Z u m G e l e i t

Ein Schritt in die Perspektive

Die Entwicklung eines dem neuesten internationalen wissenschaftlich-technischen Stand entsprechenden Farbfernsehempfängers bildet das Kernstück des Konsumgüterprogrammes der VVB R-F-T Rundfunk und Fernsehen zum 20. Jahrestag der Deutschen Demokratischen Republik.

Seine rechtzeitige Überführung in die Produktion des VEB Fernsehgerätewerke Staßfurt sowie der Aufbau eines der neuen und höheren Empfangsqualität des Farbfernsehens voll gerecht werdenden Informations-, Vertriebs- und Wartungsservice waren Hauptschwerpunkte in der Wettbewerbs- und Neuererzielstellung der 13.000 Mitarbeiter des Industriezweiges zum 7. Oktober.

So ist der Farbfernsehempfänger R-F-T COLOR 20 einerseits das Ergebnis einer planmäßigen, zielgerichteten und dynamischen Erzeugnispolitik, wie andererseits Resultat echter sozialistischer Gemeinschaftsarbeit aller daran beteiligten Kollektive, Institutionen und Betriebe des Industriezweiges.

Der im VEB Fernsehgerätewerke Staßfurt gefertigte Farbfernsehempfänger wurde im

Zentrallaboratorium für Rundfunk- und Fernsehempfangstechnik, Dresden, entwickelt und repräsentiert ein hohes wissenschaftlich-technisches Niveau, das die Qualität der geleisteten Entwicklungsarbeit unterstreicht. Von besonderer Bedeutung war die enge Zusammenarbeit mit entsprechenden Institutionen in der Sowjetunion.

Das neue Gerät stellt jedoch in keinem Falle das Ende einer Entwicklung dar, sondern ist vielmehr als Ausgangsbasis für den weiteren wissenschaftlich-technischen Fortschritt im dritten Jahrzehnt der Konsumgüterelektronik der DDR zu betrachten und zu bewerten.

Am 12. August 1969 wurde anläßlich einer Pressekonferenz im Studio VI des Deutschen Fernsehfunks der Farbfernsehempfänger R-F-T COLOR 20 zum ersten Male der Öffentlichkeit vorgestellt.
Der Schritt in die Perspektive, in eine neue Dimension des modernsten Massenkommunikationsmittels unserer Gegenwart ist damit getan. Er wird fortgesetzt werden und weitere neue Ergebnisse zeitigen, für deren Erreichung jetzt bereits die Grundlagen geschaffen worden sind.

Die vorliegende - als Manuskript gedruckte - Schrift soll informativ eine Einführung in die Farbfernsehtechnik unter Betonung des in der DDR angewandten Farbfernsehsystems SECAM III b und einen Überblick über die besonderen Probleme bei der Entwicklung eines Farbfernsehempfängers anhand des im ZRF entwickelten Farbfernsehempfängers R-F-T COLOR 20 geben. Sie gliedert sich damit in die Reihe der vom ZRF herausgegebenen Sonderhefte ein.

1. Die prinzipiellen Grundlagen des Farbfernsehens

Das Schwarzweiß-Fernsehen beschränkt sich auf die Wiedergabe der Helligkeit des zu übertragenden Bildes. Damit wird nur ein Teil der visuellen Information vermittelt, denn ein beleuchtetes Objekt reflektiert an jedem Punkt eine Strahlung, die ein kontinuierliches Spektrum überstreicht, das die Art und Weise der Farbempfindung bestimmt. Zur naturgetreuen Wiedergabe eines Bildes ist deshalb neben der Wiedergabe der Helligkeit auch die Farbinformation von Bedeutung. Mit Hilfe des Farbfernsehens ist eine derartige wirklichkeitsnahe Farbwiedergabe möglich.

Das Farbfernsehen beruht auf der Dreifarbentheorie, nach der ein beliebig farbiges Bild in Komponenten bestimmter Grundfarben zerlegbar ist. Unter den Bedingungen der additiven Farbmischung lassen sich alle Farben aus drei Primärfarben erzeugen. Wie Bild 1 im Prinzip zeigt, ergeben sich je nach Wahl der Primärfarben die verschiedenen Mischfarben.

Beim Farbfernsehen werden die farbigen Bilder zunächst in drei Farbauszüge zerlegt, die roten, grünen und blauen Farbanteile. Praktisch erfolgt die Zerlegung des Farbbildes durch Filter bzw. halbdurchlässige Spiegel, die sich im optischen Strahlengang des vorliegenden Bildabtasters befinden. Zur Beschreibung einer Farbe sind drei Eigenschaften von wesentlicher Bedeutung: Farbton, Farbsättigung und Helligkeit. Der Farbton kennzeichnet die Eigenschaft eines Gegenstandes z. B. rot oder blau zu sein. Die Farbsättigung gibt den Grad des Weißanteiles in einer Farbe an. Ein Beispiel für abnehmende Sättigung ist der Übergang von gesättigtem Rot auf immer blasseres Rosa, das schließlich in Weiß übergeht. Spektralfarben haben eine maximale Farbsättigung. Die Helligkeit ist der Mittelwert der Bildschirmleuchtdichte, der sich beispielsweise bei der Diaprojektion aus der Lichtstärke der verwendeten Projektionslampe ergeben kann.

Die Rückgewinnung des in die drei Farbauszüge (Primärfarben) Rot, Grün und Blau zerlegten Bildes erfolgt durch eine additive Mischung. Die Überlagerung dreier einfarbiger Bilder, die den drei Primärfarben entsprechen, ergibt eine derartige additive Mischung.

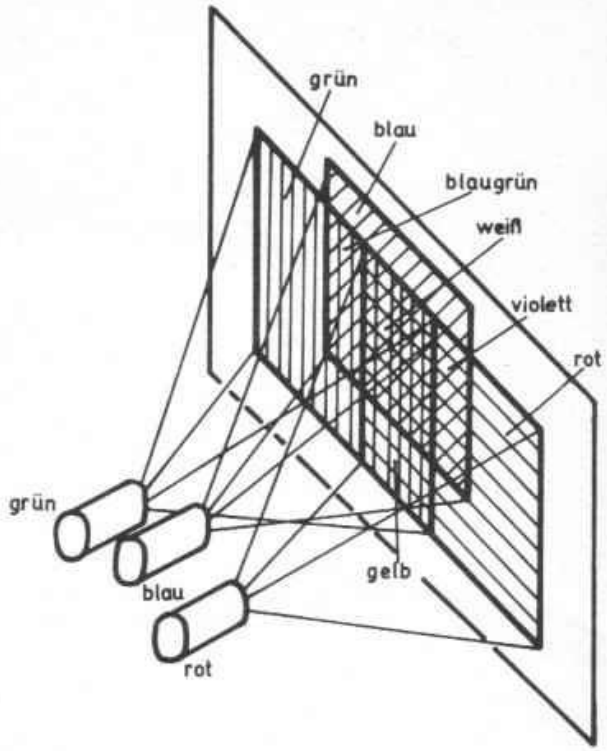


Bild 1 Mischung von Primärfarben

Bild 2 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Farbfernsehübertragung. Die Kameraröhren für Rot, Grün und Blau erzeugen die drei Farbsignale E_R, E_G und E_B. Die drei Farbsignale werden in einer Codiereinrichtung zur Übertragung geeignet umgeformt, durchlaufen die Übertragungsstrecke und werden im Decoder in die drei Farbsignale zurückverwandelt. Die Dreifarbenbildröhre liefert eine Überlagerung der Bilder aus den drei Farbsignalen. Der Unterschied zwischen den verschiedenen existierenden Farbfernsehsystemen besteht im wesentlichen in der Art der Codierung und Decodierung.

Für alle Farbfernsehsysteme besteht die Forderung nach Kompatibilität mit den bereits bestehenden Schwarzweiß-Fernsehsystemen. Das heißt, eine Farbfernseh-Sendung muß als Schwarzweiß-Sendung von Schwarzweiß-Fernsehempfängern

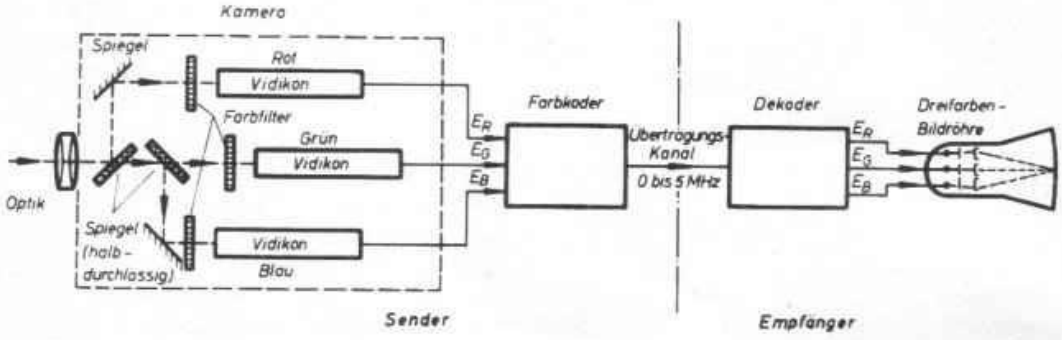


Bild 2 Prinzip einer Farbfernsehübertragung

und eine Schwarzweiß-Sendung als solche von Farbfernsehempfängern wiedergegeben werden können. Dabei wird ein möglichst geringer Qualitätsverlust gewünscht. Die erforderliche Kompatibilität bestimmt bei der Farbfernsehübertragung die Grenzen für die Parameter des verwendeten Farbfernsehsystems. Der Farbcoder muß also auch ein Videosignal liefern, das zur Wiedergabe durch Schwarzweiß-Fernsehempfänger geeignet ist. Entsprechend der Farbenlehre werden dazu Anteile des roten, grünen und blauen Farbsignals zu einem Leuchtdichtesignal E_Y zusammengefaßt, das genau dem Schwarzweiß-Videosignal entspricht:

$$E_Y = 0{,}3\ E_R + 0{,}59\ E_G + 0{,}11\ E_B$$

Das Leuchtdichtesignal E_Y muß zusammen mit den zusätzlichen Farbsignalen innerhalb des Frequenzbandes, das ursprünglich für das Schwarzweiß-Fernsehsystem vorgesehen wurde, Platz haben. Es besteht also zwischen dem Leuchtdichtesignal und den drei Farbsignalen ein fester Zusammenhang. Da das Leuchtdichtesignal mit Rücksicht auf den Schwarzweiß-Empfang unbedingt ausgestrahlt werden muß, brauchen nur noch zwei Farbinformationen gesendet zu werden. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, nicht die Farbsignale selbst, sondern sogenannte Farbdifferenzsignale zu verwenden. Diese ergeben sich aus der Differenz des jeweiligen Farbsignals und des Leuchtdichtesignals.

Bei einer Farbfernsehübertragung werden demnach folgende Signale übertragen:

Leuchtdichtesignal E'_Y,
Farbdifferenzsignal $D'_R = E'_R - E'_Y$ und
Farbdifferenzsignal $D'_B = E'_B - E'_Y$

Die gestrichenen Größen schließen eine durch die nichtlineare Kennlinie der Bildwiedergaberöhren notwendige Gammakorrektur auf der Senderseite ein.

Das Leuchtdichtesignal kann bei der Farbfernsehübertragung wie beim Schwarzweiß-Fernsehen behandelt werden. Ein Problem bildet die zusätzliche Übertragung von zwei Farbdifferenzsignalen. Untersuchungen haben ergeben, daß das Auge gegenüber Farbunterschieden weniger empfindlich ist als gegenüber Helligkeitsunterschieden, d. h., das Auflösungsvermögen des Auges ist für Farbunterschiede kleiner als für Helligkeitsunterschiede. Daraus läßt sich schlußfolgern, daß die Farbdifferenzsignale nicht die gleiche Bandbreite wie das Leuchtdichtesignal haben müssen, und man kann die Farbdifferenzsignale mit einer geringeren Bandbreite als die des Leuchtdichtesignals übertragen. Die Einschränkung der Bandbreite der Farbdifferenzsignale ergibt eine verringerte Farbauflösung in Zeilenrichtung (horizontal), wohingegen die Farbauflösung in vertikaler Richtung nicht begrenzt wird.

Das Spektrum eines Leuchtdichtesignals besteht aus diskreten Spektrallinien im Abstand f_Z, um die sich jeweils weitere Spektrallinien im Abstand f_B gruppieren (Bild 3a). Die Größe der Spektrallinien nimmt mit steigender Frequenz ab. Die Spektrallinien des Leuchtdichtesignals sind am oberen Ende des Frequenzbandes kleiner als am unteren Ende. Um gegenseitige Störungen des Leuchtdichtesignals und der Farbdifferenzsignale zu vermeiden, setzt man die Farbdifferenzsignale in den Frequenzbereich um, in dem die Spektrallinien des Leuchtdichtesignals am niedrigsten sind, d. h. in den oberen Teil des

Frequenzbandes (Bild 3b). Diese Frequenzumsetzung wird durch die Modulation des Farbdifferenzsignals auf einen Hilfsträger vorgenommen.

Ein Träger im Frequenzband des Leuchtdichtesignals verursacht eine Störung im Schwarzweißbild, da er innerhalb des Frequenzbandes ein zusätzliches Signal darstellt. Der Hilfsträger (Farbträger) wird weniger sichtbar, je höher seine Frequenz im Frequenzband liegt. Er muß bezüglich seiner Frequenz so im Frequenzband eingeordnet werden, daß die oberen Seitenbänder des modulierten Trägers noch innerhalb des Frequenzbandes übertragen werden können. Die Übertragung der Farbdifferenzsignale im Frequenzband des Leuchtdichtesignals kann auf verschiedene Art und Weise erfolgen und hat zu verschiedenen Farbfernsehsystemen geführt. Erfolgt die Übertragung der beiden Farbdifferenzsignale während einer Zeilendauer gleichzeitig, so spricht man von einer simultanen Übertragung. Am Empfänger stehen gleichzeitig beide Farbdifferenzsignale zur Verfügung. Da die Farbauflösung in Zeilenrichtung eine Einschränkung (Bandbreite der Farbdifferenzsignale) erfährt, ist es ebenso gerechtfertigt, eine Einschränkung in vertikaler Richtung vorzusehen. Das bedeutet, daß man pro Zeile nur eins von zwei Farbdifferenzsignalen überträgt. Die Übertragung der Farbdifferenzsignale erfolgt in aufeinanderfolgenden Zeilen jedes Halbbildes abwechselnd, so daß einmal das eine und zum anderen das andere Farbdifferenzsignal am Empfänger zur Verfügung steht. Hier spricht man von einer sequentiellen Übertragung.

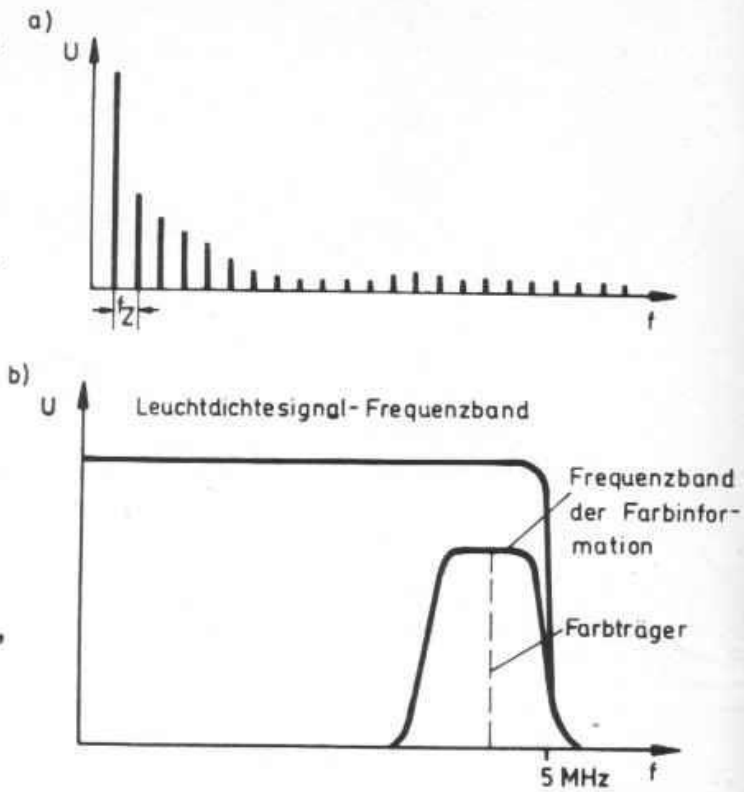


Bild 3 a) Spektrum des Leuchtdichtesignals (Prinzip)

b) Frequenzband des Leuchtdichtesignals mit Farbträger (Prinzip)

Nachdem zwischen simultaner und sequentieller Übertragung der Farbdifferenzsignale während einer Zeilendauer unterschieden wurde, sollen jetzt kurz einige der möglichen Übertragungsformen ihrem Prinzip nach aufgeführt werden:

NTSC-Farbfernsehsystem (National Television System Committee)
Übertragung der Farbdifferenzsignale simultan, Einschränkung der Farbauflösung nur in Zeilenrichtung.

Beide Farbdifferenzsignale werden einem Hilfsträger in Quadratur aufmoduliert (Ergebnis: Amplituden- und Phasenmodulation).

PAL-Farbfernsehsystem (Phase Alternation Line)

Übertragung der Farbdifferenzsignale simultan, Einschränkung der Farbauflösung nur in Zeilenrichtung.
Beide Farbdifferenzsignale werden einem Hilfsträger in Quadratur aufmoduliert, wobei ein Farbdifferenzsignal zeilenweise einen Phasenwechsel von 180° erfährt.

SECAM-Farbfernsehsystem (Séquentiel couleur à mémoire)

Übertragung der Farbdifferenzsignale sequentiell, Einschränkung der Farbauflösung in horizontaler und vertikaler Richtung.
Die Farbdifferenzsignale werden nacheinander (sequentiell) mit Hilfe der Frequenzmodulation übertragen.

2. Das SECAM-Farbfernsehsystem

Das im Jahre 1953 in den USA endgültig verabschiedete NTSC-System ist bezüglich der Übertragung der Farbsignale recht störungsanfällig - eine Eigenschaft, die verschiedene andere Vorschläge für die Farbfernsehübertragung hervorgebracht hat. Eine derartige Alternativlösung zur besseren Farbübertragung stellt das SECAM-Farbfernsehsystem dar. Das SECAM-Farbfernsehsystem ist ein Sequenzsystem, bei dem die beiden Farbdifferenzsignale mit Zeilensequenz abwechselnd hintereinander übertragen werden. Hier macht man von der Tatsache Gebrauch, daß sich die Bildinhalte in aufeinanderfolgenden Zeilen nur wenig ändern, so daß man die neben der Leuchtdichte übertragenen Zusatzinformationen für die Farbe auch in zwei Zeilen nacheinander übertragen kann. Auf diese Weise wird der Farbhilfsträger zeilenweise wechselnd einmal mit dem Farbdifferenzsignal D'_R und dann mit dem Farbdifferenzsignal D'_B moduliert. Da der Farbhilfsträger jeweils nur mit einem Farbdifferenzsignal moduliert zu werden braucht, kann man die störungsunempfindlichere Frequenzmodulation zur Übertragung der Farbdifferenzsignale anwenden. Der Hauptvorteil des SECAM-Farbfernsehsystems besteht darin, daß sich die auf dem Übertragungswege möglichen Phasenfehler nicht als Farbfehler auswirken können. Außerdem ergeben sich gegenüber anderen Systemen ein einfacherer Aufbau des Farbfernsehempfängers und Vorteile bei der Bandaufzeichnung.

In Bild 4 ist das vereinfachte Prinzip der zeilensequenten Übertragung der beiden Farbdifferenzsignale dargestellt. Senderseitig stehen die drei Farbsignale aus den drei Primärfarben zur Verfügung, aus denen in einer Matrixschaltung das Leuchtdichtesignal Y und die zwei Farbdifferenzsignale (R - Y) und (B - Y) gebildet werden. Eine Codierstufe sorgt durch eine Umschaltung dafür, daß zu jeweils einer Zeile immer nur ein Farbdifferenzsignal dem Frequenzmodulator des Senders zugeführt wird. Zur Veranschaulichung wollen wir eine beliebige Zeile n betrachten. Als Farbdifferenzsignal ist nur (R - Y) vorhanden. In der folgenden (Zeilensprung-) Zeile n + 1 steht neben dem Y-Leuchtdichtesignal nur das Farbdifferenzsignal (B - Y) zur Verfügung. In der nächsten Zeile ist als Farbdifferenzsignal nur (R - Y) vorhanden. Der jeweils mit dem zeilenweise vorhandenen Farbdifferenzsignal frequenzmodu-

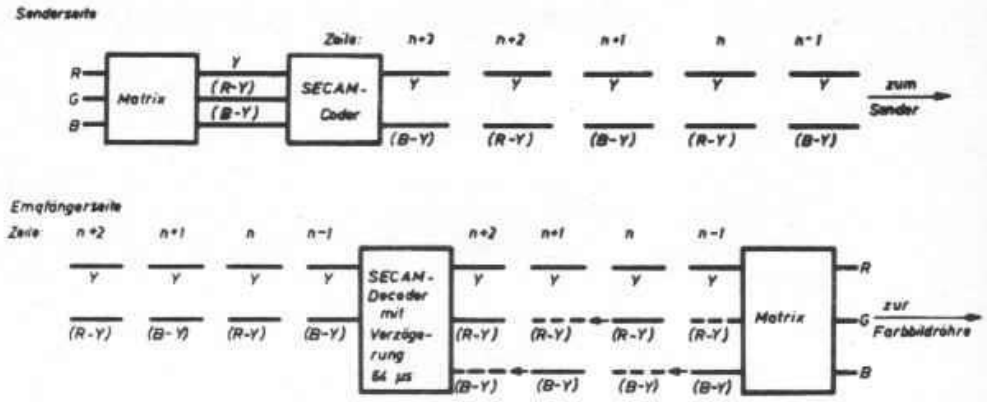


Bild 4 Prinzip einer zeilensequenten Übertragung der Farbdifferenzsignale

lierte Farbträger wird mit dem Leuchtdichtesignal zusammengeführt und dem Sender zugeleitet.

Auf der Empfängerseite befindet sich ein Decoder mit einer Laufzeitleitung. Die Verzögerungszeit in der Laufzeitleitung beträgt 64 µs; es kann also immer ein Signal für die Dauer einer Zeile gespeichert werden. Für die Zeile n werden direkt vom Sender das Leuchtdichtesignal Y und das Farbdifferenzsignal (R - Y) geliefert. Der Decoder stellt zur weiteren Signalverarbeitung jedes Farbdifferenzsignal einmal direkt zur Verfügung und legt es zum anderen gleichzeitig an die Laufzeitleitung an. Auf diese Weise sind zur Zeit der Zeile n neben dem direkt übertragenen Farbdifferenzsignal (R - Y) auch noch das von der Laufzeitleitung bereitgestellte Farbdifferenzsignal (B - Y) der vorhergehenden Zeile vorhanden. Während in der Bildröhre die Zeile n geschrieben wird, speichert die Laufzeitleitung das (R - Y)-Signal und stellt es noch einmal für die folgende Zeile n + 1 bereit. Diese Zeile erhält das (B - Y)-Signal direkt vom Sender, während das (R - Y)-Signal von der Laufzeitleitung kommt. Somit stehen für jede Zeile zwei Farbdifferenzsignale und ein Leuchtdichtesignal zur Verfügung. Das in der Laufzeitleitung gespeicherte Farbdifferenzsignal liefert also immer die bei der Codierung im Sender unterdrückte zweite Information über die Farbe.

Nachdem nun die zeilensequentielle Übertragung der Farbdifferenzsignale beim SECAM-System prinzipiell erläutert wurde, sollen einige detailliertere Angaben über dieses System folgen. Die Angaben entsprechen den Spezifikationen für das System SECAM III opt.

Das Leuchtdichtesignal wird wiederum aus den drei Primärfarben gebildet und hat folgende Zusammensetzung:

$$Y = 0{,}30\ R + 0{,}59\ G + 0{,}11\ B$$

Die Gammakorrektur wird mit einem Wert für Gamma von 2,2 durchgeführt. Aus

dem Leuchtdichtesignal und den Primärfarben werden die Farbdifferenzsignale wie folgt gebildet:

$$D_R = -1{,}9\ (R - Y)$$
$$D_B = 1{,}5\ (B - Y)$$

Die Koeffizienten für die Farbdifferenzsignale wurden so gewählt, damit ein möglichst großer Frequenzhub zu einer störungsfreien Signalübertragung führt. Entsprechend der verwendeten Frequenzmodulation des Farbträgers äußern sich die Amplituden der Farbdifferenzsignale in der Größe des Frequenzhubes. Ein größerer Frequenzhub führt zu einer störungsfreien Signalübertragung und liefert gleichzeitig einen geringen Hilfsträgeranteil.

Die Farbdifferenzsignale werden vor der Frequenzmodulation auf eine Bandbreite von ca. 1,5 MHz begrenzt. Damit man aber auch im oberen Frequenzbereich noch einen ausreichenden Frequenzhub erhält, muß - ähnlich wie beim FM-Rundfunk - eine Höhenanhebung (Preemphasis) vorgenommen werden. Diese Höhenanhebung dient zur Verbesserung der Frequenzmodulation.

Die Frequenz des SECAM-Farbträgers ist nicht an die Lücken des sich um die Zeilenfrequenz gruppierenden Leuchtdichtesignals gebunden, da eine frequenzmodulierte Schwingung durch Amplitudenbegrenzung von einer auftretenden Amplitudenmodulation befreit werden kann. Der Farbträger wird starr mit der Zeilenfrequenz verkoppelt, damit Störmuster nicht bewegt erscheinen. Er ist daher ein geradzahliges Vielfaches der Zeilenfrequenz. Zur Modulation der Farbdifferenzsignale werden zwei Farbträger verwendet. Die eine Farbträgerfrequenz entspricht dem 282fachen der Zeilenfrequenz (4,40625 MHz) und wird mit dem D_R-Signal moduliert. Die andere Farbträgerfrequenz entspricht dem 272fachen der Zeilenfrequenz (4,25000 MHz) und erhält das D_B-Signal aufmoduliert. Ein Offset (Frequenzverschiebung zwischen dem Vielfachen der Zeilenfrequenz und der Farbträgerfrequenz) existiert also nicht. Um eine ausreichende Störkompensation zu erreichen, werden die Farbträger zusätzlich noch zeilenweise in der Phase umgeschaltet. Diese relativ kompliziert erscheinende Wechselwirkung der Farbträgerfrequenzen mit den Farbdifferenzsignalen hat den Zweck, die Kompatibilität des SECAM-Farbfernsehens mit dem Schwarzweiß-Fernsehen zu verbessern und dadurch die Beeinträchtigung des Schwarzweiß-Fernsehbildes durch die Farbträger zu verringern. Es stehen sich also in aufeinanderfolgenden Zeilen Störmuster ("Perlenschnüre") mit einer unterschiedlichen Anzahl von "Perlen" gegenüber, wobei einmal 10 mehr und dann wieder 10 weniger vorhanden sind. Zusätzlich verändert diese Perlenstruktur noch ihre Polarität. Dieses recht komplizierte Raster wiederholt sich nach 12 Halbbildern.

Weitere Probleme ergeben sich durch die im SECAM-Farbfernsehsystem verwendete Frequenzmodulation. Im Schwarzweißbild (Kompatibilität) macht sich das Vorhandensein der Farbträger unangenehm bemerkbar. Aus diesem Grunde ist ein Modulationsverfahren angebracht, das möglichst keinen Trägeranteil ergibt. Beim SECAM-Farbfernsehsystem ist infolge der Frequenzmodulation eine Trägerunterdrückung wie bei einer Amplitudenmodulation mit unterdrücktem Träger nicht möglich. Bei der Frequenzmodulation erreicht der Träger gerade im unmodulierten Zustand seine größte Amplitude und erst mit zunehmendem Hub wächst die in den Seitenbändern übertragene Energie. Daraus ergibt sich,

daß der Farbträger um so weniger auffällt, je größer die Farbsättigung wird. Eine große Farbsättigung ist aber ein relativ seltener Fall, da bekanntlich die wenig gesättigten Farben überwiegen. Man muß also versuchen, der Frequenzmodulation ähnliche Eigenschaften zu geben wie der Amplitudenmodulation mit unterdrücktem Träger.

Eine Maßnahme, die Trägeramplitude klein zu halten und dadurch mehr Energie in die die Information übermittelnden Seitenbänder zu stecken, ist die Verwendung von Koeffizienten der Farbdifferenzsignale mit Werten größer als 1. Dadurch tritt bereits bei geringen Farbsättigungen ein größerer Frequenzhub auf. Ein großer Frequenzhub hat aber eine wachsende Anzahl von Seitenbändern zur Folge, die mit übertragen werden müssen. Durch die zur Verfügung stehende Bandbreite für die Farbdifferenzsignale sind hier bestimmte Grenzen gezogen. Aus diesem Grunde ist dem Modulationsbereich für die beiden Farbträger besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Eine weitere Maßnahme zur Verringerung der Farbträger ist eine geeignet dimensionierte Saugkreisschaltung für das modulierte Signal. Die Selektionskurve dieser Saugkreisschaltung ähnelt der Kurvenform einer auf den Kopf gestellten Glocke und wird als "Gegenglocke" (anticloche) bezeichnet. Die Mittenfrequenz liegt unsymmetrisch zu den zwei Farbträgerfrequenzen bei ca. 4,3 MHz, das Minimum ist entsprechend flach (Bild 5). Der Farbträger wird also nicht mit der vollen Amplitude gesendet.

Durch die genannten Maßnahmen erreicht man beim SECAM-Farbfernsehsystem eine gute Kompatibilität. Das senderseitige selektive Aussieben der Träger nach der Modulation wird im Empfänger durch die sogenannte Glockenschaltung wieder korrigiert. Auf diese Weise wird die volle Amplitude des Farbträgers wieder hergestellt.

