

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. <u>Allgemeines</u>	3
1. Zweck des Gerätes	3
2. Prinzipielle Wirkungsweise	3
3. Bildauflösung und Verzerrungen	5
II. <u>Aufbau der Anlage</u>	6
III. <u>Arbeitsweise des Gerätes</u>	15
A. <u>Feld I</u>	15
1. Impulszentrale	15
2. Markenteil	26
3. Netzgerät	36
4. Z-F-Verstärker	37
B. <u>Feld II</u>	42
1. Zündstufe	43
2. Modulator	46
3. Sender	56
4. Zentiteil	67
5. Relais- und Netzteil	72
C. <u>Sichtgerät mit Oszillator</u>	78
D. <u>Verteilerkasten</u>	87
E. <u>Antennengerät</u>	89
F. <u>Steuergerät</u>	99
G. <u>Spannungsverteiler</u>	101

I. Allgemeines.

1) Zweck des Gerätes.

Das Gerät ist eine Rundsichtanlage, mit der durch ausgestrahlte Impulse sehr kurzer Wellenlänge über eine rotierende Antenne die Umgebung des Ortungsträgers abgetastet wird. Angestrahlte Gegenstände reflektieren je nach ihren Reflektionseigenschaften die Impulse mehr oder weniger gut. Entsprechend der Lage der die Reflektionen hervorrufenden Ziele zueinander entsteht auf dem Schirm des Braunschen Rohres eine kartenähnliche Abbildung der abgetasteten Umgebung. Hieraus können Rückschlüsse bezüglich Entfernung, Richtung und Art der Ziele gezogen werden.

Die beiden angewandten Zeitmaßstäbe ermöglichen eine Entfernungsmessung bis zu 18 oder 60 km.

Da das Gerät ursprünglich für die Luftwaffe entwickelt wurde, ist eine besondere Anordnung für die Höhenmessung über Grund vorgesehen. Diese wird für Marinezwecke nicht benötigt und deshalb nur beiläufig erwähnt.

2) Prinzipielle Wirkungsweise.

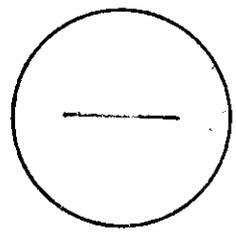
Der im Sender erzeugte Impuls wird von einer rotierenden Antenne abgestrahlt. Die reflektierten Impulse werden von der gleichen Antenne (Simultanbetrieb) aufgenommen und im Empfangsteil auf die übliche Weise verstärkt und gleichgerichtet. Die hierbei entstehenden positiven Spannungsimpulse werden zum Wehnelt des Rundsichtrohres geleitet, wo sie während der Dauer der Impulse auf dem Bildschirm eine Aufhellung bewirken. Es kommt also bei diesem Braunschen Rohr nicht wie bei anderen Funkmeßgeräten eine Auszackung einer sichtbaren geraden oder kreisförmigen Zeitlinie, sondern ein Lichtfleck zustande, der dem angestrahlten Ziel entspricht.

Werden mehrere Ziele, die in genügend weitem Abstand hinter- bzw. nebeneinander liegen, angestrahlt, dann entstehen auf dem Rundsichtrohr infolge der Art der angelegten Ablenkspannung an verschiedenen Stellen Lichtflecke, deren gegenseitige Abstände - von Verzerrungen abgesehen - der wirklichen Lage dieser Ziele in der Ebene entsprechen. Auf dem Rundsichtrohr entsteht also eine Abbildung der Umgebung des Ortungsträgers bis zu einer Entfernung von 18 oder 60 km, je nach dem, welcher Meßbereich eingeschaltet wurde.

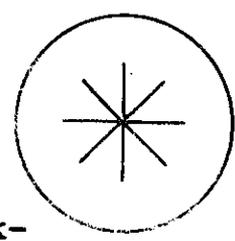
Beim

Beim Rundsichtrohr wird von einer magnetischen Ablenkung des Kathodenstrahls Gebrauch gemacht. Ein rotierendes Ablenkspulenpaar wird von einer Sägezahnspannung beaufschlagt. Diese wird in der Impulszentrale erzeugt und auf das rotierende Ablenkspulenpaar gegeben. Ein Sägezahn bei stillstehendem Ablenkspulenpaar erzeugt ohne Schiebestrom auf dem Rundsichtrohr eine gerade Zeitlinie (Abb. 1a), die bei rotierendem Ablenkspulenpaar um den Mittelpunkt gedreht wird (Abb. 1b).

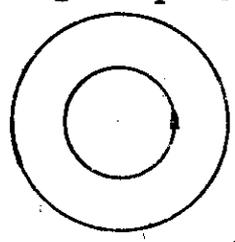
a) Sägezahn bei stillsteh. Ablenkspulenpaar



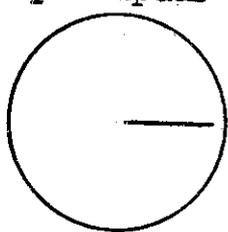
b) Sägezahn bei rot. Ablenkspulenpaar



c) Schiebestrom bei rot. Ablenkspulenpaar ohne Sägezahn



d) Sägezahn u. Schiebestrom bei stillsteh. Ablenkspulenpaar



e) Sägezahn u. Schiebestrom bei rot. Ablenkspulenpaar

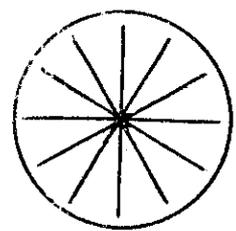


Abb. 1 Abtastung des Rundsichtrohres.

