

ist außerordentlich groß, so daß die seitliche Wanderung des Bildes auf maximal $\pm 2\%$ beschränkt ist.

Der benötigte zweiseitige Impuls wird in einem gedämpften Schwingkreis erzeugt, dessen Eigenfrequenz der doppelten Impulsbreite entspricht. Durch die aufsteigende und absteigende Impulsflanke wird je ein gedämpfter, entgegengesetzter Schwingungszug erzeugt, die zusammen den geforderten Spannungsverlauf ergeben (Bild 136).

5. Ablenkendstufen

Die im vorhergehenden Abschnitt behandelten Oszillatoren liefern sinus-, impuls- oder sägezahnförmige Spannungsformen der erforderlichen Frequenz und Phasenlage. Zur zeitlinearen Ablenkung des Katodenstrahles ist aber, wie wir sahen, ein gleichmäßig sich änderndes Magnetfeld erforderlich, das in einer Spule erzeugt wird. Da bei Kapazitäten und Selbstinduktionen der Stromverlauf nicht, wie bei ohm'schen Widerständen, dem Spannungsverlauf proportional ist, werden die Zusammenhänge etwas unübersichtlich, wenn man sich diese Tatsache nicht stets vor Augen hält (Bild 137).

Der Aufbau eines Magnetfeldes und damit der Stromanstieg in einer Spule vollziehen sich analog dem Aufbau eines statischen Feldes in einem Kondensator (Bild 138). Schaltet man über einen Widerstand R , der den immer vorhandenen Verlustwiderstand des Stromkreises darstellt, eine konstante Spannung an eine Spule oder einen Kondensator, so beginnt sich in beiden ein Feld aufzubauen, das sich bei der Spule als Magnetfeld durch den in ihr fließenden Strom, beim Kondensator als statisches Feld durch die auf ihm entstehende Spannung äußert,

Der Strom- bzw. Spannungsanstieg geht entsprechend der anfänglichen großen Potentialdifferenz zunächst schnell vor sich. Mit zunehmendem Strom in der Spule und steigender Spannung auf dem Kondensator sinkt die Potentialdifferenz zum Maximalwert in bzw. an R . Die Geschwindigkeit des Stromanstiegs in der Spule verlangsamt sich mit zunehmender Annäherung an den durch R begrenzten Kurzschlußstrom in gleichem Maße wie der Spannungsanstieg des Kondensators,

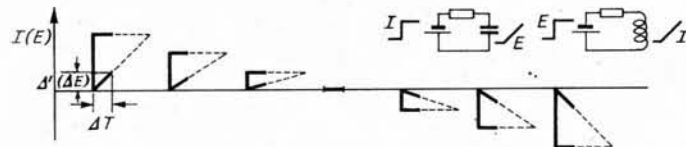


Bild 137. Beziehung zwischen Strom und Spannung bei Kapazitäten und Selbstinduktionen

Zu jeder Spannung gehört eine bestimmte Geschwindigkeit des Stromanstiegs in der Spule und zu jedem Stromwert eine bestimmte Geschwindigkeit des Spannungsanstiegs am Kondensator

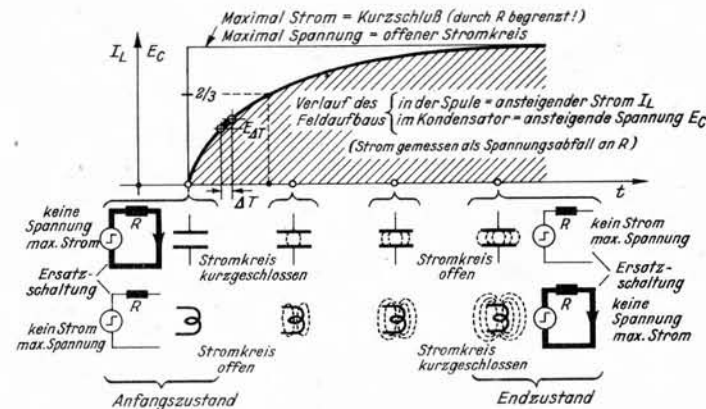


Bild 138. Zeitlicher Verlauf von Strom und Spannung beim Ladevorgang
Die Kurve kann man sich aus lauter Abschnitten Δt zusammengestellt denken, wobei der immer flacher werdende Verlauf jeweils der sinkenden Potentialdifferenz entspricht

je näher dieser dem Potential der angeschalteten Spannungsquelle kommt. Ist der Maximalwert des Stromes bzw. der Spannung erreicht, so tritt keine weitere Änderung mehr ein.

Der Vorgang der Aufladung nimmt eine gewisse Zeit in Anspruch, zu deren Kennzeichnung die „Zeitkonstante“ t dient, d. h. die in Sekunden ausgedrückte Zeitspanne, innerhalb welcher die Spule bzw. der Kondensator $\frac{2}{3}$ ihres maximalen Ladungszustands erreicht haben. Sie ist leicht zu ermitteln aus dem Produkt $R \cdot C$ bzw. L/R . Bild 139 zeigt die Verhältnisse bei verschiedenen Zeitkonstanten.

