahren genau studiert und ist dabei vermutlich auch auf die Idee der "mixed highs" gestoßen.

Die Anwendung der "mixed highs" auf der Encoderseite einer zeilensequenziellen Farbübertragung ist in Bild 4 gezeigt. In diesem Beispiel wird nicht mit den drei Farbsignalen R, G und B begonnen, sondern mit einer, z.B. bei PAL üblichen, Farbsignaldarstellung mit Y, R-Y und B-Y (Leuchtdichtesignal und zwei Farbdifferenzsignale). Diese Signale lassen sich aber in eindeutiger Weise aus den drei Farbsignalen R, G und B gewinnen. Die Farbdifferenzsignale R-Y und B-Y werden dann durch je einen Tiefpass (1, 2) bandbegrenzt. Aus diesen Signalen werden dann in einer Matrix (3) drei Signale (4, 5, 6) gebildet, die aus tiefpassbegrenzten R, G und B-Anteilen und hochpassbegrenzten Y-Anteilen bestehen. Diese Signale werden dann mit Hilfe des Schalters (10) sequenziell auf dem Video-Bandgerät (13) aufgezeichnet.

Der Inhalt der Matrix (3) ist im Patent nicht näher beschrieben, kann aber leicht abgeleitet werden.

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale

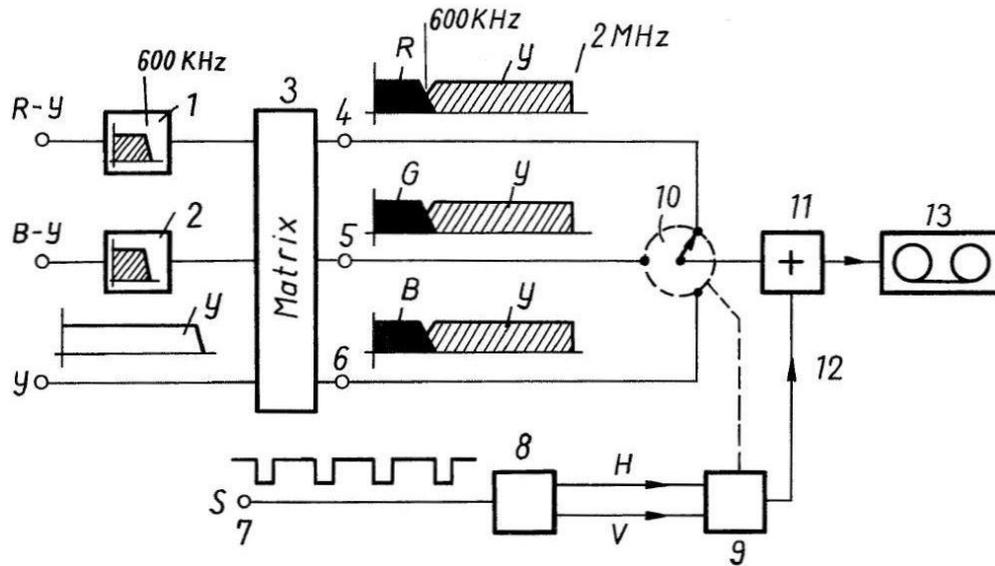


Fig. 1

Bild 4: Tripal mixed high Encoder, Fig. 1 aus DE1261876 [4]

Bei der in Bild 5 dargestellten Decoderseite werden in jeder Zeile in einer Weiche (12) die jeweiligen tiefrequenten Farbsignale C_L (entweder R_L , G_L oder B_L) und das hochfrequente Leuchtdichtesignal Y_H voneinander getrennt, die Farbsignale mit Hilfe von zwei Verzögerungsschaltungen (16, 17) zeitgleich bereitgestellt, und schließlich so kombiniert, dass in jeder Zeile alle drei Farbsignale (abwechselnd direkt C_L , einmal verzögert C_{L-1} , zweimal verzögert C_{L-2}) zusammen mit dem jeweiligen Leuchtdichtesignal Y_H vorhanden sind.

Wegen der sequenziellen Aufzeichnung wechseln aber die tatsächlichen Farbsignale am Ausgang 14 und an den Addierern (20, 21) mit jeder Zeile. Dies kann, wie schon in Bild 1 gezeigt, mit Hilfe dreier zeilenweise rotierender Schalter (23, 24, 25) korrigiert werden.

Danach stehen dann drei kombinierte Farb-Helligkeitssignale ($R_L + Y_H$, $G_L + Y_H$ und $B_L + Y_H$) zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung.

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale

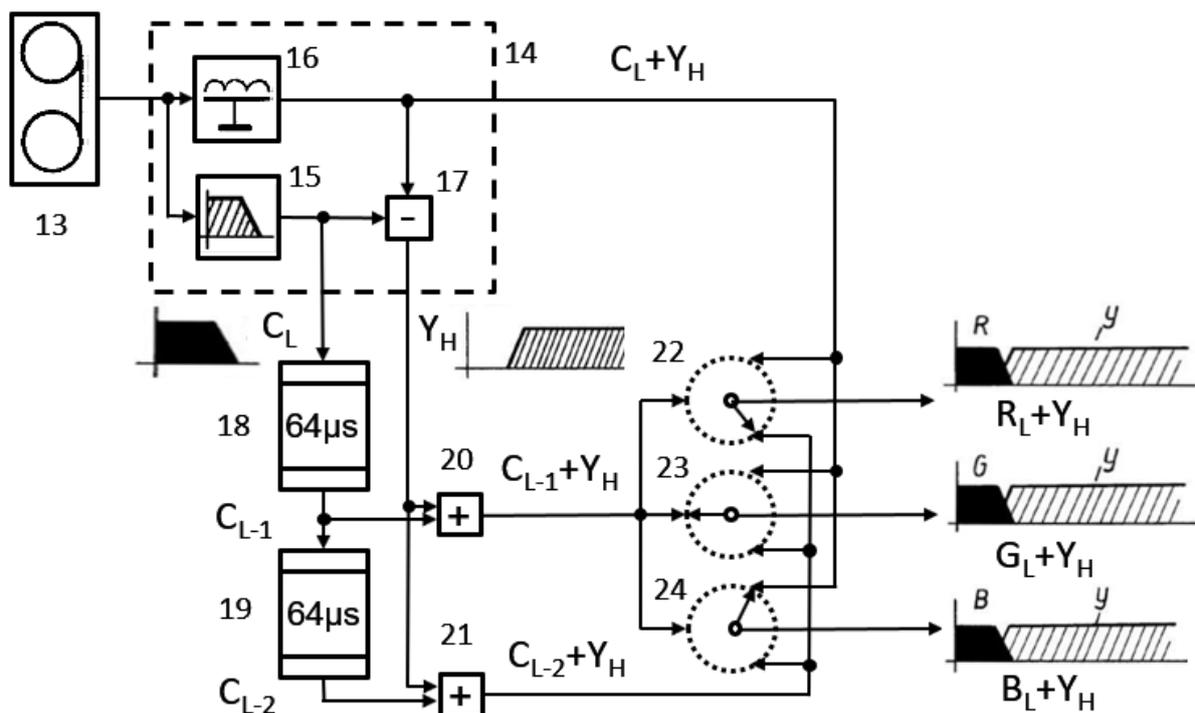


Bild 5: TriPal mixed highs Decoder entsprechend DE1261876 [4]

Im Dezember 1966 veröffentlicht Bruch schließlich den inzwischen erreichten Stand in der Fachzeitschrift *radio-mentor-electronic* [6], hier noch unter der Bezeichnung "Trisec" für "triple-sequenziell". Die Veröffentlichung gründet offenbar auf einer Präsentation des Verfahrens auf der 14. Jahrestagung der Fernseh-Technischen Gesellschaft FTG in Heidelberg.

Zur Aufzeichnung wurde dabei einer der ersten, für Heimanwendung gedachten Videorecorder verwendet, ein Philips EL3400A von ca. 1964 mit 1 Zoll breitem Magnetband. Dieses Gerät enthielt noch eine große Zahl Elektronenröhren für die Signalverarbeitung.

Bruch schreibt in [6] zum Ergebnis, dass zwar gewisse Kantenstrukturen sichtbar sind, dass aber alle Farbwerte korrekt wiedergegeben werden.

Zur Abschätzung der zu erwartenden Qualität wurde dieses System nach DE1261876 ebenfalls simuliert. Das entsprechende Ergebnis ist in Bild 6 zu sehen.

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale

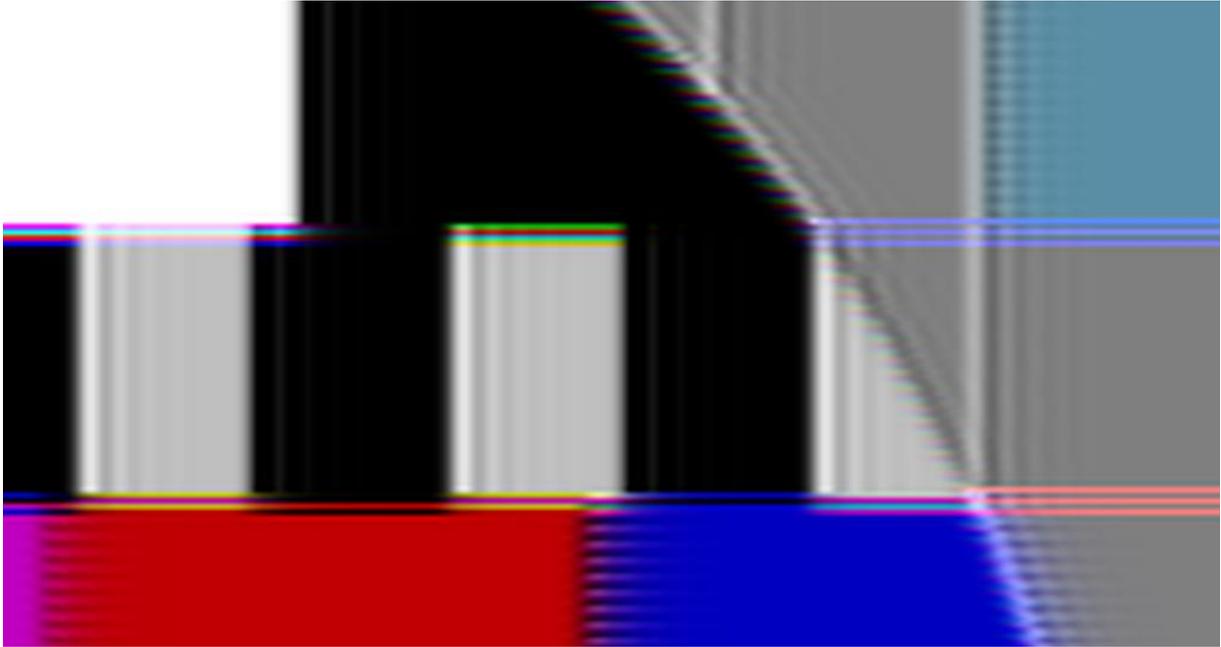


Bild 6: Ausschnitt aus dem Ergebnis einer Simulation mit "mixed highs" entsprechend den Bildern 4 und 5