Ohne Sägezahn aber mit Schiebestrom wird bei rotierenden Spulen nur ein Kreis geschrieben (Abb. 1c). Die vom Sägezahn herrührende

herrührende gerade Linie wird durch den Schiebestrom aus der Mitte herausgeschoben (Abb. 1d). Bei rotierendem Ablenkspulenpaar wird diese Linie um den Mittelpunkt des Leuchtschirmes gedreht, so daß das Bild 1e entsteht, d.h. der Elektronenstrahl tastet radial und umlaufend den Schirm ab.

Die Zahl der während eines Umlaufes der Antenne entstehenden Radian ist gleich dem Verhältnis der Sägezahnfrequenz zur Umlauffrequenz der Antenne. Die Zeit, die der Elektronenstrahl für seinen Vorlauf vom Mittelpunkt zur Peripherie benötigt, entspricht einer Entfernung von 18 oder 60 km (aufsteigender Ast des Sägezahnes). Der Rücklauf ist verdunkelt (absteigender Ast des Sägezahnes).

Während des Vorlaufes treffen die in einer Richtung ausgesandten und vom Ziel aus einer Entfernung von 0 bis 18 oder 60 km reflektierten Impulse auf, so daß auf dem Radius die Zielzeichen entstehen. Wird die Antenne etwas weiter gedreht, dann dreht sich auch das Ablenkspulenpaar, und die aus der neuen Richtung einfallenden Reflektionsimpulse werden auf dem nun geschriebenen Radius abgebildet. Auf diese Weise erfolgt die Abtastung und Nachbildung der Umgebung.

Die Entfernung kann mit Hilfe der 18 oder 60 km Entfernungsmarke, die als Kreis mit veränderbarem Radius auf dem Rundlichtrohr und als Strichmarke auf dem Zackenschriftrohr erscheint, gemessen werden.

3) Bildauflösung und Verzerrungen.

Durch die Sende-Impulsdauer ist die radiale Auflösung des Bildes bedingt. Damit 2 hintereinander liegende Ziele getrennt auf dem Rundlichtrohr erscheinen können, ist es erforderlich, daß sie mindestens um eine halbe Impulslänge voneinander entfernt sind. Der gegenseitige Abstand in horizontaler Richtung muß deshalb mindestens 150 m betragen.

Die Antennenstrahlung ist nicht zu einer Linie gebündelt, sondern keulenförmig ausgedehnt. Es werden deshalb sämtliche Impulse, die

die in der Zeit auf ein punktförmiges Ziel auftreffen, während der die Keule dieses überstreicht, reflektiert, so daß auf dem Schirm des Rundsichtrohres zwar in gleichen Abständen vom Mittelpunkt, aber auf mehreren radial nebeneinander liegenden Linien mehrere Lichtpunkte erscheinen. Diese Verzerrungen in tangentialer Richtung wachsen mit zunehmender Entfernung. Der so entstehende Kreisbogen ist um so kleiner, je schärfer die Bündelung ist.

II. Aufbau der Anlage und Erläuterungen zum Wirkplan.

Die Anlage setzt sich zusammen aus:

1) Feld I

- Enthaltend:
- a) Die Impulszentrale, welche die Summerspannung in Mäanderform, die Ablenkspannungen und den Synchronisierimpuls liefert.
 - b) Den Markenteil, der die Meß- und Schiffsnulldmarken erzeugt.
 - c) Den ZF-Verstärker
 - d) Das Netzgerät, welches sämtliche benötigten Spannungen für Feld I liefert.

2) Feld II

- Enthaltend:
- a) Die Zündstufe, die den Zündimpuls für den Modulator und den Kathodenimpuls für den Markenteil erzeugt.
 - b) Den Modulator, der den Leistungsimpuls für das Sendemagnetron erzeugt.
 - c) Den Sender
 - d) Den Simultanteil mit der Sperröhre.
 - e) Den Mischteil mit dem Kristalldetektor.
 - f) Die ZF-Vorstufe zur Vorverstärkung der im Mischteil gebildeten ZF.

- g) Das Hoch- und Niederspannungsnetzgerät mit dem Relaieteil. Dies Gerät erzeugt sämtliche Spannungen für Feld II und enthält die Schaltverzögerungseinrichtung und das Hochspannungs-Sicherungsrelais.

3. Das Sichtgerät mit Oszillator.

mit den Bedienungsgriffen für die Bildeinstellung und die Abstimmung, und dem Fernübertragungssystem für die Synchrondrehung des Ablenkspulenpaares mit der Antenne.

4. Das Steuergerät.

Von hier aus werden die Anlagen in Betrieb genommen, die Verstärkung des ZF-Verstärkers geregelt und die Entfernungsmessung vorgenommen. Es enthält ferner einen Umschalter für die Einnordung und das Potentiometer für die Synchronisier-Impulsverschiebung (Bildradius).

5. Das Antennengerät.

Enthaltend: a) Die Strahler

b) Das Fernübertragungssystem (Fi-System) zur Drehung des Ablenkstrahls.

c) Den Antriebsmotor zum Antrieb des Antennengerätes.

d) Den Schiffsnullmarkenkontakt, der durch seine Impulse das Schiffsnull anzeigt.

6. Das Einnordungsgerät

wird für Marinezwecke nicht benötigt und auch nicht mit eingebaut.

