

6.5.4. Thyristorgesteuerte Horizontalablenkung

Wie das Blockschaltbild im **Bild 64** zeigt, besteht eine Thyristorablenkschaltung aus zwei Resonanzkreisen, dem Kommutatorkreis (Rücklaufkreis) im Block B mit L_K und dem Speicherkondensator C_K sowie dem Ablenkkreis (Hinlaufkreis) im Block C mit L_Y und dem Tangensentzerrungs-Kondensator C_Y . Beide Kreise werden durch je einen bipolaren Schalter – bestehend aus einem Thyristor und einer antiparallel geschalteten Diode – zu genau festgelegten Zeitpunkten ein- und ausgeschaltet. Die Energie jedes Kreises pendelt dabei im Rhythmus der von L und C festgelegten Resonanzfrequenz zwischen Spule und Kondensator hin und her. Zur Deckung der auftretenden Verluste wird dem Kommutierungskreis während des Zeilenhinlaufs von der im Block A erzeugten positiven Versorgungsspannung über die Drossel L_E Energie zugeführt. Der Kommutierungsschalter T_K erhält seine Zündimpulse vom Zeilengenerator (Block D).

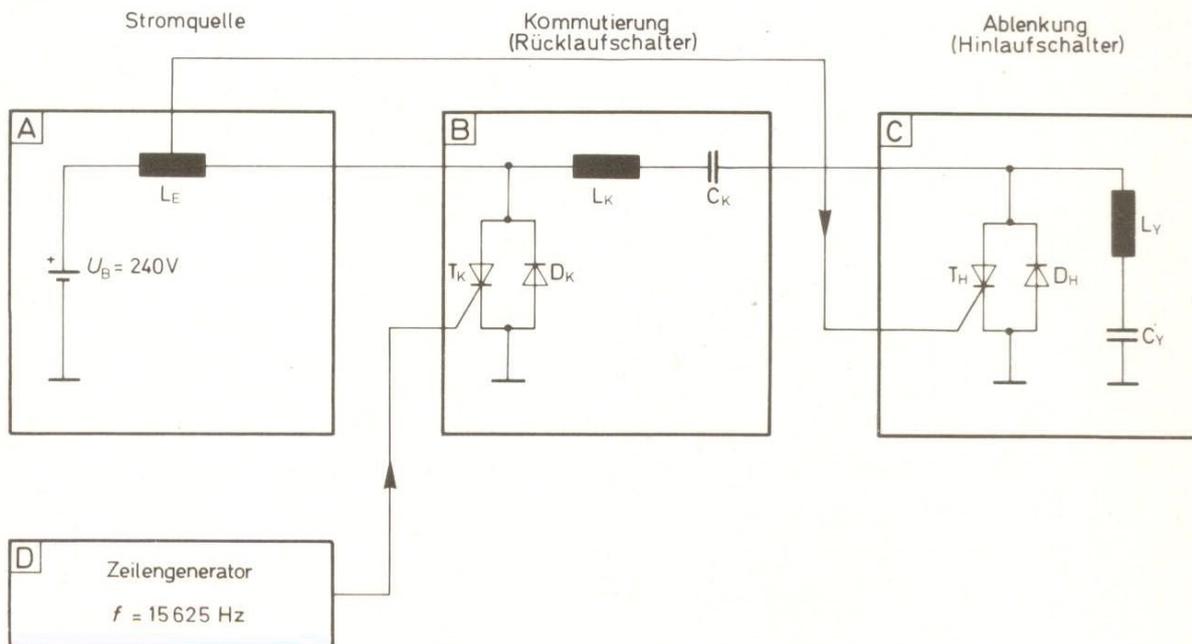


Bild 64

Blockschaltbild einer thyristorgesteuerten Horizontal-Ablenkung

6.5.4.1. Erste Hinlaufhälfte

Geht man davon aus, daß zum Zeitpunkt t_0 die Spule L_Y aus der vorangegangenen Rücklaufperiode magnetische Energie gespeichert hat, so verursacht das nun zusammenbrechende Magnetfeld einen Ablenkstrom I_Y , der den Kondensator C_Y auflädt (**Bild 65 a**). Der Hinlaufthyristor T_H ist während dieses Zeitraumes $t_0 - t_2$ gesperrt, so daß dieser Ablenkstrom über die in Durchlaßrichtung gepolte Hinlaufdiode D_H fließt. Zum Zeitpunkt t_2 ist I_Y Null, wodurch D_H gesperrt wird und der Hinlaufkondensator C_Y aufgeladen ist.