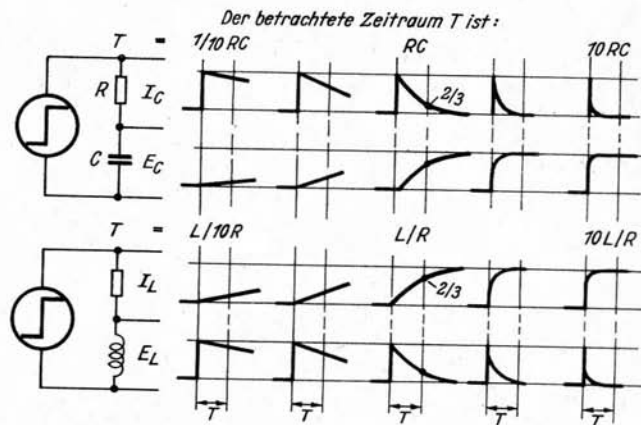


Bild 139. Stromanstieg in der Spule bzw. Spannungsanstieg am Kondensator für verschiedene Zeitkonstanten. Der Strom wird durch den Spannungsabfall gemessen, den er an R hervorruft

Für die Spule bedeutet dieser Ausdruck, daß eine große Selbstinduktion zu einer Feldänderung schwerer zu bewegen ist, als eine kleine, und daß ein kleiner Widerstand den zur Erhaltung des jeweiligen Feldzustandes notwendigen Elektronenstrom weniger behindert, als ein großer, der die Feldänderung beschleunigen würde.

Für den Kondensator besagt die Formel, daß eine große Kapazität zur Änderung ihres Ladungszustandes ebenfalls längere Zeit benötigt als ein kleiner, daß aber ein kleiner Widerstand durch den mit ihm verbundenen größeren Strom den Ladungszustand des statischen Feldes schneller ändert als ein großer, der die Feldänderung verzögern würde.

a) Horizontalablenkendstufe

Wir wollen diese Vorgänge nun in Zusammenhang mit der Strahlablenkung der Bildröhre bringen. Schalten wir zur Zeit T_1 eine Spannungsquelle über den Widerstand R_1 an eine Spule, der ein Widerstand R_2 parallel liegt, so wird sich in ihr ein Magnetfeld aufbauen, das einen stetig ansteigenden Strom zur Folge hat, wenn der betrachtete Zeitraum $T_1 \dots T_2$ klein im Vergleich zur Zeitkonstante L/R_1 ist (Bild 140a).

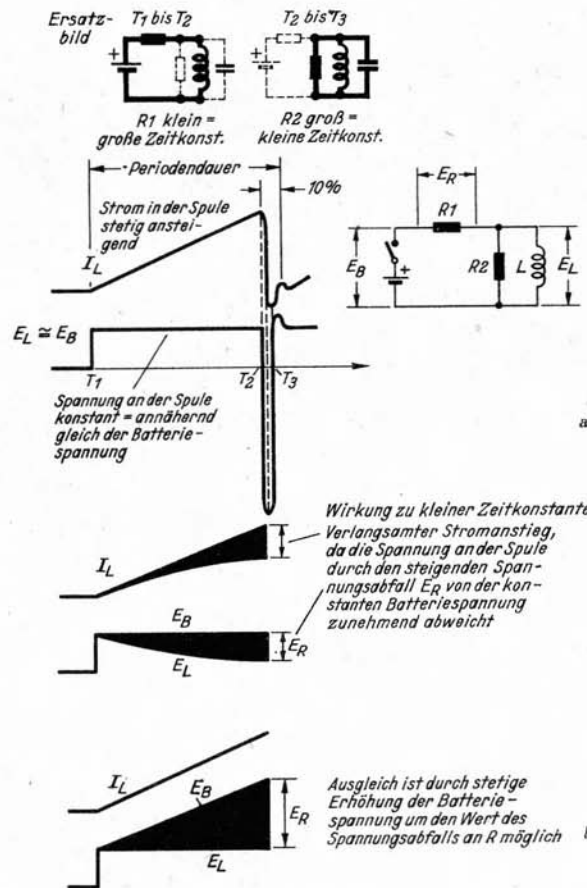


Bild 140. Entstehung eines zeitlinearen Stromanstiegs

Der ansteigende Strom verursacht in R einen ebenfalls ansteigenden Spannungsabfall, der die wirksame Spannung an der Spule entsprechend herabsetzt und den Strom verringert.

Ist die Zeitkonstante so klein, daß in der Zeit $T_1 \dots T_2$ der Spannungsabfall an R größer als 5% wird (Bild 140b), so muß er ausgeglichen werden, indem die Spannung der Spannungsquelle im

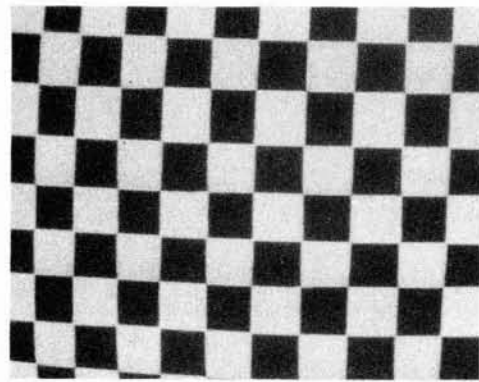


Bild 141. Schirmbild bei nichtlinearem Stromanstieg in der Ablenkspule

gleichen Maße erhöht wird, wie der Strom in der Spule. Die wirksame Spannung an den Spulenden bleibt dann konstant. Für die Horizontalablenkspule läßt sich die Zeitkonstante hinreichend groß machen, so daß die angegebene Korrektur kaum notwendig ist — im Gegensatz zur Vertikalablenkspule, bei deren Besprechung wir diesen Punkt berücksichtigen müssen.

Mit dem annähernd linearen Strom einer überwiegend als Induktivität mit kleinem ohm'schen Widerstand anzusehenden Spule läßt sich der Elektronenstrahl der Bildröhre in der gewünschten Weise ablenken.