Die beiden Farbträger sind - wenn auch mit geringer Amplitude - ständig vor-

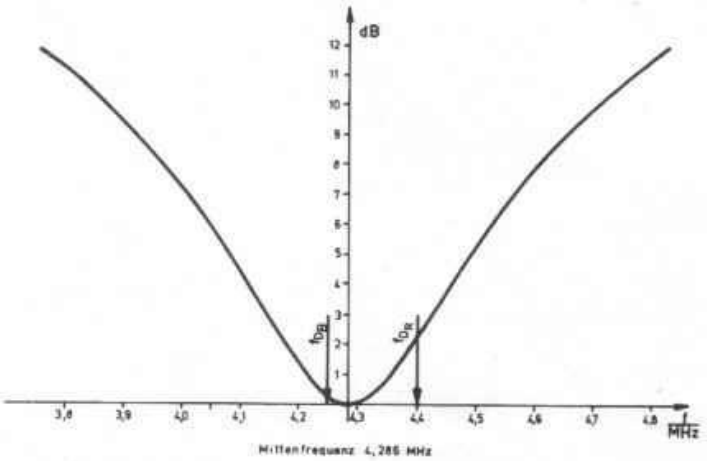


Bild 5 Kurvenverlauf für die Verringerung der Farbträger

handen, und ein Farbsynchronsignal ist überflüssig. Eine Synchronisation der Zeilenumschaltung ist jedoch notwendig. Hierzu dienen Impulse von etwa einer Zeilendauer über 9 Zeilen zu Beginn der Teilbilder. Die Synchronzeichen werden den Farbträgern in Frequenz und in Amplitude aufmoduliert. Der Wechsel für das D_R-Signal wird durch positiv gerichtete, trapezförmige Impulse (und Frequenzanstieg) und der für das D_B-Signal durch negativ gerichtete, trapezförmige Impulse (und Frequenzabfall) synchronisiert. Infolge der ungeraden Zeilenanzahl des Fernsehbildes wechselt auch die Zuordnung von D_R und D_B bezüglich der Zeilen. So wird beispielsweise in den Halbbildern 1 und 2 D_R während der geradzahligen Zeilen und D_B während der ungeradzahligen Zeilen übertragen. In den Halbbildern 3 und 4 ist es umge-

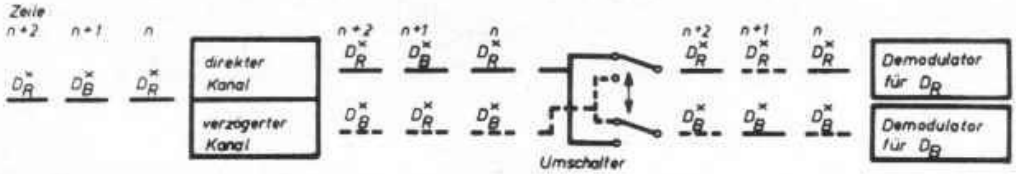


Bild 6 Prinzip für die Aufhebung der Zeilensequenz

gekehrt. Zur Veranschaulichung der prinzipiellen Verhältnisse bei der Synchronisation soll Bild 6 dienen. Vom Sender kommen in sequentieller Folge die Signale D_R^x und D_B^x an. Der hochgestellte Buchstabe x soll andeuten, daß es sich um geträgerte Farbdifferenzsignale handelt. Nach der Laufzeitleitung stehen die sequentielle Signalfolge und die entsprechend verzögerten Signale zur Verfügung. Der Empfänger verfügt über einen Demodulator für das D_R^x-Signal und über einen Demodulator für das D_B^x-Signal. Die verzögerten und unverzögerten Signale stehen in Trägerfrequenzlage an zwei Ausgängen zur Verfügung und müssen an die richtigen Demodulatoren geschaltet werden. Das besorgt ein doppelpoliger Umschalter, der die Signale so sortiert, daß diese ständig an die richtigen Demodulatoren gelangen. Der Takt für diese Umschaltung wird mit Hilfe der Synchronimpulse am Anfang eines jeden Halbbildes geliefert.

Nunmehr sind wir in der Lage, das in Bild 4 angegebene Prinzip zu vervollständigen (Bild 7). Bild 7 oben zeigt die Signalaufbereitung auf der Senderseite. Aus den Signalen der drei Grundfarben R, G und B werden in der Matrix das Leuchtdichtesignal Y und zwei Farbdifferenzsignale D_R und D_B gebildet, die Bewertungskoeffizienten für (R - Y) und (B - Y) größer als 1 haben. Die Gammakorrektur wird in den Symbolen unberücksichtigt gelassen. Diese Farbdifferenzsignale erfahren zur Verbesserung der Frequenzmodulation eine Höhenanhebung. Es folgt eine Modulationsstufe, in der man die Farbdifferenzsignale auf zwei verschiedene Farbträger nach der Frequenzmodulation aufmoduliert. Mit Hilfe eines Umschalters ergibt sich eine zeilen-

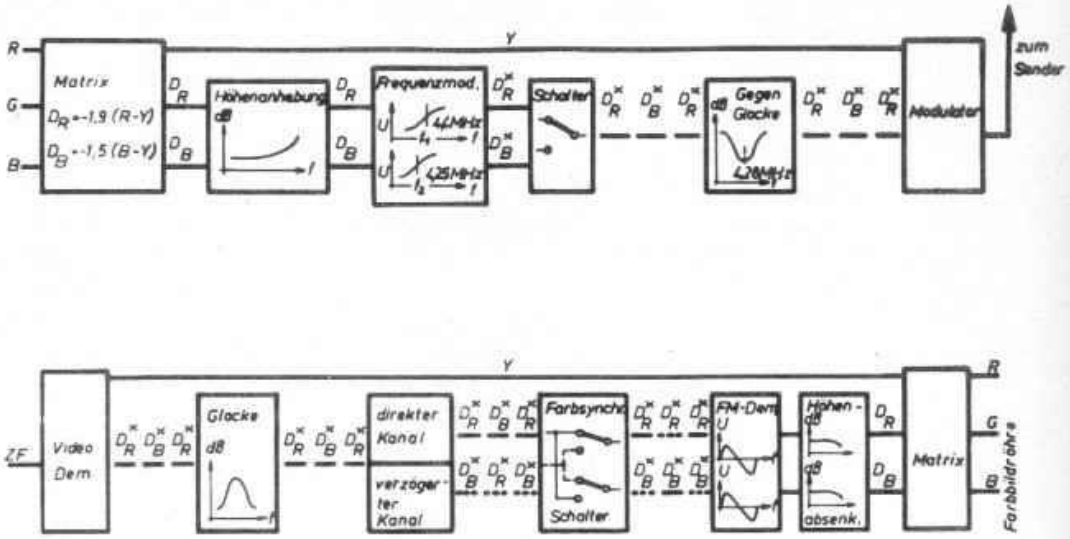


Bild 7 Prinzip des Farbfernsehsystems SECAM III

sequente Staffelung der Signale D_R^x und D_B^x. In einer sich anschließenden Schaltung (Gegenglocke) werden die Farbträgerfrequenzen reduziert. Die so verarbeiteten Farbdifferenzsignale werden zusammen mit dem Leuchtdichtesignal und dem Tonsignal einer Frequenz im UHF-Bereich entsprechend der vorliegenden Fernsehnorm aufmoduliert.

Empfängerseitig (Bild 7 unten) erhält man nach der Videodemodulation das Leuchtdichtesignal und die beiden geträgerten Farbdifferenzsignale, die die **sogenannte Glockenschaltung durchlaufen. Eine Verzögerungsleitung macht die Zeilensequenz der Farbinformationen wieder rückgängig. Es liegen nun D_R^x und D_B^x zeitlich gestaffelt zweimal vor, und zwar einmal original und einmal um** eine Zeilendauer versetzt. Ein sich anschließender doppelpoliger Umschalter sortiert die zeitlich verschachtelten Signale in eine voneinander getrennte D_R^x- und D_B^x-Folge. Diese Umschaltung wird durch Synchronsignale am Anfang der Halbbilder gesteuert. Es folgen je Kanal eine Amplitudenbegrenzung, eine Frequenzdemodulation und die Absenkung der hohen Frequenzen. Die wiedergewonnenen videofrequenten D_R- und D_B-Signale werden zusammen mit dem Leuchtdichtesignal einer Matrix zugeführt, die die Farbsignale entsprechend den drei Grundfarben liefert.

In Bild 8 ist das vereinfachte Blockschaltbild eines SECAM-Farbfernsehempfängers dargestellt. Prinzipiell kann man das Blockschaltbild in drei Gruppen von Empfängerstufen einteilen:

- Empfängerstufen, die weitgehend mit denen eines Schwarzweiß-Fernsehempfängers übereinstimmen, wie z. B. Tuner, ZF-Verstärker, Videoverstärker (Leuchtdichtesignalverstärker), **Ton-Differenzfrequenz-Verstärker, NF-Verstärker (oberer Teil des Bildes)**

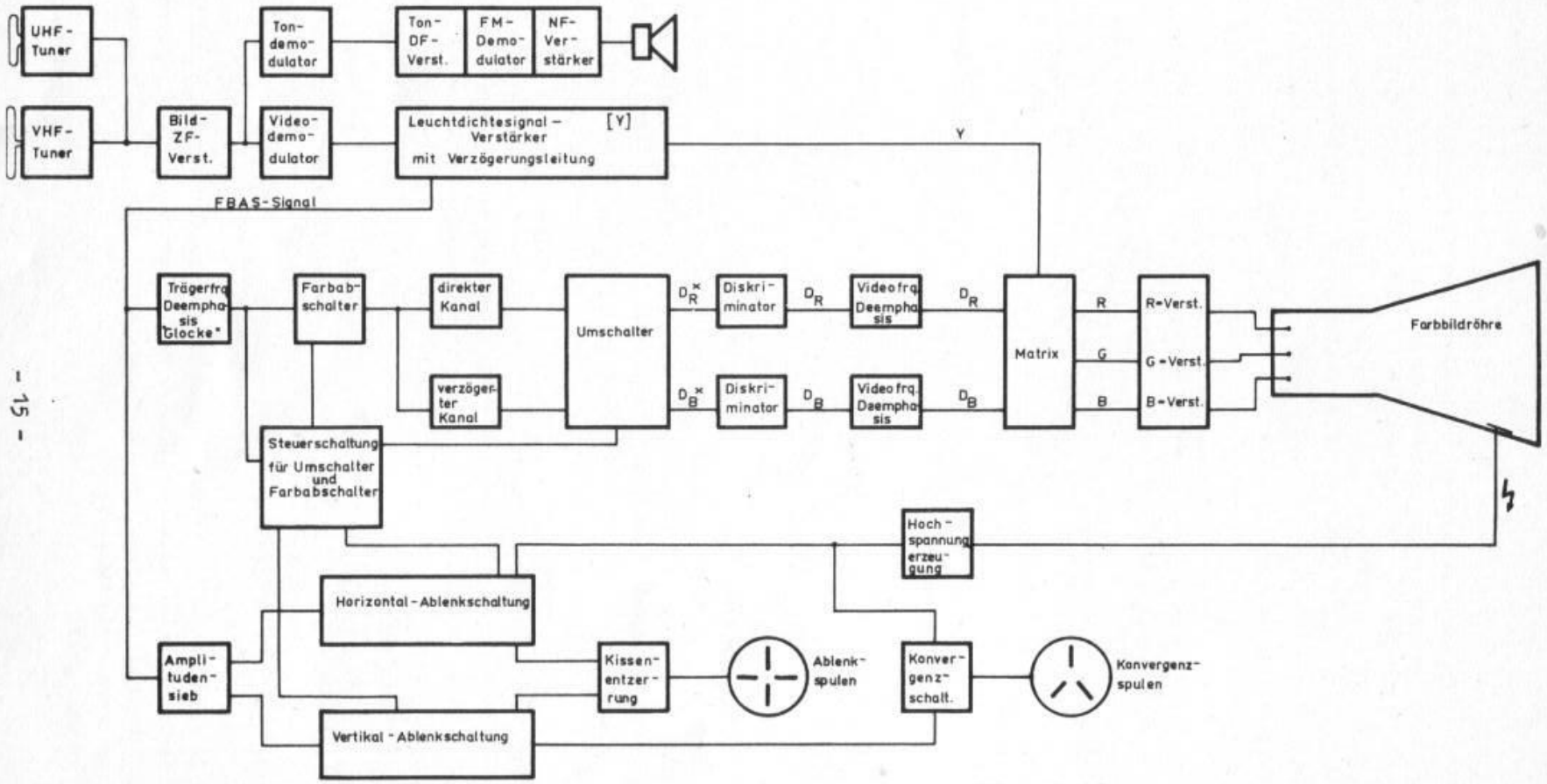


Bild 8 Vereinfachtes Blockschaltbild eines SECAM-Farbfernsehempfängers

- Empfängerstufen, die zur Verarbeitung der übertragenen Farbinformationen dienen, wie z. B. Verzögerungsleitung, SECAM-Decoder, Matrix (mittlerer Teil)
- Empfängerstufen, die zur geometrisch richtigen Ablenkung der Elektronenstrahlen auf dem Bildschirm der Farbbildröhre dienen, wie z. B. Vertikal- und Horizontalablenkschaltung, Hochspannungserzeugung, Konvergenzeinheit (unterer Teil).

Das Eingangssignal wird im Tuner hochfrequent verstärkt und durch eine Mischung in den Zwischenfrequenzbereich umgesetzt. Auf den Tuner folgt der für Bild- und Ton-ZF-Träger gemeinsame Verstärker. Beide Baugruppen, der ZF-Verstärker und der Tuner, sind in ihrer Verstärkung automatisch regelbar. Die Ausgangsspannung des ZF-Verstärkers gelangt an zwei Demodulatoren. Der eine Demodulator liefert die Ton-Differenzfrequenz von 5,5 MHz. Der zweite Demodulator (Videodemodulator) stellt das gleichgerichtete FBAS-Signal zur Verfügung. Die Bezeichnung FBAS-Signal deutet darauf hin, daß ein komplettes Farbfernsehsignal vorliegt. Es enthält die Farbinformation, die Leuchtdichteinformation, die Austast- und Synchronsignale.

Der Tonkanal besteht wie bei jedem Schwarzweiß-Fernsehempfänger aus einem Ton-DF-Verstärker, dem FM-Demodulator, dem NF-Verstärker und einem Lautsprecher.

Das vom Videodemodulator gelieferte FBAS-Signal wird in zwei Kanäle aufgespaltet. Im ersten Kanal wird es als Leuchtdichtesignal weiterverarbeitet, und im zweiten Kanal werden aus ihm die Farbdifferenzsignale zurückgewonnen.

Zuerst wollen wir den Kanal der Leuchtdichtesignalverstärkung (Y-Verstärker) verfolgen. Der Y-Verstärker verstärkt das Y-Signal auf eine derartige Größe, daß das Signal entweder direkt zur Ansteuerung der Farbbildröhre verwendet oder an die Matrix angelegt werden kann. Er enthält eine Verzögerungsleitung, da das Leuchtdichtesignal durch die größere Bandbreite des Y-Verstärkers eine geringere Verzögerung erfährt als die Farbdifferenzsignale bei ihrer Rückgewinnung.

Der zweite Kanal führt zu den Stufen, die die Farbinformation verarbeiten. Sie haben die Aufgabe, das modulierte Farbträgersignal F aus dem FBAS-Signal herauszusondern, die sequentielle Folge der geträgerten Farbdifferenzsignale in eine simultane Folge umzuwandeln, die geträgerten Farbdifferenzsignale zu demodulieren und den Farbkanal beim Empfang einer Schwarzweiß-Fernsehsendung zu sperren.

Das FBAS-Signal gelangt zur HF-Deemphasis ("Glocke"). Es folgt der sogenannte Farbabschalter, der den Farbkanal beim Empfang von Schwarzweiß-Sendungen sperrt. Nach dem Farbabschalter wird der Signalverlauf in einen direkten und in einen verzögerten Kanal aufgeteilt.

Im verzögerten Kanal befindet sich eine Laufzeitleitung, die das Signal für eine Zeitdauer von 64 µs verzögert. Der nachfolgende elektronische Umschalter hat die Aufgabe, die in den beiden Kanälen wechselweise ankommenden geträgerten Farbdifferenzsignale D_B^x und D_R^x so zu schalten, daß an einem Aus-

gang des Decoders nur D_R^x und am anderen nur D_B^x erscheint. Die Aufteilung in einen direkten und einen verzögerten Kanal und die Umschaltung auf die beiden Ausgänge liefert aus der sequentiellen Folge eine simultane Folge. Der Umschalter wird von einer Schaltung gesteuert, an die u. a. Impulse aus der Horizontalablenkschaltung angelegt werden. Nach dem Umschalter folgen in beiden Kanälen je ein Begrenzer und je ein Diskriminator. Die Diskriminatoren sind auf die beiden Farbträgerfrequenzen abgestimmt. Weiterhin befindet sich in jedem Kanal eine Video-Deemphasis, die die entsprechende Anhebung auf der Senderseite entzerrt. Am Ausgang stehen nun die beiden demodulierten Farbdifferenzsignale D_R und D_B zur Verfügung. Die Empfängerstufen von der Glockenschaltung bis zur videofrequenten Deemphasis werden zusammen auch als SECAM-Decoder bezeichnet.
Das Leuchtdichtesignal Y und die beiden Farbdifferenzsignale D_R und D_B werden der Matrixschaltung zugeführt, die aus dem Leuchtdichtesignal und den Farbdifferenzsignalen die Primärfarbsignale Rot, Blau und Grün herstellt. Auf die Matrixschaltung folgen je ein Verstärker für die drei Farbsignale. Diese drei Verstärker steuern die drei Katoden der Farbbildröhre mit den Farbsignalen an.

Zur Synchronisierung der Generatoren für die horizontale und vertikale Ablenkung ist wie bei einem Schwarzweiß-Fernsehempfänger die Abtrennung des Synchronsignals vom FBAS-Signal notwendig. Weiterhin müssen die Vertikalimpulse aus den Zeilensynchronimpulsen herausgelöst werden. Dies erfolgt im Amplitudensieb (Impulsabtrennstufe). Die im Amplitudensieb vom Bildinhalt befreiten Synchronimpulse steuern die Oszillatoren für die Vertikal- und Horizontalablenkung. Neu gegenüber einem Schwarzweiß-Fernsehempfänger sind die Konvergenzkorrektur, die elektronische Kissenentzerrung des Bildrasters und eine gesonderte Hochspannungserzeugung hinzugekommen. Obwohl das Prinzip der Ablenkung unverändert beibehalten wurde und die Farbbildröhre nur einen Ablenkwinkel von 90° hat, werden von den Endstufen für die Horizontal- und Vertikalablenkung höhere Leistungen gefordert als beim Schwarzweiß-Fernsehempfänger. Der Helligkeitsverlust durch die Lochmaske in der verwendeten Farbfernsehröhre erfordert eine erhöhte Anodenspannung (25 kV) und einen vergrößerten Strahlstrom. Hinzu kommen noch Belastungen durch die Konvergenz- und Kissenentzerrung.

3. Der Farbfernsehempfänger R-F-T COLOR 20

Der Farbfernsehempfänger R-F-T COLOR 20 ist für den Empfang von Farbfernsehsendungen nach dem Farbfernsehsystem SECAM-III und von Schwarzweiß-Sendungen in den Empfangsbereichen I, III und IV eingerichtet. Die Sendungen in den Bereichen I und III werden nach dem CCIR-Standard B und die im Bereich IV nach dem CCIR-Standard G ausgestrahlt. Die Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Hauptparameter beider Standards. Der Unterschied wird im wesentlichen durch die größere Kanalbreite (8 MHz) im Standard G offensichtlich.

Der Farbfernsehempfänger COLOR 20 ist - abgesehen von 3 Gleichrichterröhren (EY 51) zur Hochspannungserzeugung - vollständig mit Halbleiterbauelementen (66 Transistoren, 57 Dioden, 6 Selengleichrichter) bestückt. Diese Tat-

	CCIR-Standard	Zeilen	Videobandbreite	Bild-/Tonträgerabstand	Bildmodulation	Tonmodulation	Kanalbreite	Bild-/Tonträgerleistung
Band I, III	B	625	5 MHz	5,5 MHz	AM, neg.	FM	7 MHz	5 : 1
Band IV, V	G	625	5 MHz	5,5 MHz	AM, neg.	FM	8 MHz	10 : 1

Tab. 1 - CCIR- Standard B und G

sache unterstreicht - im internationalen Maßstab gesehen - den hohen technischen Stand des Farbfernsehempfängers. Durch die Bestückung mit Halbleiterbauelementen ergeben sich eine geringe Leistungsaufnahme (160 W) und eine hohe Zuverlässigkeit.

Im Farbfernsehempfänger COLOR 20 wird als Farbbildröhre die implosionsgeschützte Lochmaskenbildröhre 59 LK 3 Z aus sowjetischer Produktion eingesetzt. Die Bildschirmdiagonale ist 59 cm. Der Farbfernsehempfänger ist in seiner äußeren Gestaltung zweckmäßig und modern aufgebaut. Seitlich der Farbbildröhre befindet sich der nach vorn abstrahlende Lautsprecher (extremoval). Bild 9 zeigt als Skizze die Vorderansicht des Farbfernsehempfängers R-F-T COLOR 20. Links von der Bildröhre erkennt man die Lautsprecherabdeckung, rechts das Bedienungsfeld mit übereinander angeordneten Bedienungselementen.

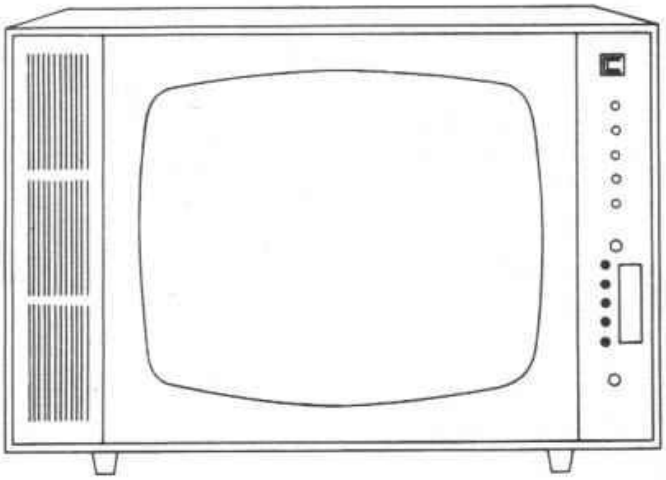


Bild 9 Vorderansicht des Farbfernsehempfängers R-F-T COLOR 20

Die Bedienung des Farbfernsehempfängers COLOR 20 unterscheidet sich nicht wesentlich von der eines Schwarzweiß-Fernsehempfängers. Die Abstimmung, die nach dem besten Farbbild erfolgen sollte, wird von der automatischen Frequenzregelung nach Betätigung der entsprechenden Taste im Bedienungsfeld übernommen. Neu ist eine Einstellmöglichkeit für den Farbkontrast, mit der die Sättigung der Farben verändert werden kann.

Der prinzipielle Signalverlauf im Farbfernsehempfänger R-F-T COLOR 20 wird mit Hilfe der Blockschaltung in Bild 10 erläutert.

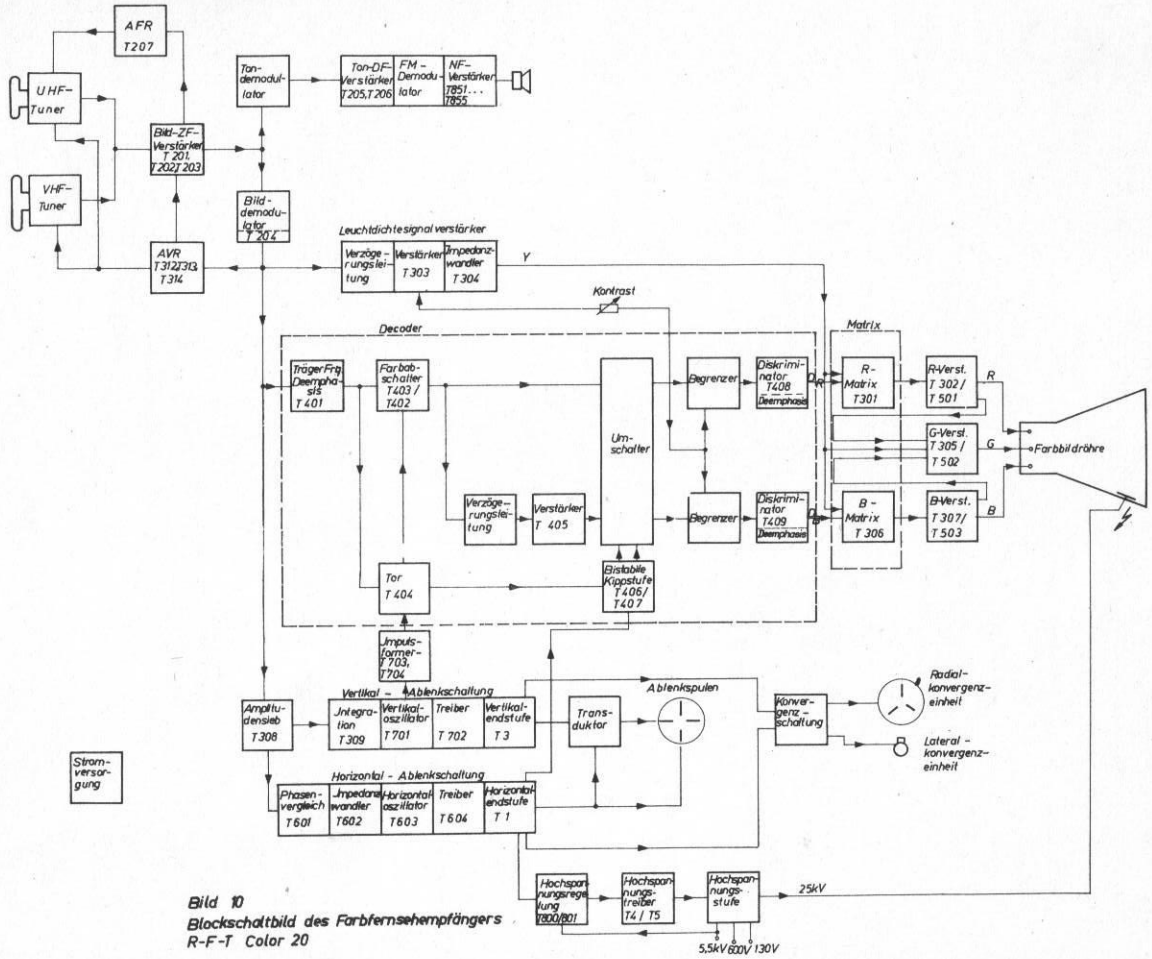


Bild 10
Blockschaltbild des Farbfernsehempfängers R-F-T Color 20

VHF- und UHF-Tuner

Die Empfangssignale werden von der VHF- bzw. UHF-Antenne über zwei getrennte Antennenbuchsen an den VHF- bzw. UHF-Tuner geführt. Die Tuner haben die Aufgabe, den Farbfernsehempfänger auf die Empfangsfrequenz im entsprechenden Bereich abzustimmen, die Empfangssignale zu verstärken und in den Zwischenfrequenzbereich umzusetzen.

Der kapazitiv mit einem Drehkondensator durchstimmbare VHF-Tuner besteht aus einer Vorstufe, einer Misch- und einer Oszillatorstufe. In der Vorstufe erfolgt die erste Verstärkung des Empfangssignals. Diese Stufe bewirkt vor allem eine hohe Empfindlichkeit durch Verbesserung des Signalrauschverhältnisses. In der Mischstufe wird das Empfangssignal (Band I und III) in den ZF-Bereich durch additive Mischung umgesetzt.

Der UHF-Tuner besteht aus einer Vorstufe, einer selbstschwingenden Mischstufe und einer ZF-Stufe. Die ZF-Stufe gleicht den Verstärkungsunterschied des UHF-Tuners gegenüber dem VHF-Tuner aus. Damit stehen an den Ausgängen etwa gleiche Signalpegel zur Verfügung. Der UHF-Tuner ist in $\lambda/2$-Technik aufgebaut und - wie der VHF-Tuner - auch mit Transistoren bestückt. Beide Tuner sind in ihrer Verstärkung regelbar. Der UHF-Tuner wird außerdem noch mit einer Kapazitätsdiode nachgestimmt.

Bild-ZF-Verstärker und automatische Frequenzregelung

Durch einen Umschalter kann man den VHF- oder UHF-Tuner an den ZF-Verstärker anschließen. Der für hohe Verstärkung, große Bandbreite und gutes Regelverhalten ausgelegte ZF-Verstärker besteht aus drei Stufen (T 201, T 202 und T 203). Aus der dritten ZF-Stufe wird selektiv der Bildträger zur automatischen Frequenzregelung (AFR) ausgekoppelt, in einer Regelstufe (T 207) begrenzt und verstärkt und einem Diskriminator zugeführt. Die vom Diskriminator erzeugte Regelspannung gelangt an die Kapazitätsdiode im UHF-Tuner, die die Verstimmung des UHF-Tuners durch Erwärmung oder Betriebsspannungsschwankungen unter $\pm$ 100 kHz hält.

Bild- und Tondemodulator

Zur Demodulation des Bildträgers und zur Gewinnung des Differenztonträgers werden zwei getrennte Dioden verwendet. Der Einsatz von zwei Demodulatoren ist zur Vermeidung störender Intermodulationserscheinungen notwendig, die sich beispielsweise aus der Mischung des Differenztonträgers und des Farbträgers ergeben können. Der Bilddemodulator liefert das FBAS-Signal, das über den Impedanzwandler T 204 zur weiteren Verarbeitung bereitsteht.

Automatische Verstärkungsregelung (AVR)

Das SECAM-Farbfernsehsystem stellt hohe Anforderungen an die Signalkonstanz, die durch eine automatische Verstärkungsregelung gewährleistet wird. Die Schaltung für die getastete Verstärkungsregelung ist dreistufig aufgebaut (T 312, T 313 und T 314). Sie bewirkt den Ausgleich der Feldstärkeschwankungen des Empfangssignals und vermeidet dadurch Übersteuerungen, die zur

Verformung bzw. Beschneidung der Synchronsignale führen. Für die Tuner wird eine verzögerte getastete Regelung verwendet, die erst bei Eingangsspannungen von ca. 1 mV einsetzt.

Tonteil

Der aus Ton-Differenz-Verstärker, FM-Demodulator und NF-Verstärker bestehende Tonteil entspricht dem eines Schwarzweiß-Fernsehempfängers. Die Ausgangsleistung des eisenlosen NF-Endverstärkers beträgt 2,5 W. Der NF-Verstärker ist mit den Transistoren T 851 ... T 855 bestückt.

Leuchtdichtesignalverstärker (Y-Verstärker)

Nach dem Impedanzwandler T 204 schließt sich der Leuchtdichtesignalverstärker an, der eine Verzögerungsleitung und zwei Transistorstufen (T 303, T 304) enthält. Die Verzögerungsleitung verzögert das Y-Signal um ca. 0,8 µs. Bei der Einstellung des Kontrastes wird mit einem Drehwiderstand die Verstärkung der Stufe T 303 verändert. Der Kontrastregler ist ein Tandem-Potentiometer und wirkt gleichzeitig mit auf die Farbdifferenzsignale ein. Der Y-Verstärker enthält weiterhin eine Farbträgerfalle, die abgeschaltet werden kann. Die Stufe T 304 ist ein Impedanzwandler.

Decoder

Das FBAS-Signal gelangt im Decoder zuerst an die trägerfrequente Deemphasis ("Glocke", T 401), die die senderseitig vorgenommene Preemphasis zur Verbesserung des Rauschabstandes und zur Verringerung des Farbträgers kompensiert. Die nächste Stufe (T 403) begrenzt das an ihr anliegende Signal und sperrt die weitere Signalverarbeitung (Farbabschalter) beim Empfang von Schwarzweiß-Sendungen. T 403 und T 402 bilden eine bistabile Schaltung. T 403 ist zu Beginn des Vertikalrücklaufs gesperrt. Zum Öffnen von T 403 dient die Torschaltung mit T 404, die ihrerseits durch einen Impuls aus dem Vertikaloszillator aufgetastet wird. Weiterhin liegt an diesem Tor auch der Farbträger an, der während der Vertikalaustastung Kennimpulse aufweist. Diese Kennimpulse öffnen nach selektiver Gleichrichtung über T 402 die Stufe T 403 und geben somit die weitere Signalverarbeitung frei. Die Kennimpulse fehlen in einer Schwarzweiß-Sendung, so daß T 403 gesperrt bleibt.