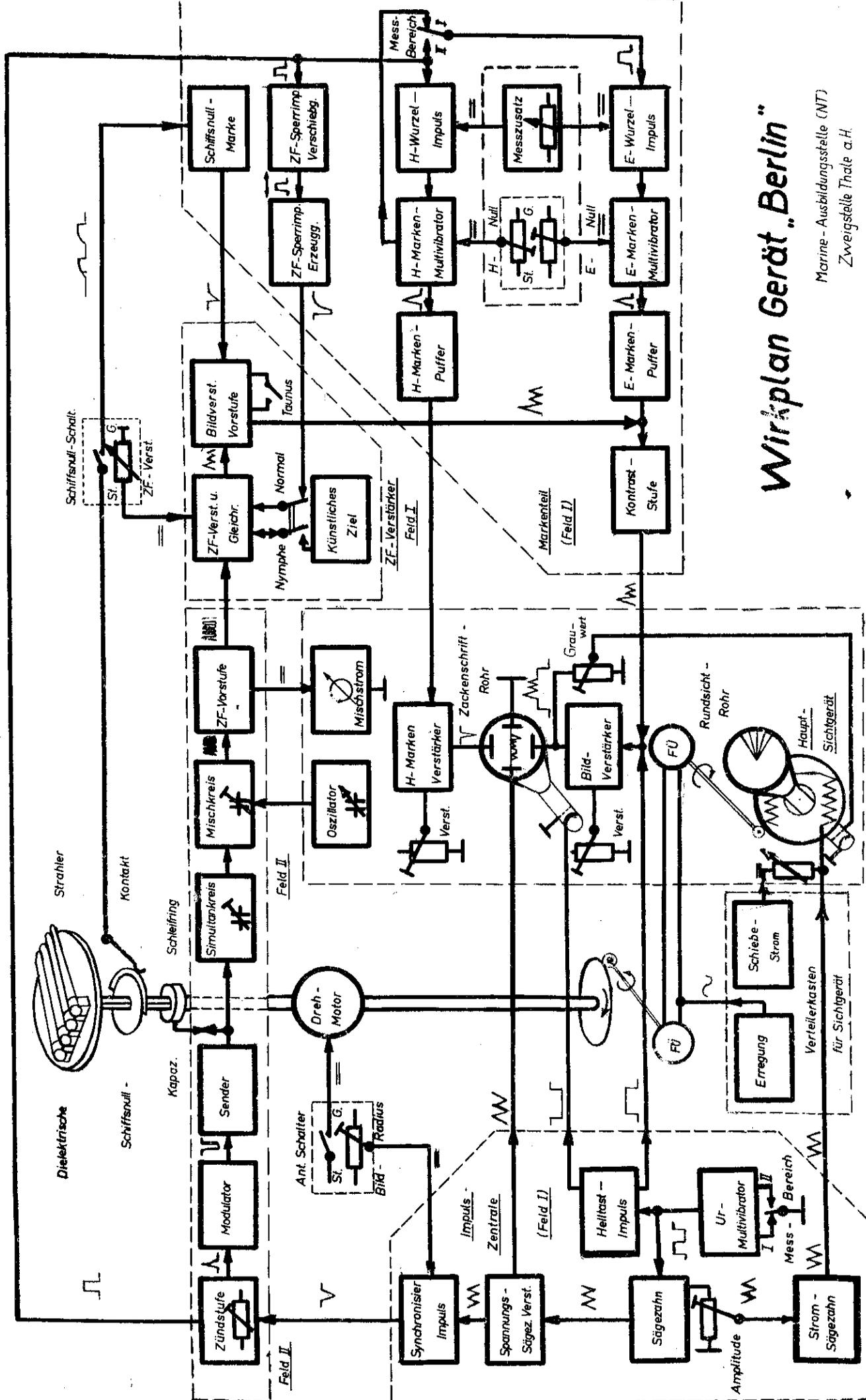
7. Der Spannungsverteiler,

enthaltend das Niederspannungs-Sicherungsrelais und die Schaltrelais, den Pintschregler für den Umformer und die Klemmleisten für die Spannungsverteilung zu den einzelnen Geräten.

8. Die Spannungsumformer,

die 80 Volt, 500 Hz und 24 Volt Gleichstrom aus dem vorhandenen Netz erzeugen.

Geheim!



Wiriplan Gerät „Berlin“

Marine-Ausbildungsstelle (NT)
Zweigstelle Thale a.H.

Die einzelnen Bausteine der Anlage sind im Wirkplan (Seite 8) nicht wie im Gerät selbst angeordnet, sondern der besseren Übersicht halber auseinander gezeichnet. Für die ferneren Ausführungen und Schaltpläne gelten folgende Abkürzungen:

A	Antennengerät
Si	Sichtgerät
F I	Feld I
F II	Feld II
MT	Markenteil in Feld I
IZ	Impulszentrale in Feld I
VK	Verteilerkasten.

Im Multivibrator, der in der Impulszentrale sitzt, wird eine Mäanderspannung erzeugt, die zur Ableitung sämtlicher Impulse, **Meßmarken** und Sägezahnspannungen dient. Diese Mäanderspannung synchronisiert also das ganze Gerät. Bei der Bereichumschaltung werden die Teilzeiten des Mäanders geändert und somit die Vorlaufzeit des Sägezahns entsprechend dem zu messenden Bereich gewählt (vergl. Impulsplan Abb.5).

Aus der Rechteckspannung wird zunächst eine Sägezahnspannung erzeugt. Sie wird im Ablenkverstärker zu einem Stromsägezahn (Leistung!) umgeformt und den **Ablenkspulen** im **Sichtgerät** zugeführt. Der Rotor des **Fü-Systems**, der **Schiffsnullmarkenkontakt** und die Antenne selbst sind starr mit dem Motor des **Antennengerätes** gekuppelt. Die vom **Fü-System** (Geber) gelieferten Spannungen bewirken eine umlaufende Abtastung des Bildschirms, wie bereits im Abschnitt I 2 eingehend beschrieben wurde.