Schalten wir bei T_2 die Spannung wieder ab, so wird der Abbau der im Magnetfeld der Spule aufgespeicherten Energie entsprechend der jetzt wirksamen Zeitkonstanten L/R_2 mit anderer Geschwindigkeit verlaufen. Für die zwischen T_2 und T_3 liegende Zeit, während welcher der Katodenstrahl wieder in seine Ausgangsstellung zurücklaufen soll, stehen nur ca. 10% der Gesamtzeit von $T_1 \dots T_3$ zur Verfügung, innerhalb welcher die Feldenergie beseitigt sein muß, was durch genügend hohes R_2 erreicht werden könnte, wenn die Spule nur aus einer reinen Selbstinduktion bestünde (Bild 142). Die unvermeidliche Eigenkapazität veranlaßt jedoch die im Magnetfeld steckende Energie, sich teilweise auf diese Kapazität zu verschieben: während der Strom also von seinem Maximalwert auf Null sinkt, erreicht die Spannung einen negativen Höchstwert. Der Vorgang kehrt sich anschließend wieder um,

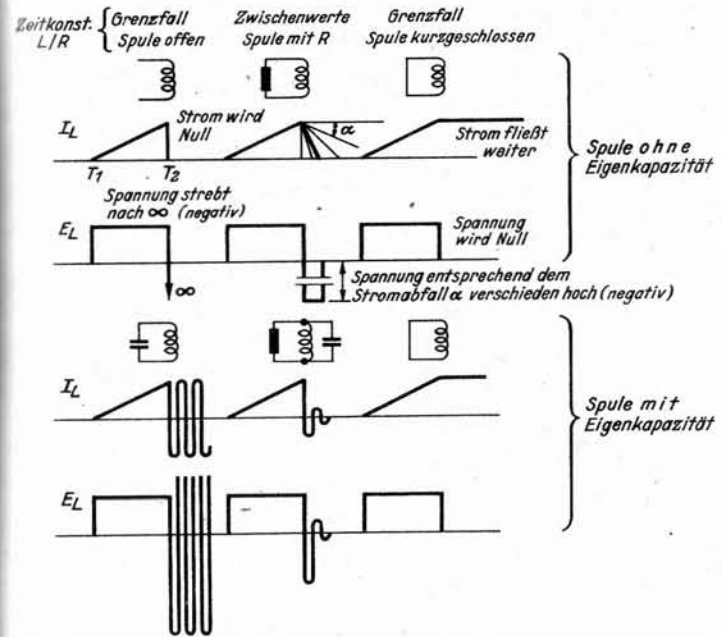


Bild 142. Verhalten einer sich selbst überlassenen Spule mit aufgespeicherter elektrischer Energie bei verschiedenen Zeitkonstanten

die statische Feldenergie der Kapazität verlagert sich wieder in das Magnetfeld der Spule zurück, wobei der Strom nun einen negativen Höchstwert und die Spannung wieder ihren Ausgangswert erreicht. Der aus L und C gebildete Schwingkreis führt Schwingungen in seiner Eigenfrequenz aus, die weit über die zulässige Zeit von $T_2 \dots T_3$ andauern können, wenn er ungedämpft, d. h. R_2 zu groß ist.

Es stehen sich hier also Forderungen gegenüber, die schwer unter einen Hut zu bringen sind:

a) Der Dämpfungswiderstand R_2 muß einerseits so klein sein, daß die Schwingung der Spule bis T_3 unterdrückt ist, andererseits aber so groß, daß die Zeitkonstante L/R_2 genügt, um bis T_3 den energielosen Anfangszustand wieder zu erreichen.

Ist R_2 zu groß, so würde das Magnetfeld in der Spule ohne Eigenkapazität augenblicklich verschwinden. Durch den Energieaustausch mit der Eigenkapazität hält sich dagegen die entstehende Schwingung längere Zeit aufrecht.

Ist der Widerstand zu klein, so wird die Schwingung zwar schnell gedämpft, aber durch die entsprechend große Zeitkonstante dauert der Abbau des Magnetfeldes zu lange.

b) Die Spule soll — wie wir voraussetzten — eine möglichst hohe Selbstinduktion bei kleinem ohm'schen Widerstand besitzen, um einen möglichst zeitlinearen Strom zu gewährleisten (große Zeitkonstante). Ihre Eigenfrequenz muß dabei aber so hoch liegen, daß die einsetzende Schwingung bis T_3 abgeklungen ist. Man kommt aber aus herstellungstechnischen Gründen sehr bald zu einer Grenze, da sich eine bestimmte Wickelkapazität nicht unterschreiten läßt und damit die für eine bestimmte Eigenfrequenz zulässige Selbstinduktion festliegt.

Praktisch kommt man mit einer Eigenfrequenz des Spulenkreises aus, die einen gedämpften Schwingungszug während des Zeitraumes $T_2 \dots T_3$ verursacht.

Im Ganzen ist die Lösung des Problems auf diese Weise unbefriedigend, da die Vernichtung des von T_1 bis T_2 aufgebauten Magnetfeldes in einem Dämpfungswiderstand einen erheblichen nutzlosen Energieverlust darstellt.

Unter Verwendung eines Speicherkondensators kommt man zu einer fast verlustlosen Steuerung des Kathodenstrahls.

Die hierfür verwendete Grundschaltung zeigt **Bild 143**. Die Spule besteht hier aus einem Übertrager, dessen beide Wicklungshälften L_1 und L_2 ein bestimmtes Übersetzungsverhältnis aufweisen.

C ist der Speicherkondensator, dessen Funktion gleich beschrieben werden soll. Schalter 2 sei zunächst geschlossen. Schalten wir zum Zeitpunkt T_1 eine Spannungsquelle an L_1 , so entsteht in ihr wie in L_2 ein stetig ansteigender Strom, der an L_2 eine dem Übersetzungsverhältnis entsprechende praktisch konstante Spannung hervorruft, die ihrerseits wiederum den Kondensator C auflädt. Die Wirkung ist also etwa die gleiche, als ob dieser unmittelbar an die Span-