6.5.4.2. Zweite Hinlaufhälfte

Bei Erreichen der Nulllinie schaltet die Diode D_H ab, und der bereits am Gate durch einen Steuerimpuls aus dem Kommutierungskreis vorbereitete Thyristor T_H übernimmt den weiteren Stromfluß. Der Strom fließt nunmehr in umgekehrter Richtung durch die Ablenkwicklung L_Y (**Bild 65 b**). Die Energie des Ablenkkreises, die beim Stromwechsel im Kondensator C_Y gespeichert war, fließt nun wieder in die Spule L_Y zurück.

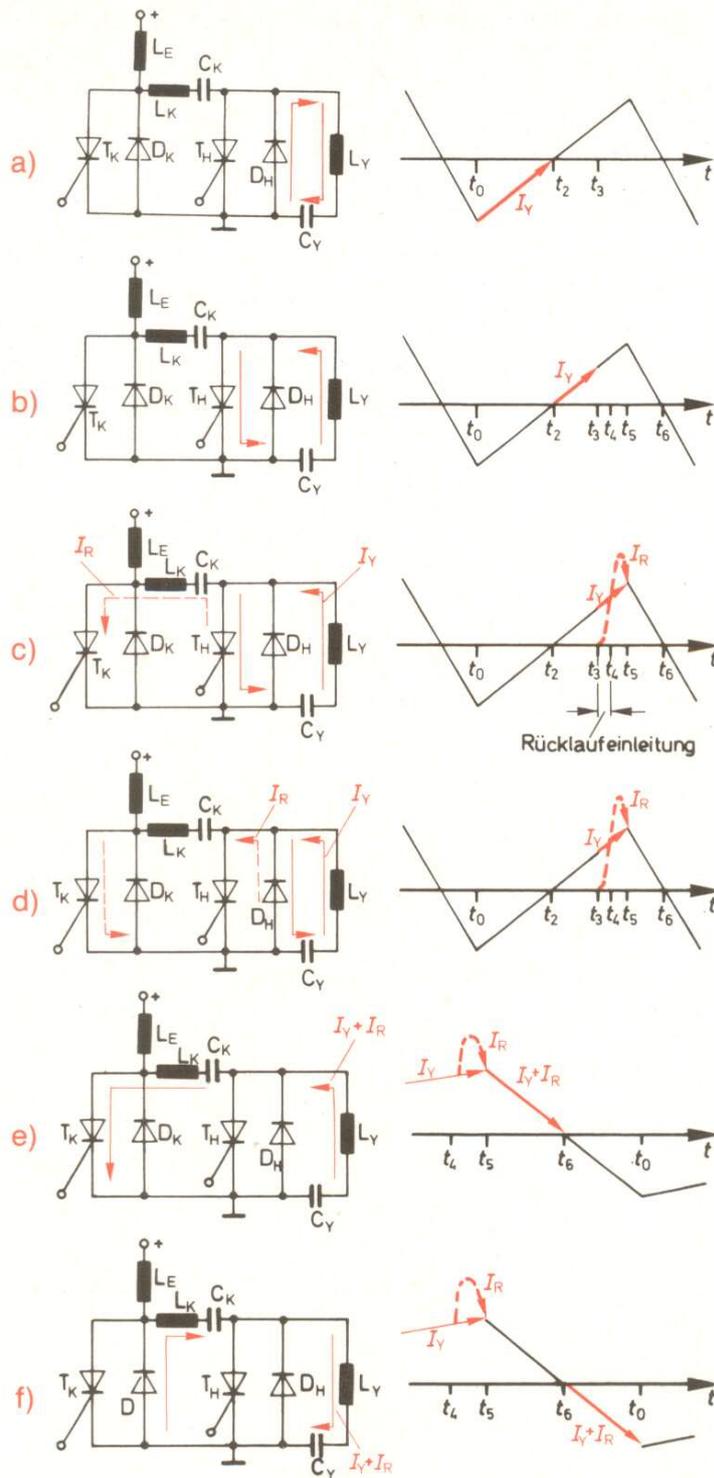


Bild 65

Prinzipschaltbild und Ablenkstrom bei den verschiedenen Zeitpunkten (Blaupunkt)