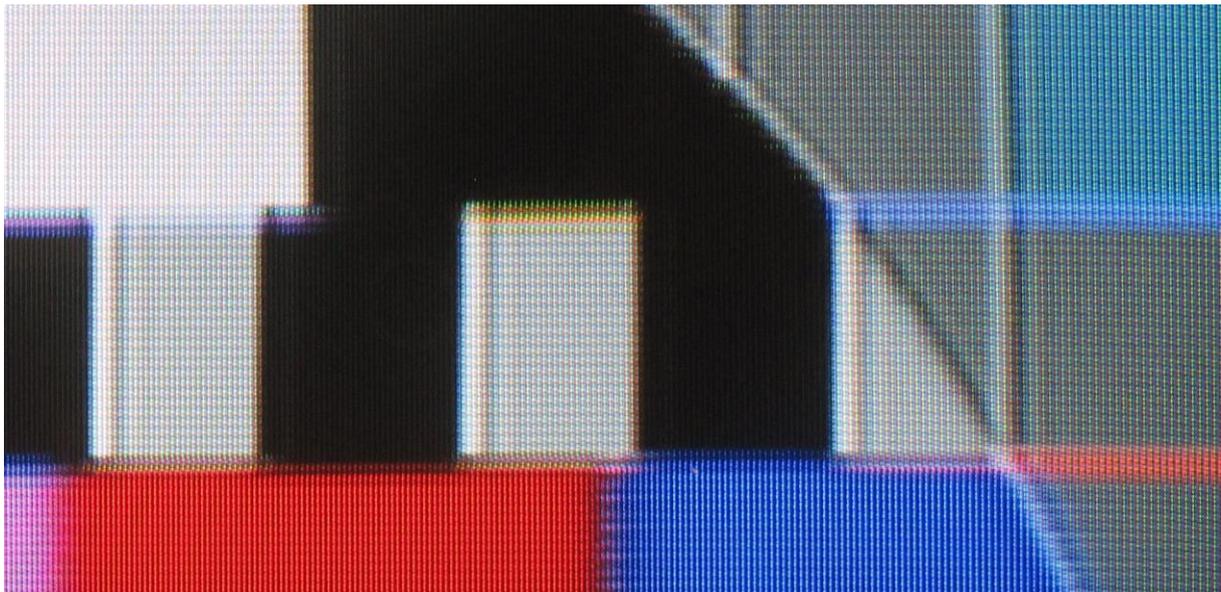


Bild 7: Simulationsergebnis wie in Bild 6, ab fotografiert von einem Bildschirm mit Lochmaskenröhre

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale

Wenn man die Bilder 2 und 6 miteinander vergleicht, dann sieht man, dass immer noch sehr viele Probleme vorhanden sind, aber die Übergänge an vertikalen schwarz-weiß Strukturen haben jetzt keine farbigen Säume mehr. Dies ist ein direktes Ergebnis aus der Anwendung der "mixed highs".

Bild 6 zeigt die Wiedergabe der Simulation auf einem modernen LCD-Bildschirm. Tatsächlich waren damals aber nur Fernsehgeräte oder Monitore mit Lochmaskenröhre verfügbar, die eine deutlich geringere vertikale und horizontale Auflösung aufwiesen. In Bild 7 ist daher die gleiche Simulation auf dem Schirm einer Lochmaskenröhre gezeigt. Im Vergleich zu Bild 6 ist deutlich zu sehen, dass die Mehrfachstrukturen in vertikaler Richtung viel weniger auffallen.

Damit kehrte bei dem Farbübertragungsverfahren Trisec erst einmal Ruhe ein.

Weitere Verbesserungen: Werner Scholz

Offenbar ruhte die Arbeit aber nicht völlig. Knapp drei Jahre später, am 11.07.1969, wird eine Erfindung beim Patentamt angemeldet, die Dipl.-Ing. Werner Scholz als Erfinder benennt. Scholz war zu dieser Zeit Mitarbeiter in der von Walter Bruch geleiteten Telefunken Grundlagenentwicklung. Seine Erfindung wird später unter DE1935212 [7] erteilt.

Scholz stellte sich die Aufgabe, auf möglichst einfache Weise aus den Ausgangssignalen des verfügbaren "Trisec" Decoders ein normkonformes und damit gut weiter verarbeitbares FBAS-Signal im PAL-Farbfernsehstandard zu erzeugen.

Diese Aufgabe löste er, indem er nicht nur, wie schon bekannt, den Signaltransport durch die Verzögerungsleitungen, sondern die gesamte Farbsignalverarbeitung trägerfrequent und mit dem Norm-Farbhilfsträger für PAL mit 4,43 MHz durchführte.

Dabei müssen die beiden in Quadratur stehenden, trägerfrequenten PAL-Farbsignale F_U und F_V gebildet werden. Sie entstehen normalerweise aus den B-Y und R-Y Farbdifferenzsignalen, aber im tieffrequenten Frequenzbereich von B und R existiert im bisherigen Trisec Decoder (Bild 5) kein Y-Signal. Der gleiche tieffrequente Y-Signalanteil Y_L fehlt auch im bisher nur hochfrequenten Y_H -Signal.

Die Lösung liegt nach Scholz darin, aus den hinter den rotierenden Schaltern vorliegenden Farbsignalen R_L , G_L und B_L den tieffrequenten Anteil Y_L des Helligkeitssignals mit Hilfe einer Y-Matrix (25) bereitzustellen. Dieser kann direkt in (27, 28) zur Bildung der bandbegrenzten Farbdifferenzsignale $R_L - Y_L$ sowie $B_L - Y_L$, sowie in (26) zur Bildung des Helligkeitssignals $Y = Y_H + Y_T$ verwendet werden. Damit liegen die Signale vor, die zur Bildung eines normgerechten PAL-FBAS-Signals benötigt werden.

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale

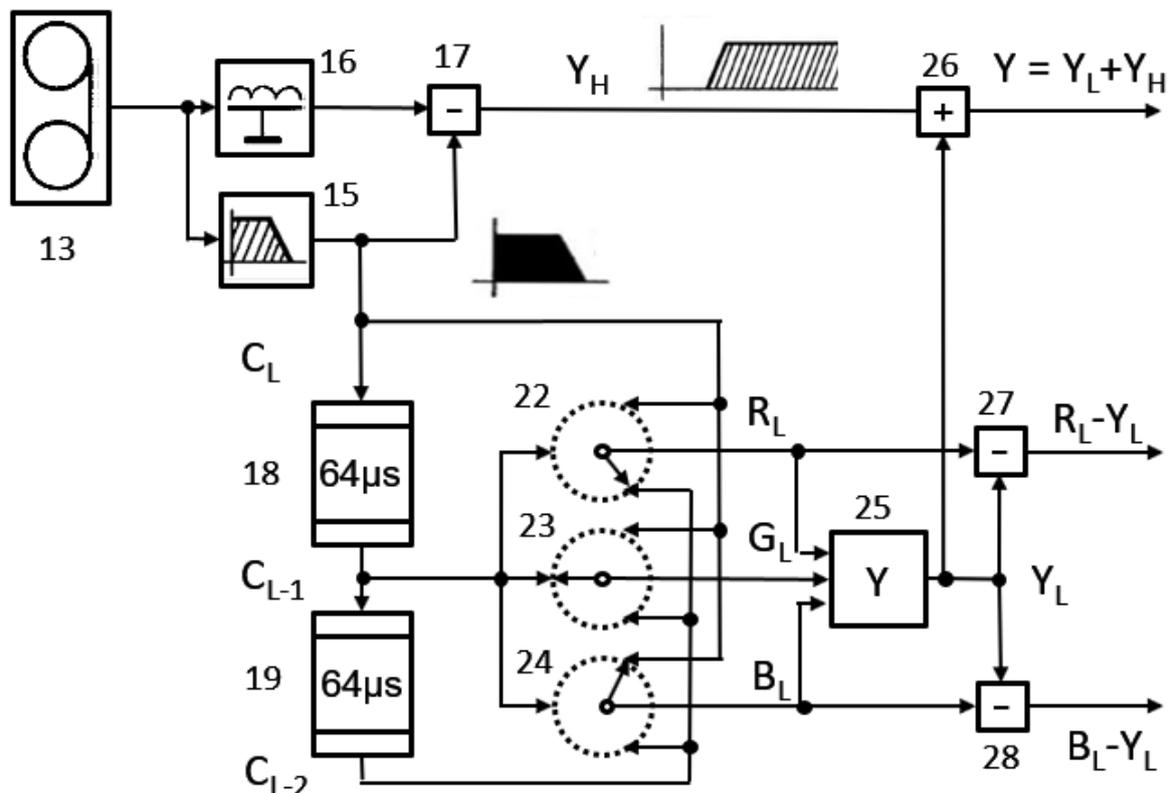


Bild 8: Trisec mixed highs Decoder für PAL-FBAS entsprechend DE1935212 [7] (ohne Darstellung der trägerfrequenten Verarbeitung, umgezeichnet zum einfacheren Vergleich mit Bild 5)

Werner Scholz verrät uns in der Patentschrift leider nicht, wie genau die Signale in der Matrix (25) addiert werden. Er spricht nur von dem "notwendigen Amplitudenverhältnis". Mit ziemlicher Sicherheit meint er aber die übliche Matrizierung des Leuchtdichtesignals aus den einzelnen RGB Farbsignalen nach CCIR Rec. 601 mit:

$$Y = 0,299 R + 0,587 G + 0,114 B \quad (1)$$

Vorteilhaft scheint es bei dieser Ausführung eines Trisec Decoders nach Bild 8 zu sein, dass, im Gegensatz zu der Ausführung nach Bild 5, über die Anordnung der rotierenden Schalter nur tieffrequente Signalanteile (Index L) übertragen werden.

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale

Nur sieben Tage später, am 18.07.1969, wird eine weitere Erfindung von Walter Bruch angemeldet [8] (DE1936594). Kennzeichnend ist, dass das tieffrequente Leuchtdichtesignal Y_L auf offenbar deutlich einfachere Weise gewonnen werden kann. Die beteiligten Signale werden direkt an den Verzögerungsleitungen abgegriffen und müssen keinen der rotierenden Schalter durchlaufen. Außerdem wird dadurch die Zahl der Schalter von 3 auf 2 reduziert.

Als Konsequenz daraus wird aber in der neuen Matrix (29 in Bild 9) nicht das eigentlich korrekte Signal Y_L , sondern ein Signal M_L gebildet mit:

$$M_L = 0,33 R_L + 0,33 G_L + 0,33 B_L \quad (2)$$

Weil am Ausgang der Verzögerungsleitungen nicht festliegt, ob ein R, G, oder B Signal anliegt, muss es eigentlich korrekter heißen:

$$M_L = 0,33 C_L + 0,33 C_{L-1} + 0,33 C_{L-2} \quad (3)$$

Diese Matrizierung nach (3) wird als "**M-Matrizierung**" bezeichnet. Eben diese Matrizierung wird auch von Alda Bedford im schon erwähnten US-Patent 2,554,693 [5] beschrieben. Dort löst sich auch das Rätsel, was denn das "M" bedeutet: es ist schlicht das **Mixed Signal** in den Mixed Highs.

Bruch benennt als Vorteil, dass durch die M-Matrizierung eine Mittelung des Leuchtdichtesignals in vertikaler Richtung stattfindet, was zu einer ruhigeren Bildwiedergabe führt, insbesondere an horizontalen oder leicht schrägen Kanten.