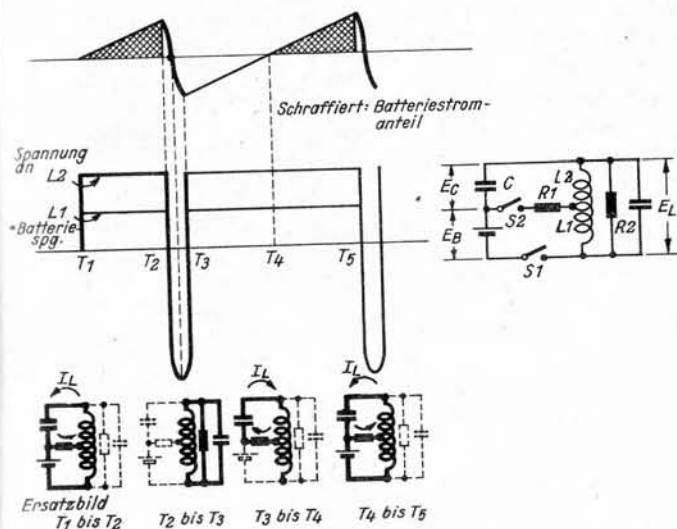


Bild 143. Wirkung des Speicherkondensators

nungsquelle angeschlossen würde, mit dem Unterschied, daß die Spannung an L_2 von derjenigen an L_1 verschieden ist.

Der Kondensator selbst hat einen Wert, der groß genug ist, daß sein Ladungszustand innerhalb einer Zeilenperiode als konstant angesehen werden kann, was Voraussetzung für einen stetig ansteigenden Strom ist (bzw. umgekehrt!).

Schalten wir bei T_2 die Spannungsquelle ab, so beginnt die Spule in ihrer Eigenfrequenz zu schwingen: der Strom sinkt auf Null, während die Spannung ihr negatives Maximum erreicht, um dann umzukehren und den Strom auf seinen negativen Höchstwert steigen zu lassen usw. Bis hierher weist der Vorgang gegenüber dem zuerst besprochenen keine Besonderheiten auf. Nun schalten wir aber bei T_3 , dem Zeitpunkt, an dem die Spannung ihren Ausgangswert gerade wieder erreicht hat, den Kondensator C an den Spulenteil L_2 . Die schnelle Schwingung wird damit unterbrochen und der Kreis schwingt mit der durch C bedingten sehr tiefen Frequenz weiter. Da C — wie wir voraussetzten —

sehr groß ist, ändert sich sein Ladungszustand durch die jetzt aus ihm auf die Spule übergehende Feldenergie nur unmerklich. Die Spannung an der Spule ist abgesehen von dem durch den ohmschen Widerstand der Spule hervorgerufenen Spannungsabfall praktisch konstant, während der Strom stetig abnimmt.

Bei T4 ist die Energie des Kreises soweit verbraucht, daß zur Aufrechterhaltung einer konstanten Spannung die Spannungsquelle wieder angeschaltet werden muß. Damit befinden wir uns wieder am Ausgangspunkt unserer Betrachtung: Die konstant weiter an der Spule stehende Spannung setzt den jetzt wieder in umgekehrter Richtung stetig ansteigenden Stromverlauf ohne Unterbrechung fort.

Die Aufladung des Kondensators addiert sich über einen längeren Zeitraum hinweg betrachtet, so daß seine Spannung allmählich auf einen Wert ansteigt, der das Gleichgewicht zwischen der Energie der aufladenden Schwingung und der Entladung durch Verlustwiderstände darstellt.

Da die sich an C einstellende Spannung mit derjenigen der Spannungsquelle in Reihe geschaltet ist, erhält man auf diese Weise entsprechend dem Übersetzungsverhältnis der Wicklungen L1 und L2 eine Gleichspannung, die ein Mehrfaches der Grundspannung betragen kann und die den Bau von Allstromgeräten überhaupt erst ermöglicht.

Die Anwendung eines Speicherkondensators hat also gegenüber der Bedämpfung der Ablenkspule folgende Vorteile:

a) Die Eigenfrequenz der Spule kann soweit herabgesetzt werden, daß ein halber Schwingungszug in die Zeit zwischen T2 und T3 fällt. Dadurch ist eine wesentliche Vergrößerung der Selbstinduktion möglich.

b) Wir benötigen überhaupt keine zusätzliche ohmsche Dämpfung. Die im Magnetfeld während des Zeitabschnittes T1 und T2 aufgespeicherte Energie geht nicht nutzlos verloren, sondern verschiebt sich lediglich von der Spule auf den Kondensator und wieder zurück, so daß als Schalter eine Röhre geringer Leistung verwendet werden kann. Der Wirkungsgrad dieser Spulenanordnung kann bei sorgfältiger Dimensionierung auf etwa 90% gebracht werden.

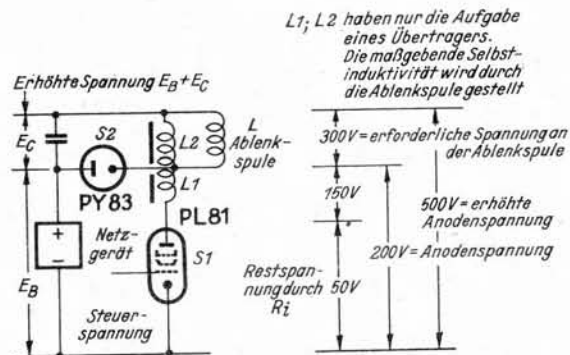


Bild 144. Horizontal-Ablenkstufe (Übersicht über die Spannungsverhältnisse)

c) Die Herstellung einer für Allstrombetrieb notwendigen erhöhten Anodenspannung ist auf einfache Weise möglich.

Die praktische Ausführung dieser Ablenkaltung zeigt Bild 144. Sie weicht insofern von der besprochenen Grundschaltung ab, als hier nicht L1...L2 unmittelbar zur Ablenkung verwendet werden, sondern nur den Übertrager darstellen, an den die eigentliche Ablenkspule angeschlossen ist. An der Wirkungsweise ändert sich dadurch jedoch nichts Grundsätzliches.