6.5.4.3. Synchronisierung der Kommutatorstufe

Etwa $3 \mu\text{s}$ vor Beendigung der $54 \mu\text{s}$ langen Ablenkperiode (t_3) wird durch einen Triggerimpuls an der Steuerelektrode der Kommutierungsthyristor T_K leitend, und im Kommutierungskreis beginnt nun ebenfalls Strom zu fließen. Die Energie bezieht dieser Kreis vom Speicherkondensator C_K , der während der Hinlaufperiode von der positiven Betriebsspannung aufgeladen wurde. Die Energie wird nun in die Kommutierungsspule L_K verlagert. Dabei ist der Stromkreis über die beiden Thyristoren geschlossen. Durch die weit höhere Resonanzfrequenz dieses Kreises L_K/C_K gegenüber dem Ablenkkreis

L_Y/C_Y ergibt sich ein sehr steiler Stromanstieg (**Bild 65 d**). Im Ablenkthyristor T_H verringert dieser Resonanzstrom den Ablenkstrom. Wenn beide Ströme I_R und I_Y gleich groß sind, liegt zwischen Anode und Katode des Thyristors T_H keine Spannung mehr, und dieser Thyristor schaltet ab.

6.5.4.4. Vorbereitung des Zeilenrücklaufs

Der Resonanzstrom wird durch das Sperren des Hinlaufthyristors T_H nicht unterbrochen, denn jetzt leitet die Diode D_H im Ablenkkreis. Diese Diode ist solange leitend, bis infolge der Resonanzverhältnisse der Strom im Kommutatorkreis wieder den Wert des Ablenkstromes erreicht (**Bild 65 d**). Nun schaltet die Diode D_H ab. Der Hinlaufschalter T_H und D_H ist nun völlig gesperrt, und der Zeilenrücklauf beginnt.

6.5.4.5. Erste Rücklaufhälfte

Während der ersten Hälfte des Rücklaufs ist der Kommutierungsthyristor T_K leitend. Die Resonanzfrequenz, die nun durch die Reihenschaltung beider Spulen und beider Kondensatoren (L_K, L_Y, C_K und C_Y) bestimmt wird, liegt bei etwa 42,5 kHz und damit höher als die des Ablenkkreises. Somit ergibt sich eine steile Abschaltflanke (**Bild 65 e**). Die Rückschaltzeit beträgt etwa 10 μ s.