Nach dem Transistor T 403 erfolgt eine Aufteilung des Signalverlaufes in einen direkten und in einen verzögerten Kanal. Der direkte Kanal führt sofort zum Umschalter. Im verzögerten Kanal befinden sich eine Laufzeitleitung, die das Signal für eine Zeitdauer von 64 µs verzögert, und ein Verstärker (T 405) zum Ausgleich der Dämpfung in der Verzögerungsleitung.

Der Umschalter ist mit vier Dioden bestückt und wird von einem bistabilen Multivibrator (T 406, T 407) angesteuert, der seinerseits vom Zeilenrücklaufimpuls geschaltet wird. Für die richtige Synchronisation der Umschaltung sorgen die von der Torschaltung (T 404) bereitgestellten Steuerimpulse. Sie bewirken bei falscher Schaltphase des Umschalters eine zusätzliche Umschaltung. An einem Ausgang des Umschalters steht das geträgerte Farbdif-

ferenzsignal D_R^x, am anderen das geträgerte Farbdifferenzsignal D_B^x zur Verfügung.

Der Begrenzungspegel der sich anschließenden beiden Begrenzer läßt sich mit Hilfe des Kontrastreglers beeinflussen (s. auch Leuchtdichtesignalverstärker). Die Diskriminatoren (T 408, T 409) sind jeweils auf die richtige Farbträgerfrequenz abgestimmt (D_R^x: 4,406 MHz, D_B^x: 4,250 MHz). An ihren Ausgängen erscheinen die beiden Farbdifferenzsignale D_R und D_B. An die Konstanz der Diskriminatoren werden besonders hohe Anforderungen gestellt. Auf die beiden Diskriminatoren folgt in jedem Kanal eine Video-Deemphasis, die die entsprechende Anhebung auf der Senderseite entzerrt.

Matrix, RGB-Verstärker

Die Matrix hat die Aufgabe, aus dem Leuchtdichtesignal Y und den beiden Farbdifferenzsignalen D_R und D_B (entsprechend R-Y und B-Y ohne Koeffizienten) die Farbsignale R, G und B zu bilden, die anschließend getrennt in je einem Verstärker auf eine zur Ansteuerung der Katoden der Farbbildröhre geeignete Spannung verstärkt werden.

Die Farbsignale R und B entstehen an den Kollektoren von T 301 und T 306, G entsteht an der Basis von T 305, wobei R und B von den Endstufen zurückgeführt werden. Das Y-Signal wird zur RGB-Gewinnung niederohmig von T 304 bereitgestellt. Zur Ansteuerung der Endstufen T 501, T 502 und T 503 ist je eine Treiberstufe T 302, T 305 und T 307 vorhanden.

Da die Übertragung des Schwarzwertes erforderlich ist, wird am Eingang jeder Endstufe eine Signalklemmung auf den Schwarzwert (Austastpegel) mit Hilfe von Dioden vorgenommen.

Amplitudensieb

Das FBAS-Signal gelangt nach dem Impedanzwandler T 204 auch zum Amplitudensieb, das die Synchronsignale vom FBAS-Signal abtrennt und sie in Horizontal- und Vertikalsynchronimpulse aufspaltet.

Das Amplitudensieb ist mit dem Transistor T 308 und der Diode Gr 306 bestückt und arbeitet als modifizierte Audionschaltung.

Vertikalablenkschaltung

Zur Synchronisation des Vertikaloszillators (T 701) dient der Vertikalimpuls, der aus dem Synchronsignal des Amplitudensiebes abgeleitet wird. Vor dem Vertikaloszillator erfolgt eine Integration und Verstärkung (T 309) des Impulses. Der Vertikaloszillator arbeitet als Sperrschwinger. Die Treiberstufe (T 702) steuert die Endstufe (T 3) an, mit der die Ablenkspulen verbunden sind.

Horizontalablenkschaltung und Transduktor

Auf das Amplitudensieb folgt in der Horizontalablenkschaltung eine Phasenvergleichsstufe (T 601), die auch noch mit dem von der Horizontalendstufe zurückgeführten Impuls angesteuert wird. T 601 sorgt zusammen mit dem Impedanzwandler (T 602) für eine gute Synchronisation des Horizontaloszillators (T 603). Eine Treiberstufe (T 604) steuert die Horizontalendstufe (T 1) an. Die Horizontalendstufe arbeitet mit dem Leistungstransistor T 1 und einer Diode in Parallel-Spardioden-Schaltung. Das Ablenksystem ist direkt angeschlossen.

Die Versorgungsspannung für die Horizontalendstufe wird stabilisiert, damit die Bildbreite konstant bleibt. Gleichzeitig dient die Stabilisierung zur Rasterkorrektur (Kissenentzerrung) in horizontaler (Ost-West-)Richtung. Dazu moduliert man die stabilisierte Versorgungsspannung mit einer parabelförmigen Spannung, die aus dem vertikalen Ablenkstrom abgeleitet wird.

Die Korrektur in vertikaler (Nord-Süd-)Richtung erfolgt mit Hilfe des Transduktors, der in die vertikale Ablenkschaltung zeilenfrequente Parabelströme einspeist.

Konvergenz und Konvergenzeinheiten

Unter Konvergenz versteht man die deckungsgleiche Wiedergabe der drei Farbauszugsbilder, die ohne Korrekturmaßnahmen auf dem Bildschirm der Farbbildröhre unzulässig gegeneinander verschobene Teilbilder ergeben würden. Zur Gewährleistung der Konvergenz werden den Ablenkschaltungen Ströme und Spannungen entnommen, die über eine komplizierte Schaltung und über eine Spulenanordnung auf die drei Elektronenstrahlen in der Farbbildröhre einwirken. Die Einstellung der Konvergenz bleibt durch geeignete Maßnahmen ohne Einfluß auf die Rasterkorrektur.

Hochspannungserzeugung

Im Farbfernsehempfänger ist - im Gegensatz zu einem Schwarzweiß-Fernsehempfänger - eine von der Horizontalendstufe getrennte Hochspannungserzeugung notwendig. Das Wechselstromsignal des Hochspannungstreibers (T 4, T 5) wird in einem Transformator auf 8,3 kV transformiert. Es folgt eine Verdreifacherschaltung, die eine Hochspannung von ca. 25 kV bereitstellt. Aus der ersten Stufe der Verdreifacherschaltung wird mit Hilfe eines Spannungsteilers die Fokussierspannung für die Farbbildröhre abgeleitet. Der Strom im Spannungsteiler dient auch als Regelgröße für die Hochspannungsregelung (T 800, T 801), die auf den von der Horizontalendstufe entnommenen Ansteuerimpuls für den Hochspannungstreiber einwirkt.

Die Schirmgitterspannung für die Farbbildröhre (600 V) und die Versorgungsspannung für die RGB-Endstufen (130 V) werden mit Hilfe von Zusatzwicklungen auf dem Transformator erzeugt.

Stromversorgung

Die Stromversorgung enthält einen Netztransformator und zwei Gleichrichterbrücken, die die notwendigen Betriebsspannungen erzeugen. Außer der Hochspannungserzeugung und den NF-Endstufen erhalten alle Schaltungsstufen stabilisierte Versorgungsspannungen. Eine Entmagnetisierung der Farbbildröhre ist vorhanden.

4. Schaltungsbeschreibung des Farbfernsehempfängers R-F-T COLOR 20

4.1. VHF- und UHF-Tuner

VHF-Tuner

Der VHF-Tuner stimmt bis auf wenige Änderungen mit dem bereits bekannten Tuner des TV-Kofferempfängers "Staßfurt K 67" überein. Seine Schaltung setzt sich aus Vorstufe, Mischstufe und Oszillatorstufe zusammen. Die einzelnen Stufen sind mit Mesatransistoren in Basisschaltung bestückt. Neu ist die Regelbarkeit der Vorstufe und die Dimensionierung des ZF-Auskoppelkreises. Diese Maßnahmen gewährleisten ein verzerrungsfreies Ausgangssignal des Tuners in Sendernähe bis zu Antennenspannungen von 50 mV und geringe Toleranzen der Durchlaßkurve.

Zur Abstimmung der VHF-Kanäle dient ein Dreifach-Drehkondensator. Durch Zweipunktabgleich und unterschiedliche Plattenabstände der Drehkondensatorpakete wird ein guter Gleichlauf der Kreise gewährleistet. Die Umschaltung der Bereiche I und III erfolgt bei eingedrehtem Drehkondensator, d. h. von Kanal 2 auf Kanal 5 über eine Nocke, die auf der Drehkondensatorachse aufgelötet ist. Eine Getriebeübersetzung zwischen Rotorachse und Antriebsachse im Verhältnis 1 : 4 erleichtert die Abstimmung.

Der unsymmetrische 75-Ω-Antennenanschluß ist über ein Antennenfilter mit dem Eingang der Vorstufe verbunden. Dieses Filter besteht aus einem Hochpaß, einer Bandsperre für den UKW-Bereich und einem ZF-Sperrkreis. Damit werden Störfrequenzen außerhalb der Fernsehbereiche I und III unterdrückt und eine Zwischenfrequenzfestigkeit im Band I von $\geqslant$ 36 dB und im Band III von $\geqslant$ 40 dB erreicht.

In der mit dem Transistor GF 145 (bzw. AF 139) bestückten Vorstufe wird eine Aufwärtsregelung verwendet. Durch den Einsatz dieses Transistors werden Rauschzahlen von $\leqq$ 6 kT_0 im Band I und $\leqq$ 10 kT_0 im Band III erreicht.

Der Reflexionsfaktor am Empfängereingang beträgt für alle Kanäle $r \leqq 0{,}5$. Mischstufe und Oszillatorstufe sind mit dem Transistor GF 146 (bzw. AF 106) bestückt. Die Frequenzkonstanz des Oszillators ist bei Erwärmung des Tuners während der Einlaufzeit $\leqq \pm$ 120 kHz. Dabei ändert sich die Temperatur im Gerät an der Stelle des VHF-Tuners um $\leqq 10^\circ$ C. Die Stabilisierung der Betriebsspannung (U_B = + 12 V) mit Hilfe einer Zenerdiode vermeidet Änderungen der Oszillatorfrequenz infolge von Netzspannungsschwankungen.

Der am Ausgang der Mischstufe liegende Primärkreis des ersten ZF-Bandfilters ist mit dem im Eingang des ZF-Verstärkers liegenden Sekundärkreis

durch eine kapazitive Fußpunktkopplung verbunden.
Die Spannungsverstärkung zwischen dem 75-Ω-Antenneneingang und dem ZF-Ausgang beträgt im Band I ≥ 17 dB und im Band III ≥ 13 dB.

UHF-Tuner

In der DDR stehen die Fernsehkanäle 21 bis 39 im Frequenzbereich von 470 ... 621 MHz (UHF-Bereich, Band IV) für die Belegung mit dem Farbfernsehprogramm zur Verfügung. Das Farbfernsehen stellt erhöhte Anforderungen an einige Toleranzen des UHF-Tuners. Die Qualität des UHF-Tuners bestimmt maßgeblich die Qualität des vom Empfänger wiedergegebenen Bildes.

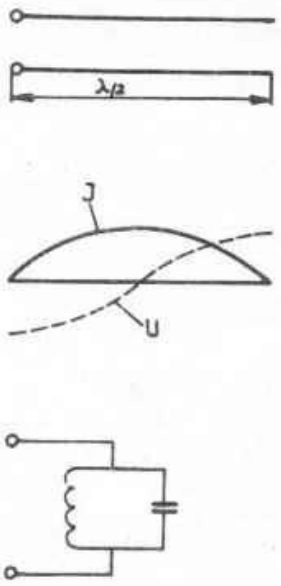


Bild 11 a Strom- und Spannungsverlauf einer offenen λ/2-Leitung

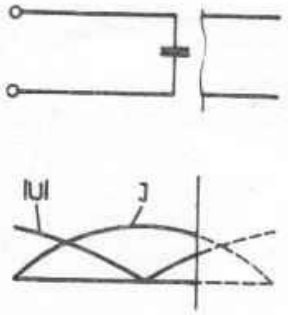


Bild 11 b Kapazitiv verkürzte λ/2-Leitung

Der im Empfänger enthaltene UHF-Tuner ist eine Weiterentwicklung des Transistortuners, der für die UHF-Nachrüstung von Schwarzweißgeräten verwendet wird. Er unterscheidet sich vor allem in der Regelbarkeit der Vorstufe und dem Einsatz einer Kapazitätsdiode zur automatischen Scharfabstimmung.

Leitungskreise

Im UHF-Bereich ist die Verwendung konzentrierter Bauelemente für Resonanzkreise auf Grund der hohen Strahlungsverluste und geringen Resonanzwiderstände nicht mehr möglich. Sehr zweckmäßig hat sich dagegen der Einsatz von Leitungskreisen erwiesen, bei denen man von der Tatsache Gebrauch macht, daß sich unter bestimmten Voraussetzungen ein Leitungsstück wie ein Resonanzkreis verhält. Bild 11 a zeigt den örtlichen Verlauf von Strom und Spannung einer am Ende offenen Leitung für eine Frequenz, deren halbe Wellenlänge mit der Leitungslänge übereinstimmt. Am Leitungsanfang ergibt sich ein großes Verhältnis $\frac{U}{I}$, d. h. ein großer Eingangswiderstand, so daß die Leitung für diese Frequenz mit einem Parallelresonanzkreis vergleichbar ist.

Trennt man nach Bild 11 b einen Teil der Leitung ab und ersetzt ihn durch den Eingangswiderstand des abgetrennten Leitungsstückes (in diesem Fall ist das eine Kapazität), so bleibt die Resonanz am Eingang erhalten. Eine Vergrößerung dieser Kapazität hat eine

scheinbare Verlängerung der Leitung zur Folge, d. h. die Resonanzfrequenz liegt tiefer.

Durch Verwendung eines Drehkondensators lassen sich auf diese Weise abstimmbare koaxiale $\lambda/2$-Leitungskreise aufbauen, wie sie auch im vorliegenden Tuner verwendet werden.

Der Spannungsverlauf längs des Innenleiters bei maximaler und minimaler Kapazität geht aus Bild 12 hervor. Die Schalt- und Transistorkapazitäten am Eingang der Leitung verursachen eine scheinbare Verlängerung. Ordnet man die Trimmer so am Innenleiter an, daß in den Abgleichstellungen jeweils ein Trimmer in der Nähe des Spannungsknotens liegt, ergibt sich eine geringe gegenseitige Abhängigkeit beim Abgleich. Mit $C_{T\,1}$ erfolgt der Abgleich an der unteren, mit $C_{T\,2}$ an der oberen Bereichsgrenze. Durch den geschlossenen Aufbau der Leitungskreise bleiben die Strahlungsverluste gering, so daß große Kreisgüten erreicht werden.

Bild 12 Einfluß der Kapazität des Drehkondensators auf die Leitungslänge

Aus den längs der Leitung durch die geometrischen Abmessungen festgelegten Kapazitäten und Induktivitäten ergibt sich der Wellenwiderstand der Leitung: $Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$. Der Resonanzwiderstand beträgt dann: $R_{res} = Q \cdot Z$

Schaltung des UHF-Tuners

Bild 13 zeigt die prinzipielle Schaltung des Tuners.

Vorstufe

Die geringe Rauschzahl des in der Vorstufe verwendeten Mesatransistors GF 145 (AF 139) ergibt eine Tunerrauschzahl von $\leq 10\ kT_0$. Vom unsymmetrischen 75-Ω-Antennenanschluß gelangt das UHF-Signal direkt über den Trennkondensator C 1201 an den Emitter der Vorstufe. Störfrequenzen unterhalb des UHF-Bereiches werden durch die Spule Sp 1201 unterdrückt. Die Kapazität (C 1202) am Emitter besteht aus einem Stück Bandleitung. Die Frequenzabhängigkeit dieser Leitung ermöglicht eine bessere Kompensation des frequenzabhängigen induktiven Blindteils am Transistoreingang. Da bei großen Eingangsspannungen die Übersteuerung der Mischstufe eine Signalbegrenzung und Oszillatorverstimmung hervorrufen kann, wird der Vorstufentransistor geregelt. Die an der Basis angelegte getastete und verzögerte Regelspannung bewirkt eine Aufwärtsregelung mit einem Regelumfang von

≥ 17 dB und ermöglicht eine maximale Eingangsspannung von 50 mV.

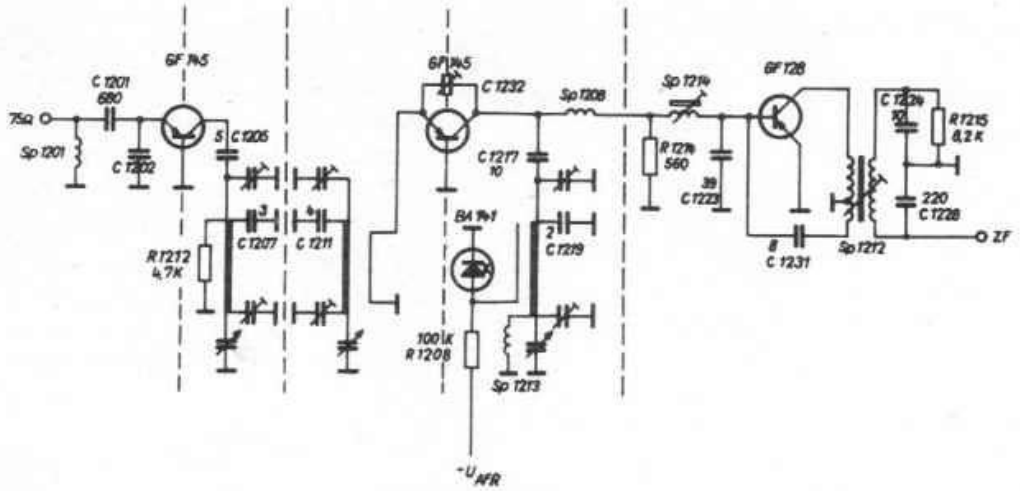


Bild 13 Schaltung des UHF-Tuners

Bandfilter

An die Vorstufe schließt sich das aus zwei Leitungskreisen bestehende Bandfilter an. Beide Kreise sind durch Schlitze in der Trennwand in der Höhe der Drehkondensatoren gekoppelt. Die Form der Durchlaßkurve darf sich im gesamten Abstimmbereich nur wenig ändern, damit vor allem das Verhältnis zwischen Farb- und Bildträger erhalten bleibt (+ 1 ... - 2 dB). Die Bedämpfung des Primärkreises trägt dazu bei, daß sich die Durchlaßkurve auch bei der Regelung des Vorstufentransistors wenig ändert.

Selbstschwingende Mischstufe

Die Koppelschleife, über die das verstärkte Signal der selbstschwingenden Mischstufe zugeführt wird, ist längs des Innenleiters des Sekundärkreises so angeordnet, daß über dem gesamten Abstimmbereich stets das Strommaximum der stehenden Welle erfaßt wird. Die selbstschwingende Mischstufe wird mit einem Mesatransistor GF 145 (AF 139) in Basisschaltung betrieben. Über die Kapazität zwischen Kollektor und Emitter und die Kapazität des Biegetrimmers C 1232 wird ein Teil der Ausgangsspannung rückgekoppelt. Mit dem am Eingang wirksamen induktiven Widerstand wird die Phase im Rückkopplungszweig so gedreht, daß die Schwingbedingung für den Oszillator erfüllt ist.

ZF-Stufe

Die ZF gelangt vom Kollektor der Mischstufe über ein auf die Mitte des ZF-Bereiches abgestimmtes π-Glied zur Basis des ZF-Transistors GF 128. Der Dämpfungswiderstand und der Eingangswiderstand des Transistors verleihen dem π-Kreis eine große Bandbreite. Die Spule Sp 1213 verhindert eine Verstimmung des π-Kreises durch den Drehkondensator. Am Kollektor liegt ein

ZF-Kreis, der als Primärkreis Bestandteil des ersten ZF-Bandfilters ist. Über den gemeinsamen Fußpunktkondensator C 1228 werden beide Kreise des Filters gekoppelt. Durch C 1231 ist die ZF-Stufe neutralisiert.

Zwischen Antenneneingang und ZF-Ausgang (Fußpunktkapazität) beträgt die gesamte Spannungsverstärkung $V_u \geq 24$ dB.

Scharfabstimmung

Auf Grund der Lage des Farbkanals am oberen Ende des Videokanals wird eine Verstimmung des Oszillators im Farbbild früher als Störung sichtbar als im Schwarzweißbild. Verstimmungen haben ihre Ursache vor allem in der Erwärmung des Gerätes beim Einlauf, bei der Veränderung der Umgebungstemperatur, sowie in Fehlabstimmungen. Neben der möglichen Beschneidung des Farbkanals kommt es in Verbindung mit der getasteten Regelung zu einer unzulässigen Absenkung oder Anhebung der Farbträgeramplitude im Videosignal. Eine Verbesserung der Oszillatorstabilität ermöglicht der Einsatz der automatischen Scharfabstimmung (AFR). Die Kapazitätsdiode BA 141 wird über ein Leitungsstück kapazitiv an den Oszillatorleitungskreis angekoppelt. Über eine Umschalttaste erhält die Diode entweder eine feste Vorspannung von - 7 V oder die zu - 7 V addierte Ausgangsspannung des AFR-Diskriminators. Die Steilheit des Regelkreises, die sich aus der Verstimmungskurve des Oszillators mit der Kapazitätsdiode und aus der Steilheit der Diskriminatorkurve ergibt, ist so bemessen, daß eine Oszillatorverstimmung von $\pm$ 800 kHz durch die AFR auf eine Restverstimmung von = $\pm$ 100 kHz reduziert wird.

Mechanischer Aufbau

Um die Fertigung zu erleichtern, wurde der Tuner im wesentlichen in drei Baugruppen aufgeteilt.

- Gehäuse mit Drehkondensator
- Aufbauplatte
- ZF-Baustein

Das Stahlblechgehäuse ist in 5 Kammern unterteilt. Drei davon sind durch die Leitungskreise mit den Drehkondensatorpaketen belegt. Für den Abgleich auf der Drehkondensatorseite werden drei Biegetrimmer verwendet. Die Drehkondensatorachse ist an beiden Gehäuseseiten mit Kugeln gelagert und ohne Übersetzung herausgeführt. Die notwendige Antriebsübersetzung erfolgt durch Grob- und Feintrieb außerhalb des Tuners im Bedienungsteil.

Die Aufbauplatte trägt die Transistoren, die Rohrtrimmer, die Durchführungskondensatoren und die übrigen Bauelemente. Nach der Verdrahtung wird die Aufbauplatte mit 4 Schrauben am Gehäuse befestigt. An den Berührungsstellen sorgt eingelegtes Kontaktmaterial für eine gute leitende Verbindung.

Die ZF-Baustufe ist mit allen zugehörigen Bauteilen auf einen besonderen Winkel montiert, der mit einer Schraube in der 4. Kammer des Gehäuses befestigt wird.

Mit wenigen Lötstellen werden die drei Baugruppen untereinander verbunden. Die Abmessungen des UHF-Tuners betragen (110 x 100 x 38) mm^3.

4.2. Bild-ZF-Verstärker und Demodulator

Der ZF-Verstärker bestimmt im wesentlichen die Gesamtdurchlaßkurve des Empfängers. Im Bereich der tiefen Videofrequenzen hat die Nyquistflanke die Aufgabe, die mit zwei Seitenbändern übertragenen Videofrequenzen auf den gleichen Amplitudenwert zu dämpfen, der sich im reinen Einseitenbandbetrieb für die hohen Videofrequenzen ergibt.

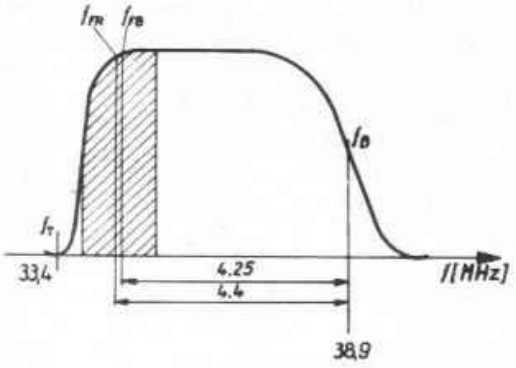


Bild 14 ZF-Durchlaßkurve mit den Farbträgern f_{FB} und f_{FR}

Um eine verzerrungsfreie Wiedergabe des Farbsignals zu gewährleisten, ist dem Bereich der ZF-Durchlaßkurve, in dem der Farbkanal liegt, besondere Beachtung zu schenken.

Bild 14 zeigt die Lage des Farbkanals in der ZF-Durchlaßkurve mit den SECAM-Farbträgern f_{FB} und f_{FR} für das blaue und rote Farbdifferenzsignal. Der Farbkanal reicht, auf den Bildträger bezogen, etwa von 3,6 ... 5 MHz. Optimale Übertragungseigenschaften ergeben sich dann, wenn der Empfänger sowohl in seiner Amplituden- als auch in der Gruppenlaufzeitkurve die Daten des Nyquist-Meßdemodulators und dessen Toleranzen einhält.

Schaltung

Die prinzipielle Schaltung des Bild-ZF-Verstärkers wird im Bild 15 gezeigt. Der ZF-Verstärker ist dreistufig aufgebaut und mit Silizium-Transistoren bestückt. Die erste Stufe (T 201) enthält den regelbaren Transistor SF 140 (bzw. BF 167), die zweite und dritte Stufe (T 202, T 203) den Transistor SF 145 (bzw. BF 173) mit höherer Ausgangsleistung.

Die erforderliche Durchlaßkurve wird durch vier Zweikreis-Bandfilter und vier Fallenkreise gebildet.

Um Kreuzmodulation und Übersteuerungen zu vermeiden, ist es vorteilhaft, wenn die notwendige Nachbarträgerselektion bereits vor der Regelstufe erfolgt. Die Fallen für Nachbarton (40,4 MHz), Nachbarbild (31,9 MHz) und Eigenton (33,4 MHz) sind daher bereits im Fußpunkt-Koppelzweig des ersten Bandfilters angeordnet. Die Brückenschaltung mit R 201, C 202, C 203 erhöht die Dämpfung bei den Nullstellen für den Nachbarbild- und Nachbartonträger. Die Verstärkungsregelung erfolgt am ersten Transistor durch Aufwärtsregelung. Durch Erhöhung des Kollektorstromes von 3 mA auf ca. 10 mA bei gleichzeitiger Verringerung der Kollektorspannung U_{CE} von - 14 V auf - 4 V wird der Arbeitspunkt in ein Gebiet geringerer Steilheit verschoben. Der Regelumfang dieser Stufe beträgt 40 ... 60 dB. Da sich die Eingangs- und Ausgangsleitwerte des Transistors bei Regelung ändern, ist die Ankopplung an

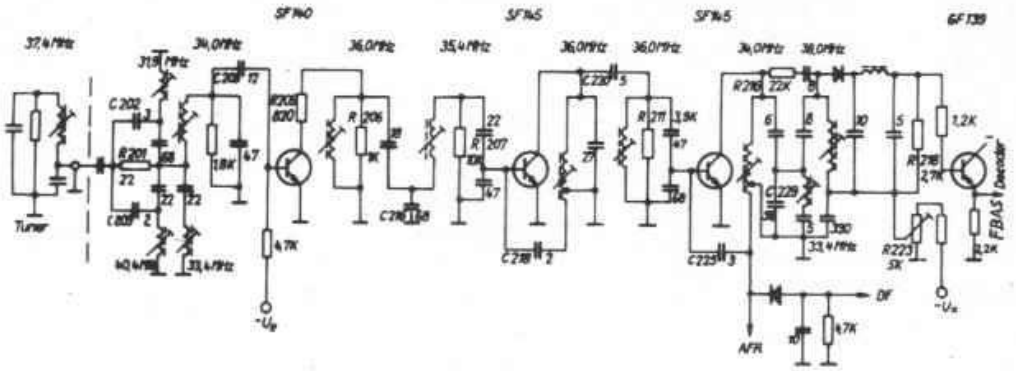


Bild 15 Bild-ZF-Verstärker mit Bild- und Tondemodulatoren

Basis- und Kollektorkreis im Farbfernsehempfänger besonders kritisch. Um die Durchlaßkurve in engen Toleranzen zu halten, wurde eine lose kapazitive Ankopplung der Basis (C 209) gewählt und kollektorseitig der Einfluß der Änderung von Y_{22} durch den Reihenwiderstand R 205 und die Dämpfung des Kollektorkreises durch R 206 unterdrückt.

Im 2. und 4. Bandfilter werden, wie bereits im ersten, die Kreise durch kapazitive Fußpunktkopplung verbunden (C 216 und C 229). Das 3. Bandfilter ist dagegen am Hochpunkt über C 220 gekoppelt. Dämpfungswiderstände an den Sekundärkreisen reduzieren den Einfluß von Toleranzen der Transistorparameter (R 207 und R211). Durch eine integrierte Abschirmung zwischen Kollektor und Basis ist die schädliche Rückwirkungskapazität bei den verwendeten ZF-Transistoren bereits sehr gering (C_{12e} = 0,2 pF). Eine Neutralisation der 2. und 3. ZF-Stufe über C 218 und C 225 trägt zur weiteren Erhöhung der Stabilität bei.

Bei der Demodulation des Farbsignals ist zu beachten, daß der Tonträger an der Videodiode um 40 ... 50 dB gegenüber der Mitte des Durchlaßbereiches gedämpft sein muß. Eine zu große Tonträgeramplitude würde an der gekrümmten Kennlinie der Demodulatordiode ein Mischprodukt mit der Differenzfrequenz zwischen Ton- und Farbträger hervorrufen, das mit einer Frequenz von ca. 1,2 MHz in den Bereich des Helligkeitssignals fällt und auf dem Bildschirm ein grobmaschiges Störmuster hervorruft.

Aus diesem Grunde erfolgt die Bildung der Intercarrierfrequenz an einer zweiten Diode, die an einer Koppelwicklung des Primärkreises vom Demodulatorfilter liegt. Die bereits erwähnte Eigentonfalle im 1. Filter formt die Tontreppe, die an der Durchlaßkurve nach dieser zweiten Diode sichtbar wird.

Eine zweite Eigentonfalle erweitert in Verbindung mit R 216 das Demodulatorfilter zum Nullstellenfilter (M-Filter) und sorgt damit für die notwendige Dämpfung des Tonträgers an der Videodiode. Die Amplitude des Videosignals am Lastwiderstand R 218 beträgt 3 ... 4 V (Synchronpegel bis 100-%-Weißpegel).

Um eine gute Linearität des Ausgangssignals bis zu U_{ss} = 4 V beizubehalten, liegt die ZF-Endstufe an einer erhöhten Betriebsspannung von 25 V.