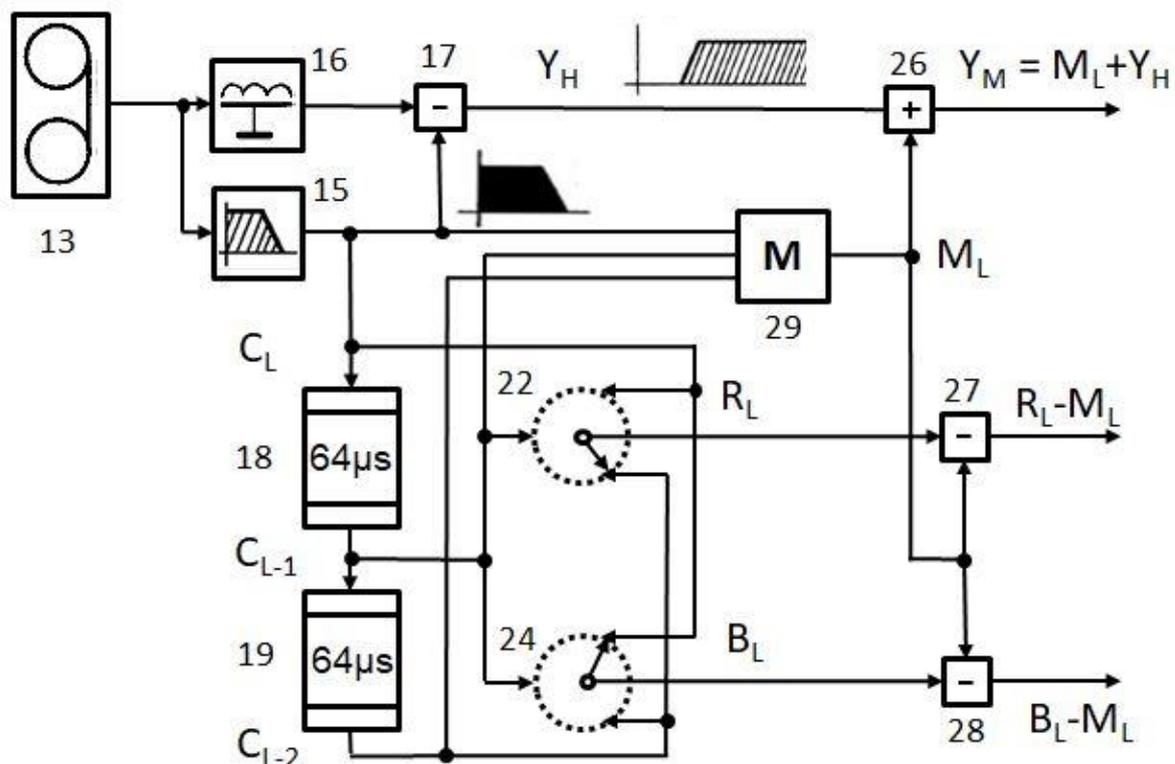


Bild 9: Trisec mixed highs Decoder mit M-Matrizierung entsprechend DE1936594 [8]

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale

Es ist aber offenbar sehr schnell klar geworden, dass die M-Matrizierung in (29) zwar für die tiefrequenten Anteile des Leuchtdichtesignals funktioniert und dort zu einer vorteilhaften Veränderung der Bildwiedergabe führt. Verwendet man aber dieses Signal zur Bildung der Farbdifferenzsignale $U = B_L - M_L$ und $V = R_L - M_L$ in (27) und (28), dann erhält man deutliche Fehler in der Farbwiedergabe.

Schon einen Monat später folgt daher eine Ergänzung, resp. Korrektur: am 28.08.1969 wird für den Erfinder Walter Bruch die spätere DE1943672 als Zusatz zur DE1936594 angemeldet.

Die Lösung sieht man im folgenden Bild 10:

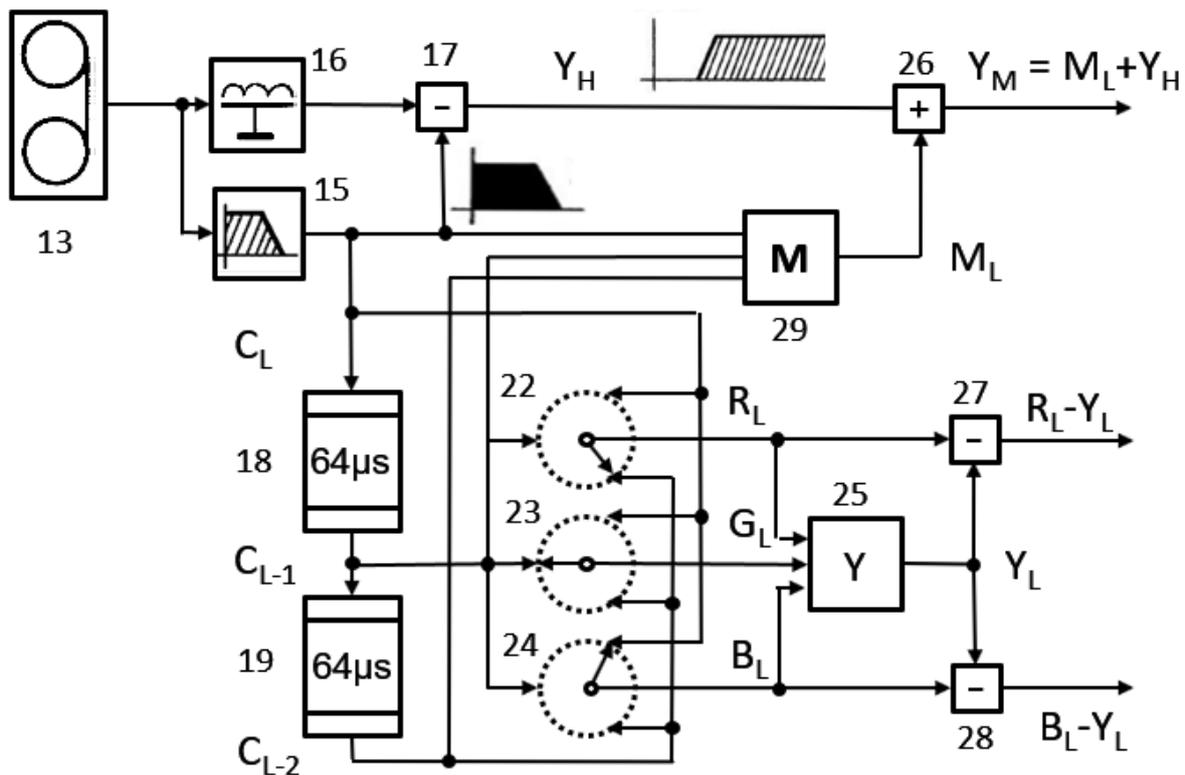


Bild 10: Trisec mixed highs Decoder mit M- und Y-Matrizierung entsprechend DE1943672 [9]

Die M-Matrizierung in (29) bleibt für das Helligkeitssignal bestehen, aber zur Bildung der beiden Farbdifferenzsignale wird die schon bekannte Y-Matrizierung (25) aus Bild 8 wieder eingefügt. Und der so hoffnungsvoll eingesparte dritte rotierende Schalter kommt auch wieder zurück.

Die eigentlich nicht korrekte M-Matrizierung nach Formel (3) in der Matrix (29) führt dazu, dass in einem Balkentestsignal der grüne Balken dunkler als normal erscheint, denn er trägt nur mit 0,33 statt mit 0,587 zum Leuchtdichtesignal Y bei.

In Bild 11 sind die auf diese Weise entstehenden Veränderungen der Helligkeit im Vergleich zu einem korrekten Farbbalken-Testsignal dargestellt.

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale

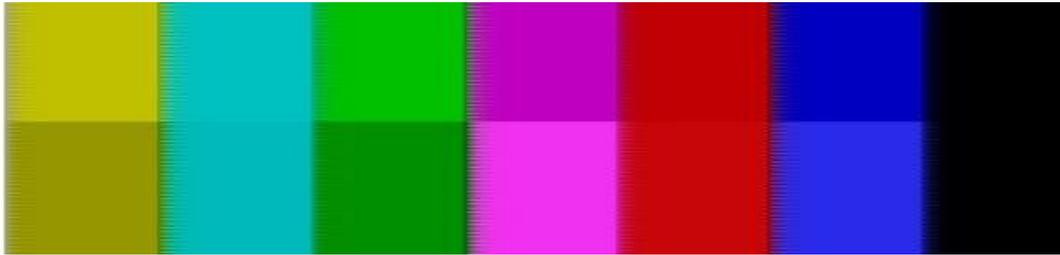


Bild 11: Helligkeitsveränderungen bei unterschiedlicher Matrizierung

oben: korrekte Farb- und Helligkeitswerte

unten: MY-Trisec. Der gelbe und der grüne Balken sind zu dunkel, der magentafarbene und der blaue Balken sind zu hell

Bruch sagt im Text der DE1936594: "Dadurch werden unerwünschte, durch die trizeilensequentielle Übertragung an sich auftretende Farbfehler an etwa waagerechten Kanten verringert".

Kann man diese Aussage verifizieren?

Hierzu wurde ein Bild mit nicht besonders hohem Farbkontrast und mit horizontalen Strukturen nach dem Trisec-mixed-highs Verfahren codiert und einmal entsprechend Bild 8 sowie einmal entsprechend Bild 10 decodiert. Vom Ergebnis sind vergrößerte Ausschnitte nebeneinander in Bild 12 gezeigt.

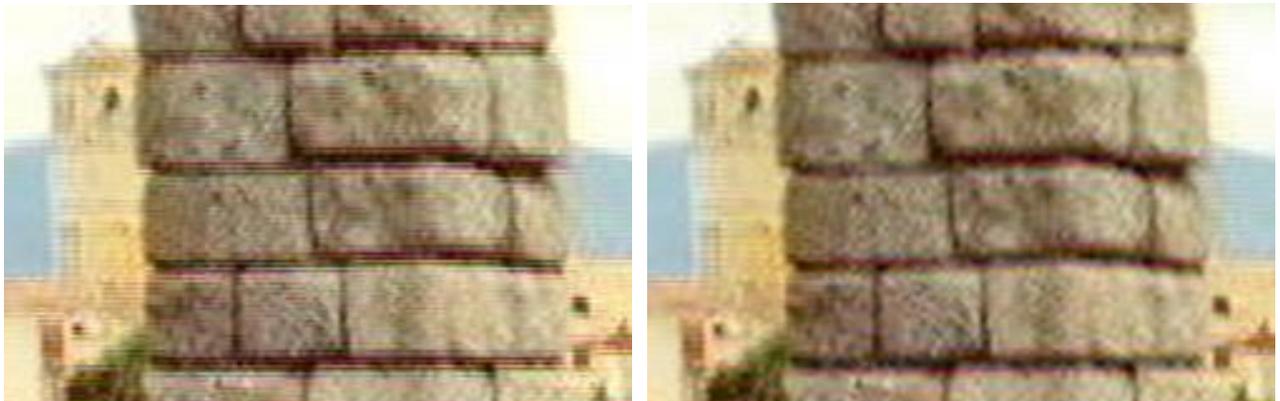


Bild 12: vergrößerte Ausschnitte einer Decodierung nach Bild 8 bzw. Bild 10

links: Decodierung nach Trisec mixed highs (Bild 8)

rechts: Decodierung zusätzlich mit MY Matrizierung (Bild 10)

Es ist zu erkennen, dass die farbigen horizontalen Strukturen an den Mauerfugen tatsächlich etwas weniger sichtbar sind. Allerdings bleiben doch noch einige Farbsäume deutlich erkennbar.

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale

Weiter geht es zunächst mit kleinen Problembereinigungen oder auch nur Versuchen dazu:

Am 31.10.1969 wird für Werner Scholz die DE1954876 [10] eingereicht, die aber nicht zur Erteilung kommt.

Der Inhalt bezieht sich darauf, dass in einem FBAS-Farbfernsehsignal ja nicht nur Luminanz- und Chrominanzanteile, sondern auch Synchronsignale stecken. Werden diese auf die bisher vorgestellten Decodierschaltungen gegeben, so erhält man Ungenauigkeiten und Verschmierungen infolge der Mittelung über drei Zeilen. Scholz schlägt vor, die Mittelung insbesondere während der vertikalen Austastlücke, also während der Übertragung der Synchronsignale abzuschalten.

Auf der 18. Jahrestagung der Fernseh-Technischen Gesellschaft (FTG) in Mainz in 1970 trägt Walter Bruch vor über "Experimente mit Farbaufzeichnungen auf einfache Magnetbandgeräte". Eine Zusammenfassung ist abgedruckt in radio-mentor-electronic [11].