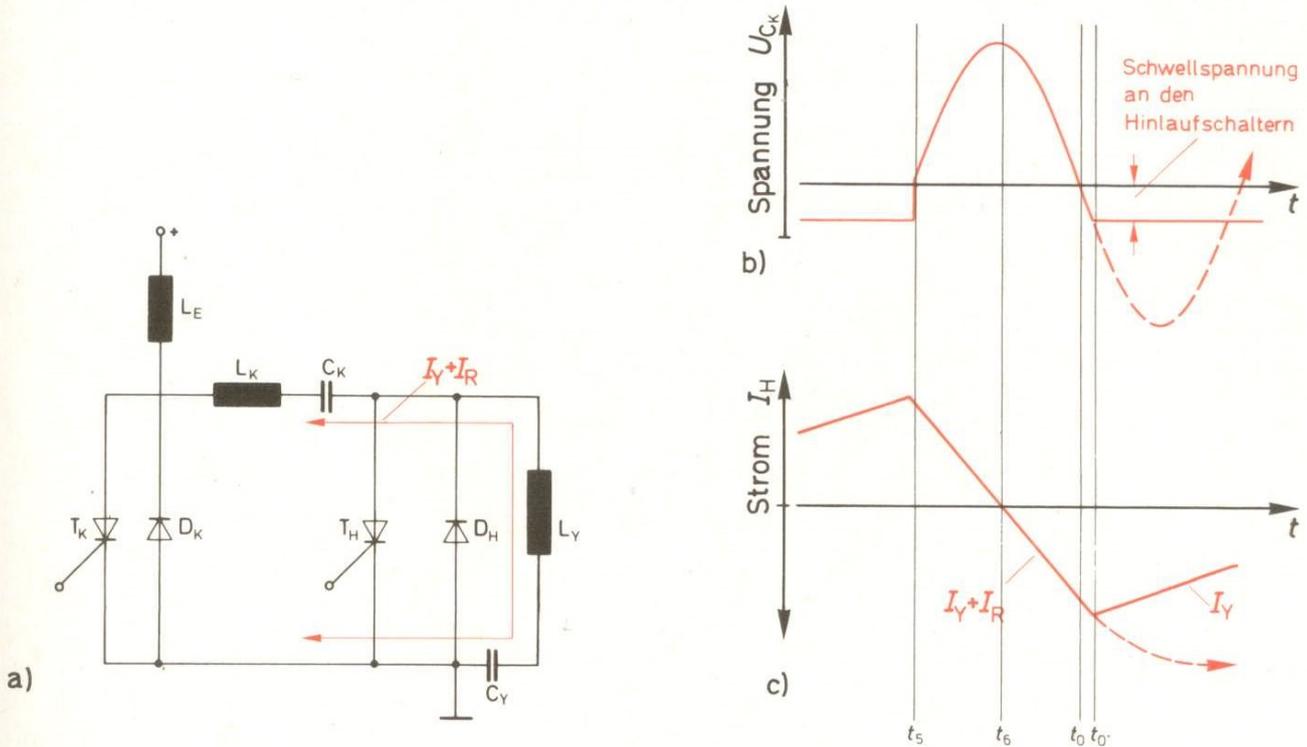


Bild 66

a) Prinzipschaltung; b) Rücklaufspannung am Punkt A; c) Horizontalablenkstrom

6.5.4.6. Zweite Rücklaufhälfte

Beim Nulldurchgang des Ablenkstromes befindet sich die gesamte Energie in den beiden Kondensatoren. Nun erfolgt die Entladung der Kondensatoren, wodurch der Strom in der Ablenkspule umgekehrt und die Diode D_K im Kommutierungskreis leitend wird. Die Energie wird nun wieder in der Ablenkwicklung gespeichert. Am Umkehrpunkt des Resonanzstromes leitet die Ablenkdiode D_H wieder, und die nächste Hinlaufperiode beginnt (**Bild 65 f** und **Bild 66**).