Zur Entkopplung von den Eingangswiderständen der nachfolgenden Stufen folgt auf den Videodemodulator ein Impedanzwandler T 204, bestückt mit dem Transistor GF 139. Das an seinem niederohmigen Ausgang vorhandene Leuchtdichte- und Farbsignal kann nun über den Kabelbaum auf die Decoder- und Videoplatine ohne Frequenzkorrektur verteilt werden.

Die Gesamtverstärkung des HF-Teiles ergibt eine Eingangsempfindlichkeit an den Antennenbuchsen von 3 ... 30 µV für eine Richtspannung von 1 V am ZF-Ausgang in Kanalmitte.

AFR-Diskriminator

Vom Primärkreis des letzten ZF-Filters gelangt ein Teil der ZF-Spannung über einen Vorkreis an die Basis der Diskriminatorstufe, die mit einem weiteren Transistor SF 145 (bzw. BF 173) bestückt ist. Da der Vorkreis etwas oberhalb des Bildträgers abgestimmt wird, gleicht er den Abfall der Nyquistflanke zum Teil aus. Die Selektion des Vorkreises verhindert außerdem die Beeinflussung der AFR-Spannung durch andere Frequenzanteile des ZF-Signals (Bildinhalt, Farbträger, Tonträger). Um eine gute Stabilität der Abstimmung bei Oszillatorverstimmungen zu erzielen, ist die Schaltung so bemessen, daß die Diskriminatorkurve eine sehr große Steilheit im Nulldurchgang aufweist. Der Nulldurchgang wird mit Sp 224 genau auf 38,9 MHz abgeglichen. Er stellt die Sollfrequenz des Regelkreises dar und muß demzufolge über lange Zeit stabil sein. Der Spannungsbereich der Kapazitätsdiode erfordert einen Abstand der Extremwerte in der Diskriminatorkurve von ca. 20 V.

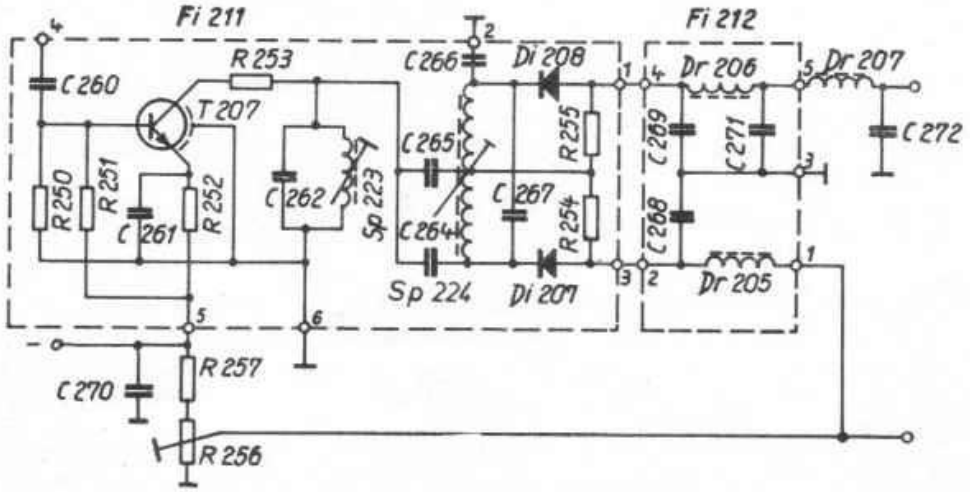


Bild 16 AFR-Diskriminator

Da der Sperrwiderstand der Si-Nachstimmdiode $\geq$ 6 MΩ ist, kann auch der Innenwiderstand des Diskriminators sehr hochohmig sein (2 x 620 kΩ). Am Einstellregler R 256 wird der Diodenarbeitspunkt auf eine Gleichspannung von - 7 V eingestellt. Zu dieser Ruhespannung liegt die Diskriminatorspannung, aus der durch einen Tiefpaß die Reste des ZF-Bildträgers ausgesiebt werden, in Reihe. Die Schaltung des AFR-Diskriminators zeigt Bild 16.

4.3. Getastete verzögerte Regelung (AVR)

Schon im Schwarzweiß-Fernsehen ist es üblich, mit Hilfe einer Regelungsschaltung die Videospannung am Demodulator möglichst konstant zu halten. Unterschiedlichste Eingangsspannungen führen damit zu keinen Veränderungen im Bildkontrast. Durch die bekannte Tastung der Regelstufe mit dem Horizontal-Rücklaufimpuls wird die Regelung vom Bildinhalt unabhängig.

Dasselbe Verfahren wird auch im Farbfernsehempfänger angewendet. Allerdings kommt der getasteten Regelung hier eine weitere Bedeutung zu. Die Dematrizierung (s. Abschnitt 4.6.) muß aus den vom Demodulator und dem Decoder gelieferten Signalen die ursprünglichen Farbsignale wieder herstellen. Diese Funktion kann nur dann richtig ausgeübt werden, wenn die drei Eingangssignale immer ein konstantes Verhältnis zueinander haben. Die mit Frequenzmodulation übertragenen Farbdifferenzsignale bleiben bei Schwankungen der Eingangsfeldstärke konstant, solange die Begrenzer arbeiten.

Demzufolge muß auch das Leuchtdichtesignal sehr genau konstant gehalten werden. Abweichungen führen zu Fälschungen der Farbsättigung und in schweren Fällen zu Farbtonänderungen. Das Leuchtdichtesignal sollte deshalb weniger als ± 0,5 dB schwanken, wenn die Eingangsspannung sich um 50 dB ändert.

Diese große Regelsteilheit muß erreicht werden, wobei die allgemeinen Forderungen

- kleine Regelzeitkonstante
- keine Unterdrückung des Synchronsignals im nichtsynchronisierten Zustand
- verzögerter Regeleinsatz für den Tuner

ebenfalls erfüllt werden sollen.

Die Eingangsstufen der Tuner (Transistor T 0101, T 1201) benötigen eine positive Regelspannung zwischen + 9 V (maximale Empfindlichkeit) und + 3 V (maximaler Emitterstrom des Regeltransistors). Die Regelung der Tuner erfolgt verzögert mit dem Transistor T 314, der gleichzeitig die Polarität der Regelspannung ändert. Die Regelspannung des ZF-Transistors T 201 liegt zwischen - 15 V und - 4 V. Der Regelverstärker muß sicherstellen, daß diese Grenzen nicht überschritten werden, um die maximale Empfindlichkeit und die Grenzwerte der Regeltransistoren einzuhalten. Die Schaltung des Regelverstärkers wird im Bild 17 gezeigt. Die Basis des Transistors T 312 erhält das Videosignal vom Impedanzwandler T 204. Das Signal liegt insgesamt im Negativen, der Synchronimpuls zeigt dabei in positive Richtung. Der Kollektor wird mit positiven Zeilenimpulsen getastet. Mit R 358 wird ein Schwellwert eingestellt. Erst wenn der Synchron-

impuls im Signal diesen Pegel (plus U_{be}) überschreitet, kann Kollektorstrom fließen. In der Regel trifft gleichzeitig der Tastimpuls ein, so daß der Kondensator C 320 auf einen Wert aufgeladen wird, der der anliegenden Basis-Emitterspannung proportional ist. Diese negative Regelspannung gelangt über das Siebglied Gr 309/C 322 auf den ZF Regeltransistor T 313. Solange T 313

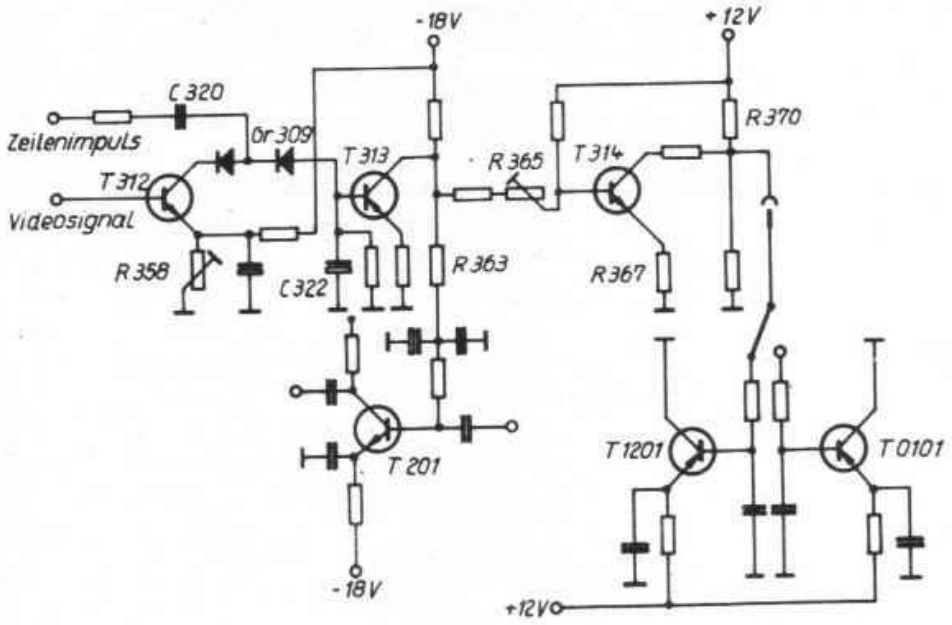


Bild 17 Regelverstärker

gesperrt bleibt, steht an R 363 eine Spannung von -15,5 V. Der Regeltransistor für den Tuner T 314 ist dann ebenfalls gesperrt, und am Widerstand R 370 stehen + 9 V. Damit ist maximale Empfindlichkeit gewährleistet. Die ZF-Regelspannung wird mit zunehmender Eingangsspannung positiver. Mit R 365 kann der Einsatzpunkt der Tunerregelung eingestellt werden, indem die Basisspannung des Transistors T 314 positiv wird und damit der Kollektorstrom einsetzt. Die Minimalwerte der Regelspannungen werden mit den Emitterwiderständen R 361 und R 367 sichergestellt. Bei richtig eingestelltem Regelverstärker übernimmt bei Eingangsspannungen von 1 mV der Tuner fast die ganze Regelung. Bei U_e = 10 mV ist der Tuner in der Regel auf minimale Verstärkung gestellt, so daß danach der ZF-Verstärker wieder allein die Regelung übernehmen muß.

Im nichtsynchronisierten Zustand wird im allgemeinen das Videosignal größer. Der Impedanzwandler bewirkt dann eine starke Stauchung des Synchronimpulses; damit ist eine Synchronisierung unmöglich. Eine große Regelzeitkonstante als Lösung der Aufgabe bringt andere Nachteile mit sich. Aus diesem Grunde ist die Aufladezeitkonstante mit Gr 309 und C 322 sehr klein und dafür die Entladezeitkonstante groß. Eine Übersteuerung des Impedanzwandlers wird dadurch mit Sicherheit vermieden; auch im nichtsynchronisierten Zustand gibt das

Amplitudensieb einen einwandfreien Synchronimpuls ab.

Mit dem Einstellregler R 358 läßt sich der Einsatzpunkt der Regelung und damit der Synchronwert einstellen. Mit seiner Veränderung regelt sich demnach die gesamte Amplitude des Videosignals. Diese Eigenschaft wird im Empfänger zur Einstellung des Y-Pegels benutzt.

4.4. Leuchtdichtesignalverstärker

Im Leuchtdichtesignalverstärker wird das nach der Demodulation anliegende komplette negative Y-Signal mit einer Gesamtamplitude von 3 ... 4 V auf eine positive Signalspannung von 6 V ohne Synchronimpulspegel verstärkt. Der Verstärker besteht aus zwei galvanisch gekoppelten Transistorstufen. Die erste Stufe in Emitterschaltung gewährleistet die erforderliche Spannungsverstärkung v = 2,3. Die folgende Kollektorstufe paßt das Y-Signal an die Matrix niederohmig an.

Y-Verzögerungsleitung

Auf Grund der systembedingten unterschiedlichen Laufzeit und Flankenanstiegszeit der Farbdifferenzsignale zum Y-Signal wird im Eingang des Y-Verstärkers die Verzögerungsleitung DL 301 mit einem Wellenwiderstand von 1200 Ω und einer Verzögerungszeit von τ = 0,9 µs eingesetzt, die gewährleistet, daß in der nachfolgenden Matrixschaltung die Signalflankenmitten der Farbdifferenzsignale mit denen des Y-Signals zusammenfallen. Nur so sind auf dem Bildschirm saubere und scharfe Helligkeits- und Farbübergänge zu erzielen. Die Dämpfung der hohen Frequenzanteile im Y-Signal durch die Verzögerungsleitung wird durch eine Anhebung im Emitterkreis des Transistors T 303 wieder kompensiert. Die Verzögerungsleitung besteht aus einer einlagig auf ein Hartpapierrohr gewickelten Spule von ca. 160 mm Länge und 12 mm Durchmesser und einem unter die Wicklung geklebten Kupferfoliestreifen, der als verteilte Kapazität wirkt. Um die Laufzeit über den zu übertragenden Frequenzbereich von 0 ... 5 MHz konstant zu halten, wird die Wicklungskapazität partiell durch kleine Kupferfoliestreifen erhöht. Die Verzögerungsleitung ist durch ein Aluminiumrohr abgeschirmt.

Farbträgerfalle

Der Farbträger ruft im Y-Kanal ein sich ständig in Bewegung befindliches Störmoire hervor. Deshalb wird bei Farbbetrieb des Empfängers eine Farbträgerfalle (Sp 301, C 306) wirksam, die den Farbträger bei der Frequenz f = 4,35 MHz um ca. 16 dB dämpft. Diese Dämpfung ist ein Erfahrungswert und darf nicht wesentlich überschritten werden, da sie auch im Y-Signal wirksam ist und eine Verschlechterung der Auflösung des Bildinhaltes hervorruft. Um diesen Auflösungsverlust bei einer Schwarzweiß-Sendung zu vermeiden, schaltet man die Farbträgerfalle über 2 Siliziumdioden mit einem Steuersignal, das im Decoder in Abhängigkeit von den Farbkennungssignalen erzeugt wird, elektronisch ab.

Kontrastregelung

Die Kontrastregelung wird durch eine Gegenkopplungsschaltung im Emitterkreis des Transistors T 303 mit den Widerständen R 315, R 901 und R 907 realisiert. Hierbei ist nur eine abgeschirmte HF-Leitung zum Regelpotentiometer R 901 im Bedienungsteil des Fernsehempfängers erforderlich. Die besondere Schwierigkeit der Kontrastregelung in einem Farbfernsehempfänger besteht in der erforderlichen Regelung dreier Signale (Y-Signal und 2 Farbdifferenzsignale), die einen exakten Gleichlauf erfordern, wenn es dabei zu keinen Farbsättigungsfehlern auf dem Bildschirm kommen soll. Der Gleichlauf des verwendeten Tandempotentiometers ist $\leq$ 2 dB. Der Regelumfang beträgt 4 : 1. Die Amplitude (Kontrast) der Farbdifferenzsignale wird dabei mit einer Gleichspannung gesteuert, wobei die Leitungszuführung zum Kontrastpotentiometer R 902 unkritisch ist.

Abtrennung der Synchronimpulse

Für die Signalklemmung ist die Beseitigung der Synchronimpulse aus dem Y-Signal erforderlich. Dabei kommt es darauf an, daß nicht mehr das Synchronimpulsdach den Spitzenwert des Y-Signals bildet, sondern der Austastpegel. Zu diesem Zwecke speist man am Kollektor des Transistors T 303 ein Synchronimpuls gegenphasig mit etwas größerer Amplitude als der im Signal enthaltenen Synchronimpulsamplitude ein. Dadurch ist der im Signal enthaltene Synchronimpuls überkompensiert, d. h. im Signal verbleibt ein kleiner Synchronimpulsrest mit umgekehrter Phase, der stets $<$ 50 % der Weißamplitude sein soll. Die Überkompensation ist erforderlich, um bei der, bedingt durch nicht vermeidbare Bauelementetoleranzen, Alterung sowie Kontrastregelung, nichtkonstanten Signalamplitude den Austastpegel als Spitzenwert über lange Zeit zu garantieren. Zur Unterstützung dieser Forderung wird der zur Kompensation notwendige gegenphasige Synchronimpuls in seiner Amplitude noch in Abhängigkeit von der Stellung des Kontrastregelpotentiometers R 901 durch eine Steuergleichspannung mitverändert. Der zur Kompensation verwendete Synchronimpuls wird vom Kollektor des Transistors T 308 im Amplitudensieb abgenommen, um 180° in der Phase gedreht, auf den erforderlichen Amplitudenwert verstärkt und über den Widerstand R 345 dem Kollektor des Transistors T 303 zugeführt. Die Prinzipschaltung des Leuchtdichtesignalverstärkers ist im Bild 22 enthalten.

4.5. Decoder

Der Decoder im Farbfernsehempfänger hat die Aufgabe, das modulierte Farbträgersignal F aus dem vollständigen FBAS-Signal herauszufiltern, die sequentielle Farbinformation in eine simultane Information umzuwandeln, die geträgerten Farbdifferenzsignale zu demodulieren und den Farbkanal beim Empfang einer Schwarzweiß-Fernsehsendung zu sperren.

Die Wirkungsweise der Decoderschaltung wird mit Hilfe der Prinzipschaltung (Bild 18) erklärt. Die Gleichspannungswege für die Arbeitspunkteinstellungen sind nicht mit angeführt, um die Übersichtlichkeit zu bewahren. Schaltungseinzelheiten können dem Gesamtschaltbild entnommen werden. Die Spannungsformen (Oszillogramme) sind an den einzelnen Punkten der Schaltung schema-

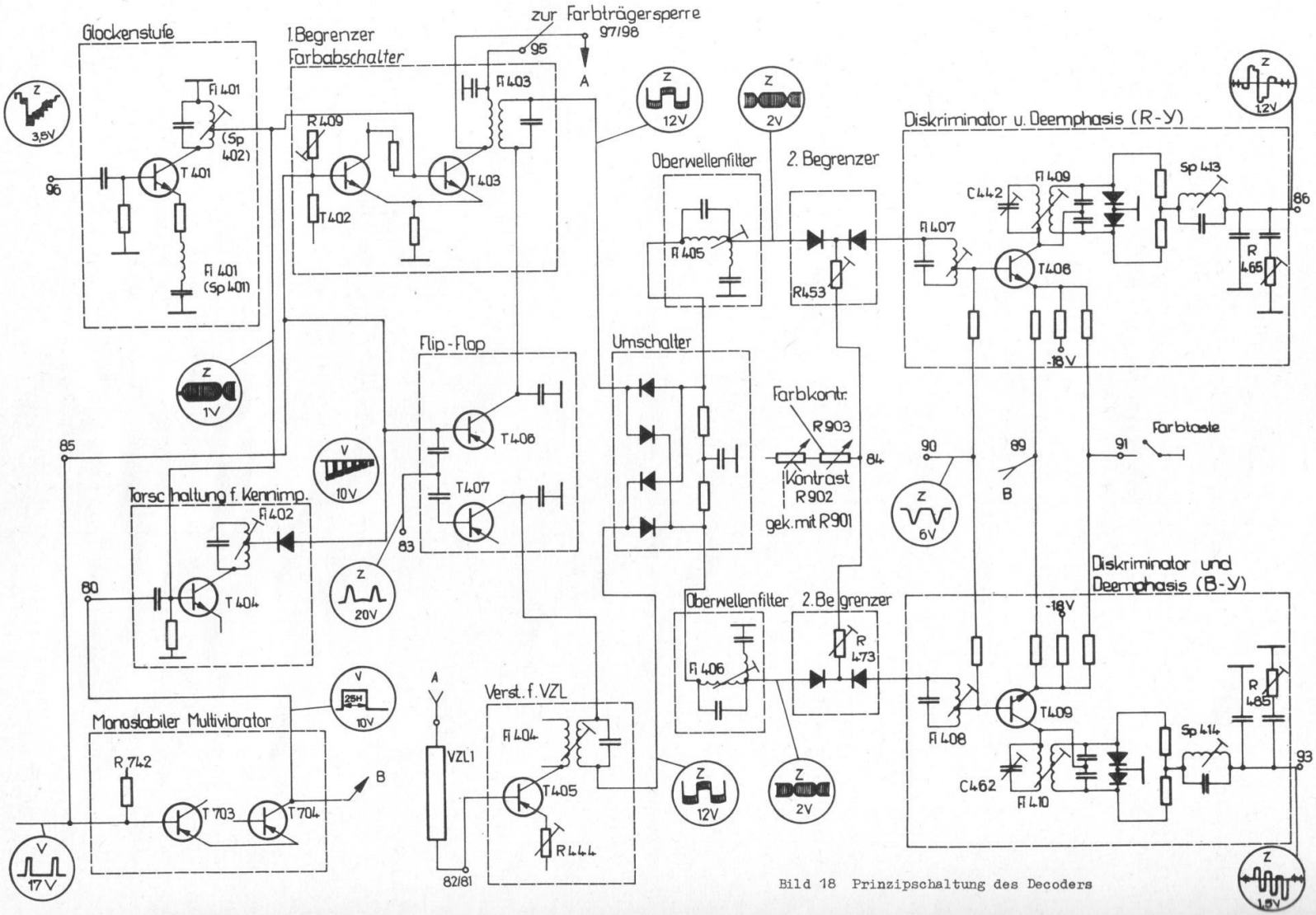


Bild 18 Prinzipschaltung des Decoders

tisch dargestellt.

Trennstufe für das Farbsignal (Glockenstufe)
Vom Bild-ZF-Gleichrichter wird über den Impedanzwandler (T 204) auf der ZF-Leiterplatte ein BAS-Signal von $3\ V \leq U_{ss} \leq 4\ V$ (bezogen auf einen 100 % Schwarzweiß-Sprung) oder ein entsprechendes FBAS-Signal dem Decoder am Anschlußpunkt 96 angeboten. Die Unterschiede in der Ausgangsspannung der ZF-Leiterplatte ergeben sich durch Toleranzen im Y-Verstärker, die durch R 233 ausgeglichen werden.

Die Glockenstufe hat die Aufgabe, die im Coder durch die HF-Preemphasis hervorgerufenen Phasen- und Amplitudenverzerrungen wieder auszugleichen. Dies wird mit ausreichender Genauigkeit durch einen LC-Schwingkreis erreicht. Um auf die erforderliche Bandbreite von 270 kHz zu kommen, muß der Schwingkreis eine Güte von Q = 16 aufweisen. Er liegt als Reihenschwingkreis (Spule 401, C 403 und R 405) im Emitter des Transistors T 401 und vermindert im Farbträgerbereich analog der Resonanzkurve die Gegenkopplung. Somit ergibt sich am Kollektor eine entsprechend frequenzabhängige Ausgangsspannung. Im Kollektorzweig liegt ein weiterer Schwingkreis (Sp 402, C 404 und R 403), der aber durch seine geringe Güte (Q = 2) die Gesamtresonanzkurve bei richtiger Abstimmung der gesamten Stufe kaum merklich beeinflußt. Dieser Kreis ist im Verhältnis von ca. 1 : 10 angezapft, um eine Ausgangsspannung mit niedriger Impedanz zu erhalten und außerdem um über C 402 durch eine 180° phasengedrehte Spannung eine Neutralisation durchführen zu können.

Neben der oben genannten Entzerrung des Farbsignals hat diese Stufe die Aufgabe, das F-Signal von den übrigen Frequenzanteilen des Videosignals abzutrennen. Das ist auf verschiedene Art und Weise zu erreichen:

- Die niedrigen Frequenzanteile werden durch den Koppelkondensator C 401 in Verbindung mit dem Eingangswiderstand des Transistors und dem Basisspannungsteiler stark reduziert. Die untere Grenzfrequenz dieses Hochpasses liegt bei etwa 1 MHz.
- Der Schwingkreis im Emitter bewirkt eine Selektion nach beiden Seiten von F_c = 4,286 MHz. So wird durch diesen Kreis für Frequenzen von ± 750 kHz, bezogen auf 4,286 MHz, bereits eine Dämpfung von 15 dB erreicht.
- Durch den selektiven Kollektorkreis ist eine zusätzliche Absenkung, besonders der weiter abliegenden Frequenzen, erreichbar.

Erster Begrenzer und Farbsignalverstärker
Da beim SECAM-Farbfernsehsystem die Farbinformation mit frequenzmodulierten Signalen übertragen wird, befindet sich nach der Glockenstufe der erste Begrenzer mit folgenden Aufgaben:

- Ausgleich der Pegelschwankungen des Eingangssignals
- Ausgleich der Ungenauigkeiten der Glockenstufe

Die Begrenzerfunktion wird vom nachfolgenden Verstärkertransistor T 403 mit übernommen.

Er ist mit dem Transistor T 402 gleichzeitig Bestandteil einer bistabilen Schaltung. Diese Schaltung hat folgende stabile Zustände:

- T 403 geöffnet (Arbeitspunkt im aktiven Bereich), T 402 gesperrt, der Farbkanal ist geöffnet.
- T 403 gesperrt, T 402 geöffnet, der Farbkanal ist gesperrt.

Die weitere Funktionsweise wird unter Abschaltung des Farbkanals (S. 43) behandelt. Der Kollektorkreis des Transistors T 403 besteht aus einem Resonanzübertrager, der auf Bandmitte abgestimmt ist. Dabei wird die Verzögerungsleitung im verzögerten Kanal über einen Widerstand R 416 direkt an den Kollektor angeschlossen. Der Widerstand hat die Aufgabe, den Einfluß der typischen Eingangsspannungscharakteristik der Verzögerungsleitung in Form einer Bandfilterkurve mit ausgeprägtem Sattel auf den Frequenzgang des direkten Signals zu verringern und außerdem die richtigen Anpassungsverhältnisse zu schaffen.

Das direkte Signal wird über die Sekundärwicklung, die eine Aufwärtstransformation der Spannung bewirkt, an den Umschalter geführt.

Der Kollektor des Transistors T 403 liegt gleichspannungsmäßig nicht an Masse. Die Kollektorgleichspannung liegt im Falle des geöffneten Transistors bei ca. 10 ... 12 V und bei gesperrtem Transistor bei 0 Volt. Diese Spannung wird im Y-Verstärker zum Ein- und Ausschalten der Farbträgersperre benutzt. Aus diesem Grunde erfolgt die Stromzuführung für den Kollektor dieser Stufe von der Videoplatte.

Verzögerter Kanal

Der verzögerte Kanal hat die Aufgabe, das geträgerte Farbdifferenzsignal um die Dauer einer Zeile (64 µs) zu verzögern. Das läßt sich mit rein elektrischen Verzögerungsleitungen (LC-Basis) nicht oder nur mit großem Aufwand realisieren. Aus diesem Grunde setzt man Ultraschall-Verzögerungsleitungen ein.

Verzögerungsleitung

Die Verzögerungsleitung besteht im wesentlichen aus zwei elektromechanischen Wandlern und dem Ausbreitungsmedium für die Ultraschallwelle, das heute im allgemeinen aus Glas besteht. Dabei werden die Wandler so polarisiert, daß sie beim Anlegen eines elektrischen Feldes Scherwellen aussenden, weil bei diesen gegenüber Längswellen die Ausbreitungsgeschwindigkeit kleiner ist und damit die Leitungslänge abnimmt.

Da der Wandler auf Grund seiner Dielektrizitätskonstante eine hohe Kapazität (ca. 1000 pF) aufweist, muß dieser durch eine Parallelinduktivität (Kompensationsspule) elektrisch für die zu übertragende Bandmittenfrequenz in Resonanz gebracht werden.

Es sollen nun noch einige technische Daten einer heute praktisch in ganz Europa angewendeten Leitung angegeben werden.

Betriebsfrequenz	4,43	MHz
Verzögerungszeit	63,943	µs
bei 25° C und Betriebsfrequenz	± 5	ns
max. Temperaturabhängigkeit der Laufzeit zwischen 20°... 50°	± 5	ns
minimale 3-dB-Bandbreite	1,8	MHz
Abschlußwiderstand	100	Ω
Betriebsdämpfung	13 ± 4	dB
min. Dämpfung für Echo 3 τ	22	dB
übrige	27	dB

Die Temperaturabhängigkeit der Laufzeit wird durch eine besondere Zusammensetzung des Glases (Kompensation der Längenänderung durch Elastizitätsmoduländerungen) sehr klein gehalten. Die hohe Anforderung an die Laufzeit (± 5 ns) gilt für das PAL-System. Für das SECAM-System reicht eine Genauigkeit von ± 50 ns aus, da es hier lediglich auf die Koinzidenz zwischen direktem und verzögertem Signal ankommt.

Schaltungstechnik des verzögerten Kanals

Im beschriebenen Empfänger wird eine Leitung mit den genannten technischen Daten eingesetzt. Die Eingangsschaltung wurde bereits behandelt. Ergänzend sei noch erwähnt, daß die Verzögerungsleitung mit Kompensationsspulen ausgerüstet ist, die in der Schaltung nicht erscheinen, da sie mit der Leitung eine Baueinheit bilden.

Die Anpassung am Eingang wird mit R 416 in Verbindung mit dem Ausgangswiderstand von T 403 erreicht. Der Ausgangswiderstand der Leitung wird durch R 442 und den Eingangswiderstand der folgenden Transistorstufe T 405 (GF 139) realisiert. Im Kollektorzweig befindet sich wiederum ein Resonanzübertrager, der die Ankopplung des Signals an den Umschalter übernimmt. Im Emitterzweig von T 405 liegt ein Einstellregler R 444, der die Gegenkopplung und damit die Verstärkung dieser Stufe verändert. Mit diesem Regler können die unterschiedlichen Dämpfungen der Verzögerungsleitungen ausgeglichen werden, so daß am Umschalter das direkte und das verzögerte Signal mit gleicher Amplitude anliegen.

Elektronischer Umschalter

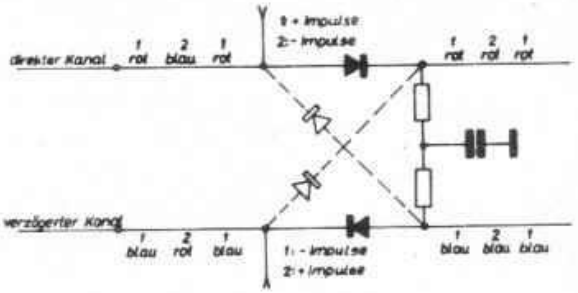
Dieser Umschalter hat die Aufgabe, aus dem direkten und dem verzögerten Signal ein simultanes Signal herzustellen.

Der Umschalter ist als Vierdiodenschalter (Gr. 405, Gr. 406) ausgeführt. Das Schema der Umwandlung ist im Bild 19 noch einmal dargestellt. Dabei sind in der Stellung 1 die voll ausgezogenen Dioden leitend und in Stellung 2 die gestrichelt gezeichneten Dioden leitend. Die Arbeitswiderstände sind ebenfalls eingezeichnet.

An den Umschalter selbst sind zwei wichtige Forderungen zu stellen:

- a. Das angebotene Signal muß verzerrungsfrei übertragen werden.
- b. Das Übersprechen darf nicht zu groß werden.

Bild 19
Elektronischer Umschalter



Zu a. Der Schaltstrom durch die geöffneten Dioden muß so groß sein, daß das zu übertragende Signal die Diodenkennlinie nicht bis zum Knick aussteuert. Er beträgt etwa 5,5 mA. Der maximal zu erwartende Spitze-Spitze-Strom des Signals beträgt 8 mA, so daß etwa 1,5 mA Reserve zur Verfügung stehen.