Bruch bezieht sich hier auf die Veröffentlichung in 1966 [5] und bezeichnet jetzt das damals vorgestellte und "inzwischen schrittweise perfektionierte" Verfahren als "Tripal". Die Umbenennung von Trisec in Tripal muss also in der Zwischenzeit erfolgt sein. Im Detail wird in [11] das in Bild 10 gezeigte Verfahren gemäß DE1943672 [9] vorgestellt und wegen der zwei unterschiedlichen Matrizierungen als "MY-Tripal" bezeichnet.

Bruch erwähnt dann auch, dass man an dem "colour-under" Verfahren mit guten Ergebnissen weitergearbeitet hat. Er kommt sogar zu diesem Schluss: "Man muss also für Heim-Video-Aufzeichnung nicht unbedingt umcodieren, man kann bei PAL bleiben".

Diese Erkenntnis hatte sich zu der Zeit auch schon bei anderen Entwicklern von farbfähigen Videorecordern durchgesetzt. Sony stellte sein U-Matic System bereits 1969 vor und brachte es 1971 auf den Markt. Philips und Grundig entwickelten das heimgtaugliche VCR-System, das 1972 auf dem Markt war.

Damit schien Tripal zunächst einmal erledigt zu sein. Nun aber ergibt sich eine andere, interessante Entwicklung.

Die TED Bildplatte

Im Frühjahr 1970 präsentierte eine Entwicklergruppe vor Managern der AEG-Telefunken, Decca und Teldec ihre Entwicklung einer mechanisch abgetasteten und wie bei der Schallplatte durch Pressen zu vervielfältigenden "Bildplatte". Nach PAL brauchte AEG-Telefunken dringend einen weiteren Hit, mit dem Lizenznahmen verbucht werden konnten. Begeistert griffen die Manager zu.

Bereits am 24.06.1970 wurde das Bildplatten-System in Berlin auf einer Pressekonferenz der Öffentlichkeit vorgestellt, noch in einer sehr einfachen Version, insbesondere ohne Farbe. Aber schon im Spätsommer 1971 wird eine farbfähige Version mit fünf Minuten Spieldauer auf der IFA Funkausstellung in Berlin präsentiert.

Schließlich berichtet Walter Bruch am 11.10.1972 auf der FTG Jahrestagung in Braunschweig über die speziell entwickelte Variante Tripal-D (das D steht vermutlich für Disc).

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale

Die serienreife Version der Telefunken-Teledac TED Bildplatte mit Farbe in Tripal-D und 10 Minuten Spieldauer wird schließlich am 31.10.1972 auf dem Technischen Presse Kolloquium TPC der AEG-Telefunken in Frankfurt vorgestellt.

Auf der folgenden IFA im Spätsommer 1973 in Berlin ist das System eigentlich bereit zur Markteinführung. Verhindert wird dies aber durch die Unverträglichkeit der dünnen gepressten Platte mit der Papptasche, in der sie normalerweise aufbewahrt werden soll. Zur automatischen Entnahme vorgesehene Schlitze in der Papptasche drücken sich bereits nach kurzer Lagerung im Plattenmaterial ab und führen zu nicht tolerierbaren Bildstörungen.

Dieses Problem verzögert die Markteinführung bis zum Frühjahr 1975. Die TED Bildplatte geht schließlich für etwa 400 Tage an den Markt und wird dann weitgehend eingestellt. Lediglich in einem kleinen Marktsegment für Schulungsfilme wird sie noch einige wenige Jahre weitergeführt.

Bereits im Dezember 1972 berichtet W. Roth in der Funk-Technik [12] über den Stand des Bildplatten-Systems und über Tripal-D. Aus dieser Veröffentlichung stammt wohl das vielfach zu sehende, aber in großen Teilen falsche Blockschaltbild der Signalaufbereitung im Abspielgerät TP1005 (Bild 13). Die tatsächlich später ausgeführte Wiedergabeschaltung weicht hiervon deutlich ab.

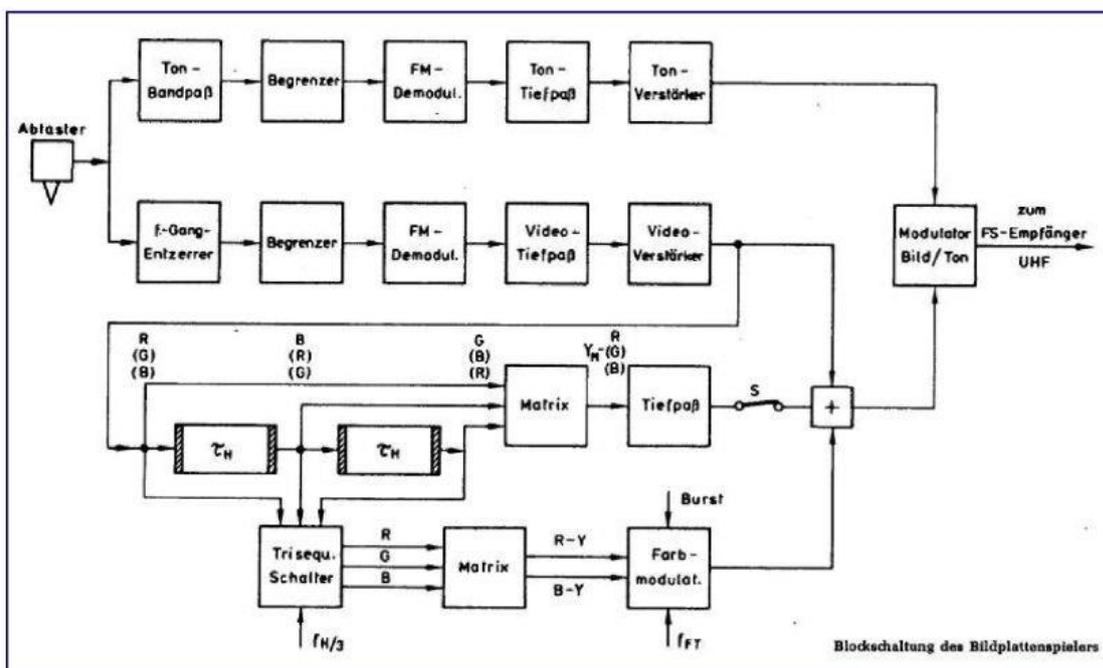


Bild 13: TED Wiedergabegerät: Blockschaltbild aus Funk-Technik 23 (1972) [12]

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale

Zur Entwicklung und Implementierung von Tripal-D bleibt also der Zeitraum zwischen Mitte 1970 bis Mitte 1973. Was kann man aus den Patentanmeldungen in diesem Zeitraum über Tripal-D entnehmen?

Die erste Neuerung kommt am 19.11.1971 als Patentanmeldung für Werther Hartmann, einen Ingenieur bei der Teldec in Berlin, das spätere Patent DE2158218 [13].

Hartmann stellt einen Weg vor, mit dessen Hilfe die eigentlich in der Wiedergabeschaltung vorteilhafte, aber das Luminanzsignal verfälschende M-Matrizierung auf der Aufnahmeseite vorkompensiert werden kann.

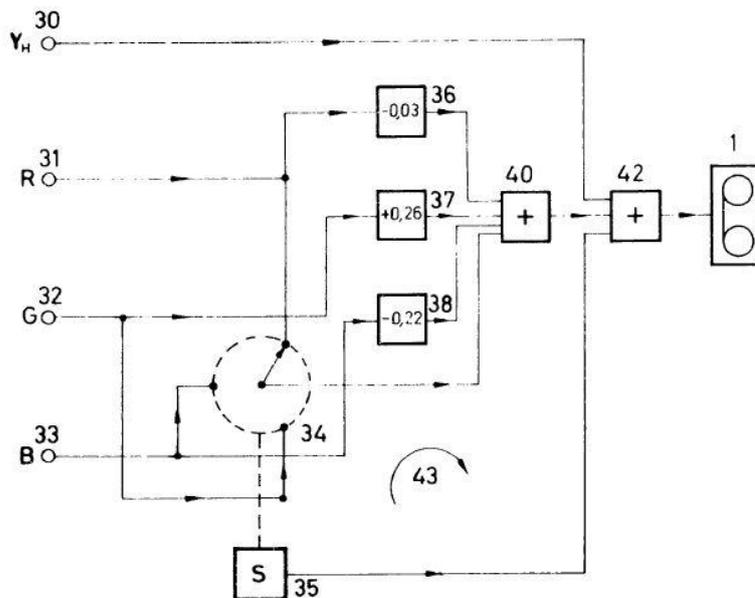


Fig. 2

509

Bild 14: Korrektur für die M-Matrizierung auf der Encoderseite, Fig. 2 aus DE2158218

Nur wenige Tage später, am 09.12.1971, löst Werner Scholz in gewohnt präziser Weise das gleiche Problem: In der späteren DE2161106 [14] zeigt er, dass die Korrektur des Fehlers infolge der M-Matrizierung viel einfacher zu bewerkstelligen ist.

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale

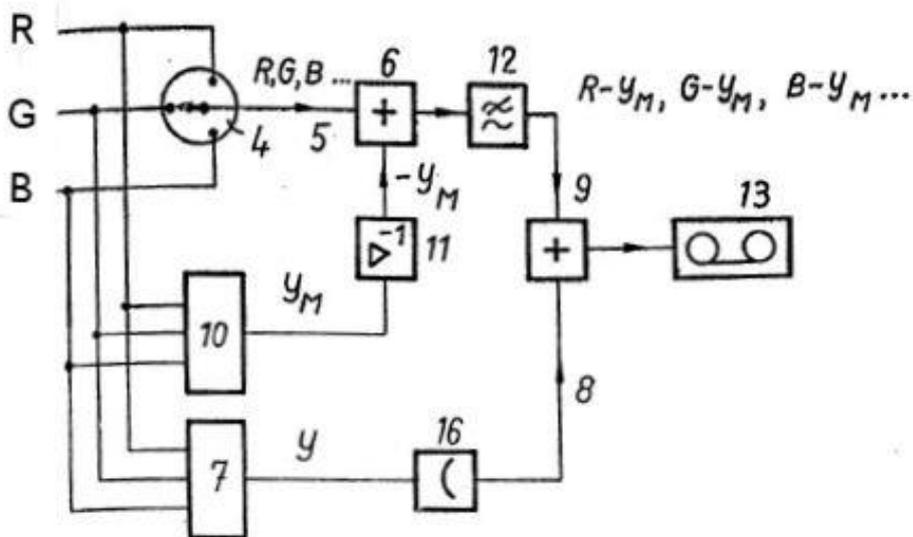


Fig. 1

Bild 15: Korrektur für die M-Matrizierung auf der Encoderseite, Fig. 1 aus DE2161106

Ein Vergleich dieser beiden Patentanmeldungen zeigt, dass die Lösungen letztendlich identisch sind.

Am 27.12.1971 wird eine Idee von Walter Bruch angemeldet (DE2164801):

Zur Verbesserung von Flickererscheinungen an waagerechten Kanten sollte das Leuchtdichtesignal Y bereits bei der Aufnahme um eine Zeile verzögert werden, siehe Bild 16.

Abgesehen von der Verzögerung um eine Zeile in (11) scheint dies die zu dieser Zeit verwendete Aufnahmeschaltung gewesen zu sein. Sonst wurden bis dahin keine Encodereinzelheiten veröffentlicht.