Der Sägezahn liefert ferner nach einer vorherigen Verstärkung die **Ablenkspannungen** für das **Zackenschriftrohr**, auf dessen Schirm die gerade Zeitlinie sichtbar wird.

Der Synchronisierimpuls, der ebenfalls aus dem Sägezahn erzeugt wird, und eine Fußbreite von 10 bis 15 μ sek. besitzt, wird in der Zündstufe in einen wesentlich schmaleren Zündimpuls von 7 kV umgewandelt, aus dem im Modulator ein Leistungsimpuls von 0,8 μ sek. und 18 kV entsteht, und der zur Tastung des **Sende-Magnetrons** dient.

Die im Sender erzeugten Zentimeterwellen-Impulse werden über die rotierende Antenne abgestrahlt, während der Simultankreis ein Eindringen der starken Sendeimpulse in den Empfangsteil verhindert, um eine dadurch bedingte Beschädigung des Detektors zu vermeiden.

Die nach dem Abklingen des Sendeimpulses von den Zielen ankommenden reflektierten Impulse reichen zur Zündung der Sperröhre im Simultankreis nicht aus und werden somit zum Detektor weitergeleitet. Hier werden sie mit der Überlagererfrequenz gemischt, die im Oszillator im Sichtgerät erzeugt wird. Die gebildete Zwischenfrequenz wird in der ZF-Vorstufe (Feld II) und im ZF-Verstärker (Feld I) verstärkt und gleichgerichtet. Der von dem Synchronisierimpuls hergeleitete Sperrimpuls dient nach richtiger zeitlicher Einstellung zur Sperrung des ZF-Verstärkers während der Dauer des Sendeimpulses.

Um z.B. auf See, wo kein Ziel vorhanden ist, eine Abstimmung der Anlage durchführen zu können, wird dem ZF-Verstärker ein künstliches Ziel (Nympe) eingeblendet. Der ZF-Sperrimpuls wird hierbei abgeschaltet. Durch die Taunusschaltung in der Bildverstärkervorstufe können durch Differenzierung der Zielzeichen flächenmäßig dargestellte Ziele mit markanten Punkten untersucht werden. Dieses Verfahren kann wahlweise eingeschaltet werden.

Der Bildverstärkervorstufe wird ferner noch die Schiffsnullmarke zugeleitet. Es handelt sich hierbei um eine auf dem Rundlichtrohr erscheinende radial verlaufende Lichtmarke, die durch einen Kontakt im Antennengerät in dem Augenblick ausgelöst wird, in dem die Antennencharakteristik in Schiffsnull weist. Die Marke wird durch einen Schalter am Steuergerät eingeschaltet.

Die Reflektionsimpulse und Marken werden der Kontraststufe, in der eine Dynamikkompression erfolgt, zugeführt, dann dem sogenannten Helltastimpuls überlagert und nun dem Bildverstärker im Sichtgerät zugeführt. Dieser Helltastimpuls ist eine verstärkte Mäanderspannung. Er wird einmal ohne Bildinhalt als negativer Spannungsimpuls der Kathode des Zackenschriftrohres zugeführt, wo er eine Helltastung des Rohres während des Vorlaufes bewirkt. Es ist jetzt auf dem Schirm des Zackenschriftrohres eine gerade Zeitlinie sichtbar. Zum anderen gelangt der Helltastimpuls, mit dem Bildinhalt gemischt und nochmals verstärkt,

zu den Meßplatten des Zackenschriftrohres, wo nun auf der Zeitlinie die Zielzeichen als Zacken sichtbar werden. Drittens gelangt der Helltastimpuls samt Bildinhalt, und zwar positiv gerichtet, über das Grauwertpotentiometer zum Wehnelt des Rundsichtrohres. Der Helltastimpuls hebt während des Vorlaufes die negative Sperrspannung des Wehnelt soweit auf, daß die reflektierten Impulse diesen zu durchstoßen vermögen und auf dem Bildschirm die Zielzeichen erzeugen (Abb.3).