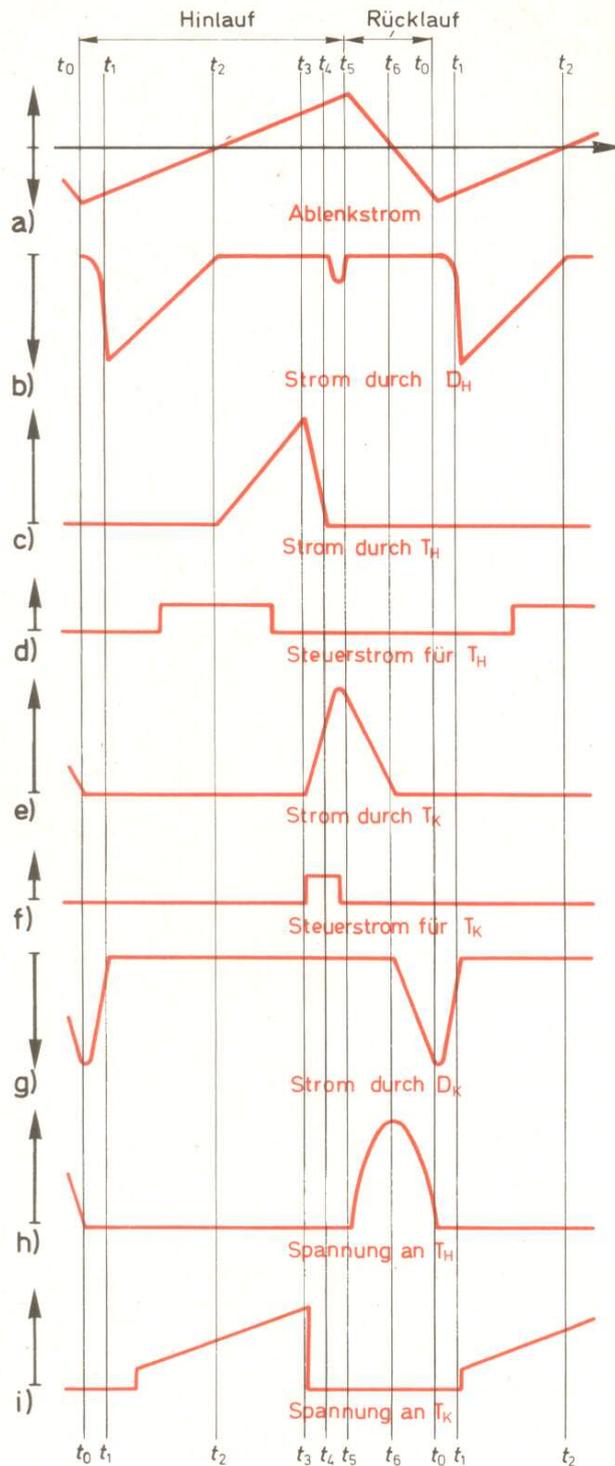


Bild 67
Spannungs- und Stromverläufe in der Prinzipschaltung

6. 5. 4. 7. Zusammenfassung

Um die bisherigen Betrachtungen besser zu untermauern, dient das **Bild 67**. Hier sind phasenrichtig zueinander die Spannungs- und Stromverläufe untereinander angeordnet.

Zu Beginn des Hinlaufs, während des Zeitraums t_0-t_1 , setzt sich der Ablenkstrom (**Bild 67 a**) aus dem der Hinlaufdiode D_H (**Bild 67 b**) und dem Strom der Rücklaufdiode D_K

(Bild 67 g) zusammen. Es ist zu erkennen, daß D_H den Ablenkstrom bis zum Zeitpunkt t_1 kontinuierlich von der Rücklaufdiode übernimmt. Da in diesem Zeitintervall beide Dioden leitend sind, wird eine ausgezeichnete Dämpfung der Partialschwingungen erreicht.

Die Stromübernahme durch den Hinlaufthyristor T_H erfolgt erst zum Zeitpunkt t_2 Bild 67 c, auch wenn er zeitlich schon viel früher durch einen positiven Impuls am Gate zum Durchschalten vorbereitet ist. Daß T_H nicht früher durchschaltet, liegt daran, daß im Zeitraum t_0-t_2 ein Strom durch die Hinlaufdiode fließt und somit an D_H eine negative Flußspannung abfällt. Erst zum Zeitpunkt t_2 wird die Ablenkspannung Null, und T_H kann durchschalten. Da T_H schon vor seinem Einschaltzeitpunkt durch den Gate-Impuls vorbereitet ist, ergibt sich keine „starre“ Einschaltung. T_H schaltet sich von selbst ein, d. h. für eine exakte Stromübernahme von D_H auf T_H ist im Bereich der Hinlaufmitte gesorgt.

Anders verhält sich in dieser Hinsicht der Rücklauf-Thyristor T_K (Bild 67 e). Er soll nicht nur im Zeitpunkt t_3-t_5 den Strom des Hinlaufthyristors T_H übernehmen, sondern er muß zu einem vom Sender bestimmten Zeitpunkt den Rücklauf einleiten. Um dieses zu erreichen, bekommt er einen positiven Steuerimpuls (Bild 67 f) vom synchronisierten Zeilengenerator, zum anderen muß er sofort durchschaltbereit sein. Das wird dadurch erreicht, daß seine Anode über L_E mit der positiven Betriebsspannung verbunden ist.