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale

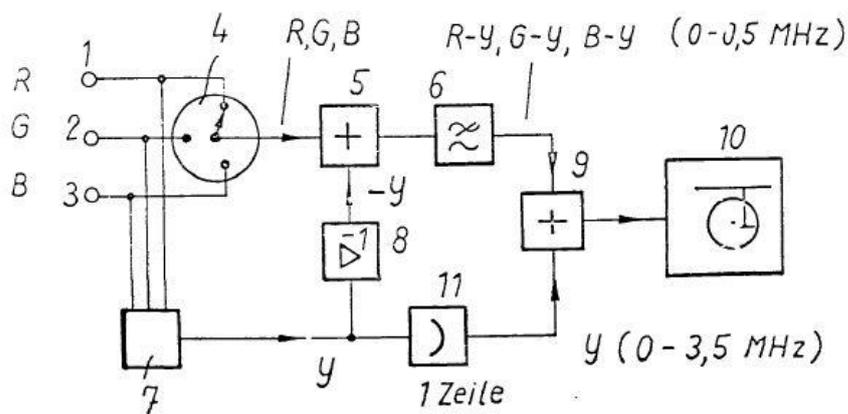


Fig. 1

Bild 16: Encoderschaltung mit mixed highs und zusätzlicher Verzögerung (11), Fig. 1 aus DE2164801

Die Verzögerung um eine Zeile muss hier auf ein breitbandiges Y-Signal angewendet werden. Da das mechanische Schneiden eines Masters für eine TED Bildplatte mit auf 1/25 verminderter Geschwindigkeit und damit entsprechend verminderter Frequenzlage erfolgt, ist nur eine Signalbandbreite von etwa 140 kHz erforderlich. Allerdings muss das Signal aus den gleichen Gründen auch um das 25-fache der Zeilendauer von 64 μ s, also um 1,6 ms verzögert werden.

Es lässt sich leider nicht mehr feststellen, ob diese Idee tatsächlich angewendet wurde.

Am 15.02.1972 wird schließlich die Erfindung von Werner Scholz angemeldet, die einen deutlichen Schritt nach vorn bedeutet, die spätere DE2207021 [15].

Bei der Aufzeichnung belässt Scholz es zunächst bei der eigentlich nicht korrekten M-Matrizierung, ohne seine vorher beschriebene Korrekturschaltung (vergleiche mit Bild 15).

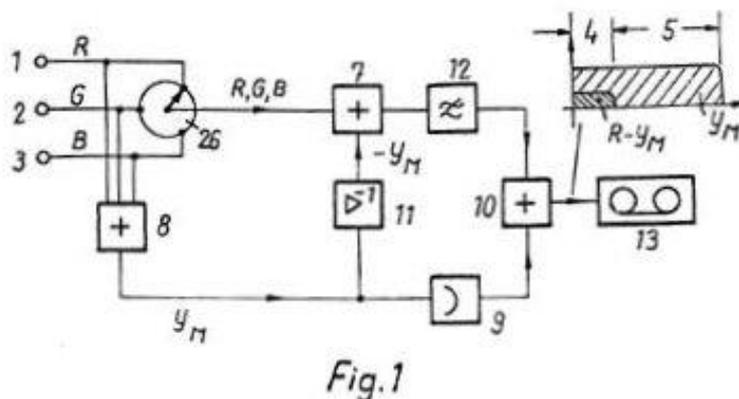


Fig. 1

Bild 17: Tripal Encoder mit mixed highs und zusätzlicher Verzögerung, Fig. 1 aus DE2207021

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale

Bei der Wiedergabe aber ändert sich etwas Entscheidendes:

Der Signalpfad (16 ...26) für das Leuchtdichtesignal enthält keinen Hochpass mehr, die Differenzstufe 17 ist verschwunden. Dadurch verschwinden auch einige der bisherigen Probleme, unter anderem die Verschmierungen der Synchronimpulse.

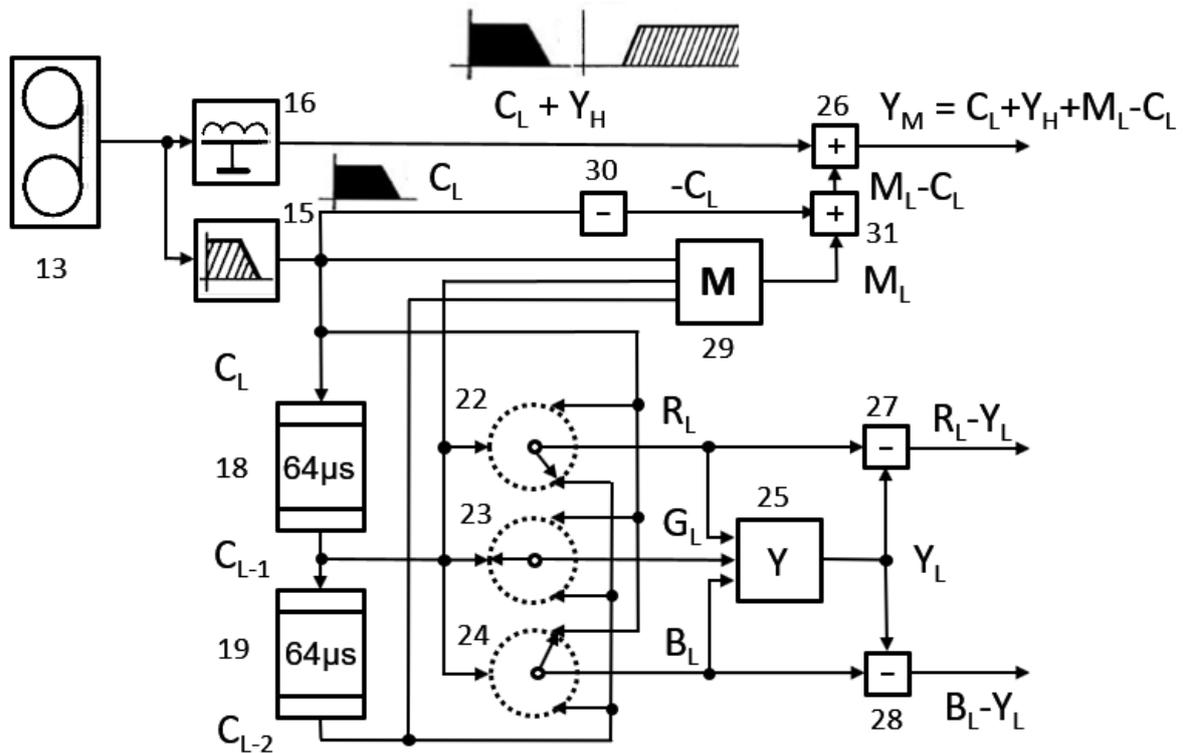
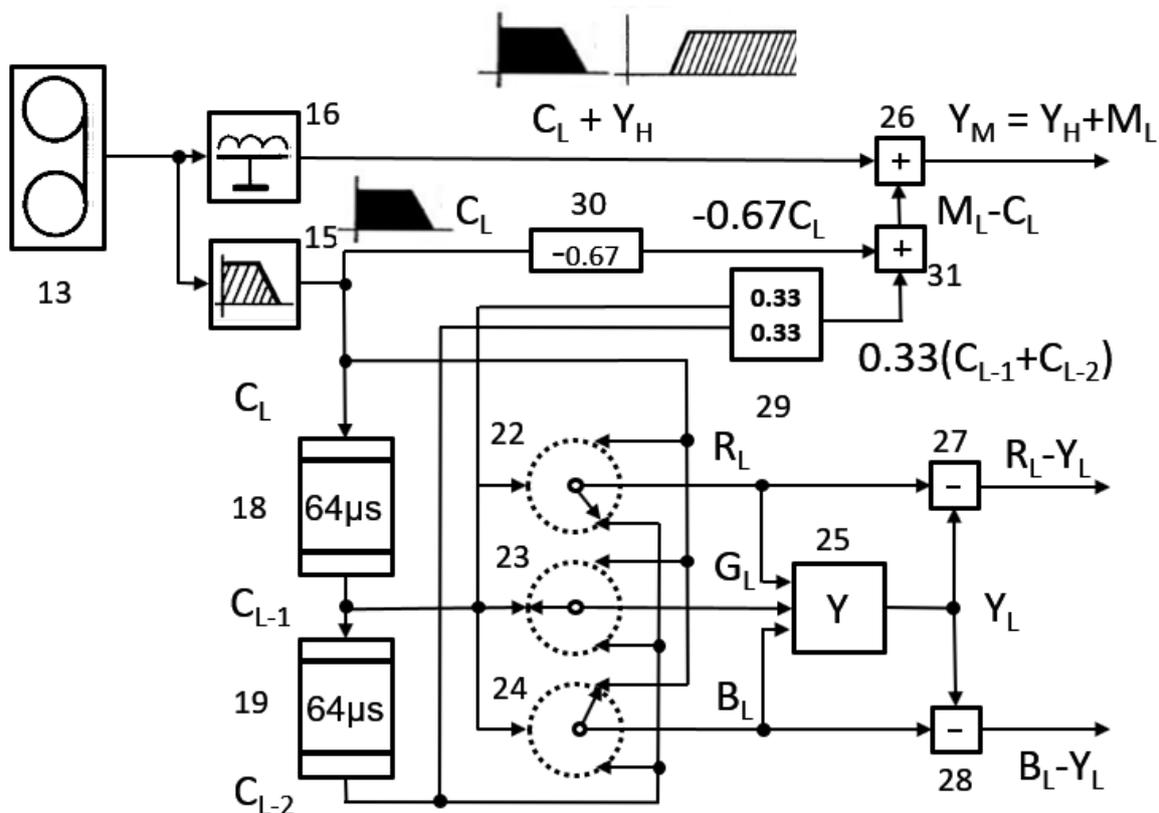


Bild 18: Tripal Decoder, Fig. 1 aus DE2207021, umgezeichnet zum besseren Vergleich mit Bild 9

Eine weitere mögliche Vereinfachung ist in Bild 18 zu erahnen: Das aktuelle tieffrequente Farbsignal C_L gelangt sowohl über den Inverter (30) als auch über die M-Matrix (29) auf die Additionsstufe (31). Das lässt sich doch vereinfachen?

In der Tat, in Fig. 7 des Patents zeigt Werner Scholz, wie es geht:

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale



**Bild 19: Tripal Decoder, Fig. 7 aus DE2207021
umgezeichnet zum besseren Vergleich mit Bild 9 und Bild 18**

Tatsächlich zeigt die Analyse, dass die ausgeführte Schaltung im TED Bildplattenspieler TP1005 nach dieser Fig. 7 aus DE2207021 gestaltet wurde. Damit steht auch der Urheber fest: Werner Scholz.

Was im TP1005 nicht ausgeführt wurde, ist die durchgängig trägerfrequente Darstellung der Farbsignale in Fig. 7 aus DE2207021. Die tatsächliche Schaltung des TP1005 weicht hier deutlich ab.