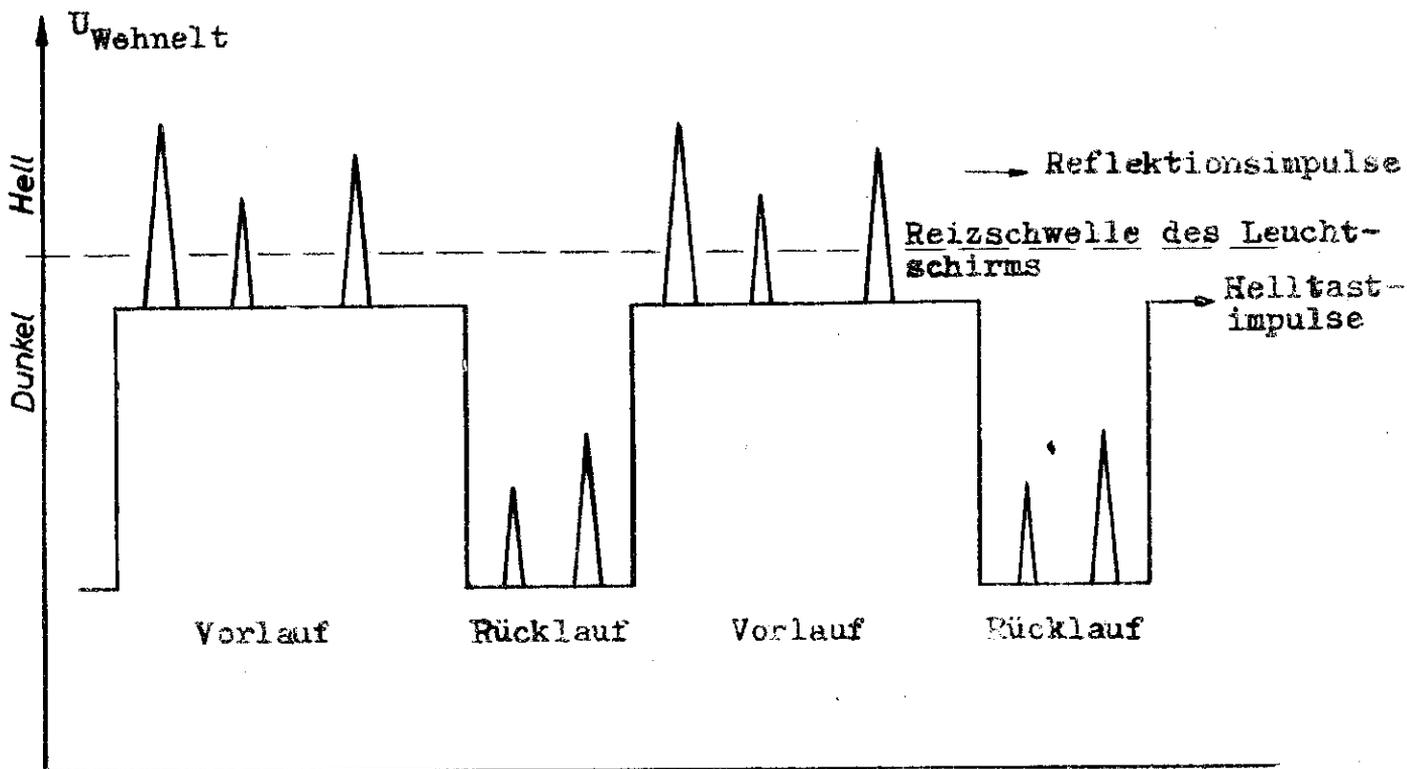


Abb. 3

Die Ablesung der Entfernung kann aus verschiedenen, später dargelegten Gründen, nicht wie z.B. beim Gerät Hohentwiel an einer auf dem Schirm fest aufgetragenen Skala erfolgen. Sie wird auch nicht wie z.B. beim Flugerät der Gema durch eine geeichte Phasenverschiebung der Zeitablenkspannung gegenüber den Sendeimpulsen vorgenommen. Beim Gerät Berlin wird eine Lichtmarke (Entfernungsmarke) erzeugt, die zeitlich gegenüber den Sendeimpulsen zu verschieben ist, und deren Verschiebung geeicht ist.

Die Höhenmarke wird vom Kathodenimpuls zur Zündstufe abgeleitet. Sie unterscheidet sich von den Zielzeichen auf dem Zackenschriftrohr durch ihre größere Amplitude. Sie wird nicht mit dem Bildinhalt gemischt, sondern beide gehen über getrennte Verstärker zu je einer Meßplatte des Zackenschriftrohres. Ein Potentiometer im Steuergerät dient zur Nullpunktkorrektur. Die Amplitude der H-Marke kann gesondert geregelt werden.

Die Entfernungsmarke wird im 60 km - Meßbereich ebenfalls vom Kathodenimpuls der Zündstufe abgeleitet, in der Kontraststufe mit dem Bildinhalt gemischt, dem Hellstastimpuls überlagert und, nochmals verstärkt, und amplitudenmäßig regelbar durch ein Potentiometer der einen Meßplatte des Zackenschriftrohres zugeführt. An der Entfernungsskala im Meßzusatz ist die Entfernung abzulesen. Der Nullpunkt ist ebenfalls durch ein Potentiometer zu korrigieren.

Die Entfernungsmarke in 18 km - Bereich jedoch wird von der Höhenmarke abgeleitet, da die Höhe bei kurzen Entfernungen das Meßergebnis stark beeinflusst.

Die Entfernungsmarke wird ferner zusammen mit Bildinhalt und Hellstastimpuls dem Wehnelt des Rundsichtrohres zugeführt, wo sie als in seinem Durchmesser veränderbarer Lichtkreis erscheint.

Der Synchronisierimpuls samt der davon abgeleiteten Impulse (Marken) sind gegenüber der Zeitablenkspannung zeitlich verschiebbar. Der gesamte Bildinhalt, bestehend aus Sendeimpuls, reflektierten Impulsen und Marken, ist deshalb auf beiden Rohren zu verschieben. Man kann also durch Vorverlegung des Synchronisierimpulses den Sendeimpuls und das ganze Nahfeld auf den Rücklauf schieben, also zum Verschwinden bringen (s. Abb. 4 - die gestrichelt gezeichneten Impulse sind die vorverlegten).