Als Schalter 1 wird die Pentode PL 81 verwendet, welche — mit einer entsprechenden Spannung gesteuert — die Anodenspannung während des Zeitraumes von T1...T2 über den Transformator an die Ablenkspule schaltet. Dieser „Schalter“ ist eingeschaltet bei positiver Steuerspannung (er besitzt dann einen Innenwiderstand von etwa 500 Ω) und ausgeschaltet bei negativer, d. h. die Röhre ist entweder gesperrt oder offen.

Als Schalter 2 dient die Schalterdiode PY 81 bzw. PY 85. Die Steuerung dieses „Schalters“ geschieht automatisch dadurch, daß sie leitend wird, sobald ihre Katode negativeres Potential erhält als die Anode. Sie leitet also von T3 bis T4, wenn die Eigenschwingung der Ablenkspule mit ihrer zweiten Halbwelle ihren Ausgangswert unterschreiten will. Von T1 bis T3 ist sie gesperrt.

Die Verhältnisse der Zeilenendröhre kann man sich überschlägig durch folgende Überlegung klar machen (Bild 144):

Maßgebend für die Ablenkempfindlichkeit ist in erster Linie die Spulenkonstruktion. Für eine ausreichende Ablenkung des Strahles wird eine bestimmte, je nach Spule mehr oder weniger große Stromänderung benötigt, die die erforderliche Spannung an der Ablenkspule z. B. mit 300 Volt bestimmt, die auf alle Fälle erreicht werden muß. An der Anode der Zeilenendröhre stehen wegen des verbleibenden Innenwiderstandes durchschnittlich 50 Volt. Die Anodengleichspannung beträgt 200 Volt, so daß ohne Spannungserhöhung maximal 150 Volt zur Verfügung stünden. Der Punkt des Transformators, an welchem die Diode angeschlossen ist, hat im Mittel das Potential der Anodenspannung. Von der Anode der Endröhre bis zu diesem Punkt treten also maximal 150 Volt auf. Um 300 Volt an der Spule zu erreichen, muß daher der obere Anteil des Transformators weitere 300 Volt am Kondensator erzeugen. Das Übersetzungsverhältnis vom unteren zum oberen Transformatorwicklungsanteil beträgt demnach $150 : 300 = 1 : 2$. Die erhöhte Gesamtspannung am Ladekondensator ist damit 500 Volt.

Diese Rechnung stimmt natürlich nicht genau, da sie die unvermeidlichen Verluste durch ohmsche Widerstände usw. nicht berücksichtigt, aber sie gibt einen Überblick über die Zusammenhänge.

Oft wird die Spule nicht an den gleichen Punkt wie die Diode an dem Transformator angeschlossen, sondern unteretzt (**Bild 145**). Herstellungsmäßig hat das den Vorteil, Spulen mit dickerem Draht und weniger Windungen verwenden zu können, an denen keine allzu hohen Spannungsspitzen stehen. Der Nachteil besteht jedoch darin, daß der Diodenschalter die Schwingung nicht mehr unmittelbar kurzschließt, sondern daß immerhin noch ein Stück des Transformators zwischen ihm und der Spule liegt. Dadurch werden die Schwingungen nicht ganz unterdrückt und zeigen sich im Bild als „Vorhang“, d. h. eine Folge hell-dunkler Streifen am linken Bildrand.

Teilt man die Spule in zwei Einzelspulen oder Spulenpaare auf, was kapazitätsmäßig günstiger ist, so hat man andere Erscheinungen zu bekämpfen: die sogenannten „Partialschwingungen“. Die einzelnen Spulen bilden mit ihrer Eigen-

Bild 145. Anschließung der Ablenkspule an einen Trafoabgriff

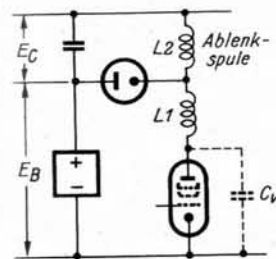
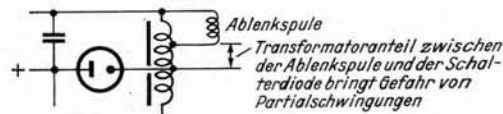


Bild 146. Trafolose Anschaltung der Ablenkspule durch Bandfilterkopplung (Grundrig)

$L1$ und $L2$ (Ablenkspule) sind auf die gleiche Frequenz abgestimmt und nur über die Röhrenkapazität miteinander verkoppelt (Bandfilter)

kapazität innerhalb der Gesamtspule Einzelschwingkreise, welche mehr oder weniger starke, selbständige Schwingungen ausführen. Man beseitigt diese Erscheinung, indem man die einzelnen Spulen durch einen Trimmer aufeinander abstimmt, so daß sich ihre Schwingungen gegeneinander aufheben.

Energiemäßig besonders günstig verhält sich die in **Bild 146** dargestellte trafolose Anschaltung der Ablenkspule, bei welcher die Energieübertragung von $L1$ auf die Ablenkspule durch Bandfilterkopplung erfolgt, wodurch alle Eisenverluste vermieden werden.

Die erhöhte entstehende Spannung wird noch für verschiedene andere Zwecke, z. B. als Anodenspannung für die Bildablenkendstufe, den Bildsperrschwinger und die zweite Anode bei Bildröhren in Tetrodenausführung verwendet. Es ist nahe liegend, die stark erhöhte Rücklaufspannung des Zeilentransformators noch weiter zu erhöhen und gleichgerichtet als Anodenspannung für die Bildröhre zu verwenden. Auch hier wollen wir die Spannungsverhältnisse übersichtlich untersuchen (**Bild 147a** und **b**).