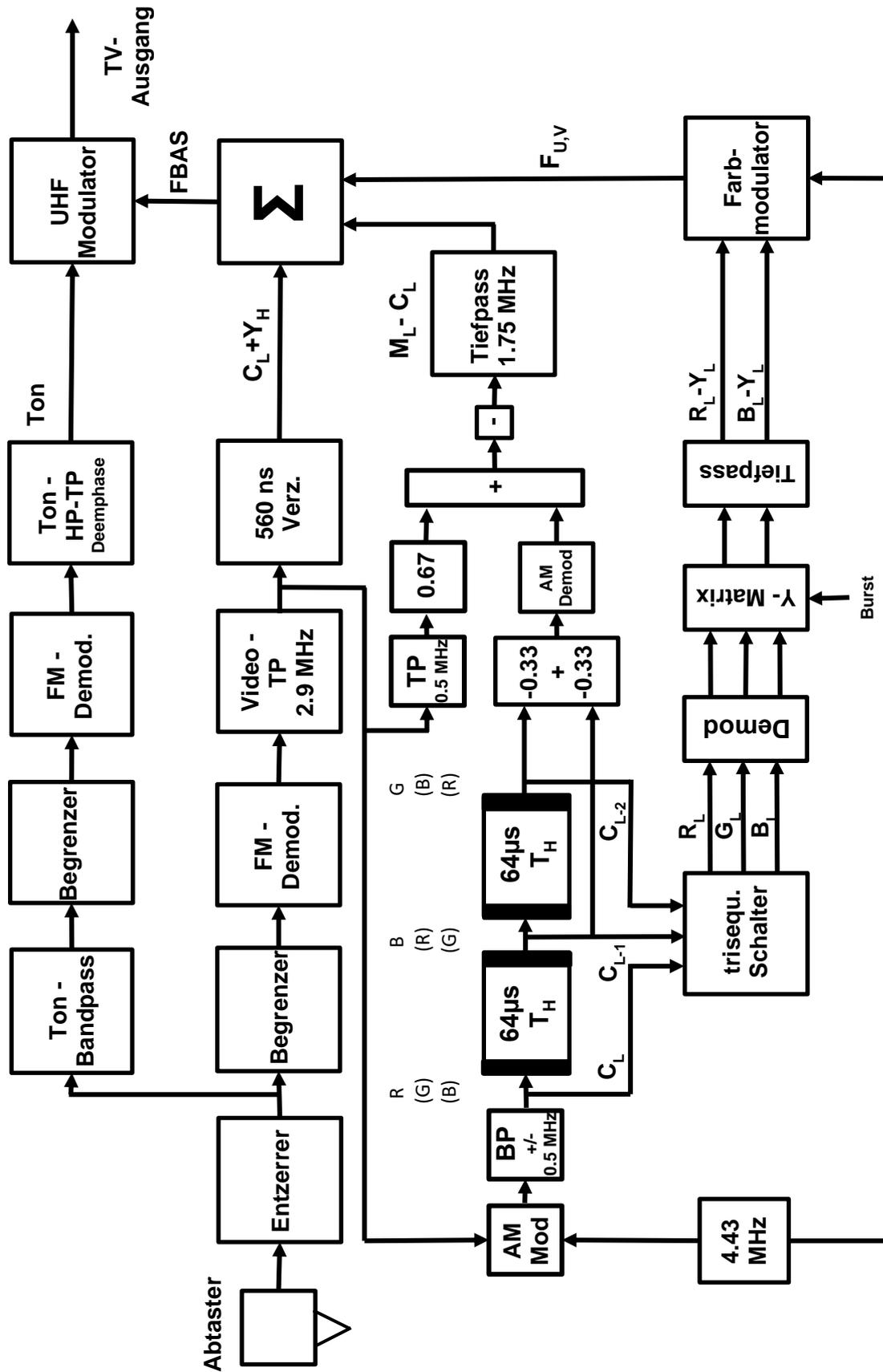
Damit kann auch mit hoher Wahrscheinlichkeit festgestellt werden, dass es sich bei **Tripal-D** um eben diese beiden Verbesserungen von Tripal-MY handeln muss:

- Vorkompensation im Encoder für den Fehler durch die M-Matrizierung
- Vereinfachung des Signalflusses im Decoder entsprechend Bild 19

Aus der tatsächlich ausgeführten Schaltung im TP1005 (*) wurde das folgende Blockschaltbild in Bild 20 abgeleitet.

* zwei dieser Geräte wurden dankenswerterweise von Herrn Thomas Udert für Untersuchungen zur Verfügung gestellt.

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale



Blockschaltbild TED Bildplattenspieler TP1005

V2 © Ernst F. Schröder

Bild 20: Blockschaltbild TED Bildplattenspieler TP1005

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale

Weitere Versuche zur Verbesserung

Es gibt noch eine Reihe weiterer und späterer Patente zu TED, die aber offenbar nichts mit der "serienreifen" Version von 1973 zu tun haben.

Telefunken und Teldec hatten inzwischen für die TED Bildplatte ein weltweites Lizenzierungsprogramm gestartet, das einerseits auf Europa, andererseits aber insbesondere auf Japan und die USA zielte. Die dortigen Normen für Fernsehsignale schrieben aber eine höhere Bildwechselfrequenz von 60 Hz vor, in Kombination mit einer geringeren Zeilenzahl von nur 525 Zeilen. Die grundsätzliche Umstellung der Signalverarbeitung von 50 Hz auf 60 Hz und von PAL auf NTSC war eigentlich recht einfach zu erreichen. Die geringere vertikale Auflösung mit nur 525 Zeilen machte sich aber im Zusammenhang mit Tripal wesentlich deutlicher bemerkbar, als es bei den 625 Zeilen der europäischen Fernsehsysteme der Fall war.

Daher wurde intensiv an einer Verbesserung der vertikalen Codierung und Decodierung bei Tripal gearbeitet, was sich an einer Reihe von Patentanmeldungen ablesen lässt. Es bleibt aber zu vermuten, dass nur wenige oder gar keine dieser Ideen tatsächlich aufgebaut und getestet wurden. Einige der benötigten Bauteile oder -gruppen waren schlicht nicht verfügbar, wie z.B. Verzögerungsglieder für eine Video-Zeile mit voller Videobandbreite.

Schon am 14.06.1972 wurde für Walter Bruch die spätere DE2228910 [16] angemeldet. Eine verbesserte Encodierung bei vertikalen Signalsprüngen soll dadurch erreicht werden, dass bereits im Encoder eine separate Decodierung durchgeführt wird. Bei Vergleich des im Encoder decodierten Signals mit dem Originalsignal lässt sich ein Korrektursignal gewinnen, das dem übertragenen und aufgezeichneten Tripal-Signal hinzugefügt werden kann.

Insbesondere soll dies verhindern, dass z.B. aus einer einzelnen weißen Zeile eine oder mehrere farbige Zeilen entstehen, wie man dies schon in Bild 6 sehen konnte. Bruch schreibt dazu: „An sich entsteht dadurch eine Verfälschung der Signale ... der Fehler wird jedoch gleichmäßiger über mehrere Zeilen verteilt und dadurch geringer“.

Leider ist die Patentschrift nicht sehr detailliert im Hinblick auf die genaue Funktionsweise, es wird lediglich das Vorgehen anhand einer einzelnen weißen Zeile vor einem roten Hintergrund beschrieben. Die einzelne weiße Zeile fällt dabei auf den Teil der Tri-Sequenz, bei dem ein R-Signal übertragen wird. Bei einer normalen Verarbeitung mit Tripal würde diese weiße Zeile nach der Übertragung als rote Zeile interpretiert und damit komplett vor dem roten Hintergrund verschwinden.

Eine Simulation mit Tripal-MY und DE2228910 ist im folgenden Bild 21 gezeigt.

Die vorgeschlagene Korrektur führt dazu, dass bei der Übertragung die beiden Zeilen zwischen zwei R-Zeilen, also die G- und die B-Zeile, ebenfalls ein Signal tragen. Als Folge davon erhält man vor dem roten Hintergrund zunächst eine gelbe, dann zwei weiße, und dann noch eine magentafarbene Zeile. Wegen der Bildabtastung im Zeilensprungverfahren liegt jeweils eine rote Zeile aus dem anderen Halbbild dazwischen.

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale



Bild 21: stark vergrößerter Ausschnitt einer Simulation mit Korrektur nach DE2228910.

Links: Original, Mitte: Normales Tripal-MY, Rechts: mit Korrektur

Der resultierende Bildeindruck ist sicherlich besser als das komplette Fehlen der einzelnen weißen Zeile, aber die starke Verbreiterung der horizontalen Struktur dürfte kaum zur deutlichen Verbesserung eines Bildes beitragen.

Kurz darauf, am 16.06.1972, wurde für Walter Bruch, Horst Redlich und Gerhard Dickopp die spätere DE2229393 [17] angemeldet.

In dieser Patentschrift wird zur verbesserten Encodierung bei vertikalen Signalsprüngen empfohlen, bei der Bild- oder Filmabtastung mit Hilfe eines Flying-Spot Abtasters den Abtastfleck so einzustellen oder zu verformen, dass die vertikale Auflösung geringer ist als die horizontale.

Als weitere Lösung wird vorgeschlagen, die RGB-Videosignale vor der Tripal-Codierung einer Mittelung in vertikaler Richtung zu unterziehen, evtl. sogar mit unterschiedlichen Gewichtungen der Zeilen.

Hier handelt es sich sicherlich um einen sinnvollen Ansatz. Bei der sequenziellen Codierung handelt es sich ja um eine Unterabtastung, und dieser sollte eine entsprechende Tiefpass-Filterung in vertikaler Richtung vorausgehen.

Bei der Lektüre der Patentschrift drängt sich allerdings der Eindruck auf, dass die Beteiligten noch stark in der analogen Welt verhaftet waren und das Konzept einer digitalen Filterung nach dem FIR-Prinzip sowie deren Auslegung und Berechnung noch nicht Eingang in die generellen Überlegungen gefunden hatte.

Dies gilt ebenso für die am 01.12.1972 für Walter Bruch als Zusatz zu [17] angemeldete und nicht getrennt erteilte DE2258867 [18]. Bruch beschäftigt sich hier ebenfalls mit einer verbesserten Encodierung in vertikaler Richtung und schlägt dafür vor, dass "die Signale der zeitlich vorangehenden und der zeitlich folgenden Zeilen mit Amplituden nach einer statistischen Verteilungskurve hinzugefügt werden. Die Verteilungskurve kann z.B. eine Gaußfunktion sein."

Bruch schlägt dabei praktisch ein vertikales FIR-Filter mit dem Grad $n=3$ und den Koeffizienten $[0.5, 1.0, 0.5]$ vor und deutet auch an, dass die Koeffizienten einstellbar sein könnten und dass der Grad des Filters auch auf z.B. $n=5$ erhöht werden könnte.

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale

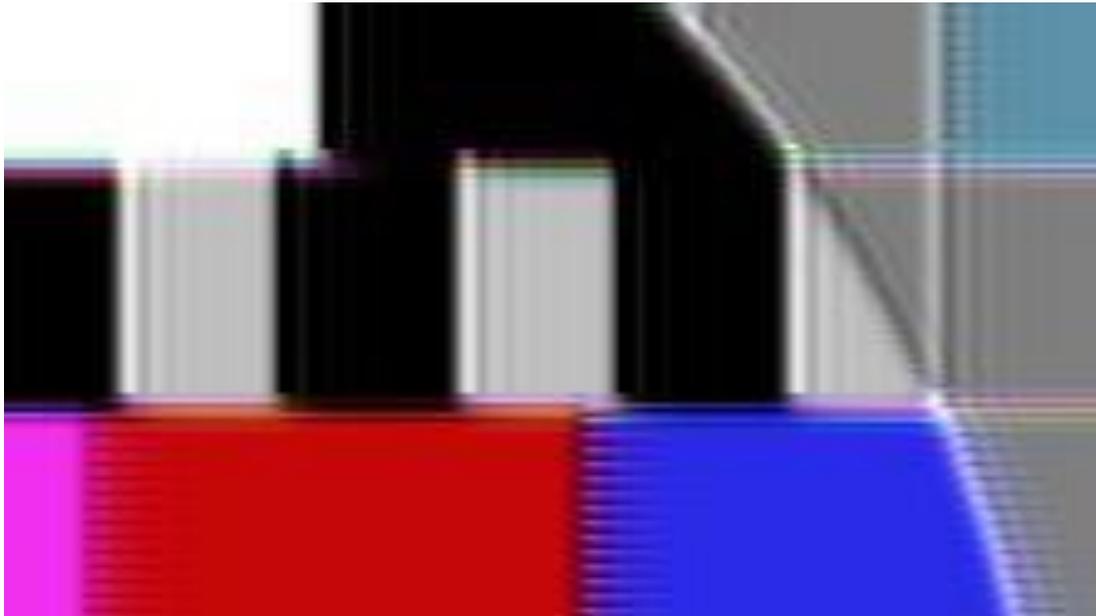


Bild 22: vergrößerter Ausschnitt einer Simulation mit vertikaler FIR-Filterung nach Bruch / DE2258867

Auf der Basis dieser Patentanmeldung wurde eine weitere Simulation durchgeführt, deren Ergebnis in **Bild 22** zu sehen ist. Dazu ist zunächst festzustellen, dass die von Bruch "nach einer statistischen Verteilungskurve" vorgeschlagenen Koeffizienten [0.5, 1.0, 0.5] ungeeignet sind, weil ihre Summe nicht einen Wert nahe oder gleich 1.0 ergibt, woraus eine deutliche Übersteuerung der hellen Teile des Bildes resultiert. Daher wurden die Koeffizienten auf [0.25, 0.5, 0.25] korrigiert und so verwendet.