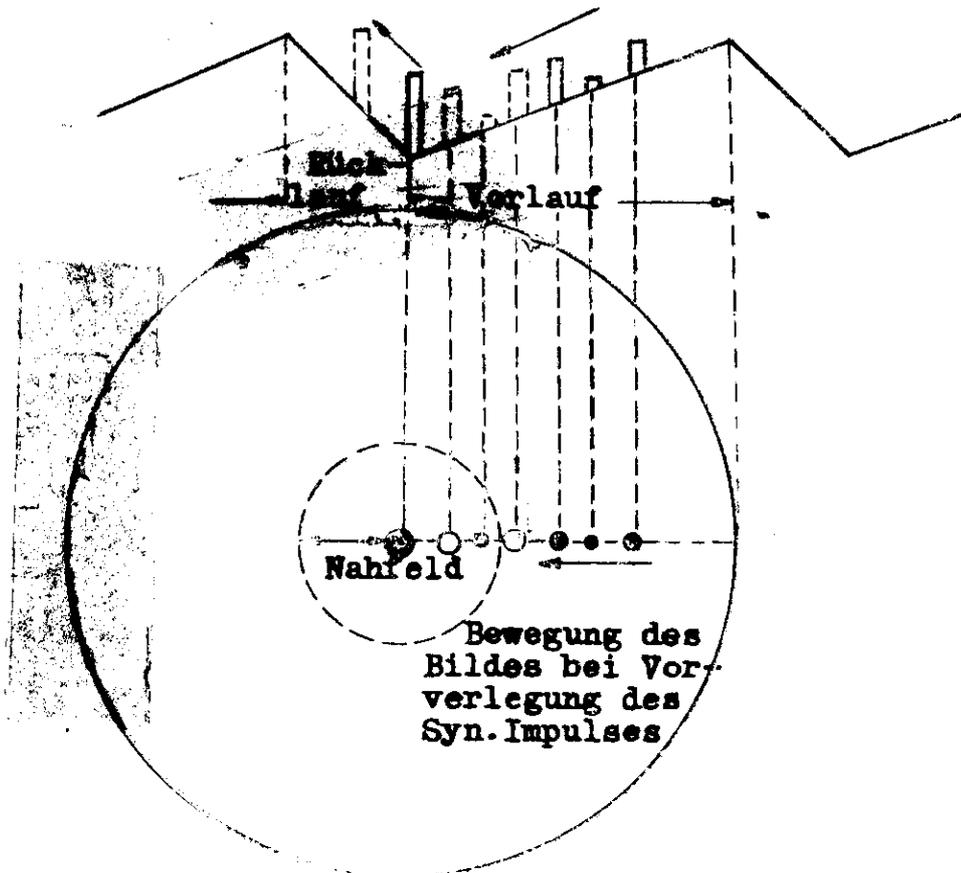
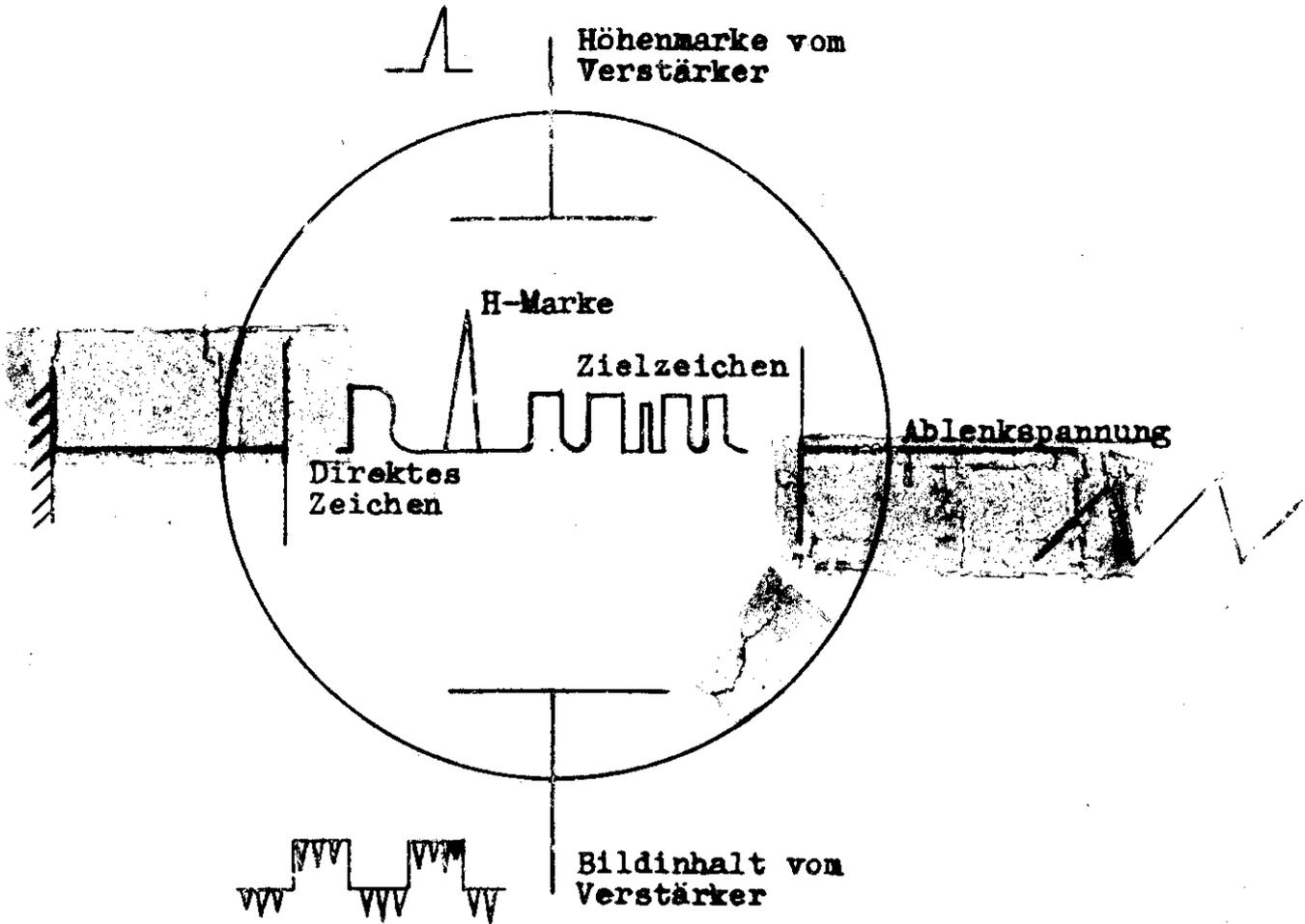