Da für die Rücklaufzeit von $T2$ bis $T3$ lediglich ca. 10% der Gesamtperiode zur Verfügung stehen, muß das Magnetfeld in der Spule während dieser Zeit seine Größe zehnmals so

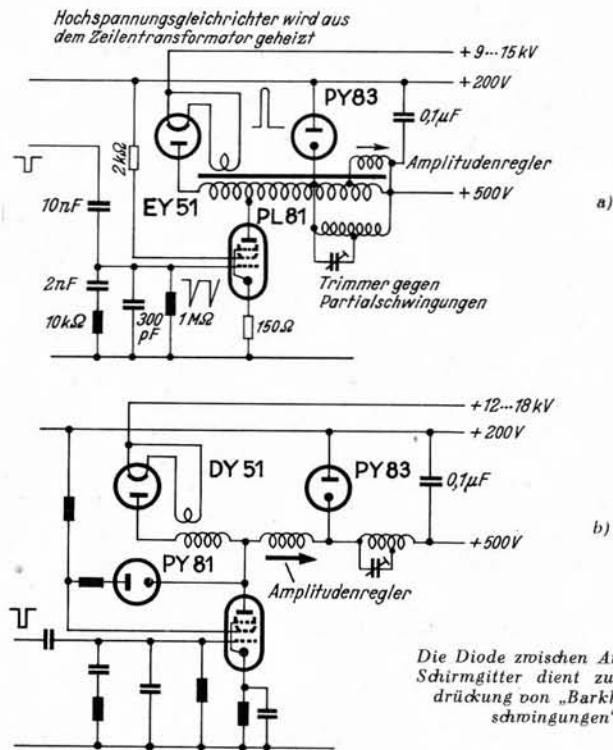


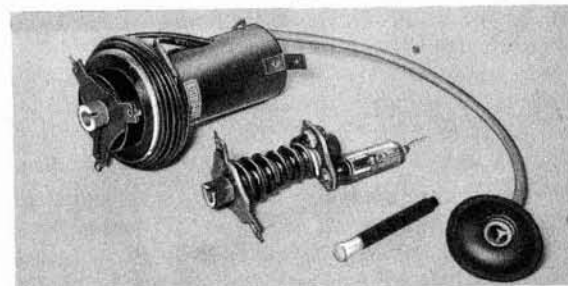
Bild 147. Vollständige Schaltung einer Ablenkendstufe. a) Ankopplung der Ablenkspule über einen „Zeilentrafo“, b) Ankopplung der Ablenkspule als Bandfilter. In beiden Fällen wird die Hochspannung für die Bildröhre durch Hochtransformierung und Gleichrichtung der Rücklaufimpulse erzeugt

rasch ändern wie beim Hinlauf. Eine zehnmals schnellere Stromänderung ergibt aber in einer Selbstinduktion eine zehnfache Spannung. Am Gesamttransformator steht eine Hinlaufspannung von $150 + 300 \text{ Volt} = 450 \text{ Volt}$ oder die 10fache Rücklaufspannung von 4500 Volt . Durch Spannungsverdoppelung oder eine weitere Wicklung im Verhältnis $1 : 1$ bis $1 : 2$ läßt sich die benötigte Spannung von 9 bis 14 kV erreichen.

Rechts: Bild 148a. Zeilentrafo, verwendet in Schaltung Bild 147a



Unten: Bild 148b. Zeilenankoppelspule und Hochspannungstrafo, verwendet in Schaltung Bild 147b



Allerdings ist zu beachten: die zusätzliche Wicklung vergrößert die Eigenkapazität des Transformators und setzt die Eigenfrequenz und durch zusätzliche Partialschwingungen den Wirkungsgrad herab. Dadurch ist man gezwungen, die Selbstinduktion der gesunkenen Eigenfrequenz entsprechend zu verringern, wodurch die Ablenkempfindlichkeit sinkt und eine höhere Spannung an der Spule benötigt wird. Durch Vergrößern der Zusatzspannung läßt sich dieser Verlust in gewissen Grenzen ausgleichen.

Für die Siebung der Hochspannung ist im allgemeinen keine weitere Maßnahme nötig, da wegen der hohen Ausgangsfrequenz die Kapazität des Anodenbelages der Bildröhre

gegen den geerdeten Außenbelag als Beruhigung ausreichend ist. Lediglich bei Bildröhren mit Metallkolben ist eine zusätzliche Siebung notwendig, da diese keinen Gegenbelag besitzen. Der Innenwiderstand des Hochspannungsteiles ist relativ hoch, so daß die Spannung bei Strömen über $200 \mu\text{A}$ schnell zusammenbricht. Störend tritt diese Tatsache nur bei Verwendung dunkler Bildröhren in Erscheinung, bei welchen die Tendenz besteht, sie durch Übersteuerung heller einzustellen: Anstatt heller zu werden, wird das Bild bei positivem Wehneltzylinder dunkler, unscharf und läuft schließlich auseinander. In dem hohen Innenwiderstand liegt übrigens auch die verhältnismäßig geringe Gefährlichkeit der immerhin 9 bis 18 kV begründet.

Die Konstruktion und Berechnung rationeller Zeilenablenkendenstufen mit Transformator, Hochspannung, Zusatzspannung und Ablenkendstufen erfordert außerordentlich große Sorgfalt und ist nur unter Verwendung hochwertiger Kerne aus Ferrit möglich (Bild 148a und b).

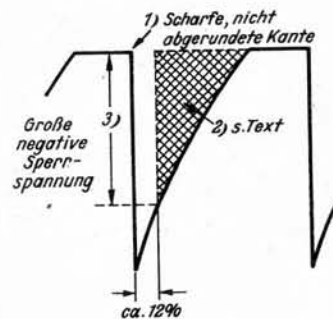
Die Steuerspannung für die Zeilenendröhre liefert direkt oder indirekt der früher besprochene Zeilenoszillator in Form negativer Impulse. Die Form derselben ist nicht übermäßig kritisch, wenn man folgende Gesichtspunkte beachtet (Bild 149):

1. Der Impuls muß an seiner linken Flanke scharf sein, da damit die Anodenspannung von der Ablenkspule „abgeschaltet“ wird. Ist sie abgerundet oder zu flach, so geht die Abschaltung zu langsam vor sich und dämpft die einsetzende Schwingung soweit, daß u. U. keine brauchbare Hochspannung mehr erzielt werden kann.