Zu erkennen ist beim Vergleich von **Bild 22** mit **Bild 6**, dass die aus einzelnen weißen Zeilen entstehenden horizontalen, farbigen Dreifachstrukturen zwar weniger deutlich hervortreten, aber noch deutlich breiter erscheinen. Die Strukturen an den vertikalen Übergängen zwischen den weißen oder schwarzen Flächen zu den roten oder blauen Flächen sind aber weiter störend vorhanden. Eine wirkliche Verbesserung der Bildwiedergabe in vertikaler Richtung ist also nicht gegeben.

Auch bei der an der TED Bildplatte beteiligten Decca in England war man nicht untätig: Am 28.09.1973 wurde für F. A. Griffiths eine Erfindung angemeldet, die später auch in Deutschland als DE2446376 erteilt wurde [19].

Griffiths setzt darin offenbar auf den mixed-highs MY-Decoder nach [9] entsprechend **Bild 18** und fügt eine weitere Verzögerungsleitung (20) hinzu, deren Ausgangssignal wieder um den Faktor α vermindert der ersten Verzögerungsleitung hinzuaddiert wird (**Bild 23**). Darüber hinaus wird ein zweites, um eine Zeile verzögertes M-Signal gebildet (29') und nach Multiplikation mit unterschiedlichen Faktoren (x4 bzw. x5) von dem ersten M-Signal (29) subtrahiert.

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale

Es handelt sich dabei ganz offensichtlich um den Versuch, die Farbfehler im Decoder durch ein in vertikaler Richtung arbeitendes, rekursives IIR-Filter zu vermindern. Ferner sollen die vertikalen Übergänge im Helligkeitssignal durch die Differenzbildung versteilert werden.

Leider deckt sich die Beschreibung im Patenttext nicht völlig mit der veröffentlichten Fig. 1 des Patentes. Die offensichtlich korrektere, in **Bild 23** gezeigte Lösung wurde ebenfalls simuliert. Ein Ergebnis ist in **Bild 24** dargestellt.

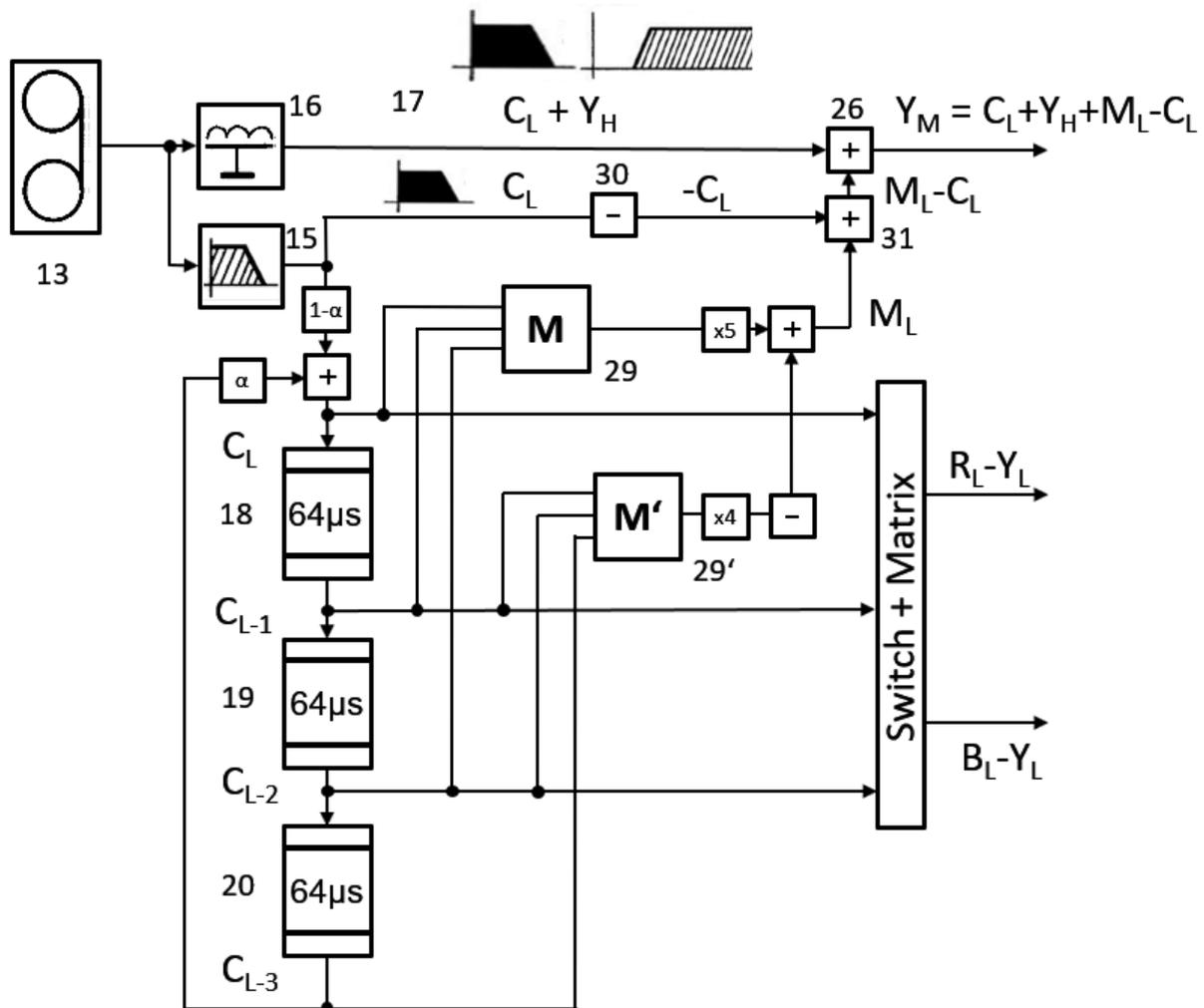


Bild 23: Tripal Decoder nach Griffiths, DE2446376 Fig. 1, umgezeichnet zum besseren Vergleich mit Bild 18

Der Einfluss des rekursiven IIR-Filters ist deutlich zu sehen, die vertikalen Übergänge von einer schwarzen oder weißen Fläche auf eine Farbfläche zeigen eine deutliche, nach unten abnehmende „Schleppe“ von Signalwiederholungen. Ferner fällt auf, dass die einzelnen weißen horizontalen Linien im Originalbild tatsächlich als einzelne weiße Linien wiedergegeben werden, wenn auch mit erheblichem Nachschwingen in vertikaler Richtung.

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale

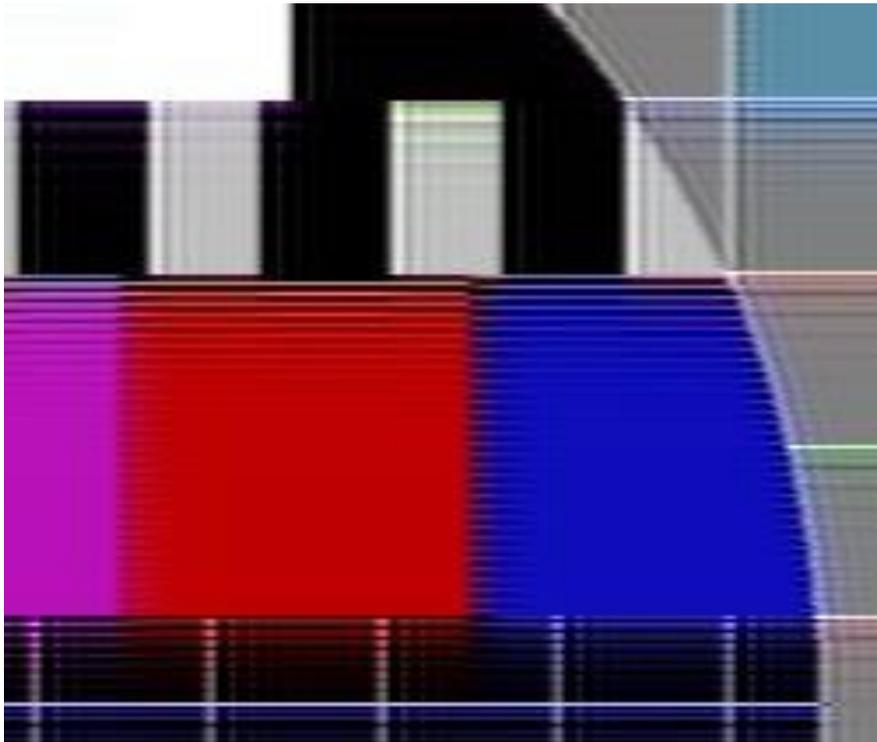


Bild 24: vergrößerter Ausschnitt einer Simulation mit vertikaler IIR-Filterung nach Griffiths / DE2446376

Am 17.09.1975 wird für Werner Scholz die DE2541348 angemeldet [20]. Scholz verwendet ebenfalls 3 Verzögerungsleitungen im Decoder und kommt praktisch zum gleichen Ergebnis wie Griffiths, aber - wie so oft - etwas eleganter und mit deutlich weniger Aufwand.

Am 11.03.1976 werden zwei weitere Erfindungen für Werner Scholz angemeldet. Die DE2610090 [21] präzisiert die Ausführungen in der DE2541348 [20], bringt aber keine weiteren erkennbaren Vorteile.

Die DE2610091 [22] verzichtet praktisch auf das rekursive IIR Filter, wodurch das lange Ausklingen dieses Filters verschwindet. Ein deutlich besserer Gesamteindruck wird dadurch aber leider nicht erzielt. Siehe dazu **Bild 25** im Vergleich mit **Bild 24**.

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale

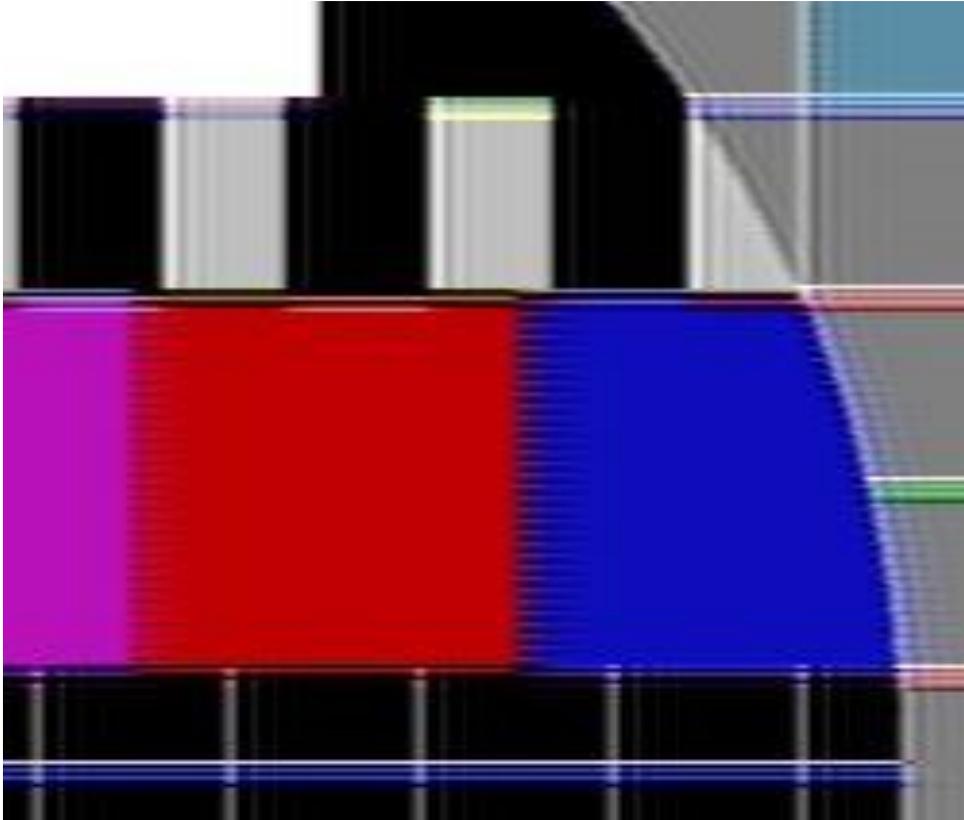


Bild 25: vergrößerter Ausschnitt einer Simulation nach Scholz, DE2610091

In der Patentanmeldung zu DE2446376 hatte Griffiths auch Vorschläge zur verbesserten Encodierung genannt, die aber in dem schließlich erteilten Patent nicht mehr erscheinen. Zur Verbesserung der vertikalen Strukturen schlug er vor, die Farbdifferenzsignale einer vertikalen FIR-Filterung mit Filterlänge von $n=7$ zu unterziehen. Leider hat er dazu keine Werte für die Koeffizienten genannt. Es muss auch bezweifelt werden, dass eine solche Anordnung tatsächlich erstellt und getestet wurde. Der Hardware-Aufwand für ein vertikales FIR Filter mit $n=7$ wäre doch zu der Zeit erheblich gewesen.