Zu b. Für das Übersprechen von einem Kanal in den anderen Kanal wird ein Wert von ≥ 40 dB gefordert. Da man es hierbei mit relativ hohen Frequenzen zu tun hat (3,5 ... 5 MHz), hängt die Übersprechdämpfung im wesentlichen von der Größe der Sperrschichtkapazität und der Größe des Lastwiderstandes ab. Der Umschalter ist allerdings nicht die einzige Quelle für die Möglichkeit des Übersprechens, es kann auch durch parasitäre Reflexionen der Ultraschallverzögerungsleitung, durch direktes Übersprechen vom Eingang auf den Ausgang der Leitung, durch den Schaltungsaufbau (Anordnung) oder durch Masseverschleifungen hervorgerufen werden. Für das gesamte Übersprechen lassen sich Dämpfungswerte von etwa 35 dB erreichen.

Die Steuerung des Umschalters erfolgt durch einen üblichen Flip-Flop, der die Transistoren T 406 und T 407 enthält und mit der Frequenz $f_H/2$ arbeitet. Er wird durch positive Impulse aus dem Horizontalkippteil (Anschlußpunkt 83) gesteuert. Sie gelangen über R 425, C 413 und Gr 403 bzw. R 425, C 415 und Gr 404 an die Basis der Schalttransistoren.

Die Basis von T 406 erhält noch eine weitere Zuleitung zur Synchronisation des Umschalters, deren Wirkung bei der Beschreibung des Farbabschalters behandelt wird.

An den Kollektoren der Schalttransistoren werden die untereinander gegenphasigen Schaltimpulse abgenommen und über die Filter Fi 403 und Fi 404 an die Umschaltdioden geführt. An den Kollektoren befinden sich die Kondensatoren C 412 bzw. C 416, die dafür sorgen, daß diese Punkte für das Farbträgersignal an Masse liegen. Sie vergrößern die Anstiegszeit des Flip-Flop auf etwa 6 µs. Diese Anstiegszeit reicht aber aus, wenn man bedenkt, daß der Umschaltvorgang zu Beginn des Zeilenrückschlagimpulses einsetzt und damit nahezu die gesamte Austastzeit für die Umschaltung zur Verfügung steht.

Zweiter Begrenzer

Diese Stufe hat folgende Aufgaben:

- Den Restfehler des ersten Begrenzers auszugleichen.
- Die Unterschiede im Signalpegel vom verzögerten und direkten Kanal auszugleichen.
- Die unterschiedlichen Koeffizienten für das rote und blaue Farbdifferenzsignal auszugleichen (Einstellung der Matrix)
- Den Farbdifferenzsignalpegel am Ausgang des Decoders entsprechend der Kontrasteinstellung zu verändern.

Aus den angeführten Aufgaben des Begrenzers erweist es sich als zweckmäßig, diesen als Zweidiodenbegrenzer mit veränderlicher Begrenzerschwelle auszubilden. Die Begrenzerdioden erhalten ihre negative Vorspannung über die Widerstände R 452, R 453 bzw. R 472, R 473 vom Kontrastregler, wobei mit den Widerständen R 453 und R 473, die als Einstellregler ausgebildet sind, der Koeffizientenausgleich durchgeführt wird. Der Kontrastregler besteht aus einem Tandemregler, um gleichzeitig mit dem Farbsignal auch das Leuchtdichtesignal zu regeln. Zusätzlich kann man das Farbsignal noch durch den Farbkontrastregler (R 903) verändern. Da der Eingangswiderstand der nachfolgenden Transistorstufe einen relativ niedrigen Wert hat, ist zwischen Begrenzer und Treiberstufe für den Diskriminator ein breitbandiger Übertrager (angezapfte Spule) vorgesehen.

Zwischen Umschalter und Eingang des zweiten Begrenzers ist ein Oberwellenfilter (Fi 405 bzw. Fi 406) geschaltet, da durch den breitbandigen Ausgang des ersten Begrenzers ein gewisser Anteil Oberwellen übertragen wird. Die Oberwellen verändern die Kurvenform der Spannung, so daß vom zweiten Begrenzer für bestimmte Frequenzen unterschiedliche Spannungen abgegeben würden. Das Filter besteht aus einem Sperrkreis und einem Saugkreis. Die größte Absaugtiefe liegt bei etwa 7,5 MHz.

Diskriminator und Deemphasis

Diese Stufe hat die Aufgabe, das frequenzmodulierte Farbträgersignal zu demodulieren und einen Farbdifferenzsignalpegel von max. 1,5 V_{ss} (für Vollaussteuerung der Bildröhre mit dem 75-%-Farbbalkentestsignal) zu liefern.

Zunächst sollen einige Besonderheiten der Transistorverstärkerstufe beschrieben werden. Diese Stufe hat neben der Verstärkerfunktion, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll, noch drei weitere, wichtige Funktionen zu erfüllen.

- a. Über R 461 und R 459 bzw. R 481 und R 479 wird dem Emitter des T 408 bzw. T 409 bei "Farbabschaltung von Hand" eine Spannung zugeführt, die diese Stufe sperrt, d. h. der Anschlußpunkt 91 wird über eine entsprechende Taste mit Masse verbunden. Diese Abschaltung von Hand kann beim Empfang von stark verrauschten Farbsignalen erforderlich werden.
- b. Über den Anschluß 89, C 452, R 460 und R 480 gelangt an die Emitter ein hoher positiver Impuls, der die Transistoren sperrt und die Kennimpulse im Ausgangssignal, durch die es zu Klemmfehlern kommen könnte, unterdrückt.

Der positive Impuls wird durch einen von Vertikalsynchronimpulsen ausgelösten monostabilen Multivibrator erzeugt (T 703 und T 704). Er befindet sich aus Platzgründen auf der Vertikalleiterplatte. Dabei ist die Rückflanke des Impulses mit R 742 einstellbar. Sie wird so eingestellt, daß die ersten ein oder zwei Zeilen gerade noch ausgetastet werden. Dies hat den Vorteil, daß in den Zeilen zwischen den Kennimpulsen und dem Bildanfang, in denen kein Farbträger vorhanden ist, ebenfalls keine Störungen der Klemmung durch Rauschsignale hervorgerufen werden können.

- c. Über C 451, R 455 und R 475 werden jeweils in die Basis von T 408 bzw. T 409 negative Zeilenrückschlagimpulse eingekoppelt, um den Transistor vor dem Farbträgerbeginn einer jeden Zeile zu sperren. Dies ist erforderlich, da die Synchronimpulsflanken über die Glockenstufe das gesamte Ausgangssignal auf der hinteren Schwarzschulter verfälschen und somit Klemmfehler hervorrufen würden.

Da alle diese Sperrspannungen gleichzeitig auftreten können, wird jeweils zwischen Basis und Emitter eine Diode eingeschaltet, die den Transistor vor Überspannungen schützt.

Die geforderte Kennlinie des Diskriminators ist im Bild 20 dargestellt. Eine besondere Bedeutung hat die Nullpunktstabilität des Diskriminators, denn eine Abweichung des Nullpunktes führt zur Veränderung des Gleichspannungsbezugswertes im Farbdifferenzsignal und damit zu Farbtonverfälschungen, wenn keine Maßnahmen zur Wiedergewinnung des Gleichspannungsbezugswertes (Klemmung) vorgesehen sind. Für diesen Fall wird eine Abweichung von ± 14 kHz zugelassen. Da bei dieser Abweichung bereits störende Farbtonverfälschungen auftreten, sollte diese Grenze nicht ausgeschöpft werden.

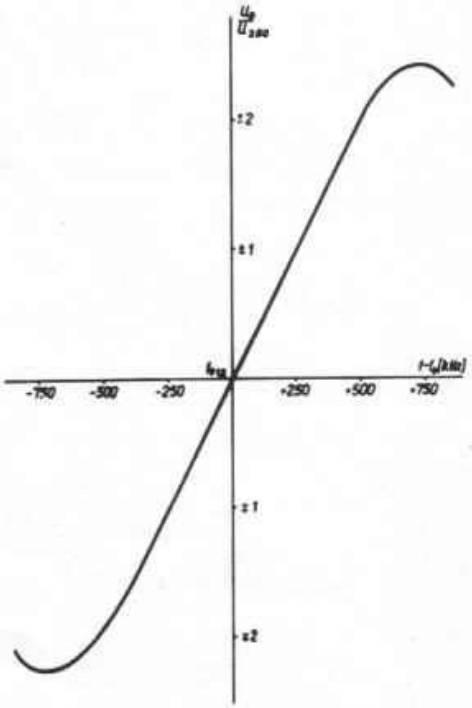


Bild 20 Diskriminatorkennlinie des Decoders

Im beschriebenen Empfänger wird die Toleranz von ± 14 kHz mit Sicherheit eingehalten, außerdem werden aber die RGB-Signale noch geklemmt, so daß keine störenden Farbtonverfälschungen auftreten.

Beim Aufbau des Diskriminatorfilters wurde auf eine Bifilarwicklung der Sekundärspule verzichtet, da dies die Temperaturstabilität des Nullpunktes verschlechtert. Die notwendige Mittenanzapfung zur Einspeisung der Primärspannung wird hier kapazitiv ausgeführt. Die Kreiskondensatoren sind in ihren Tk-Werten so gewählt, daß eine optimale Temperaturkompensation erreicht wird.

Am Ausgang der Diskriminatoren befinden sich jeweils Sperrkreise (z. B. Sp 413, C 449) zur Sperrung des Farbträgers.

Danach folgt zur Kompensation der Video-Preemphasis die Deemphasis. Sie besteht aus einem gegen Masse geschalteten Kondensator (z. B. C 450) und wirkt über den Innenwiderstand der Gleichrichterschaltung. Da dieser unterschiedliche Werte aufweisen kann, ist durch ein zusätzliches RC-Glied (z. B. C 448 und R 465), der als Einstellregler ausgebildet ist, eine Einstellung der Deemphasis möglich.

Es ist zweckmäßig, die Deemphasis mit einem reduzierten Signal von 24 % einzustellen, da dies beim 75-%-Signal auf Grund der Verfälschungen durch die Hubbegrenzung schlecht möglich ist.

Abschaltung des Farbkanals

Der Farbabschalter hat die Aufgabe, den Farbkanal bei Schwarzweiß-Sendungen auszuschalten und außerdem ein Signal zur Synchronisierung des Umschalters zu erzeugen.

Die Abschaltung des Farbkanals wird durch eine bistabile Schaltung, bestehend aus den Transistoren T 402 und T 403 (S. 38, oben), deren Emitter auf einen gemeinsamen Widerstand arbeiten, realisiert. Die international bekannte Schaltung zur Steuerung dieser bistabilen Schaltung über die Auswertung der Kennimpulse nach den Diskriminatoren in bezug auf Anwesenheit bzw. Phasenlage wurde im beschriebenen Empfänger nicht angewendet, da sich mit Änderung des Kontrastes (Farbkontrast) die demodulierten Kennimpulsamplituden ändern und somit Unsicherheiten bei der Farbkanalabschaltung auftreten können.

Die Wirkungsweise einer neuen, in diesem Empfänger angewendeten Schaltung, soll nun beschrieben werden.

Durch positive Vertikalsynchronimpulse (Anschluß 85) wird über R 436 der Transistor T 402 geöffnet und damit auf Grund der Spannungsänderungen am Kollektor über R 412 der Transistor T 403 gesperrt. Dieser Zustand bleibt als stabiler Zustand bestehen. Soll der Farbkanal geöffnet werden, so muß die Basis von T 402 negative Impulse erhalten, die T 402 sperren und über R 412 den Transistor T 403 und damit den Farbkanal öffnen. Der Farbkanal bleibt dann bis zum Eintreffen des folgenden Vertikalsynchronimpulses geöffnet.

Als nächstes betrachten wir die Erzeugung dieser Öffnungsimpulse, die ein eindeutiges Kennzeichen für eine Farbfernseh-Sendung darstellen. Aus diesem Grund wird die Information aus den Kennimpulsen gewonnen. Da sich die Frequenzen für die Kennimpulse von Zeile zu Zeile ändern (für D_B-Zeilen 3,9 MHz und D_R-Zeilen 4,756 MHz), kann man die durch selektives Ausfiltern einer Frequenz (z. B. von 3,9 MHz) und anschließende Demodulation gewonnenen Impulse gleichzeitig zur Öffnung des Farbkanals und zur Synchronisierung des Umschalters benutzen. Es muß dafür gesorgt werden, daß wirklich nur Kennimpulse zur Auswertung gelangen, da im Signal entsprechende Frequenzen auftreten können und diese eine Fehlsynchronisation des Umschalters hervorrufen. Eine Auswertung sämtlicher Kennimpulse ist

nicht erforderlich, es genügen die ersten zwei Impulse eines jeden Halbbildes. Das wird durch eine Torschaltung mit T 404 erreicht. An der Basis liegt der modulierte Farbträger vom MP 401 an. Der Transistor ist so vorgespannt (Spannungsteiler am Emitter), daß eine Sperrspannung von 1,5 ... 2 V erzeugt wird und somit der Transistor für alle möglichen Spannungen, die über der Glockenstufe auftreten können, gesperrt bleibt. Dies ist besonders für den Schwarzweiß-Betrieb wichtig, da sonst eine Öffnung des Farbkanals durch zufällige 3,9-MHz-Anteile erfolgen könnte. Geöffnet wird der Transistor nur durch einen Impuls, der durch Differentiation des bereits besprochenen Impulses zur Kennimpulsaustastung gewonnen wird (R 431, C 432). Da hierbei aber die Basissperrspannung von T 402 durch die differenzierte Rückflanke überschritten wird, muß zu dessen Schutz die Diode Gr 401 vorgesehen werden.

Im Kollektorzweig befindet sich der 3,9-MHz-Schwingkreis, der über eine Anzapfung angekoppelt ist, um die Güte möglichst groß zu halten und die für die Umschaltung schädliche Frequenz von 4,406 MHz weit abzusenken. Die Gleichrichterdiode Gr 402 ist aus gleichem Grund an eine weitere Anzapfung von Fi 402 angeschlossen und als Reihengleichrichterschaltung ausgelegt.

Die so erzeugten Impulse haben die gewünschte negative Polarität. Der Widerstand R 437 spannt die Gleichrichterdiode so weit vor, daß die auf Grund der Resonanzkurve abgesenkten Frequenzanteile von 4,406 MHz (etwa 1 : 10 abgesenkt) nun vollkommen verschwinden und keine Fehlsynchronisation des Umschalters bewirken können.

Die Synchronisierung des Flip-Flop erfolgt über C 428 und R 438, die Öffnung des Farbkanals über C 406 und R 406. Der günstigste Arbeitspunkt der bistabilen Schaltung wird mit R 409 (Einstellregler) bei einem definierten Eingangssignal eingestellt.

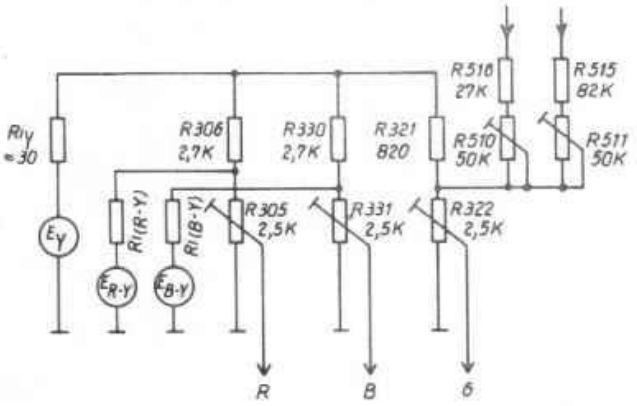
4.6. Rückgewinnung der RGB-Signale (Dematrizierung)

An die Matrix gelangen die Signale Y, D_R und D_B. Die im wesentlichen aus einem Widerstandsnetzwerk bestehende Schaltung hat die Aufgabe, aus dem Leuchtdichtesignal und den beiden Farbdifferenzsignalen D_R und D_B die Farbsignale (RGB-Signale) zurückzugewinnen.

Da die Farbdifferenzsignale vom Decoder mit einer Amplitude von ca. 1 ... 2 V und nur relativ hochohmig zur Verfügung stehen, werden sie in je einer Stufe auf 2,7 V (R-Y-Signal) und 3,4 V (B-Y-Signal) verstärkt. Die Arbeitswiderstände R 305 und R 331 der Transistoren T 301 und T 306 sind bereits Teile der Matrix. In Bild 21 ist $R_{i\ (R-Y)}$ der Innenwiderstand der Transistorstufe T 301. Er ist sehr hochohmig gegenüber R 305 und kann daher vernachlässigt werden. Das gleiche gilt entsprechend für den blauen Kanal.

Das R- und das B-Signal wird durch Addition des Y-Signals zu dem jeweiligen Farbdifferenzsignal gewonnen. Um Farbverfälschungen im Bild zu vermeiden, muß darauf geachtet werden, daß die gegenseitige Verkopplung der Kanäle klein bleibt ($>$ 40 dB). Das wird durch einen sehr niedrigen Quellwiderstand für das Y-Signal und durch die Entkopplungswiderstände R 306 und R 330 erreicht.

Bild 21
Matrix



Das Grünsignal wird aus den entsprechenden Anteilen des Y-, des R- und B-Signals durch Addition unter Berücksichtigung der Phasenlage der Teilsignale gewonnen. Die dazu erforderlichen Signale stehen an den Kollektoren der beiden Endstufentransistoren T 501 und T 503 zur Verfügung. Über die beiden Spannungsteiler R 516, R 510, R 321, R 322 und R 515, R 511, R 321, R 322 werden die zur Grünsignalbildung notwendigen R- und B-Signalanteile erzeugt und zu dem über R 321 eingespeisten Y-Anteil addiert.

4.7. Ansteuerung der Bildröhre (RGB-Verstärker)

Im Farbfernsehempfänger R-F-T COLOR 20 liefert die Matrix die Signale R, G, B, mit denen die Katoden der Bildröhre angesteuert werden. Diese Schaltung hat gegenüber der Ansteuerung mit Farbdifferenzsignalen folgende Vorteile:

- geringe Steuerspannungen (ca. 80 V)
- Gewinnung der Signalkomponenten bei kleinem Pegel (einige Volt)
- geringer Pegel im Y-Verstärker
- exakte meßtechnische Erfassung der Farbinformation

In der Matrix werden aus den Farbdifferenzsignalen und dem Y-Signal die Farbsignale R, G und B gewonnen und danach in den RGB-Endstufen auf den zur Aussteuerung der Bildröhre erforderlichen Wert gebracht. Die erforderliche Phase der Signalspannung ist negativ (weiß).

Diese Vorteile wirken sich vor allem im transistorisierten Farbfernsehempfänger aus.

RGB-Verstärker

Die Prinzipschaltung des RGB-Verstärkers (Videoverstärker) zeigt Bild 22. Zur Ansteuerung der Bildröhre werden die drei Signale R, G, B jeweils mit einer Amplitude von ca. 80 V benötigt. Die Matrix liefert ca. 2 V Signalspannung, die zweistufigen Verstärker die notwendige 40fache Verstärkung. Die ersten Stufen sind in Kollektorschaltung ausgeführt, um die Matrix nicht zu belasten und um einen guten Frequenzgang für die Aussteuerung der Endstufen von einer Signalquelle mit niedrigem Innenwiderstand zu erreichen. Für die RGB-Endstufen werden spezielle Si-HF-Leistungstransistoren (SF 150

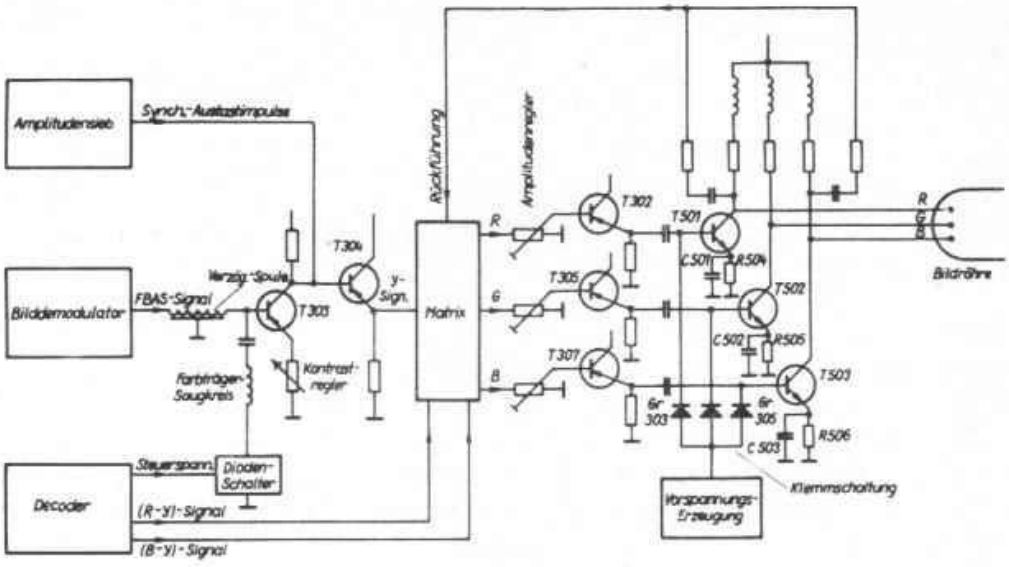


Bild 22 Prinzipschaltbild des Videoteils

oder BF 114) verwendet, die eine große Sperrspannung $U_{BEo} \geqq 140$ V, eine Grenzfrequenz $f_T > 80$ MHz und eine kleine Ausgangskapazität $C_{CE} < 10$ pF haben. Die RGB-Endstufen arbeiten in Emitterschaltung auf einen Arbeitswiderstand von 4,7 kΩ. Sie sind zur Linearisierung der Aussteuerkennlinie im Emitterkreis gegengekoppelt (R 504, R 505, R 506). Bis 5 MHz macht sich eine Anhebung der hohen Videofrequenzen erforderlich, die durch eine HF-Spule in Reihe mit dem Kollektorarbeitswiderstand und durch das Überbrücken des Emitterwiderstandes mit einem Kondensator (C 501 - C 503) erreicht wird. Eine galvanische Kopplung der RGB-Endstufen an die vorhergehenden Kollektorstufen ist aus Stabilitätsgründen nicht möglich, da der zur Verfügung stehende lineare Aussteuerbereich voll genutzt werden muß. In vorliegender Schaltung wird daher eine kapazitive Kopplung der Endstufen mit einer Schaltung zur Schwarzpegelfesthaltung verbunden, wodurch der Aussteuerbereich der Endstufen optimal genutzt wird und gleichzeitig die ohnehin notwendige Klemmung des Signals auf den Schwarz- bzw. Austastpegel erfolgt.

Klemmschaltung und Schwarzpegelstabilisierung

Im Empfänger ist eine einfache Spitzenwertklemmung vorgesehen. Zu diesem Zweck werden die Signale im Y-Verstärker bereits vorbereitet, indem man die Synchronimpulse durch eine Kompensationsschaltung beseitigt. Die Signalklemmung erfolgt an den Dioden Gr 303 - Gr 305 . Am gemeinsamen Fußpunkt wird die für alle drei Endstufen gleiche Basisvorspannung niederohmig eingekoppelt. In Abhängigkeit von der Betriebsspannung wird die Basisvorspannung für die RGB-Endstufen so gesteuert, daß der Signalpegel für den Schwarzwert des Bildes unabhängig von Änderungen dieser Betriebsspannung erhalten bleibt.

Dazu setzt sich die Basisvorspannung für die Endstufen aus zwei verschiedenen Gleichspannungsanteilen zusammen. Der erste Teil wird aus der Betriebsspannung für die RGB-Endstufen abgeleitet, der durch entsprechende Bemessung der Widerstände R 353 und R 352 die Nachsteuerspannung enthält, den zweiten Teil entnimmt man aus der stabilisierten Betriebsspannung von - 18 V. Zur Einstellung des Arbeitspunktes, d. h. des Schwarzpegels der Endstufen auf + 115 V, wird der Gleichspannungsanteil mit dem Potentiometer R 354 eingestellt. Der Transistor T 311 dient der Erzeugung eines niedrigen Quellwiderstandes für die Basisvorspannung der Endstufen.

Schirmgitterspannung und Sperrpunktabgleich

Die Kennlinien der drei Strahlsysteme müssen sich im sog. Sperrpunkt schneiden. Für diesen Punkt sind alle drei Gitter-Katoden-Vorspannungen gleich groß und gleichzeitig ist der Strahlstrom Null (Schwarzwert). Diese Gitter-Katoden-Vorspannung wurde auf - 105 V festgelegt. Sie setzt sich aus der Spannung an den Katoden der Bildröhre U_K = 115 V und der allen drei Steuergittern gemeinsamen Vorspannung von + 10 V zusammen, die durch die Einspeisung der Dunkeltastimpulse an den Steuergittern entsteht. Mit den Schirmgitterpotentiometern R 9 - R 11, die mit einer Spannung von + 600 V gespeist werden, wird die sog. Sperrpunkteinstellung durchgeführt, indem bei zugedrehtem Helligkeitsregler der Strahlstrom jedes Systems auf Null eingestellt wird.

Helligkeitsregelung

Die Signalansteuerung der Bildröhre erfolgt an den Katoden und die Helligkeitsregelung an den Steuergittern. Dazu wird am Potentiometer R 904 eine Gleichspannung abgegriffen, die den drei Steuergittern über je einen Spannungsteiler zugeführt wird. Zwei dieser Teiler sind mit den Einstellreglern R 518 und R 520 abgleichbar, da auf Grund der unterschiedlichen Steilheiten der Strahlsysteme die erforderlichen Spannungen für den Weißwert verschieden sind.

Der Regelumfang der Helligkeit entspricht an den Steuergittern einem Spannungsbereich von 0 ... + 20 V.

Strahlstrombegrenzung

Zum Schutz der Bildröhre vor Überlastung durch sehr helle Bilder oder durch Störungen, die die Bildröhre voll aufsteuern würden, ist eine Strahlstrombegrenzung erforderlich. Die benutzte Schaltung erfaßt den gesamten Strahlstrom in der - 25-kV-Leitung vom Hochspannungsteil. Die Leitung ist nicht direkt, sondern über die Diode Gr 501 in Sperrichtung an Masse gelegt. Durch die Diode wird über den hochohmigen Widerstand R 8 aus der + 600-V-Spannungsquelle ein Vorstrom von ca. 1,15 mA geschickt, der die Diode öffnet. Der Strahlstrom I_s zusammen mit einem immer fließenden nahezu konstanten Strom I_k = 200 µA fließt entgegengesetzt durch die Diode. Überschreitet der Gesamtstrom den Wert von 1,15 mA, dann sperrt die Diode, und der Gesamtstrom kann nur noch über den Widerstand R 8 und den Sperrwiderstand der Diode fließen. Steigt der Strahlstrom über den Wert von 1,15 mA an, so entsteht an dem Widerstand R 8 eine zusätzliche Spannung, die sich an der Anode der

Diode als negative Spannung gegen Masse äußert. Diese Spannung liegt aber gleichzeitig über den Widerständen R 521 bis R 523 an den Steuergittern der Bildröhre und steuert diese zu. Die Schaltung ist so bemessen, daß die Strahlstrombegrenzung etwa bei einem Strahlstrom von 0,95 mA einsetzt und bei einem 100 %igen Weißbild den maximal zulässigen Wert von 1,3 mA erreicht. Dabei entsteht an der Diode eine Sperrspannung von ca. - 60 V.

Rücklaufdunkeltastung

Um die Zeilen- und Bildrückläufe und die von der Synchronimpulskompensation verbliebenen aussteuernden Impulse sicher zu unterdrücken, werden während dieser Zeiten die drei Strahlsysteme dunkelgetastet. Diese Dunkeltastung wird ebenfalls an den Steuergittern der Bildröhre durchgeführt. Die erforderliche Impulsspannung beträgt ca. - 80 V_{ss}. Von großer Bedeutung bei der an den Steuergittern wirksam werdenden Dunkeltastspannung ist die Tatsache, daß die zwischen zwei Dunkeltastimpulsen liegende Steuergitterspannung einen konstanten Wert hat. Die aus dem Zeilenrücklauf gewonnene Dunkeltastspannung enthält jedoch eine sehr störende Parabelspannung, die mit der Diode Gr 502 begrenzt wird. Der verbleibende Restfehler ist über die ganze Zeile gesehen kleiner als 2 V und damit ohne Bedeutung. Die Diode Gr 503 dient zur gegenseitigen Entkoppelung der H- und V-Dunkeltastimpulse.
Die zwischen den Bildrücklaufdunkeltastimpulsen vorhandene Zägezahnspannung wird durch eine geeignete Dimensionierung der RC-Koppelglieder vor den Gittern der Bildröhre unterdrückt.

Schutz vor Hochspannungsüberschlägen und Aufladungen

Zum Schutz der Bildröhre und der Bauelemente für die Bildröhrenansteuerung wurden vier Teilfunkenstrecken gegen statische Aufladungen und gegen Überschläge vorgesehen. Alle Steuergitter und die Katoden besitzen eine ohmsche Ableitung nach Masse. Die an den Katoden liegenden Transistoren sind durch statisch auftretende Spannungen sowie durch Überschläge besonders gefährdet. Aus diesem Grunde wurden in die Zuleitungen zu den Katoden die Widerstände R 512 bis R 514 und in die gemeinsame Gitterleitung zur Einspeisung der Dunkeltastimpulse der Widerstand R 524 geschaltet. Diese sollen einen durch Überschlag ausgelösten Stromstoß abfangen und so die Transistoren und die Dioden Gr 502 und Gr 503 vor der Zerstörung bewahren. Die Funkenstrecken Fs 503 bis Fs 505 sind konstruktiv in die gedruckte Schaltung eingearbeitet. Die Fokussiergitter-Funkenstrecke Fs 502 ist ein neu entwickeltes Bauelement.