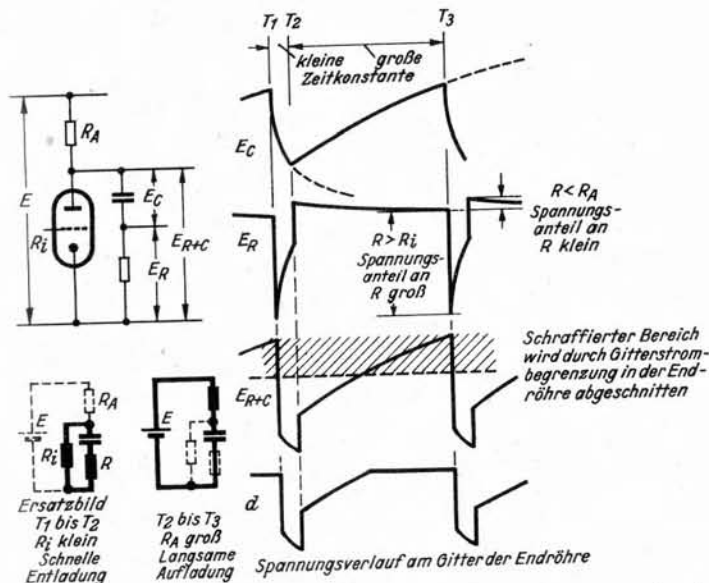
2. Der Impuls soll die Röhre nicht zu früh wieder öffnen, da sonst unnötig Anodenstrom fließt, der zur Ablenkung nicht mehr beiträgt. Der richtige Zeitpunkt liegt bei etwa 50% der Periode. Das Auftreten von sogenannten „Barkhausen-Schwingungen“ zwingt jedoch manchmal dazu, die Röhre von T_1 ... T_3 nicht ganz stromlos zu machen.

3. Während der Rücklaufdauer entsteht an der Anode eine positive Spitzenspannung von ca. 5 kV. Damit die Röhre nicht wieder leitend wird, muß auch die Steuerspannung während dieser Zeit eine negative Spitze aufweisen.

Rechts: Bild 149. Steuerspannung für die Horizontal-Ablenkendstufe



Unten: Bild 150. Herstellung der Steuerspannung aus negativen Impulsen



Ersatzbild T_1 bis T_2
 R_i klein
Schnelle Entladung

T_2 bis T_3
 R_A groß
Langsame Aufladung

Die richtige Form der Steuerspannung erzielt man durch Aufladung eines Kondensators mit dem negativen Steuerimpuls. Zur Erzielung einer negativen Spitze kann man einen Widerstand mit dem Kondensator in Reihe schalten, an welchem der Impuls stehen bleibt. Die Anordnung wird ver-

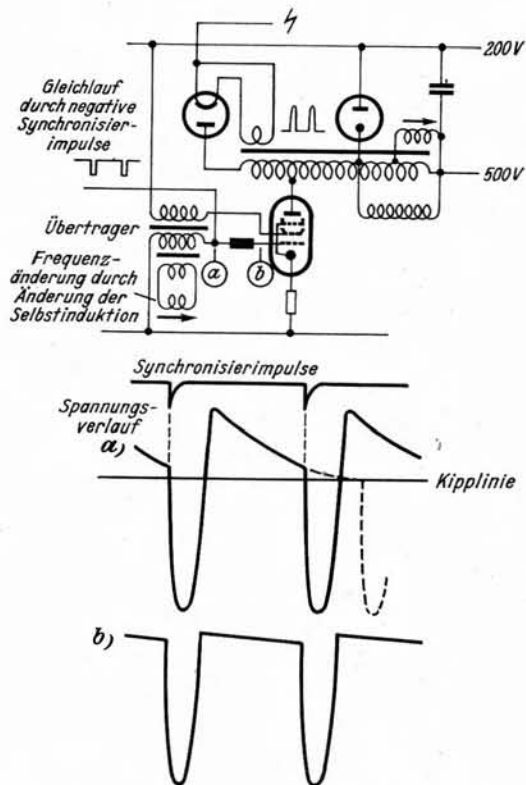
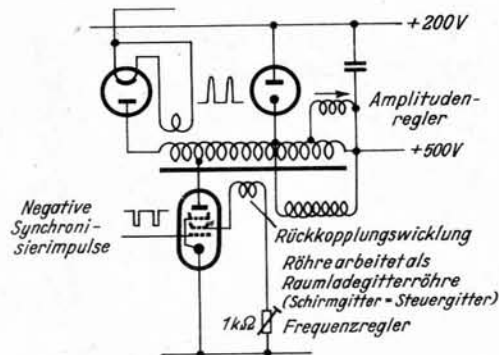


Bild 151. Selbstschwingende Zeilen-Ablenkendstufen
a) Schaltung mit Traforückkopplung

ständig, wenn man die an jedem Glied stehende Spannung einzeln betrachtet (Bild 150).