Trotzdem wurde versucht eine entsprechende Simulation durchzuführen. Dazu wurden mehrere Koeffizientensätze bestimmt und angewendet. Das Ergebnis der immer noch besten Lösung ist in Bild 26 gezeigt. Der Vergleich mit Bild 6 sowie mit Bild 24 und Bild 25 zeigt leider, dass keine wirkliche Verbesserung erzielt wird.

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale

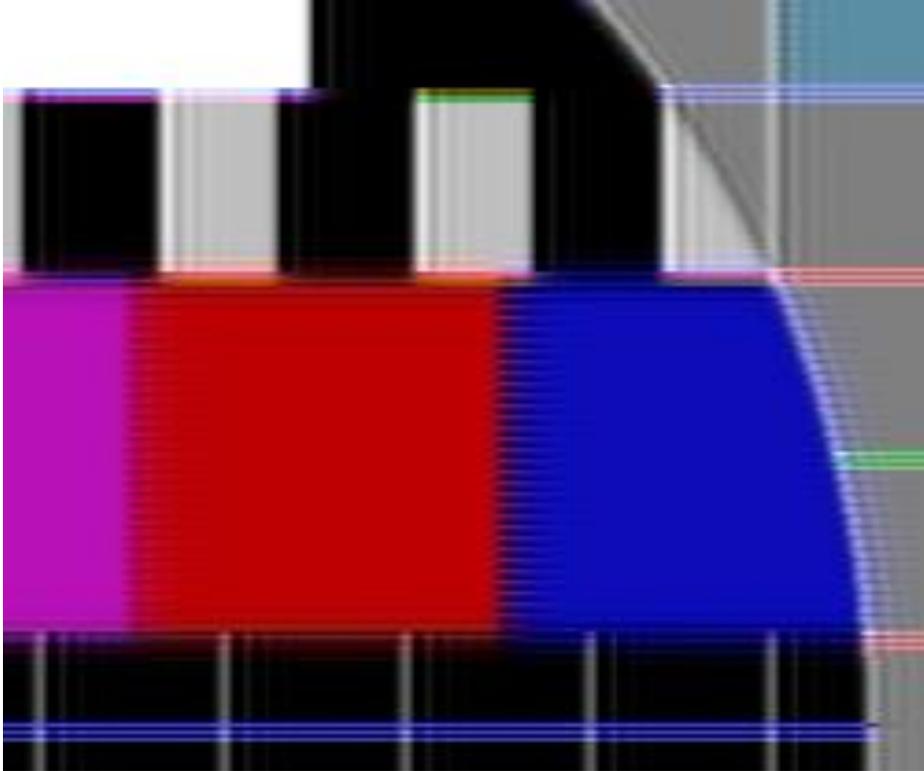


Bild 26: vergrößerter Ausschnitt einer Simulation mit vertikaler Filterung im Encoder nach Griffiths, DE2446376

Am 25.03.1976 wird für Gerhard Dickopp, Gerhard Mahler und Werner Scholz die spätere DE2612619 [23] angemeldet, sowie für Gerhard Dickopp, Gerhard Mahler die nicht erteilte DE2612620 [24].

Hier werden zunächst für die Decoderseite die schon bekannten Versionen mit drei Verzögerungsleitungen von Griffiths [19] und Scholz [20] wiederholt und begründet. Dann wird für die Encoderseite in einer Schaltung entsprechend Bild 15 die tieffrequenten Anteile des Leuchtdichtesignals Y (8) mit Hilfe eines FIR-Filters bearbeitet, sowie die sequentiellen Farbdifferenzsignale (9) jedes für sich über jeweils 3 Zeilen gemittelt.

In Bild 27 ist im Vergleich zu allen bisherigen Darstellungen deutlich eine Verbesserung zu erkennen: die horizontalen weißen Linien sind wieder erkennbar, auch wenn sie von Farbsäumen begleitet sind, und verschiedene farbige Übergänge in vertikaler Richtung, z.B. weiß-schwarz und schwarz-weiß, sind so gut wie verschwunden.

Es bleibt aber festzustellen, dass für diese doch relativ geringe Qualitätsverbesserung ein sehr hoher Hardware-Aufwand erforderlich gewesen wäre.

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale

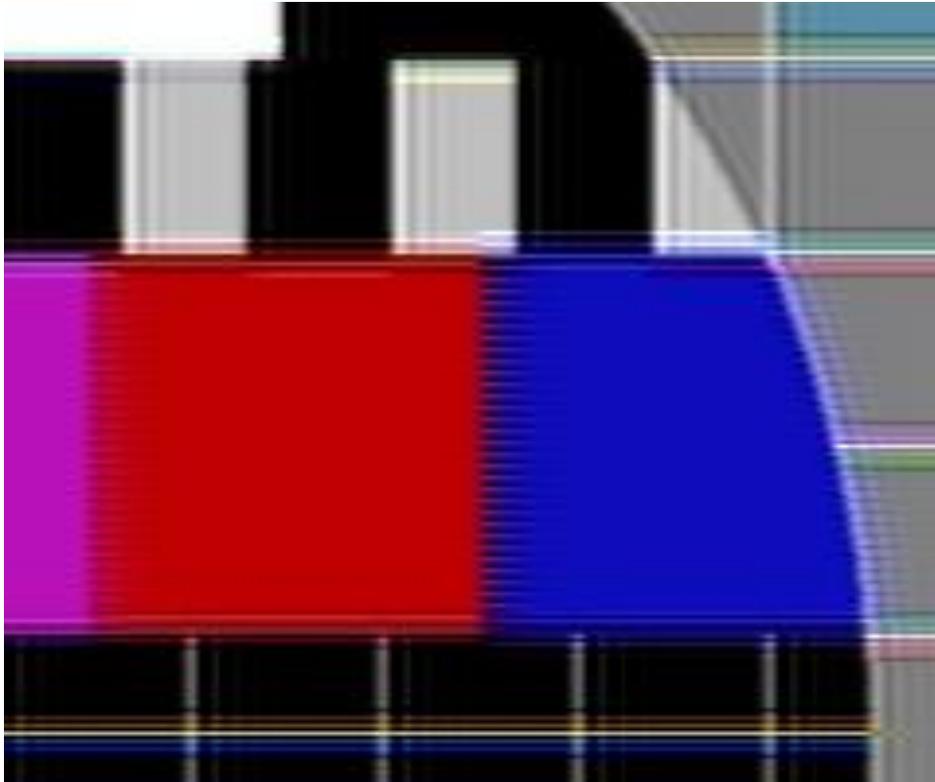


Bild 27: vergrößerter Ausschnitt einer Simulation mit Encodierung nach Dickopp/Mahler/Scholz DE2612619 sowie Decodierung nach Scholz DE2610091

Es gab noch eine Reihe weiterer Patentanmeldungen der schon erwähnten Beteiligten, die sich aber nicht insgesamt mit einer Qualitätsverbesserung, sondern mit einigen Randproblemen beschäftigten.

Da die TED-Bildplatte aber bereits ab 1976 keine Zukunft mehr hatte, wurde damit auch das Tripal-Farbübertragungsverfahren nicht mehr benötigt. Bei der magnetischen Bildaufzeichnung im Schrägspurverfahren hatte sich inzwischen auch das "colour-under" Verfahren durchgesetzt.

Tripal, ein Übertragungsformat für analoge Farbfernsehsignale

Literaturverzeichnis

- [1] Bruch, Walter: Deutsche Patentschrift DE1126443B, angemeldet am 28.01.1960
- [2] Sony Corporation: Englische Patentschrift GB952487, Erstanmeldung in Japan am 07.03.1960
- [3] Bruch, Walter: Deutsche Auslegeschrift DE1256686A, angemeldet am 09.04.1966
- [4] Bruch, Walter: Deutsche Auslegeschrift DE1261876A, angemeldet am 14.10.1966
- [5] Bedford, Alda V.: US-Patentschrift 2,554,693, angemeldet am 07.12.1946
- [6] Bruch, Walter: Versuche zur Farbbildaufzeichnung auf Magnetband mit einfachen Videoaufzeichnungsgeräten für den Heimgebrauch; radio-mentor-electronic (1966) Heft 12, pp 987-989
- [7] Scholz, Werner: Deutsche Patentschrift DE1935212B, angemeldet am 11.07.1969
- [8] Bruch, Walter: Deutsche Patentschrift DE1936594C, angemeldet am 18.07.1969
- [9] Bruch, Walter: Deutsche Patentschrift DE1943672C3, angemeldet am 28.08.1969
- [10] Scholz, Werner: Deutsche Offenlegungsschrift DE1954876, angemeldet am 31.10.1969
- [11] Bruch, Walter: Experimente mit Farbaufzeichnungen auf einfache Magnetbandgeräte; radio-mentor-electronic (1970) Heft 12, pp 833-838
- [12] Roth, W.: Entwicklungsstand des Bildplatten - Systems; Funk-Technik (1972) Heft 23, Dezember
- [13] Hartmann, Werther: Deutsche Patentschrift DE2158218, angemeldet am 19.11.1971
- [14] Scholz, Werner: Deutsche Patentschrift DE2161106, angemeldet am 09.12.1971
- [15] Scholz, Werner: Deutsche Patentschrift DE2207021, angemeldet am 15.02.1972
- [16] Bruch, Walter: Deutsche Patentschrift DE2228910, angemeldet am 14.06.1972
- [17] Bruch, Redlich, Dickopp: Deutsche Patentschrift DE2229393, angemeldet am 16.06.1972
- [18] Bruch, Walter: Deutsche Offenlegungsschrift DE2258867, angemeldet am 01.12.1972
- [19] Griffiths, Frank Anthony: Deutsche Patentschrift DE2446376, zuerst angemeldet in Großbritannien am 28.09.1973
- [20] Scholz, Werner: Deutsche Offenlegungsschrift DE2541348, angemeldet am 17.09.1975
- [21] Scholz, Werner: Deutsche Offenlegungsschrift DE2610090, angemeldet am 11.03.1976
- [22] Scholz, Werner: Deutsche Offenlegungsschrift DE2610091, angemeldet am 11.03.1976
- [23] Dickopp, Gerhard; Mahler, Gerhard; Scholz, Werner: Deutsche Patentschrift DE2612619, angemeldet am 25.03.1976
- [24] Dickopp, Gerhard; Mahler, Gerhard: Deutsche Offenlegungsschrift DE2612620, angemeldet am 25.03.1976