Der Zeitraum t_4-t_5 steht dem Hinlaufthyristor als Schonzeit (Erholzeit) zur Verfügung. In diesem Zeitintervall fällt nämlich an der zum zweiten Mal geöffneten Hinlaufdiode D_H eine negative Flußspannung ab. Erst zum Zeitpunkt t_5 baut sich an der T_H -Anode die positive Rücklaufspannung auf.

Die Erholzeit des Rücklaufthyristors T_K liegt im Zeitraum t_6-t_1 . In diesem Intervall ist die Rücklaufdiode D_K leitend (Bild 67 g). Es fällt an ihr eine negative Flußspannung ab, und außerdem ist die an L_E abfallende positive Betriebsspannung bis t_1 über D_K nach Masse kurzgeschlossen (Bild 67 i).

6. 5. 4. 8. Gesamtschaltung

Bild 68 zeigt die Horizontalablenkung mit Ablenkkreis. Über die Eingangsinduktivität L_{1130} (L_E) führt man die gesieberte Betriebsspannung $U_1 = +240\text{ V}$ zu. Der Kommutierungskreis besteht hier aus der Spule L_{1131} und der Reihenschaltung aus C_{1141} und C_{1151} . Die Kombination C_{1150} in Reihe mit der bedämpften Spule L_{1150} verhindert Entladestromspitzen sowie die damit verbundenen Einschwingvorgänge bei der Stromübernahme der Hinlaufdiode zu Beginn des Hinlaufs. Außerdem dient sie zur Begrenzung der Stromanstiegsgeschwindigkeit (di/dt) und schützt damit den Thyristor. Die Bildbreiteneinstellung wird hier durch Zu- bzw. Abschalten der parallel zu C_{1150} liegenden Kondensatoren erreicht. Um die Spannungsanstiegsgeschwindigkeit du/dt auf das notwendige Maß zu begrenzen, liegt parallel zum Kommutierungsschalter (Thyristor und Diode) ein RC-Glied C_{1131} und R_{1131} (TSE¹)-Beschaltung).

Da beim Ein- und Ausschalten des Rücklaufschalters hochfrequente Schwingungen entstehen, die auf dem Bildschirm als störende senkrechte Streifen in Erscheinung treten, liegt noch der Kondensator C_{1133} parallel zu diesem Schalter. Außerdem verhindern die Ferritperlen L_{1133} und L_{1137} ein Austreten dieser Hf-Störfrequenz.

Der Zündimpuls für den Hinlaufthyristor wird einem Anzapf von L_{1130} entnommen und zwecks Formung über das Netzwerk C_{1132} , R_{1132} , L_{1134} der Steuerelektrode