4.8. Aufbau und Wirkungsweise der Farbbildröhre

Durch additive Mischung dreier geeigneter Farbstrahlungen gelingt es, fast alle praktisch vorkommenden Farben zu erzeugen. In der Praxis der Farbfernsehbildröhre verwendet man eine grüne Strahlung mit 535 nm, eine rote Strahlung mit 610 nm und eine blaue Strahlung mit 470 nm Wellenlänge. Durch Intensitätsregelung der drei Strahlen lassen sich Leuchtdichte (Helligkeit), Farbton und Farbsättigung verändern.
Von den verschiedenen Möglichkeiten, im Farbfernsehempfänger die additive Mischung durchzuführen, hat sich bisher das Prinzip der Lochmaskenröhre durchgesetzt. Im Röhrenhals sind drei um 120 ° versetzte Elektronenkanonen

angeordnet, die jeweils einer Farbe zugeordnet sind. Die Intensität der Elektronenstrahlen kann in der von der Schwarzweiß-Bildröhre her bekannten Weise mit einfachen Mitteln verändert werden. Im allgemeinen befindet sich von vorn gesehen links unten die Rotkanone, rechts unten die Grünkanone und in der Mitte oben die Blaukanone. Im Abstand von ca. 2 cm vor dem Leuchtschirm ist eine Lochmaske angeordnet. Die drei Strahlen werden so fokussiert, daß sie in der Maskenebene zusammentreffen (konvergieren). Die geringe Divergenz, die auf dem Wege von der Maske bis zum Leuchtschirm entsteht, läßt jeden Strahl einen besonderen Punkt des Leuchtschirms treffen. Der ist so ausgeführt, daß an den Auftrefforten der Strahlen jeweils Leuchtstoffe der zugeordneten Farbe (Luminophore) vorhanden sind. Bild 23 zeigt den hier be-

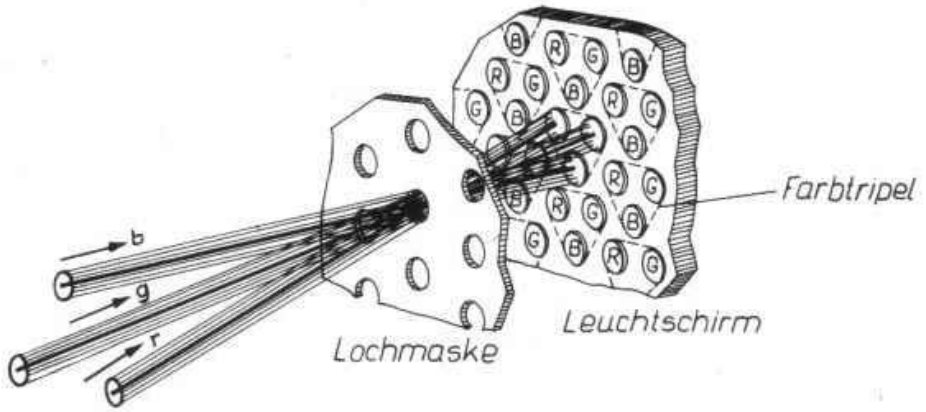


Bild 23 Erregung eines Bildpunktes bei der Lochmaskenröhre

schriebenen Vorgang. Zur Veranschaulichung sei noch mitgeteilt, daß die Lochmaske ca. 400 000 Löcher aufweist, von denen jedes einen Lochdurchmesser von 0,3 mm besitzt bei Mittenabständen von ca. 0,7 mm. Der Strahldurchmesser ist größer als 0,3 mm, damit geringe Verschiebungen des Strahles nicht zu Farbverfälschungen führen. Tatsächlich läßt die Maske nur 17 % der Elektronen zum Leuchtschirm gelangen. Das ist auch der Grund dafür, daß zur Erreichung gleicher Bildhelligkeit wie bei der Schwarzweiß-Bildröhre eine wesentlich höhere Beschleunigungsspannung und ein größerer Strahlstrom angewendet werden müssen. Zur Erzielung ausreichend heller Bilder beträgt die mittlere Strahlleistung einer Lochmaskenröhre ca. 34 W. Die drei Farbpunkte eines Tripels liegen auf dem Leuchtschirm so eng beieinander, daß das geringe Auflösungsvermögen des menschlichen Auges eine Mischfarbe aus den drei Farbstrahlen sieht.

Bei entsprechender Vergrößerung kann die Lage der Farbpunkte auf dem Leuchtschirm betrachtet werden. Auf diese Weise kann man auch mögliche Abweichungen feststellen. Solche Abweichungen sind z. B. Fehler der statischen Konvergenz. Unter Konvergenz versteht man die Deckung der mit den drei

Elektronenstrahlsystemen erzeugten Bilder. Durch einstellbare Dauermagnete, die auf den einzelnen Strahl bzw. gleichzeitig auf alle drei Strahlen einwirken, können die statische Konvergenz und die Farbreinheit für die Bildschirmmitte erreicht werden.

Durch die unterschiedliche geometrische Anordnung der drei Elektronenstrahlsysteme in der Farbbildröhre und durch den ebenen Bildschirm schreibt jedes System ein anderes Raster. Selbst wenn ein Tripel im Bereich des Schirmmittelpunktes einwandfrei angesteuert wird, ergeben sich bei stärkerer Auslenkung Farbfehler und Deckungsfehler (dynamische Konvergenzfehler). Es ist leicht einzusehen, daß eine Korrektur jedes einzelnen Strahls notwendig ist und daß diese Korrektur von der räumlichen Auslenkung des jeweiligen Strahls abhängig ist. Die dynamische Konvergenz wird durch Elektromagnete erreicht, die von entsprechenden Korrekturströmen durchflossen werden.

4.9. Abtrennung und Aufteilung der Synchronsignale

Zur Synchronisierung der Kippgeneratoren ist die Abtrennung des Synchronsignals und des Vertikalimpulses vom FBAS-Signal erforderlich. Für die Signalklemmung wird außerdem ein phasenrichtiger Impuls für die Umtastung des Synchronsignals bereitgestellt.

Amplitudensieb

Die Schaltung des Amplitudensiebes und der Vertikalsynchronisation zeigt Bild 24.

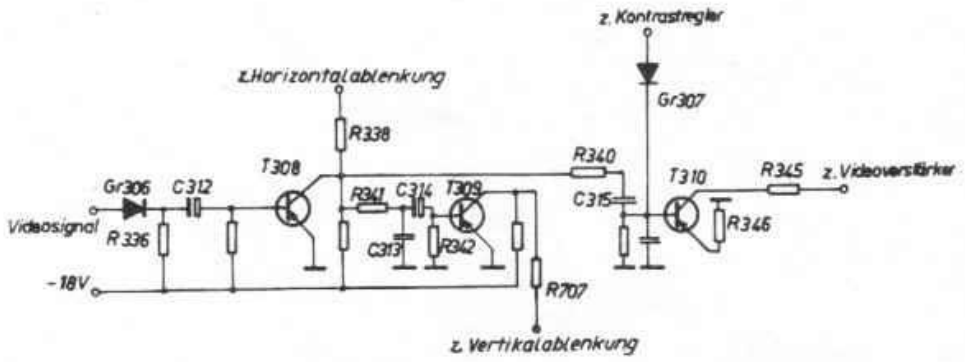


Bild 24 Schaltung des vollständigen Amplitudensiebes

Die Abtrennung des S-Signals übernimmt die in den leitenden Bereich vorgespannte Diode Gr 306. Die Zeitkonstante von C 312, R 336 ist so bemessen, daß die Zeilen- und Bildimpulse einwandfrei abgetrennt werden.

Sie muß sehr klein sein, um den Ausfall von Zeilenimpulsen nach einer Störamplitude kurz zu halten. Der Transistor T 308 wird von den abgeschnittenen S-Impulsen gesperrt, so daß an seinem Kollektor ein großes negatives Synchronsignal anliegt. Über den Widerstand R 338 wird dieses unmittelbar dem Phasenvergleich zugeführt.

Zur Abtrennung der Synchronsignale steht im Gegensatz zum Schwarzweiß-Fernsehen ein wesentlich kleinerer Amplitudenbereich zur Verfügung, da der Farbträger in den S-Bereich hineinreicht. Das macht sich besonders bei Verstimmungen des Empfängers bemerkbar. Rückt z. B. der Bildträger auf der Nyquist-Flanke nach unten (ZF > 38,9 MHz), so wird das Y-Signal kleiner. Diese Reduzierung gleicht die AVR durch Vergrößerung der Verstärkung wieder aus. Dadurch vergrößert sich aber die Farbträgeramplitude unzulässig und stört den S-Bereich stärker. Deshalb ist für den Farbfernsehempfänger eine hohe Abstimmgenauigkeit zu fordern ($\Delta f \leq \pm$ 100 kHz). Der am Transistor T 308 erzeugte S-Impuls wird über R 340, C 315 der Basis von T 310 zugeführt. Über die Diode Gr 307 erfolgt eine Amplitudenbegrenzung, die mit R 346 auch am Kollektor wirksam wird. Der Wert dieser Begrenzung hängt von der Stellung des Kontrastreglers ab. Bei großem Kontrast wird auch ein großer Impuls erzeugt und über R 345 zum Videosignal addiert.

Die im Amplitudensieb unvermeidliche Verzögerung wird dadurch ausgeglichen, daß die ohnehin notwendige Verzögerungsleitung im Leuchtdichtekanal vor der S-Signalkompensation eingesetzt wird.

Erzeugung der Vertikalimpulse

Die Integration wird mit R 341 und C 313 durchgeführt. Der Transistor T 309 wird durch die Bildimpulse geöffnet, so daß die Eingangsdiode, C 314 und R 342 eine Audionschaltung darstellen, die eine einwandfreie Trennung der verschiedenen Impulse sicherstellt. Am Kollektor von T 309 entsteht damit ein V-Impuls von + 18 V bei niedrigem Quellwiderstand, der über den Entkopplungswiderstand dem Vertikaloszillator zur Direktsynchronisation zugeführt wird. Die erreichte große Rückwirkungsfreiheit ergibt einen sicheren Bildstand mit einwandfreier Zwischenzeile.

4.10. Horizontalablenkung und Ost-West-Rasterkorrektur

Anforderungen und Ergebnisse der Transistorisierung

Für die verwendete Farbbildröhre nach dem Lochmaskenprinzip wird zur Auslenkung des Elektronenstrahls in horizontaler Richtung unter Verwendung des Ablenksystems AE 100 eine Blindenergie von

$$W = \frac{L}{2} I_s^{\,2} = 2{,}8 \text{ mWs}$$

benötigt. Sie ist etwa um die Hälfte größer als für vergleichbare Schwarzweiß-Bildröhren.

Bei einer Hochspannung von 25 kV zum Betrieb der Farbbildröhre und einem maximalen Strahlstrom von 1,2 mA beträgt die Leistung 30 W, d. h. etwa das Fünffache von Schwarzweißgeräten.

Beim Schwarzweiß-Fernsehen kann diese Leistung, die nur annähernd ein Fünftel der Ablenkleistung erreicht, auf relativ einfache Weise von der Horizon-

talendstufe mit zur Verfügung gestellt werden. Infolge der höheren Anforderungen bezüglich Größe und Stabilität von Ablenkamplitude und Hochspannung ist an dieser Stelle im Farbfernsehempfänger ein größerer Aufwand erforderlich. Die Leistung für die Hochspannung beträgt etwa 60 % der Ablenkleistung. Weiterhin darf die Hochspannung zur Einhaltung der Forderungen bezüglich Fokussierung und Konvergenz maximal um 5 % schwanken. Aus ökonomischen und technischen Gründen wurde die Trennung der beiden Funktionsgruppen vorgenommen. Vor allem bringt das Abgehen von der Stabilisierungsschaltung für die Hochspannung mit einer Ballaströhre eine wesentliche Leistungseinsparung. Eine weitere Erleichterung bietet die Möglichkeit der getrennten Einstellung von Ablenkstromamplitude und Hochspannung.
Durch die Transistorisierung wird die für die Horizontalablenkung erforderliche Gesamtleistung auf weniger als 50 % reduziert. Ebenso sinkt die Leistungsaufnahme für die Hochspannungserzeugung bei mittlerer Helligkeit auf annähernd die Hälfte.
Die erforderliche Ablenkenergie konnte durch den Einsatz eines Ablenksystems mit entsprechend niedriger Impedanz und Wegfall des Horizontal-Ausgangsübertragers auf das notwendige Maß reduziert werden.

Schaltungskonzeption
Die Horizontalablenkung besteht aus den im Bild 25 ersichtlichen Schaltungsteilen.

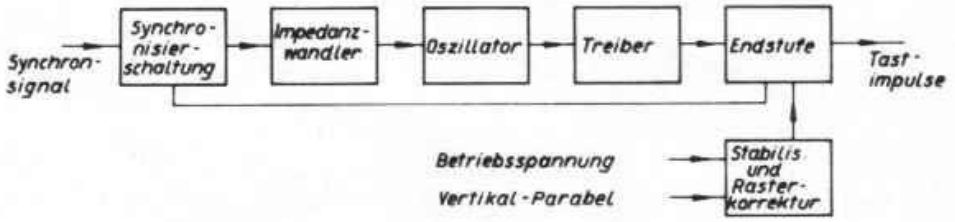


Bild 25 Blockschaltbild der Horizontalablenkung

Die Synchronisation erfolgt mittels kombiniertem Frequenz- und Phasenvergleich, der über einen Impedanzwandler mit dem Oszillator verbunden ist. Der Oszillator steuert die Endstufe über eine Treiberstufe. Damit entspricht die Konzeption im Prinzip der allgemein verwendeten Röhrenschaltung. Lediglich die Treiberstufe ist zur Bereitstellung der Steuerleistung für die Endstufe zusätzlich erforderlich.

Horizontalendstufe
Die Endstufe arbeitet mit dem Leistungsschalttransistor T 1 und der Diode Gr 1 in Parallel-Spardioden-Schaltung, wobei das niederohmige Ablenksystem direkt angeschlossen ist (Endstufentransistor und Spardiode wirken dabei als

Schalter). An Hand der Bilder 26 und 27 wird die Funktion der Schaltung beschrieben.

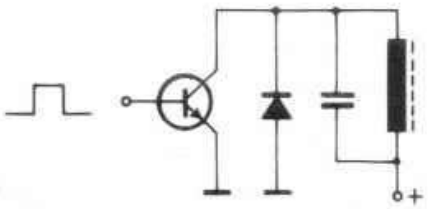


Bild 26 Parallel-Spardioden-Schaltung

Der Transistor T 1 ist zum Zeitpunkt t_1 leitend, d. h. an die Ablenkspulen wird eine konstante Spannung (Betriebsspannung) angelegt, und es fließt ein zeitproportional ansteigender Strom nach dem Gesetz

$$u = L \cdot \frac{di}{dt}$$

Am Ende des Hinlaufes (t_2) wird der Transistor gesperrt. Die in den Ablenkspulen gespeicherte Energie verursacht eine freie Schwingung zwischen Ablenkspulen und parallelgeschaltetem Kondensator. Nach einer halben Periode erreicht die Spannung an den Ablenkspulen (nach dem Nulldurchgang, t_3) die Größe der Betriebsspannung. Dadurch wird die Diode Gr 1 leitend. Die in den Ablenkspulen gespeicherte magnetische Energie treibt nun einen linearen abfallenden Strom durch die Spulen (t_3 bis t_1). Kurz bevor dieser Strom den Wert Null erreicht, muß der Endstufentransistor wieder geöffnet werden (t_1), und der Vorgang läuft von neuem ab.

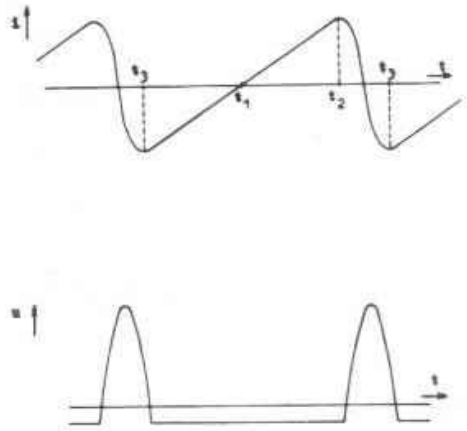


Bild 27 Zeitverlauf des Ablenkstromes und der Spannung an den Horizontalablenkspulen

Die im ersten Teil des Hinlaufes (t_1 bis t_2) gespeicherte Energie wird somit bis auf die Verluste in den Schaltelementen und den Energieentzug für den Betrieb anderer Schaltungsteile zur Stromquelle zurückgeliefert.

Während des Rücklaufes erhöht sich die an den Ablenkspulen und somit auch an Transistor und Diode anliegende Spannung gegenüber der Hinlaufspannung im Verhältnis der Stromänderungsgeschwindigkeiten. Schalttransistor und Spardiode werden also im geöffneten Zustand (Hinlauf) mit hohen Strömen und im gesperrten Zustand (Rücklauf) mit hohen Spannungen belastet.
Die Ausschaltzeit des Transistors und die Vorwärts-Erholzeit der Spardiode müssen zur Vermeidung von unzulässig hohen Verlusten sehr kleine Werte haben (kleiner als 1 µs).
Die infolge des kleinen Ablenkradius gegenüber dem Bildröhrenradius erforderliche S-förmige Vorverzerrung des Ablenkstromes für eine lineare Auslenkung des Elektronenstrahls auf dem Bildschirm erfolgt durch Formierung der Betriebsspannung für die Endstufe. Zu diesem Zweck hat der Abblock-

kondensator C 2 eine entsprechend bemessene Kapazität (Bild 28). Die wechselstrommäßige Entkopplung von der Stromversorgung erfolgt durch die Drossel Dr 601. Diese Art der Entzerrung ermöglicht die zusätzliche bildfrequente Modulation der Betriebsspannung zur Korrektur der kissenförmigen Rasterverzerrungen in horizontaler (Ost-West-) Richtung. Zur Kompensation der im wesentlichen durch den Realteil der Impedanz des Ablenksystems und die Durchlaßspannungen von Endstufentransistor und Spardiode hervorgerufenen Nichtlinearität der Elektronenstrahlauslenkung ist in Reihe zu den Ablenkspulen ein Linearitätsregler Dr 1 geschaltet. Er arbeitet nach dem Prinzip einer vormagnetisierten Spule.

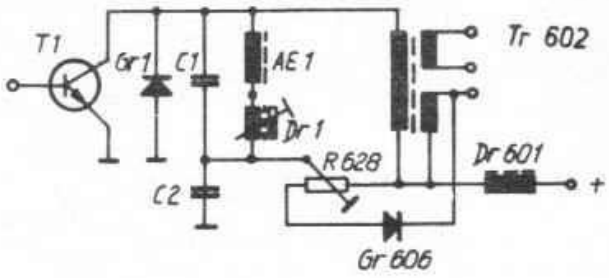


Bild 28 Schaltung der Horizontalendstufe

Die Größe der horizontalen Bildamplitude (Bildbreite) wird mit dem Regler R 625 eingestellt, der die Betriebsspannung ändert. Durch einen parallel zum Ablenksystem geschalteten Transformator Tr 602 werden die Impulsspannungen zur Rücklaufdunkeltastung, Ansteuerung des Decoders und zur getasteten Regelung bereitgestellt. Von diesem Transformator wird auch nach entsprechender Gleichrichtung der Strom für die horizontale Lageverschiebung (Zentrierung) des Bildes nach links erzeugt. Die Verschiebung nach rechts erfolgt durch Übernahme des Endstufengleichstromes. Bei der Lageverschiebung wird der Impulstrafo gleichzeitig als Drossel zur Entkopplung benutzt.

Die Rücklaufdauer für die Horizontalablenkung beträgt $\leq$ 22 %. Damit wird ohne zusätzliche Überschreibung das Seitenverhältnis der Bildröhre an das Bildformat 4 : 3 angeglichen.

Treiberstufe

Zur Bereitstellung des relativ hohen Steuerstromes für den Endstufentransistor muß der Oszillator über eine Treiberstufe an die Endstufe angepaßt werden (Bild 29). Zur Erreichung des hohen Anpassungsverhältnisses arbeitet der Treibertransistor T 604 zusätzlich auf einen Transformator (Tr 601). Parallel zur Primärwicklung des Treibertransformators befindet sich eine RC-Kombination (R 620 und C 617). Sie bewirkt die Bedämpfung der Ausschalt-Spannungsspitze am Transformator. Beim Sperren der Treiberstufe wird die Endstufe ebenfalls gesperrt.

Für den Ausgleich der Exemplarstreuungen der Eingangsdiode des Endstufentransistors wird die Treiberstufe über einen Widerstand (R 622) mit der Betriebsspannung verbunden. Mit Rücksicht auf die geforderte Abfallzeit des

Stromes im Endstufentransistor soll die Abschaltzeit am Treibertransistor kürzer als 2 µs sein. Die Einschaltzeit ist weniger kritisch. Sie wirkt

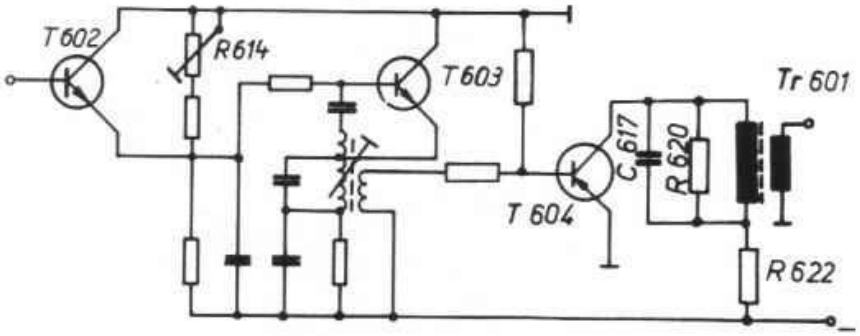


Bild 29 Oszillator und Impedanzwandler

sich lediglich auf die Verlustleistung des Treibertransistors aus und soll nicht mehr als 10 µs betragen. Die Ansteuerung des Treibertransistors erfolgt über einen Widerstand, um Rückwirkungen auf den Oszillator, die vor allem durch die bildfrequente Modulation der Betriebsspannung für die Endstufe zur Rasterkorrektur entstehen, zu vermeiden.

Oszillator und Impedanzwandler

Der Generator arbeitet als Sinusgenerator in Eco-Schaltung (Bild 29). Infolge der relativ starken Rückkopplung ist die Steuerung der Frequenz über den Stromflußwinkel des Transistors T 603 möglich. Zu diesem Zwecke wird der Basis des Transistors über einen Entkopplungswiderstand lediglich eine Gleichspannung zugeführt.

Der Nachstimmbereich des Sinusoszillators wird durch einen einstellbaren Widerstand (R 614) nach niedrigen Frequenzen hin begrenzt, um eine Überlastung der Endstufe zu vermeiden. Die Eigenresonanz des Schwingkreises liegt zur Erreichung einer entsprechenden Kurvenform für die Ansteuerung noch tiefer (bei ca. 10 kHz).

Um die relativ hochohmige Phasen- und Frequenzvergleichsschaltung an den niedrigen Eingangswiderstand für die Frequenznachstimmung des Oszillators anzupassen, ist ein Impedanzwandler erforderlich. Der Transistor T 602 arbeitet dabei in Kollektorschaltung und erhöht die Impedanz näherungsweise um seine Stromverstärkung.

Synchronisierschaltung

Die Synchronisation des Oszillators erfolgt indirekt mittels kombiniertem Frequenz- und Phasenvergleich. Mit dieser Schaltung sind bei geringem Aufwand großer Fang- und Haltebereich sowie gute Störbefreiung erreichbar. Der Vergleich erfolgt mittels symmetrischer Synchronimpulse und des

differenzierten Rücklaufimpulses. An Hand des Bildes 30 wird im folgenden die Funktion der symmetrischen Phasen- und Frequenzvergleichsschaltung kurz erläutert. Die Kenntnis der Vorgänge beim Phasenvergleich kann dabei vor-

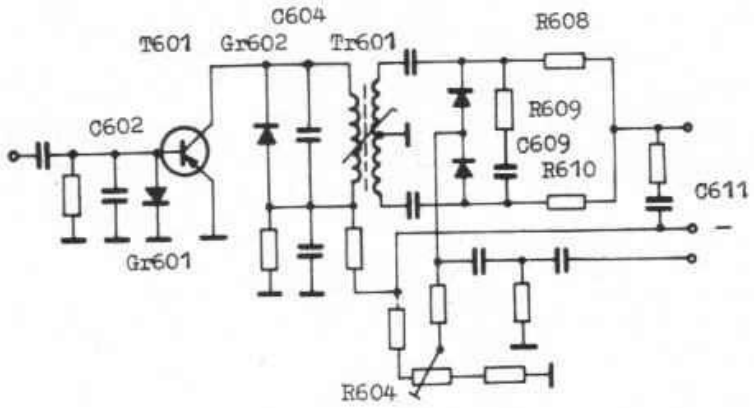


Bild 30 Synchronisierschaltung

ausgesetzt werden. Bei größeren Frequenzabweichungen reicht die Richtspannung der Phasenvergleichsschaltung nicht aus, um die Oszillatorfrequenz bei genügender Störbefreiung nachzustimmen bzw. zu fangen. Durch Hinzufügen des Kondensators C 609 und des Widerstandes R 609 zur Phasenvergleichsschaltung kann zusätzlich eine frequenzabhängige Richtspannung gewonnen werden, deren Polarität von der Richtung der Frequenzabweichung bestimmt wird (Diskriminator). Bei Frequenzabweichung entsteht am Ausgang der Phasenvergleichsschaltung ein Signal von der Form der Phasenvergleichskennlinie. Der Beginn des S-förmigen Impulses mit positiver oder negativer Polarität hängt dabei von der Richtung der Frequenzabweichung ab. Durch die Frequenzvergleichsschaltung wird das letzte maximale Potential des Phasenvergleichsimpulses gehalten und somit eine frequenzabhängige Richtspannung geliefert. Bild 31 a zeigt den Spannungsverlauf bei höherer Frequenz des Lokaloszillators (negativer Mittelwert) und Bild 31 b den Verlauf bei niedrigerer Frequenz (positiver Mittelwert). Durch das Siebglied R 608/R 610 und C 611 wird der Mittelwert ausgesiebt.

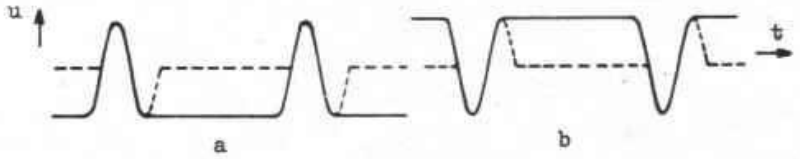


Bild 31 Wirkungsweise der Frequenzvergleichsschaltung

Die Sollfrequenz des Oszillators ist mit dem Einstellregler R 604 einzustellen. Eine Nachstellung von außen erübrigt sich infolge der guten Frequenzkonstanz des Oszillators und des großen Fangbereiches der Synchronisation. Die symmetrischen Synchronimpulse werden über einen Transformator, der durch den Schalttransistor T 601 angesteuert wird, bereitgestellt. Die beim Sperren des Transistors auftretenden Resonanzerscheinungen am Transformator verhindert die parallelgeschaltete Diode Gr 602. Im Basiskreis des Schalttransistors befindet sich ein Phasendrehglied (R 338 und C 602), mit dem die zeitliche Übereinstimmung des Austastimpulses im Signal mit dem Zeilenrücklauf erreicht wird. Die Diode Gr 601 verhindert eine Potentialverschiebung an der Basis von T 601 während der Rasterwechselimpulse.

Spannungsstabilisierung und Rasterkorrektur

Damit die Bildbreite in Abhängigkeit von der Netzspannung und vor allem vom Strahlstrom - die Hochspannung wird aus derselben Betriebsspannung gespeist - konstant bleibt, muß die Betriebsspannung für die Horizontalablenkung stabilisiert werden. Die Schaltung entspricht der üblichen Ausführung einer Konstantspannungsregelung (Bild 32). Infolge der nahezu gleichbleibenden Stromentnahme kann der Regeltransistor T 2 durch einen Widerstand R 915 entlastet werden. Hinzuweisen ist lediglich auf die besondere Festlegung des Massepotentials hinter dem Regeltransistor, wodurch eine positive Betriebsspannung gewonnen wird. Zur Gewährleistung der Kurzschlußfestigkeit des elektronisch geregelten Stromversorgungsteiles befindet sich in Reihe mit dem Regeltransistor ein Widerstand zur Kurzschlußstrom-Begrenzung (R 914). Die Regelschaltung dient noch als Modulator für die Rasterkorrektur in Ost-West-Richtung. Aus technischen und ökonomischen Gründen wurde die Korrektur der Kissenverzeichnung in den beiden Ablenkrichtungen voneinander getrennt. Mittels Transduktor erfolgt die Korrektur in Nord-Süd-Richtung. In Ost-West-Richtung wird die erforderliche Änderung der Ablenkströme durch Modulation der Betriebsspannung für die Horizontalablenkung erreicht. Die dafür erforderliche parabelförmige Spannung wird durch Integration des vertikalen Ablenkstromes gewonnen. Ein derartiges Signal kann dem Koppelkondensator für die vertikalen Ablenkspulen entnommen werden. Nach geeigneter Transfor-

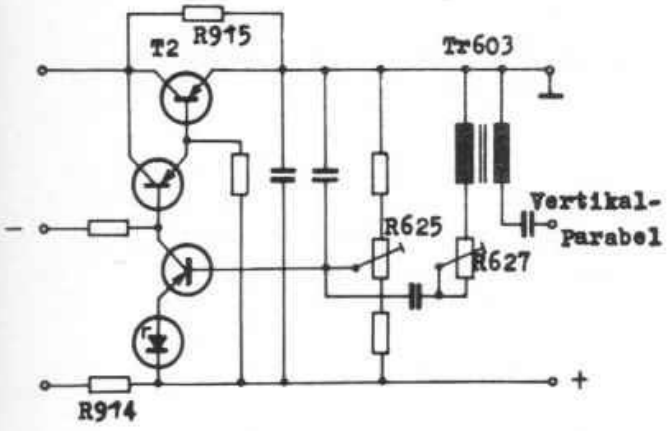


Bild 32 Schaltung für Stabilisierung und Rasterkorrektur

mation (Tr 603) wird das Signal mit umgekehrter Polarität in den Regelkreis eingeführt. Mit dem Einstellregler R 627 kann die optimale Entzerrung vorgenommen werden. Damit die bildfrequente Modulation durch den Abblockkondensator des Regelteiles nicht verfälscht wird, hat dieser eine begrenzte Größe. Er dient nur zur Abblockung des zeilenfrequenten Impulsstromes.