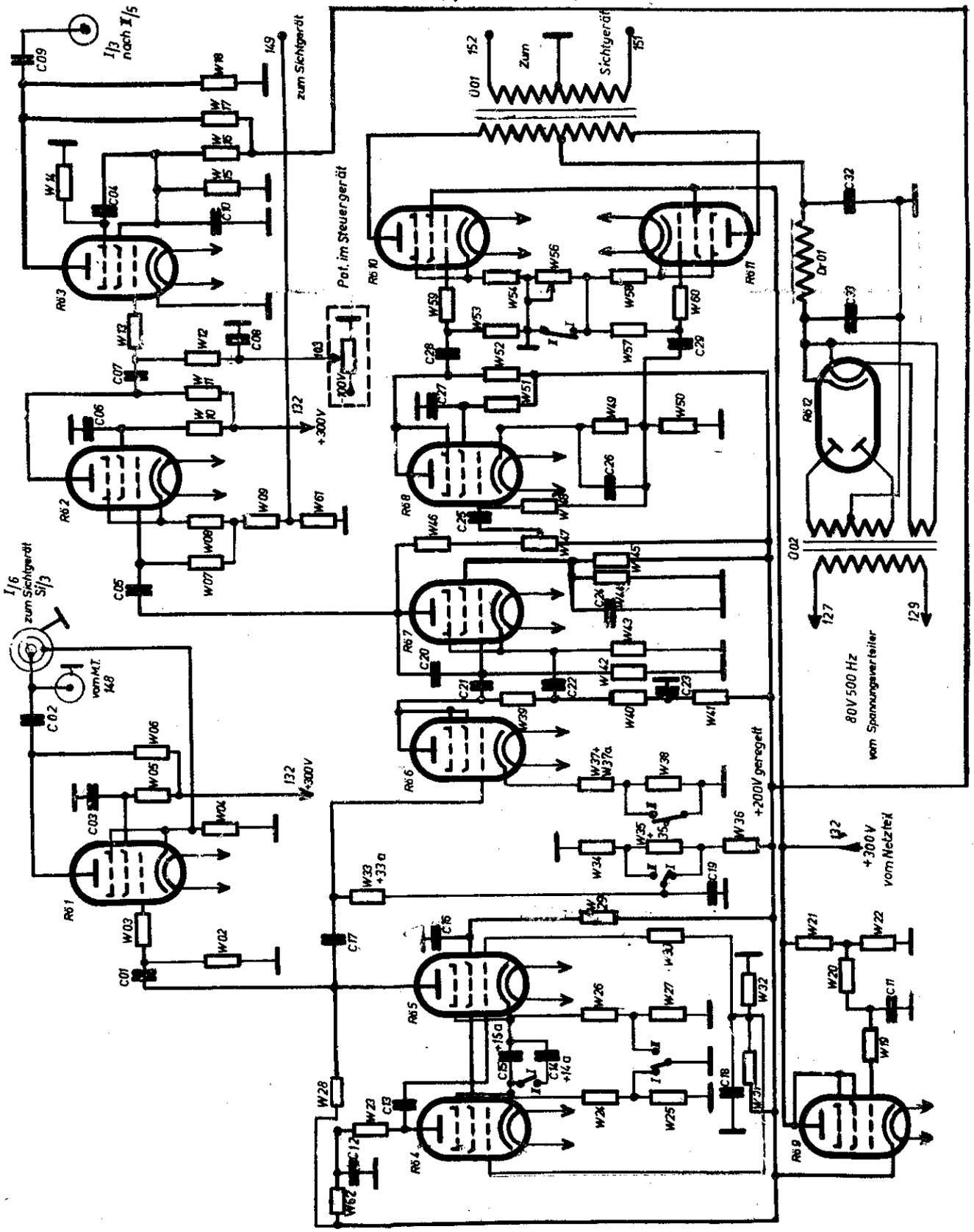