¹ TSE = Träger-Stau-Effekt

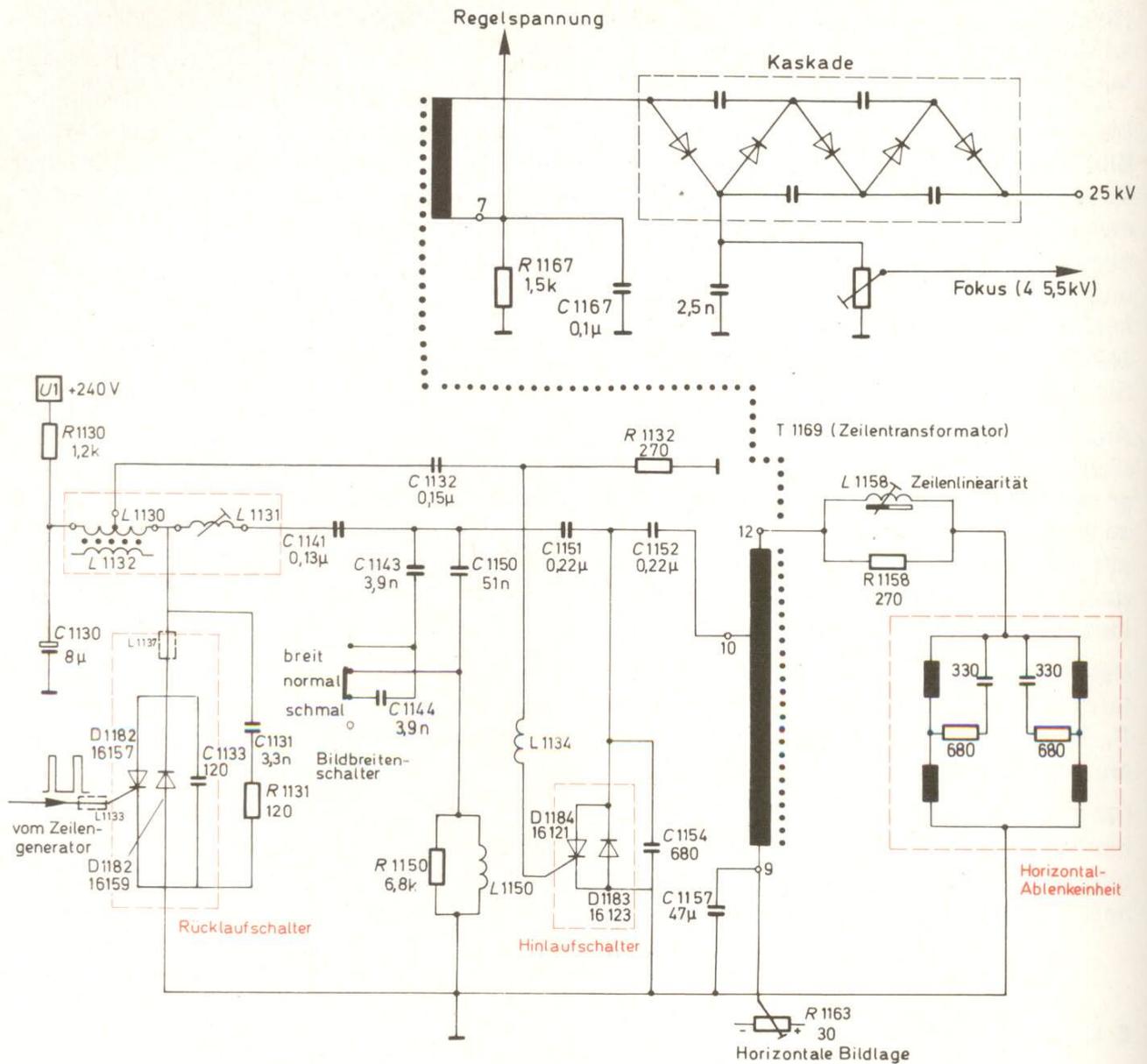


Bild 68
Gesamtschaltbild einer thyristorgesteuerten Zeilenendstufe (Blaupunkt)

zugeführt. Der Hinlaufkreis besteht aus $C\ 1152$ (C_y) und der Induktivität des Zeilentransformators. Neben der im Grundprinzip erklärten Funktion wirkt $C\ 1152$ auch zur Tangensentzerrung des Hinlaufstromes. Aufgrund der niederohmischen Impedanz von Primärkreis und Toroid-Ablenkspule ist eine quasi-direkte Ankopplung möglich, so daß dieser Zeilentransformator nur als Spartransformator ausgebildet zu werden braucht.

Die mit $R\ 1158$ bedämpfte sowie vormagnetisierte Spule $L\ 1158$ dient zur Einstellung der Zeilenlinearität.

Am oberen Ende des Hochspannungswickels stehen Rückschlagimpulse von ca 8,6 kV zur Gleichrichtung und Spannungsverdreifachung zur Verfügung. Zur Verdreifachung wird die sogenannte Siemens-Vervielfacherschaltung (Kaskaden-Schaltung) benutzt, die hier als Se-Kaskade verwendet wird. Im Fußpunkt der Hochspannungsspule liegt das RC-Glied $R\ 1167/C\ 1167$. Der Spannungsabfall an $R\ 1167$ ist mit dem Bildröhrenstrom verknüpft. Er dient daher zur Steuerung der Strahlstrombegrenzung der Bildröhre.