4.11. Vertikalablenkung

Die Vertikalablenkschaltung (Bild 33) ist in Drosselkopplung ausgeführt. Durch eine entsprechende Bemessung der Vertikalablenkspule ergibt sich für den Transistor T 3 ein optimaler Außenwiderstand. Gegenüber der Transformatorkopplung ist bei gleichem Wirkungsgrad und bei gleicher Ablenkleistung der Drosselkern um etwa 2 Typengrößen kleiner wählbar als der Transformatorkern. Bei gleichen Kerngrößen ist die vom Endstufentransistor aufzubringende

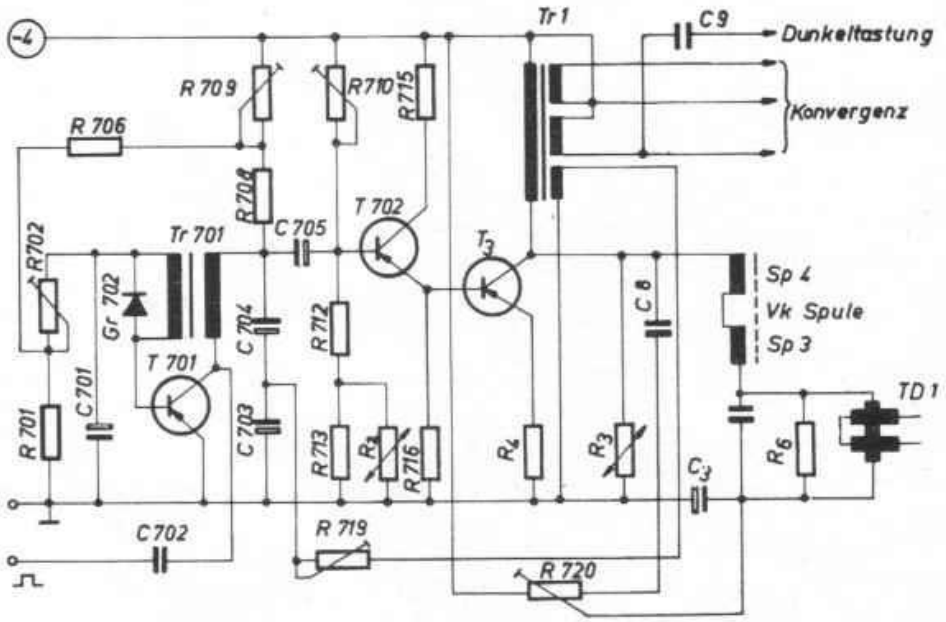


Bild 33 Prinzipschaltung der Vertikalablenkung

Leistung bei der Drosselkopplung geringer. Für die Vollausschreibung des Bildschirmes bei 24,5 kV Hochspannung wird ein Ablenkstrom von i_{ss} = 1 A bei einer Betriebsspannung von - 18 V ± 2 % zugrunde gelegt. Die erforderliche Ablenkleistung beträgt 5 W, die Kollektorverlustleistung bei symmetrischer Aussteuerung und einem Kollektorruhestrom von I_c = 0,5 A etwa 4 W.
Bei idealer Drossel und linearem Verhalten des Ausgangstransistors müßte man einen linearen Sägezahnstrom in den Ablenkspulen erhalten, wenn an der Basis mit einer linearen Sägezahnspannung angesteuert wird. In der Praxis ist das nicht der Fall, so übt z. B. die Drossel einen starken Einfluß auf den Verlauf des Spulenstromes aus, da nur eine endliche Drosselinduktivität L_1 gewählt werden kann, deren Stromaufnahme nicht mehr vernachlässigbar ist. Damit teilt sich der vom Transistor aufgebrachte Ge-

samtstrom in den sägezahnförmigen Strom durch das Ablenksystem und einen parabelförmigen Strom durch die Drosselinduktivität L_1. Je größer die Induktivität L_1 ist (große Zeitkonstante τ), desto weniger weicht der Gesamtstromverlauf vom Sägezahnverlauf ab. In der Praxis wird bei Transistorschaltungen die Zeitkonstante τ nicht kleiner als die Hälfte der Ablenkzeit gewählt. Die dabei auftretenden parabolischen Verzerrungen werden mit erträglichem Aufwand kompensiert. Während des Rücklaufes ist die Änderungsgeschwindigkeit des Stromes wesentlich größer als beim Hinlauf. An der Induktivität des Ablenksystems entsteht daher eine sehr hohe Spannungsspitze von etwa 50 V_{ss}. Zuzüglich der über dem Transistor stehenden Betriebsspannung wird dadurch fast die zulässige Kollektor-Emitterspannung des Endstufentransistors erreicht. Die Parallelschaltung eines VDR-Widerstandes zur Kollektor-Emitterstrecke bewirkt eine Dämpfung der Rücklaufspitze. Die Vertikalablenkspule ist über den Trennkondensator C 3 an die Endstufe angeschlossen.

Für die Konvergenzstufe werden Sägezahnspannungen von 30 V_{ss} und 110 V_{ss} in gegenphasiger Polarität benötigt. Dazu befinden sich auf dem Transformator Tr 1 zwei zusätzliche Wicklungen.

Die für die Bildrohrsteuerung notwendige negative Dunkeltastspannung von etwa 110 V_{ss} wird ebenfalls der Wicklung des Transformators entnommen. Für die vertikale Verschiebung der Bildlage muß zusätzlich ein in seiner Richtung umkehrbarer Gleichstrom durch die Vertikalspule fließen können. Für die Bildröhre werden Strahlabweichungen in einem Toleranzkreis von 15 mm Durchmesser zugelassen. Diese Toleranz kann durch eine Vertikalverschiebung von $\pm$ 15 mm mit dem Widerstand R 720 kompensiert werden.

Die zur Ansteuerung der Endstufe benötigte Sägezahnspannung wird in einer Sperrschwingerschaltung erzeugt. Die zum Schwingen benötigte 180° Phasendrehung erfolgt durch den Sperrschwingertransformator Tr 701. Es muß dafür gesorgt werden, daß seine Eigenschwingung nicht größer als die Rücklaufzeit und eine genügend feste Kopplung zwischen den Wicklungen vorhanden ist. Die unsynchronisierte Schwingfrequenz ist etwas kleiner als die synchronisierte, so daß die Synchronisation durch vorzeitige Auslösung des Kippeinsatzes erfolgt. Der Synchronimpuls mit positiver Polarität wird dem Kollektor des Transistors T 701 zugeführt. Die Kippfrequenz wird durch die Zeitkonstante des Basiskreises bestimmt. Im gesperrten Zustand des Sperrschwingertransistors T 701 (Hinlauf) wird der unterteilte Ladekondensator C 703, C 704 über die Ladewiderstände R 708, R 709 aufgeladen. Durch die große Zeitkonstante wird nur der untere, lineare Teil der exponentiellen Ladekurve ausgenutzt, so daß der Spannungsverlauf eine Sägezahnform annimmt. Die Amplitude des Sägezahnes ist durch den Widerstand R 709 einstellbar.
Über den Koppelkondensator C 705 wird gleichzeitig die Treiberstufe mit dem Transistor T 702 angesteuert, die als Kollektorstufe zur Ansteuerung des Endtransistors T 3 betrieben wird. Die Steuerspannung wird so vorverzerrt, daß die geforderte parabolische Komponente erzeugt wird. Dabei hat der variable Widerstand R 719 hauptsächlich Einfluß auf die Linearität am

unteren Bildrand, während die Arbeitspunkteinstellung mit dem Widerstand R 710 auf die Gesamtlinearität einwirkt.
Die durch Erwärmung der Transistoren T 702 und T 3 sich ergebende Ruhestromänderung wird durch den Thermistor R 2 kompensiert, der zur besseren thermischen Kopplung auf dem Kühlblech des Endstufentransistors T 3 angeschraubt ist.

4.12. Ablenkeinheit

Für die Ablenkung der drei Elektronenstrahlen der Lochmaskenbildröhre wird eine Ablenkeinheit verwendet, deren Wirkungsweise im Prinzip einer Ablenkeinheit des Schwarzweiß-Fernsehempfängers entspricht. Die durch Aufbau und Wirkungsweise der Lochmaskenbildröhre bedingten Besonderheiten stellen zusätzliche Anforderungen an den Aufbau, an die Feldverteilung im Ablenkraum und erfordern höhere Genauigkeit bei der Herstellung der Ablenkeinheit.

Konstruktiver Aufbau

Das mit Sattelspulen ausgeführte Horizontalablenk-Spulenpaar ist von einem Jochringkern umschlossen, auf dem als Toroidwicklung das Spulenpaar der Vertikalablenkung aufgebracht ist. Um eine optimale Anpassung der Horizontalablenkspulen an die Transistorendstufe der Ablenkschaltung ohne Transformator zu ermöglichen, muß der Anschlußwert dieses Spulenpaares entsprechend niederinduktiv ($<$ 80 µH) ausgeführt sein. Durch den Wegfall der Verluste des Horizontalausgangsübertragers wird der durch den großen Halsdurchmesser des Bildrohres und die Erhöhung der Hochspannung auf ca. 25 kV angewachsene Leistungsbedarf zum großen Teil ausgeglichen, so daß der Aufbau als Transistorstufe möglich wird. Die Herstellung der niederinduktiven Sattelspulen erfolgt mit einem Spezial-Wickelverfahren, wobei gleichzeitig 8 Drähte parallel in die Wickelform gelegt werden. Eine Parallelschaltung des Spulenpaares ergibt einen Nennanschlußwert von L = 75 µH. Besonders hoch sind die Anforderungen an die mechanische und elektrische Gleichmäßigkeit und Symmetrie des Spulenpaares.
Toroidspulen für die Vertikalablenkung ergeben bei optimaler Anpassung an die Endstufe eine günstigere Leistungsbilanz und eine etwas höhere Ablenkempfindlichkeit als Sattelspulen. Die Serienschaltung der beiden Vertikalspulen ergibt einen Anschlußwert von R = 15 Ω bei einer Induktivität von L = 40 mH. Eine Temperaturkompensation ist nicht vorgesehen, auftretende Bildamplitudenschwankungen werden in der Ablenkschaltung voll ausgeglichen.

Damit die Farbreinheit der einzelnen Primärfarbenraster gewährleistet ist, muß jeder der drei Elektronenstrahlen der Bildröhre nur auf die ihm zugeordneten Leuchtstoffpunkte auftreffen. Hierzu müssen die Elektronenstrahlen unter genau den gleichen Winkeln durch die Lochmaskenöffnungen fallen, wie sie bei der Herstellung des Leuchtschirmes zugrunde gelegt werden. Unvermeidbare Fertigungstoleranzen des Maskenkomplexes und der Strahlsysteme machen eine Justage der Ablenkmittelpunkte erforderlich, um Farbreinheit über den ganzen Bildschirm sicherzustellen. Die Justage in axialer Richtung wird durch Verschieben der Spulenanordnung in der Ablenkeinheit ermöglicht. Durch Schrägstellung des Gesamtsystems der Strahlerzeuger hervorgerufene Landungs-

fehler werden durch eine radiale Verschiebung der Mittelpunkte mit dem Farbreinheitsmagnet korrigiert. Dieser besteht aus zwei Ringmagnetscheiben, die gegeneinander verdrehbar auf der Rückseite der Radialkonvergenzeinheit angeordnet sind. Ein gegenseitiges Verdrehen verändert die Intensität des Feldes und damit die Größe der Ablenkung aller drei Elektronenstrahlen; eine Drehung beider Bleche ändert die Ablenkrichtung, welche immer senkrecht zu den Kraftlinien steht.
Weiterhin werden Landungsfehler durch das Erdfeld und andere magnetische Metallteile in der Nähe der Bildröhre hervorgerufen. Deren Einfluß wird durch den Metallrahmen der Bildröhre und eine magnetische Abschirmung möglichst klein gehalten. Die magnetische Abschirmung (Erdfeldabschirmung), der Metallrahmen und die aus Stahlblech bestehende Lochmaske der Bildröhre sowie einzelne Chassisteile können durch äußere Einflüsse magnetisch werden. Vor allen Einstellarbeiten sollte daher das Gerät im eingeschalteten Zustand in einem abklingenden Magnetfeld entmagnetisiert werden.
Die Farbreinheit wird erst für Rot eingestellt und ist anschließend auch beim grünen und blauen Rasterbild sowie im Weißbild zu kontrollieren.

Für eine zufriedenstellende Bildwiedergabe ist die Konvergenz der Strahlen erforderlich, d. h. daß die drei Primärfarbenbilder deckungsgleich wiedergegeben werden. Die Verhältnisse im Ablenkraum haben einen bedeutenden Einfluß auf die Bildgeometrie der einzelnen Primärfarbenraster und sind somit für eine gute Konvergenzeinstellung ausschlaggebend.

Deutlich werden die Auswirkungen auf die Bildwiedergabe, wenn man die Form der geschriebenen Primärfarbenraster betrachtet. Es ist bekannt, daß bei den Bildröhren eine kissenförmige Rasterverzerrung in Abhängigkeit vom Ablenkwinkel auftritt. Die Verzerrung entsteht dadurch, daß der mit gleichbleibendem Winkel abgelenkte Elektronenstrahl auf einem nur schwach gekrümmten Bildschirm unterschiedliche Weglängen zurücklegen muß. Bei der Lochmaskenbildröhre ergeben sich wegen der exzentrischen Lage der drei Strahlsysteme für jeden Primärfarbenraster unterschiedliche Verzeichnungen. Eine Schrägstellung der Systeme führt ebenfalls zu unterschiedlichen Trapezverzeichnungen, die sich den Kissenverzerrungen überlagern.

Diese Rasterverzeichnungen lassen sich zum Teil durch eine gewisse Inhomogenität des Ablenkfeldes kompensieren. Die Feldverteilung wurde so gewählt, daß ein großer Teil der Trapezverzeichnungen kompensiert wird.

Eine Kompensation des Kissenfehlers, wie sie in bekannter Weise in der 90°-Schwarzweiß-Technik angewendet wurde, ist unzweckmäßig, da sie eine Verringerung der Bündelung der Elektronenstrahlen hervorruft. Außerdem können solche Feldverteilungen zu zusätzlichen Farbreinheitsfehlern führen. Die bei optimalen Konvergenz- und Fokussierungsbedingungen verbleibenden Kissenverzeichnungen müssen durch eine Modulation der Horizontal- und Vertikalablenkströme beseitigt werden.
Kleine Unterschiede in der Induktivität der einzelnen Horizontalablenkspulen wirken sich auf dem Bildschirm z. B. als Kreuzung der roten und grünen Horizontalrasterlinien aus und lassen sich mit Hilfe der Korrekturspule Sp 5/Sp 6 ausgleichen. Bei außer Betrieb gesetzter dynamischer Konvergenz ist der Kern der Korrekturspule so lange zu verstellen, bis

die rote und grüne horizontale Mittellinie des Rasters parallel verlaufen. Größenunterschiede der einzelnen Primärfarbenraster sind auf Unsymmetrien in der Ablenkeinheit zurückzuführen und sind nicht korrigierbar. Die Differenz bleibt als Konvergenzrestfehler bestehen.

4.13. Hochspannungserzeugung

Die erhöhten Anforderungen an die Horizontalablenkung - wie gute Konvergenz und Farbreinheit und von Netz- und Strahlstromschwankungen unabhängige Rasterabmessungen - sowie die beträchtliche Hochspannungsleistung (ca. 40 W) machen den Einsatz einer getrennten Hochspannungsstufe erforderlich. Diese Trennung der Hochspannungsleistung von der Ablenkleistung bringt eine Reihe Vorteile mit sich, wie z. B. die genauere Einstellung der Parameter der beiden Stufen unabhängig voneinander und die Erleichterung der Transistorisierung. Um die Bildröhre nicht zu beschädigen, wurde eine Schaltung gewählt, die dafür sorgt, daß bei Ausfall der Horizontalablenkung die Hoch- und Fokussierspannung fernbleiben. Die Baugruppe zur Hochspannungserzeugung besteht aus Steuerstufe, Treiberstufe, Gleichrichterstufe, Spannungsteiler und Regelstufe.
Zur Steuerung der Treiberstufe dient ein der Horizontalendstufe entnommener Impuls, der der Steuerstufe zugeführt wird. Im Serienschwingkreis, der auf die Zeilenfrequenz von 15 625 Hz abgestimmt ist, entsteht eine sinusförmige Steuerspannung. In der Treiberstufe wird das Signal verstärkt und hochtransformiert. Die hohe Wechselspannung wird in einer Verdreifacherschaltung gleichgerichtet und der Farbbildröhre als Anodenspannung zugeführt.
Neben der Hochspannung werden dem Ausgangstransformator die Fokussier- und Schirmgitterspannung für die Bildröhre sowie die Betriebsspannung für die Videoendstufen des Farbfernsehempfängers entnommen. Die Fokussierspannung wird mittels eines hochohmigen Spannungsteilers aus der Hochspannung gewonnen. Der Fußpunkt des Spannungsteilers liegt auf einer konstanten Vergleichsspannung. Eine Teilspannung wird als Regelspannung der Regelstufe zugeführt. Die Treiberstufe ist als Gegentaktschaltung ausgeführt. Mit dieser Schaltungsart kann man, auf Grund des Tastverhältnisses von 50 %, hohe Leistungen erreichen und gleichzeitig Ferritkern, Eigenkapazität und Innenwiderstand klein halten. Die Endtransistoren können entweder als Schalter oder als B-Verstärker arbeiten. Beim Schalter erfolgt die Steuerung an der Basis mit einer Rechteckspannung. Da aber die Kollektorwechselspannung auf Grund der Eigenresonanz des Transformators sinusförmig wird, würden in den Endtransistoren unerwünscht hohe Verluste auftreten. Aus diesem Grunde wurde die Treiberstufe als B-Verstärker ausgeführt.
Die erforderliche hohe Ausgangsleistung von ca. 50 W bedingt den Einsatz der Leistungstransitoren KU 605 bzw. KU 606. Als Ferritkern für den Ausgangstransformator wurde der Typ UJ-57 aus dem VEB Keramische Werke Hermsdorf verwendet.
Um die hohe Gleichspannung von 25 kV zu erhalten und dabei Gleichrichterröhren mit niedriger Sperrspannung verwenden zu können, wurde eine Verdreifacherschaltung gewählt. Sie besteht aus drei Röhren des Typs EY 51, zwei Hochspannungskondensatoren und dem Belag der Bildröhre als dritten

Ladekondensator.
Die Schirmgitterspannung von ca. 600 V für die Bildröhre wird durch Einweggleichrichtung mit dem Gleichrichter E 600 C 5 gewonnen und die Spannung für die Videoendstufe des Farbfernsehempfängers mit einer Verdopplerschaltung.

In der Spannungsteilerstufe werden die Fokussier- und die Regelspannung erzeugt. Die Gewinnung der Fokussierspannung U_{Fok} erfolgt mit einem Abgriff an der Hochspannung, d. h. nach der ersten Gleichrichterstufe wird deren Teilspannung (ca. 8 kV) durch die Widerstände R 892 bis R 895 bis ca. 4,5 kV heruntergeteilt. Diese Spannung am Schleifer des Potentiometers R 806 steht dann als Fokussierspannung für die Bildröhre zur Verfügung. Am Fußpunkt des Spannungsteilers wird mit Hilfe eines Einstellreglers eine Teilspannung für die Regelstufe abgenommen.
Um die Farbreinheit und Rasterabmessung nicht zu beeinflussen, müssen die Hochspannungsschwankungen kleiner als 1 kV sein. Dazu ist ein Innenwiderstand des geregelten Hochspannungsgenerators von 670 kΩ erforderlich. Für den Regelkreis wird eine Teilspannung von ca. 8 kV nach der ersten Gleichrichterröhre abgegriffen. Durch Spannungsteilung führt man die konstantzuhaltende Spannung der Basis des Transistors T 801 zu. Als Vergleichsspannung für den Regelkreis wurde die - 18-V-Schienenspannung des Empfängers benutzt. Die Einstellung der Amplitude der Hochspannung erfolgt mit dem Einstellregler R 807.
Die zur Fremdsteuerung der Treiberstufe erforderliche Impulsspannung wird aus der Horizontalablenkung entnommen und dem Serienresonanzkreis, der aus dem Kondensator C 800 und der Induktivität des Transformators Tr 800 besteht, zugeführt. Der Resonanzkreis verformt den Tangensimpuls zu einer annähernd sinusförmigen Wechselspannung, die der Endstufe als Steuerspannung dient. Die automatische Regelung der Hochspannung erfolgt durch Änderung der Kreisgüte des Schwingkreises, die durch Öffnung und Sperrung des Transistors T 800 und des Gleichrichters Gr 803 bewirkt wird.
Die Schaltung der Hochspannungserzeugung ist im Bild 34 dargestellt.

Konstruktion
Der Ausgangsübertrager Tr 891, die Gleichrichterröhren Rö 891 bis Rö 893 sowie die Hochspannungskondensatoren C 891 und C 892 und die Hochspannungswiderstände R 891 bis R 895 sind in einem mit Transformatorenöl gefüllten Weißblechbehälter untergebracht. Das Transformatorenöl isoliert die spannungsführenden Teile und dient zusätzlich als Kühlmittel. Glas und Porzellandurchführungen werden zur sicheren Stromversorgung verwendet. Die Steuer- und Regelstufen sind auf einer Leiterplatte untergebracht, und alle Einstellregler sind ohne Kippen der Platte von hinten erreichbar.

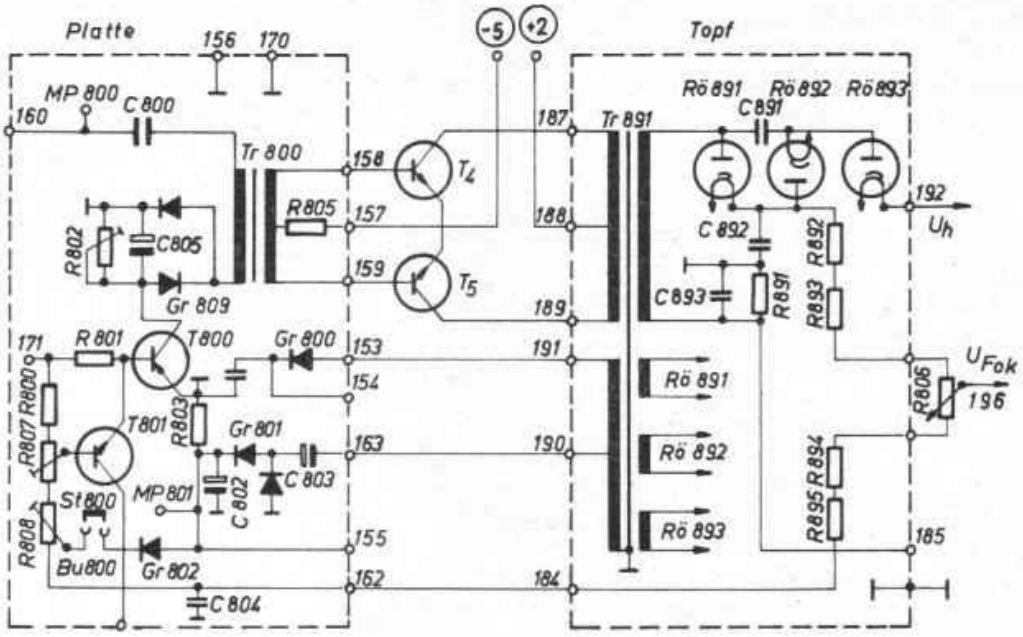


Bild 34 Hochspannungsteil

4.14. Konvergenzanordnung

Bei dem Betrieb der Lochmaskenröhre treten grundsätzlich Wiedergabefehler auf, die durch Zusatzeinrichtungen und komplizierte Justierarbeiten beseitigt werden müssen. Der größte Aufwand ist zur Beseitigung der Konvergenzfehler erforderlich.

Unter Konvergenz wird die deckungsgleiche Wiedergabe der Farbauszugsbilder verstanden. Ohne Korrekturmaßnahmen entstehen auf dem Bildschirm drei Teilbilder, die unterschiedliche Rasterverzerrungen aufweisen und außerdem zueinander verschoben sein können. Ursache dafür ist die beim Schattenmaskenprinzip exzentrische Anordnung von drei Elektronenstrahlsystemen. Diese sind jeweils 120° versetzt um die Bildröhrenachse angeordnet. Durch eine geringe Neigung zur Bildröhrenachse wird erreicht, daß die drei Elektronenstrahlbündel zum Mittelpunkt der Bildschirmfläche zusammenlaufen (konvergieren) und einen aus den drei Primärfarben bestehenden Leuchtpunkt erzeugen.

Leider entstehen bei diesem komplizierten Verfahren einige Fehler, ohne deren Beseitigung die Bildwiedergabe der Lochmaskenröhre unbefriedigend ist. Der Ursache nach kann man zwei Fehlerarten, den statischen und die dynamischen Konvergenzfehler, feststellen.

Die Behebung des statischen Konvergenzfehlers, der durch Herstellungstoleranzen und magnetische Störfelder entsteht, erfordert eine konstante Auslenkung der Elektronenstrahlen, die sich durch einstellbare Permanentmagnete erreichen läßt.

Die dynamischen Konvergenzfehler, die an den Bildrändern zusätzlich etwa 10 mm große Deckungsfehler hinterlassen, werden in Trapez- und Kissenfehler unterteilt (Bild 35).

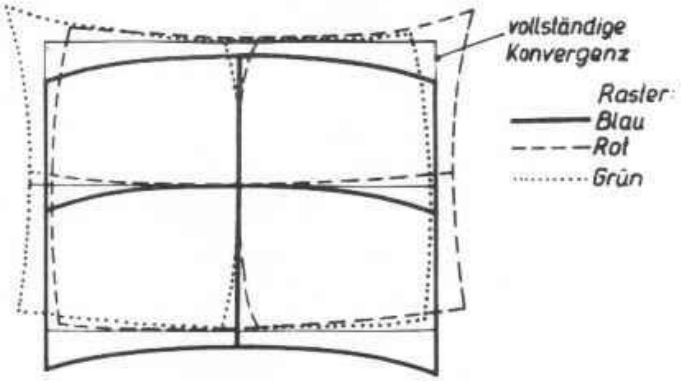


Bild 35 Raster ohne dynamische Konvergenz

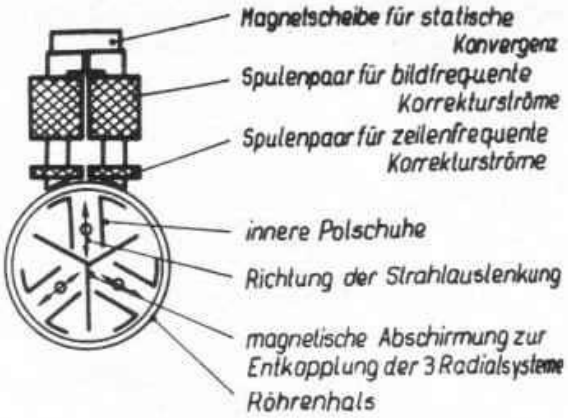
Während die Trapezfehler durch die außerhalb der Mitte angeordneten Elektronenkanonen entstehen, sind die Kissenfehler durch den etwa doppelt so großen Krümmungsradius des Bildschirmes gegenüber dem Ablenkradius bedingt. Die exzentrische Anordnung der Strahlsysteme läßt unterschiedliche Kissenfehler entstehen, deren Korrektur nur noch durch gesonderte Beeinflussung der drei Elektronenstrahlen erfolgen kann. Für die Korrektur der dynamischen Konvergenzfehler sind Spulen vorgesehen, die von Wechselströmen durchflossen werden. Die magnetischen Korrekturfelder überlagern sich dann so, daß die Elektronenstrahlen stets eine der Verzeichnung entgegengesetzte Ablenkung erfahren.

Für die Beseitigung des statischen und des noch verbliebenen, für die drei Teilraster unterschiedlichen Kissenfehlers, ist eine getrennte Ablenkung der drei Elektronenstrahlen erforderlich. Zu diesem Zweck enthält jedes der drei Strahlsysteme ein Polschuhpaar, das nach außen hin durch die Polschuhe des Radialsystems verlängert wird. Bild 36 zeigt ein System der Radialkonvergenzeinheit. Es enthält zwei Spulenpaare. Zwei L-förmige Ferritkerne leiten den Magnetfluß auf die im Röhrenhals befindlichen Polschuhe. An der Stoßstelle der L-Kerne ist ein 2polig lateral magnetisierter Dauermagnet angebracht. Damit ist eine radiale Auslenkung der Elektronenstrahlen möglich. Zur völligen Deckung muß jedoch ein Strahl tangential verschiebbar sein (Bild 37). Hierzu wird hinter dem Radialsystem ein Lateralsystem angebracht. Die Lateralkonvergenzeinheit (Bild 38) enthält ebenfalls einen Dauermagneten für die statische Einstellung, sowie eine Spule für die dynamische Konvergenz.

Für die dynamische Konvergenz werden zeilen- und bildfrequente Impulsströme benötigt. Die zeilenfrequenten Korrekturströme für das Radialsystem werden durch zweifache Integration aus dem Horizontalrückschlagimpulsen gewonnen (Bild 39).

Bild 36

Radialkonvergenz-
system



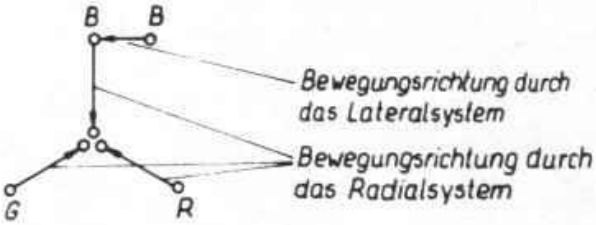
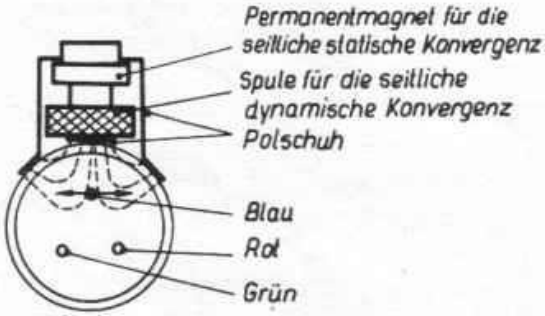


Bild 37

Verschieberichtungen
der Elektronenstrahlen

Bild 38

Lateralkonvergenz-
system



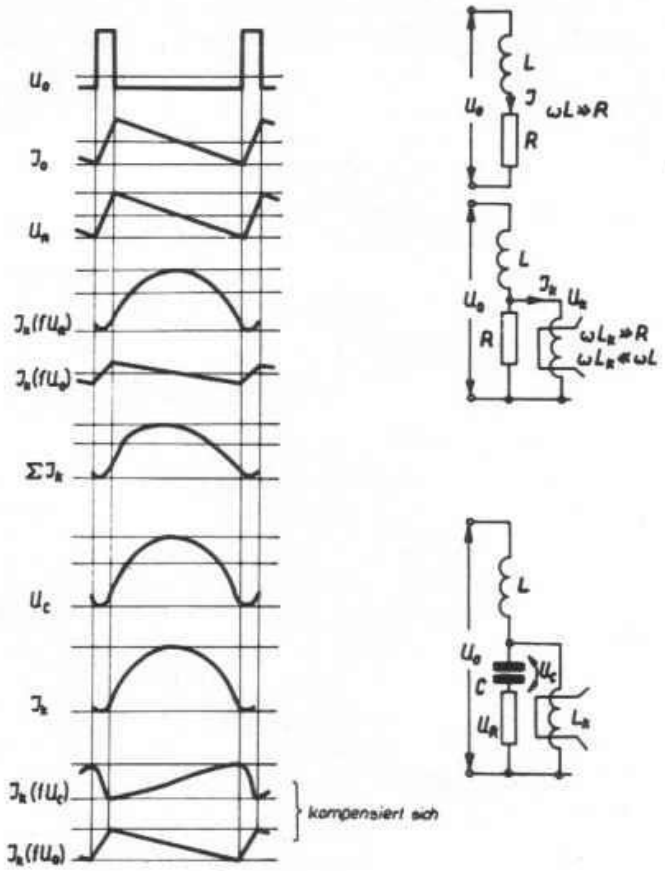


Bild 39 Erzeugung der horizontalfrequenten Korrekturströme

Schaltet man an die gegebene Rechteckimpulsspannung eine Spule, dann fließt unter der Bedingung, daß die Zeitkonstante $T = \frac{L}{R}$ viel größer ist als die Periodendauer der Impulsspannung, in der Spule ein sägezahnförmiger Strom. Ordnet man in Reihe zu dieser Spule einen Widerstand an, der die oben genannte Bedingung nicht stört, dann bleibt der sägezahnförmige Strom erhalten und läßt an dem Widerstand eine Sägezahnspannung entstehen. Wird zu dem Widerstand die Konvergenzspule parallel geschaltet, dann fließt in ihr, unter der Voraussetzung, daß die Zeitkonstante $T = \frac{L}{R}$ wieder groß gegen die Periodendauer der Impulsspannung ist, ein parabelförmiger Strom. Weiterhin wird jetzt der Spannungsteiler aus L und L_K wirksam, so daß auch in der Konvergenzspule ein sägezahnförmiger Strom fließen muß. Die Überlagerung von Parabelstrom und Sägezahnstrom führt zu einem unsymmetrischen Parabelstrom. Da L_K nicht viel kleiner als L gewählt werden kann, muß zur Kompensation des Sägezahnstromes ein Kondensator C in Reihe zum Widerstand R angeordnet werden. Dieser wird ebenfalls vom Sägezahnstrom durchflossen. Ist die Zeitkonstante R · C groß gegenüber der Periodendauer des Impulsstromes,

dann entsteht am Kondensator eine parabelförmige Spannung, die ihrerseits einen S-förmigen Strom durch die Konvergenzspule treibt. Dieser S-förmige Strom kompensiert den Sägezahnstrom, so daß ein symmetrischer Parabelstrom in der Konvergenzspule wirksam wird. L und R sind einstellbar ausgeführt, damit der Korrekturstrom den Konvergenzerfordernissen angepaßt werden kann. Bei dieser Einstellung macht sich jedoch der sich ändernde Scheitelwert der Parabel störend auf die statische Konvergenz bemerkbar. Dies wird vermieden, indem parallel zur Konvergenzspule eine sogenannte Klemmdiode angeordnet wird. Ein ihr in Reihe geschalteter Widerstand begrenzt den Richtstrom derart, daß der Scheitelwert des Parabelstromes stets auf Null gehalten wird.