Verschiedentlich werden auch Zeilenablenkendstufen verwendet, die selbst schwingen. Eine solche zeigt Bild 151a. Die Schwierigkeit bei diesen Schaltungen liegt darin, einen Impuls am Steuergitter der Endröhre zu erzeugen, der breit genug ist, daß er die oben genannten Voraussetzungen erfüllt. Das Sperrschwingprinzip schaltet aus, da der breite positive Impuls nicht mehr durch eine Schwingung hervorgerufen werden kann. Betrachtet man allerdings den Transformator lediglich

Bild 151.
b) Raumlade-
gitterschaltung
(Fernseh-GmbH.)



als Impulsübertrager, so ist eine Schwingung zwischen Schirmgitter als Anode und Gitter der Endröhre in der gewünschten Breite durchaus möglich. Nach Einsatz der Kippschwingung wird die Zeitkonstante des Übertragers durch den plötzlich verringerten Innenwiderstand der leitenden Röhre soweit verlängert, daß der Strom in der Anoden-Wicklung nahezu konstant bleibt, während die Spannung an der Gitterwicklung langsam absinkt.

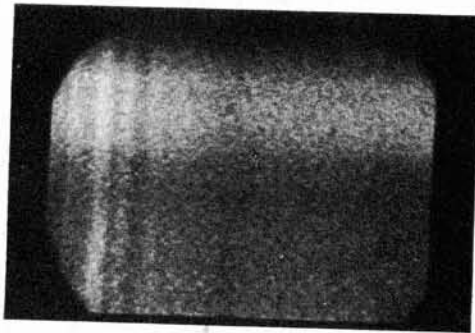
Dieser Zustand ist erst beendet, wenn die Spannung am Gitter einen kritischen Wert erreicht hat, bei welchem der bisher konstante Anodenstrom wieder abnimmt und über den Übertrager die Spannung am Gitter schnell weiter herabsetzt. Da die Wicklung jetzt verhältnismäßig ungedämpft ist, führt sie eine Halbschwingung aus, die sie wieder über den Kippeinsatzpunkt bringt. Die Frequenz dieses Oszillators läßt sich durch Veränderung der Selbstinduktion der Wicklung (z. B. durch eine abstimmbare Zusatzwicklung) regeln.

Die Synchronisierung geschieht mit negativen Impulsen, um den Abbruch der Schwingung durch sinkenden Anodenstrom einzuleiten. Da die negativen Impulse auf die Röhre gegeben werden müssen, während diese leitend ist, geht die Steuerung nicht ganz leistungslos vor sich.

Eine andere Schaltung (Bild 151b) benutzt eine unmittelbare Rückkopplung zwischen Schirmgitter und Anode unter Verwendung des Zeilentransformators zur Phasenumkehr. Die Synchronisierimpulse müssen hier ebenfalls negativ sein. Da



Bild 152. Bildfehler
a) „Barkhausen-Schwingung“:
senkrechte, scharf
abgegrenzte
schwarze Striche
auf der linken
Bildseite.



b) „Partial-Schwingungen“:
senkrechte Hell-Dunkel-Streifen
auf der linken Bildseite,
ähnlich den Falten eines Vorhangs.
Das Bild zeigt im gleichen
Rhythmus Dehnungen und
Drängungen.

die Röhre hierbei während der ganzen Ablenkperiode leitend ist, arbeitet sie nicht sehr rationell, wenn man nicht einige Kunstgriffe anwendet.

Allgemein ist die Stabilität solcher Schaltungen durch die gegenseitige Verkopplung der Frequenz mit den verschiedenen veränderlichen Belastungen nicht besonders groß, so daß sie vor allem bei billigen Geräten in Verbindung mit starrer Flankensynchronisation verwendet wird.

b) Vertikalablenkdstufen

Grundstätzlich wäre die Ablenkung des Kathodenstrahles in vertikaler Richtung mit einer Spule zu erreichen, für welche die gleichen Überlegungen wie für die Horizontalablenkung gelten. Die 312,5mal längere Zeitkonstante, die aus dem Frequenzunterschied beider Ablenkrichtungen resultiert, würde

aber eine ebensolche Vergrößerung der Selbstinduktion oder eine entsprechende Verringerung des ohmschen Widerstandes erforderlich machen, so daß man zu praktisch nicht herstellbaren Abmessungen käme. Wir kommen also zwangsläufig zu einer Spule mit kleiner Zeitkonstante, bei der also — im Gegensatz zur Zeilenspule — der ohmsche Widerstand überwiegt.

Untersuchen wir, wie eine Spule unter diesen Umständen zu einem linear ansteigenden Strom zu veranlassen ist: Schalten wir sie über R an eine Spannung, so wird der in ihr fließende Strom schnell seinen durch R begrenzten Maximalwert erreicht haben und sich nicht mehr weiter ändern. Diese Form des entstehenden Stromverlaufs ist also zunächst für die Strahlablenkung unbrauchbar (Bild 153).

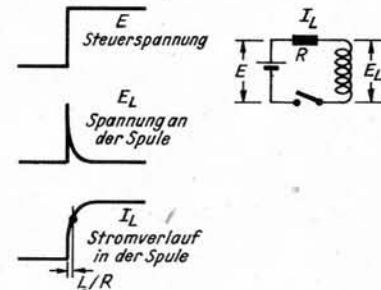


Bild 153. Strom und Spannung in einer Spule bei kleiner Zeitkonstante

Betrachten wir das Stück von T_1 bis T_3 genauer (Bild 154). Der Spulenstrom steigt in der Zeit Δt um einen gewissen Betrag. Gleichzeitig hat sich die Spannung an L um den durch I an R verursachten proportionalen Spannungsabfall ΔE_R auf E_2 verringert. Von T_2 bis T_3 würde jetzt also ein dieser Spannung entsprechender geringerer Stromanstieg sich einstellen. Gleichen wir den Spannungsabfall durch eine um den fehlenden Betrag ΔE_R erhöhte Steuerspannung wieder aus, so wird der Stromanstieg von T_2 bis T_3 sich gegenüber T_1 bis T_2 nicht ändern. Solange wir den Ausgleich dieses Spannungsabfalls fortsetzen, erhalten wir einen konstant ansteigenden Strom in der Spule.

Die angeschaltete Spannung muß daher den in Bild 154c dargestellten Verlauf haben. Die Zusammenhänge sind in