Eine weitere Maßnahme, die die Einstellung der dynamischen Konvergenz wesentlich vereinfacht, ist die Zusammenfassung der Konvergenzschaltung für Rot und Grün zu einer sogenannten matrizierten Schaltung. Dies ist möglich, da die Korrekturströme etwa gleich groß sind und einen annähernd gleichen Amplitudenverlauf aufweisen. Geringe Unterschiede werden mit Differenzreglern ausgeglichen.

Die Anforderungen an den Konvergenzstrom für Blau sind höher und mit der vorher beschriebenen Schaltung schwer realisierbar. Es ist deshalb ein Korrekturschwingkreis, dessen Eigenresonanz etwa bei dem 1,8fachen der Zeilenfrequenz liegt, angeordnet worden.

Oft stimmt die Breite des blauen Rasters nicht ganz mit der des roten und grünen Rasters überein. Für die Korrektur muß dem Lateralsystem ein Sägezahnstrom zugeführt werden, der von Null ausgehend positiv oder negativ eingestellt werden kann. Dies geschieht in einer Brückenschaltung mit 4 Einzelspulen, die einen gemeinsamen Abgleichkern besitzen.

Die bildfrequenten Korrekturströme haben einen parabelförmigen Amplitudenverlauf. Bei der Aufbereitung muß berücksichtigt werden, daß hier die Periodendauer des Impulsstromes in der Größenordnung der Zeitkonstante der Konvergenzspulen liegt.

Die Schaltung für die vertikalfrequenten Korrekturströme sollte ebenfalls eine möglichst einfache und rückwirkungsfreie Konvergenzeinstellung zulassen. Dazu muß sich ein Parabelast ohne Rückwirkung auf den anderen einstellen lassen. Außerdem soll hier der Scheitelpunkt ein konstantes Potential beibehalten, um nicht die statische Konvergenzeinstellung zu beeinflussen.

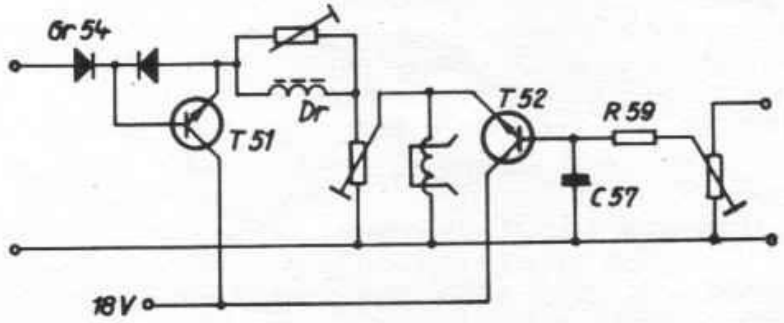


Bild 40 Bildfrequente Korrektur

Von dem zur Verfügung stehenden Vertikalimpuls (Bild 41 a) wird der negative Anteil mit Gr 54 abgeschnitten und der positive Anteil unter Ausnutzung der Kennlinie des Selengleichrichters verzerrt (Bild 41 b). Der Transistor T 51 dient zur Impedanzwandlung und vermeidet so eine Rückwirkung auf den Vertikalgenerator. Mit der Drossel Dr 1 wird die Sägezahnspannung weiter verzerrt (Bild 41 c), damit in der Konvergenzspule ein parabelförmig ansteigender Strom fließt. Nach dem Ende der zweiten Bildhälfte wird die Diode Gr 54 und damit der Transistor T 51 gesperrt. Die in der Konvergenzspule gespeicherte magnetische Energie ruft jetzt einen entgegengesetzt nach einer e-Funktion verlaufenden Strom hervor (Bild 41 d). Die Zeitkonstante ist so bemessen, daß der Strom nach 10 ms fast auf Null abgefallen ist. Hier setzt dann wieder der oben beschriebene Vorgang ein. Der Konvergenzstrom wird weiterhin dadurch beeinflußt, daß der Anfangswert der Spannung bei Beginn der ersten Bildhälfte durch einen zusätzlichen in R 59/C 57 geformten und in T 52 verstärkten Impuls (Bild 41 e, 41 f) korrigiert wird. Bild 41 g zeigt den endgültigen Verlauf des Korrekturstromes. Das Rot- und das Grünsystem wurde auch hier zu einer matrizierten Schaltung zusammengefaßt.

Die Schaltung der bildfrequenten Korrektur zeigt Bild 40.

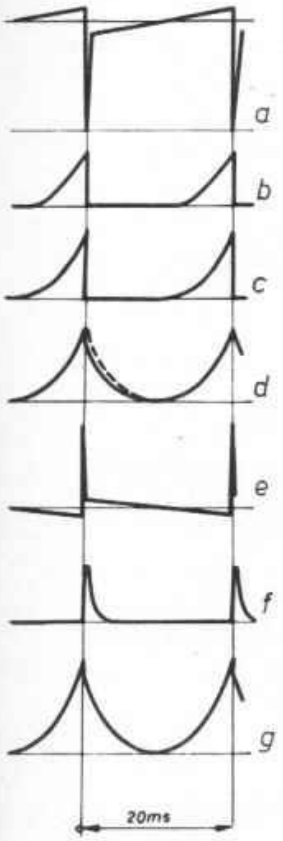


Bild 41 Erzeugung der vertikalfrequenten Korrekturströme

4.15. Rasterkorrektur

Ursache der Kissenverzeichnung

Der Bildschirm der Farbbildröhre ist ein Ausschnitt aus einer Kugeloberfläche. Der Radius dieser Kugel ist etwa doppelt so groß wie der Abstand vom Ablenkmittelpunkt zum Bildschirm. Deshalb werden die Weglängen des Elektronenstrahls zu den Bildecken hin bei gleichem Ablenkwinkel größer. Es entsteht ein kissenförmig verzeichnetes Raster, bei dem die Ecken einen größeren Abstand vom Schirmmittelpunkt haben, als bei einem Rechteck (Bild 42). Man bezeichnet die Verzeichnung horizontaler Linien als "Nord-Süd"- und die vertikaler Linien als "Ost-West-Verzeichnung" und die dazu entsprechend erforderlichen Korrekturen als "Nord-Süd-" bzw. "Ost-West-Korrektur" (Bild 43).

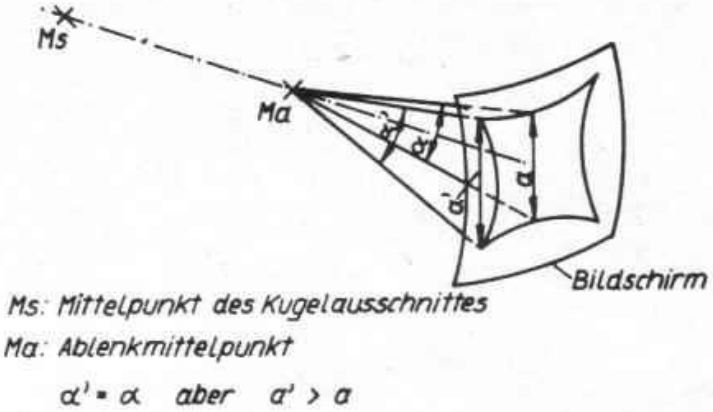


Bild 42
Entstehung der Kissenverzeichnung

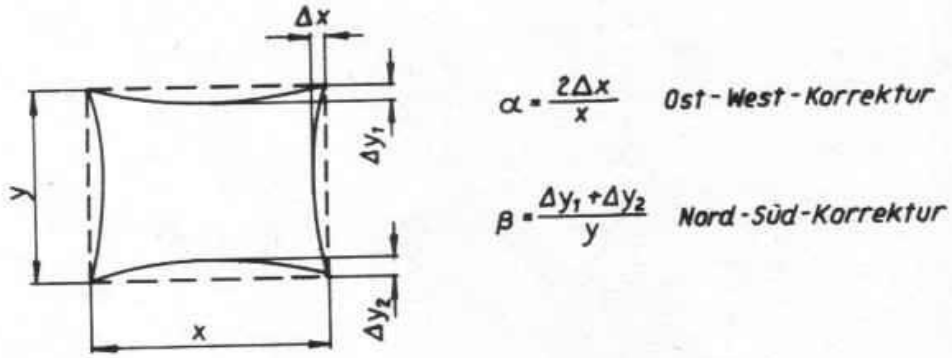


Bild 43 Definition der Rasterkorrekturen

Möglichkeiten der Korrektur

Die Kissenverzeichnung des Rasters kann bei der Schwarzweiß-Bildröhre durch zusätzliche Permanentmagnete, die den Elektronenstrahl in Richtung der Rasterdiagonalen ablenken, oder durch besondere Formgebung des Ablenkmagnetfeldes kompensiert werden. Die Punktschärfe wird dadurch in den Bildecken vermindert.

Für ein farbreines Bild ist eine gute Punktschärfe auf dem gesamten Schirm der Lochmaskenröhre nötig. Die Kissenverzeichnung kann deshalb nur durch eine entsprechende gegensinnige Veränderung der Ablenkströme korrigiert werden.

Im folgenden wird der Verlauf des Korrekturstromes für die Ost-West-Korrektur beschrieben (Bild 44).

Ein Horizontalablenkstrom i_H konstanter Amplitude hat auf dem Bildschirm ein Raster zur Folge, dessen Breite wegen der Kissenverzeichnung in der Mitte zu gering ist. Die vertikalen Begrenzungslinien dieses Rasters (markiert durch 1, 4 und 6) sind parabelförmig gekrümmt.

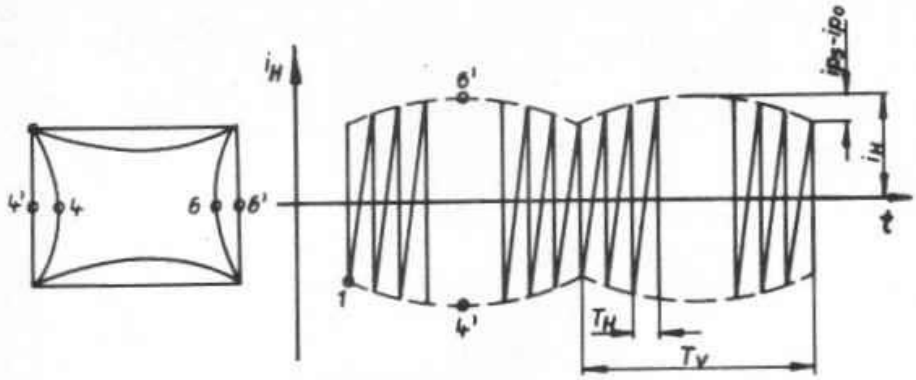


Bild 44 Verlauf des Horizontalablenkstromes für die Ost-West-Korrektur

Der Horizontalablenkstrom muß deshalb während einer Vertikalablenkperiode T_V parabelförmig moduliert werden, so daß seine Amplitude am Bildanfang ein Minimum, in der Bildmitte ein Maximum und am Bildende wieder ein Minimum hat (1, 4' und 6').
Bild 45 zeigt den Verlauf des Korrekturstromes für die Nord-Süd-Korrektur.

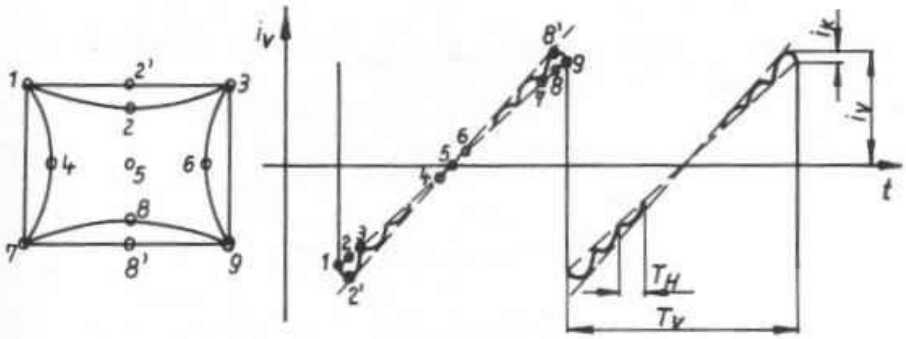
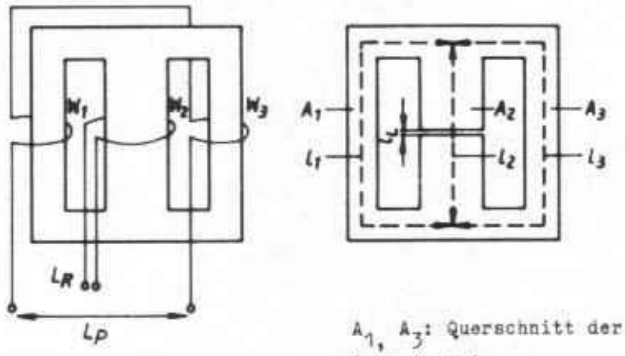


Bild 45 Verlauf des Vertikalablenkstromes für die Nord-Süd-Korrektur

Die erste Zeile eines Rasters sei die parabolische Verbindungslinie zwischen 1 und 3 mit 2 in der Mitte. Sie entspricht den am Vertikalstrom i_V markierten Punkten 1, 2 und 3. Soll die Krümmung dieser Zeile korrigiert werden, muß der Vertikalstrom von 1 zu 2' in Zeilenmitte parabolisch anwachsen und danach wieder zu 3 abfallen. Für die mittlere Zeile ist keine Korrektur erforderlich, denn sie wird geradlinig von 4 über 5 nach 6 geschrieben. Der Vertikalablenkstrom muß also mit einem horizontalfrequenten, parabolischen Korrekturstrom i_K moduliert werden, dessen Amplitude von einem Maximalwert am Bildanfang bis Null in der Bildmitte linear abfällt, dann seine Richtung umkehrt und wieder bis zum Maximalwert am Bildende linear ansteigt.

Aufbau und Wirkungsweise des Transduktors

Ohne großen Aufwand an Bauelementen lassen sich die erforderlichen Korrekturströme mit einem Transduktor bereitstellen. Es wird die nichtlineare Magnetisierungskennlinie eines EI-Ferritkernes ausgenutzt, um eine Induktivität zu steuern und um eine Differenzspannung zu gewinnen. Die Wicklungen des Transduktors und die Schaltung zeigen Bild 46 und 47.



L_p: Parallelinduktivität

$W_1 = W_3$: Windungszahlen auf den Außenschenkeln

L_R: Reheninduktivität

W_2: Windungszahl auf dem Mittelschenkel

A_1, A_3: Querschnitt der Außenschenkel

$A_1 = A_3 = A$

A_2: Querschnitt des Mittelschenkels

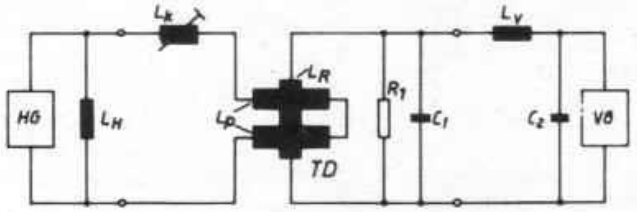
$A_2 = 2\ A$

$l_1 = l_3$: mittl. Eisenweglänge der Außenschenkel

l_2: mittl. Eisenweglänge des Mittelschenkels

l_L: Luftspalt

Bild 46 Aufbau des Transduktors



TD: Transduktor

L_p: Parallelinduktivität des Transduktors

L_R: Reheninduktivität des Transduktors

L_K: Korrekturspule

L_V: Vertikalinduktivität der Ablenkeinheit

L_H: Horizontalinduktivität der Ablenkeinheit

VG: Vertikalablenkgenerator

HG: Horizontalablenkgenerator

Bild 47 Anschaltung des Transduktors

Auf jedem der drei Schenkel des EI-Kernes befindet sich eine Wicklung. Die Wicklungen der beiden Außenschenkel sind in Reihe geschaltet. Sie bilden die Parallelinduktivität L_p. Die Wicklung des Mittelschenkels wird als

Reiheninduktivität L_R bezeichnet.

Die Permeabilität eines Ferritwerkstoffes wird mit steigender Feldstärke verringert. Das entspricht einer Induktivitätsverkleinerung. Die Parallelinduktivität L_P des Transduktors wird deshalb bei positiv und bei negativ ansteigendem Vertikalablenkstrom i_V durch die Reiheninduktivität L_R entsprechend dem abnehmenden Anstieg der Magnetisierungskennlinie verkleinert. Diese Induktivitätssteuerung könnte zur Ost-West-Korrektur benutzt werden. Der Horizontalablenkgenerator HG besitzt jedoch einen sehr geringen Innenwiderstand und kann als konstante Spannungsquelle betrachtet werden. Die zusätzliche Stromaufnahme des Transduktors beeinflußt deshalb den Horizontalablenkstrom i_H nur gering. Aus diesem Grund muß die Ost-West-Korrektur mit einer zusätzlichen Modulationsschaltung durchgeführt werden (siehe Horizontalablenkung). Um eine direkte Transformation von der Reiheninduktivität L_R zur Parallelinduktivität L_P zu verhindern, ist die Parallelinduktivität L_P in zwei gleiche in Reihe geschaltete Teilwicklungen W_1 und W_3 aufgeteilt, die sich auf den Außenschenkeln des EI-Kernes befinden. Der magnetische Fluß, herrührend von der Wicklung W_2 der Reiheninduktivität L_R und dem Vertikalablenkstrom i_V, induziert in diesen Teilwicklungen entgegengerichtete Spannungen, so daß eine lineare Transformation ausgeschlossen ist.

Für den Vertikalablenkstrom i_V ist wegen der niedrigen Ablenkfrequenz f_V hauptsächlich der Realteil R_{Lv} der Vertikalablenkinduktivität L_V bestimmend. Eine Modulation durch Induktivitätssteuerung ist deshalb im Vertikalablenkkreis nicht möglich. Für die Nord-Süd-Korrektur wird die in der Reiheninduktivität L_R im nichtlinearen Bereich der Magnetisierungskennlinie durch den magnetischen Differenzfluß $\Delta\Phi = \Phi_{21} - \Phi_{23}$ induzierte Spannung benutzt.

Die Horizontalablenkspannung u_H liegt während des Horizontalhinlaufes über der Parallelinduktivität L_P und verursacht in ihr einen, analog zum Horizontalablenkstrom i_H, sägezahnförmigen Strom i_P. Dieser Strom hat die magnetischen Urspannungen $\Theta_1 = i_P \cdot w_1$ und $\Theta_3 = i_P \cdot w_3$ zur Folge, die in Bezug auf den Mittelschenkel des EI-Kernes entgegengerichtet sind und die magnetischen Flüsse Φ_{21} und Φ_{23} im Mittelschenkel erzeugen. Wird die Magnetisierungskennlinie durch den Vertikalablenkstrom i_V in der Reiheninduktivität L_R noch nicht ausgesteuert ($t = \frac{T_V}{2} \hat{=}$ Bildmitte), so bilden die magnetischen Flüsse Φ_{21} und Φ_{23} einen Differenzfluß $\Delta\Phi = \Phi_{21} - \Phi_{23}$ am linearen Teil der Kennlinie, der gleich Null ist. In diesem Fall erfolgt wie gewünscht keine Transformation.

Befindet sich jedoch der Arbeitspunkt durch einen bestimmten Vertikalablenkstrom i_V auf dem gekrümmten Teil der Magnetisierungskennlinie, so entstehen wegen des nichtlinearen Widerstandes außer den sägezahnförmigen Grundflüssen noch nichtlineare Anteile. Während sich die sägezahnförmigen Grundflüsse zu Null subtrahieren, bilden die nichtlinearen Flüsse einen parabelförmigen Differenzfluß $\Delta\Phi$, der nicht gleich Null ist. Die Amplitude und die Phasenlagen dieses Flusses $\Delta\Phi$ sind von der Größe und der Richtung des Vertikalablenkstromes i_V abhängig. In der Reiheninduktivität L_R induziert der Differenzfluß $\Delta\Phi$ eine sägezahnförmige Korrekturspannung u_K. Weil bei der Horizontalablenkfrequenz f_H hauptsächlich der Imaginärteil der Vertikalablenkinduk-

tivität L_V wirkt, hat die Korrekturspannung u_K einen parabelförmigen Korrekturstrom i_K durch die Ablenkinduktivität L_V zur Folge $\left(\frac{1}{\omega_H \cdot C_1} \ll \omega_H L_V\right)$. Die Größe der notwendigen Korrekturspannung u_K wird deshalb auch von dieser Induktivität L_V bestimmt. Sie kann durch Veränderung des horizontalfrequenten Stromes i_p mit Hilfe der Korrekturinduktivität L_K eingestellt werden.

Leider führt der so gewonnene Korrekturstrom i_K zu einer Verstärkung der Kissenverzeichnung. Die Phasenfolge der für diesen Strom i_K erforderlichen Korrekturspannung ist um 180° zur gewünschten Korrekturspannung verschoben. Die notwendige Phasenverschiebung kann nicht durch Änderung des Wicklungssinns von W_1 und W_3 oder W_2 erreicht werden. Der Differenzfluß behält immer die gleiche Phasenlage zum Vertikalablenkstrom i_V.
Durch Parallelschalten eines Kondensators C_1 zur Reheninduktivität L_R ist eine Verschiebung der Phase möglich. Der aus der Reheninduktivität L_R und dem Kondensator C_1 gebildete Schwingkreis ist so bemessen, daß seine Resonanzfrequenz unterhalb der Horizontalablenkfrequenz f_H liegt. Dabei entsteht eine geringe Abweichung von der Parabelform des Korrekturstromes i_K, die jedoch einen sehr geringen Einfluß auf die Korrektur hat. Der Widerstand R_1 hat die Aufgabe, störende Partialschwingungen zu dämpfen.

4.16. Tonkanal

Der Tonkanal besteht aus dem Tondemodulator, dem zweistufigen DF-Verstärker, dem FM-Demodulator und dem vierstufigen NF-Verstärker. Als Selektionsmittel dienen zwei Einzelkreise und das Ratiofilter.
Die von dem Tondemodulator gelieferte Eingangsspannung ist so bemessen, daß die zweite DF-Stufe als Begrenzer arbeitet. Der Begrenzungseinsatz liegt bei einer DF-Eingangsspannung von ≥ 6 mV. Bei voller Begrenzung entsteht mit 15 kHz Hub am FM-Demodulator-Ausgang eine NF-Spannung von ≥ 150 mV an einem Innenwiderstand von ≤ 5 kΩ. Die Eingangsempfindlichkeit des NF-Verstärkers beträgt $U_e \leq 80$ mV für Vollaussteuerung. Als Klangregelung ist eine stetige Höhenabsenkung durch eine RC-Kombination am Kollektor der ersten Vorstufe und eine Umschaltung von Musik auf Sprachwiedergabe vorgesehen. Die Ausgangsleistung der eisenlosen Gegentakt-AB-Endstufe beträgt 3 W an einer Lautsprecherimpedanz Ra = 15 Ω bei einem Klirrfaktor k = 10 %.

4.17. Stromversorgung und automatische Entmagnetisierung

Durch die Bestückung des Farbfernsehempfängers RFT COLOR 20 mit Transistoren sind relativ kleine Betriebsspannungen erforderlich, die sowohl eine galvanische Trennung vom Netz als auch untereinander erfordern. Deshalb wird ein Netztransformator mit wechselseitiger Schichtung verwendet. Dieser Typ erbringt die erforderliche Leistung von ca. 190 W und weist ein geringes Streufeld auf.

Aus ökonomischen Gründen wurden zur Gleichrichtung Selengleichrichter in Brückenschaltung eingesetzt.
Bild 48 zeigt die Funktion des Netzteiles im Blockschaltbild.
Es werden sieben verschiedene Versorgungsspannungen bereitgestellt, von denen einige elektronisch stabilisiert sind.

Für den Farbfernsehempfänger ist noch eine automatische Entmagnetisierung erforderlich, die im folgenden beschrieben wird.

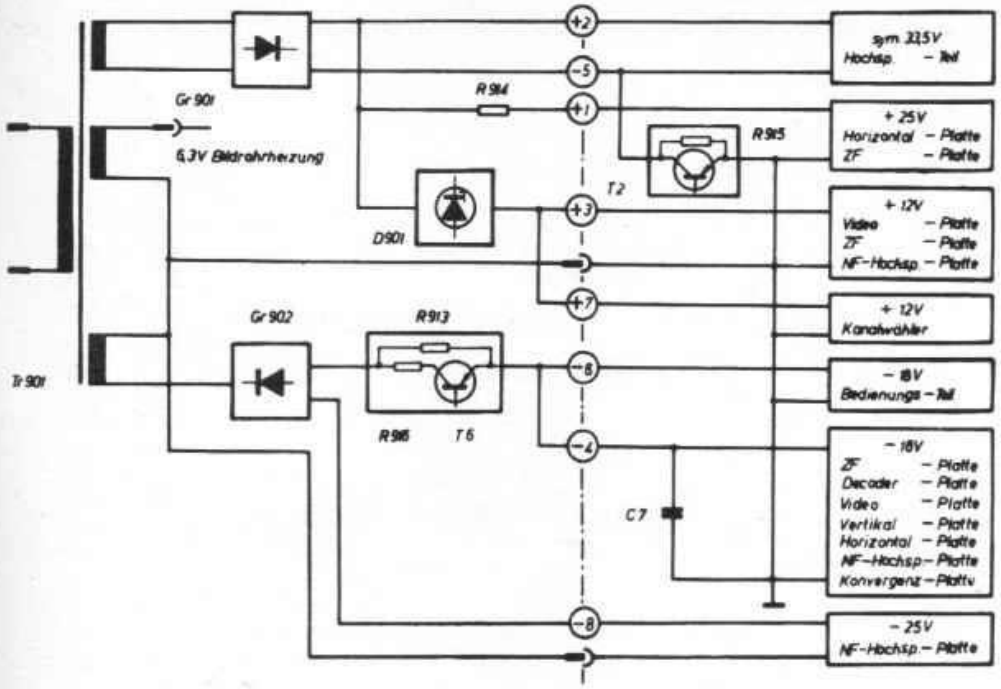


Bild 48 Blockschaltbild des Netzteiles

Die Maske und die Abschirmungen der Bildröhre sind aus Stahlblech. Damit kann in ihnen ein remanenter Magnetismus auftreten, der die Flugbahnen der Elektronen irregulär beeinflußt. Die Folge davon sind Farbreinheits- und Konvergenzfehler.

Über dem Konusteil der Bildröhre befindet sich die magnetische Abschirmung gegen äußere Felder. Diese Erdfeldabschirmung trägt gleichzeitig zwei Spulen, die die Bildröhre mit dem Implosionsschutzrahmen rechts und links umschließen. Durch einen Strom in beiden Spulen kann ein quergerichtetes Feld erzeugt werden, welches Maske, Rahmen und Abschirmung durchsetzt. Durch Anlegen einer Wechselspannung, die langsam auf Null reduziert wird, ist eine völlige Entmagnetisierung möglich.

5. Literaturverzeichnis

(1) Autorenkollektiv
VVB Rundfunk und Fernsehen, Internes Material

(2) Welland, K.
Farbfernsehen
München: Franzis-Verlag 1966

(3) ...
Lehrgang Farbfernsehen
Studiengemeinschaft Darmstadt

(4) Pudollek, N.
Farbfernsehen im NTSC-, SECAM- oder PAL-System?
Mitt. aus dem Bereich der VVB Rundfunk und Fernsehen,
Dresden 3 (1965)1, S. 12 - 36

(5) ...
General principles of the "SECAM" colour television system
Compagnie Francaise de Television Notice: 1396 A

(6) Nührmann, D.
Farbfernsehbuch
Stuttgart: Telekosmos-Verlag 1967

(7) Bergtold, F.
Die große Fernsehfibel
IV, Farbfernsehtechnik
Berlin: Jakob Schneider Verlag 1967

(8) Richter, H.
Farbfernsehen für alle
Stuttgart: Telekosmos-Verlag 1967

(9) Mayer, N.
Technik des Farbfernsehens in Theorie und Praxis
NTSC - PAL - SECAM
Berlin: Verl. f. Radio-Foto-Kinotechnik 1967

Inhaltsverzeichnis

		Seite
	Zum Geleit	3
1.	Die prinzipiellen Grundlagen des Farbfernsehens	5
2.	Das SECAM-Farbfernsehsystem	9
3.	Der Farbfernsehempfänger R-F-T COLOR 20	17
4.	Schaltungsbeschreibung des Farbfernsehempfängers R-F-T COLOR 20	24
4.1.	VHF- und UHF-Tuner	24
4.2.	Bild-ZF-Verstärker und Demodulator	29
4.3.	Getastete verzögerte Regelung (AVR)	32
4.4.	Leuchtdichtesignalverstärker	34
4.5.	Decoder	35
4.6.	Rückgewinnung der RGB-Signale (Dematrizierung)	44
4.7.	Ansteuerung der Bildröhre (RGB-Verstärker)	45
4.8.	Aufbau und Wirkungsweise der Farbbildröhre	48
4.9.	Abtrennung und Aufteilung der Synchronsignale	50
4.10.	Horizontalablenkung und Ost-West-Rasterkorrektur	51
4.11.	Vertikalablenkung	58
4.12.	Ablenkeinheit	60
4.13.	Hochspannungserzeugung	62
4.14.	Konvergenzanordnung	64
4.15.	Rasterkorrektur	69
4.16.	Tonkanal	74
4.17.	Stromversorgung und automatische Entmagnetisierung	74
5.	Literaturverzeichnis	76