Abb. 4



III. Arbeitsweise des Berlin-Gerätes.

A Feld I

Im Feld I befindet sich der niederfrequente Teil der Anlage, die Impulszentrale, der ZF-Verstärker, der Markenteil und der für diese Geräte erforderliche Netzteil. Sämtliche Impulse und Meßmarken werden hier erzeugt.

1. Impulszentrale (Abb. 5 und 6)

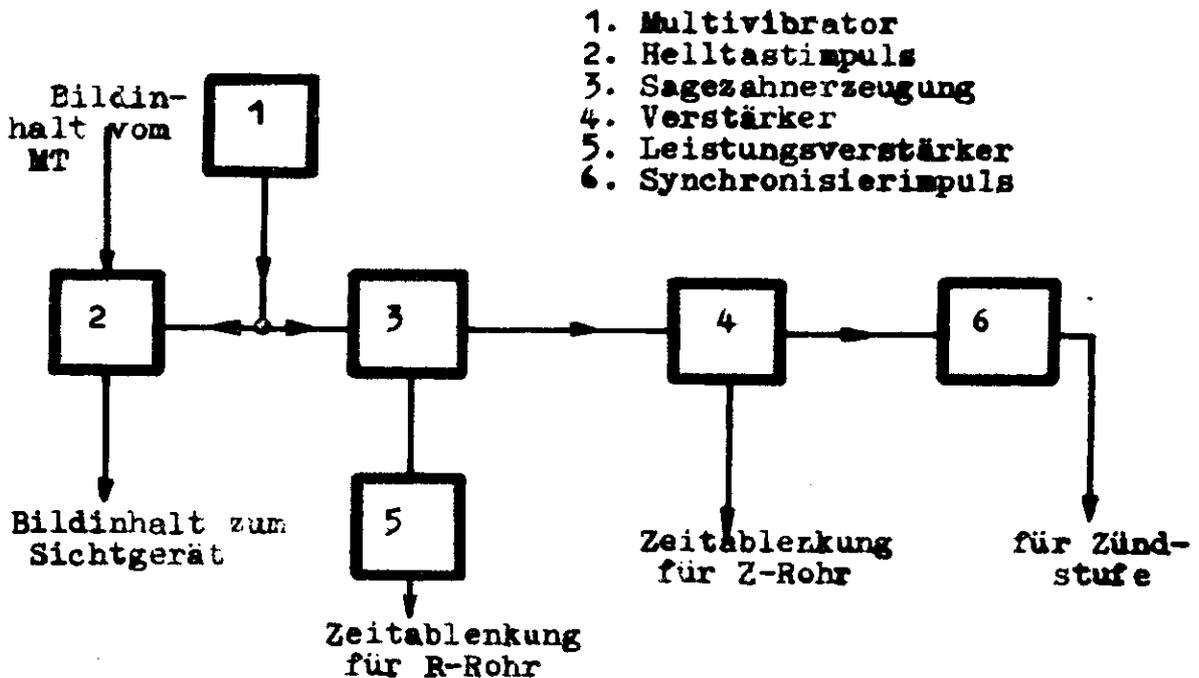


Abb.6 Prinzipbild der Impulszentrale

In der Impulszentrale werden die Urspannung, von der sämtliche Impulse abgeleitet werden, die Sägezahnspannungen für die Braunschen Röhren, der Helltastimpuls und der Synchronisierimpuls erzeugt. Die Erzeugung der Urspannung, welche eine Kippfrequenz von 1 500 Hz hat, geschieht in einer Multivibratorschaltung.

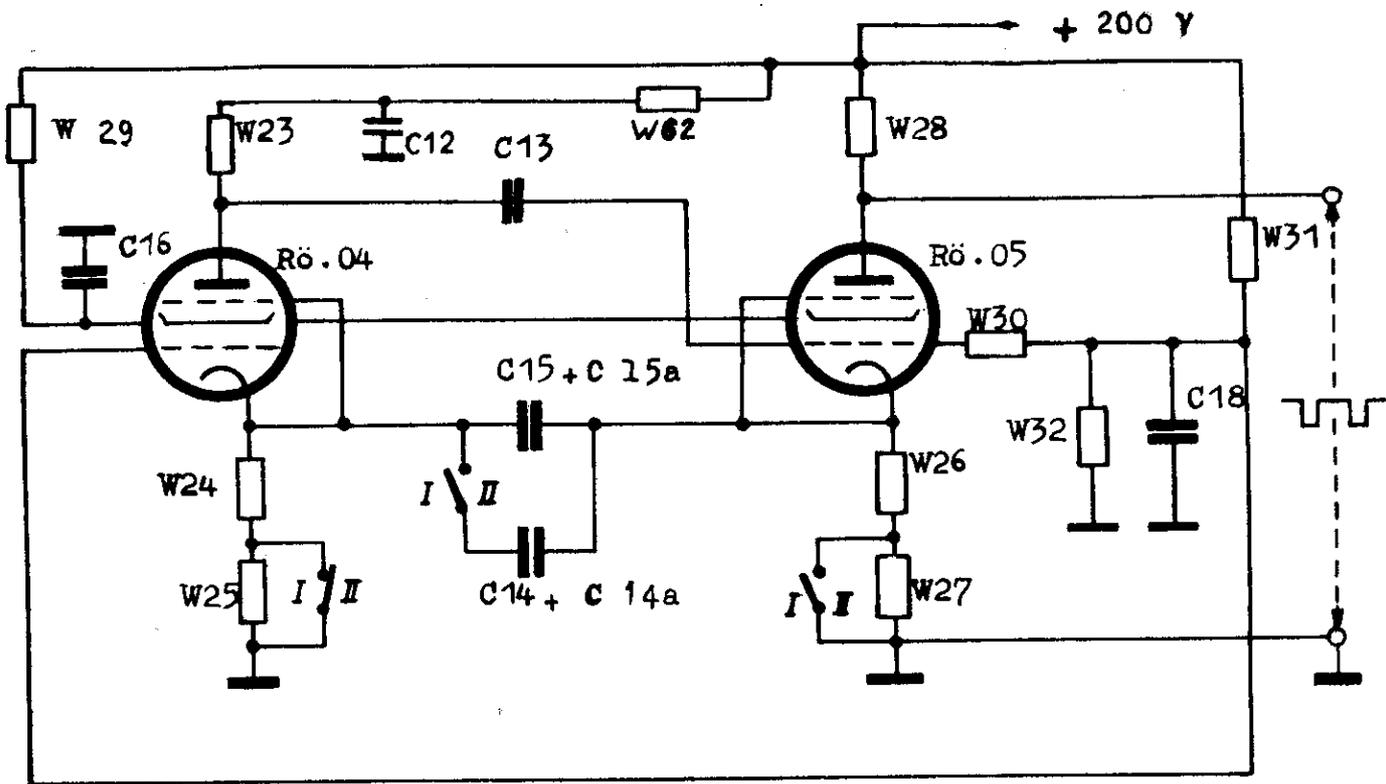


Abb. 7 Schaltung des Multivibrators

a) Arbeitsweise des Multivibrators (siehe Abb. 7)

Im Einschaltmoment liegt an den Röhren 4 und 5 die volle Anodenspannung von 200 Volt. Die Spannungen an den Röhren sinken infolge der Spannungsabfälle an den Anodenwiderständen. Parallel zum Rohr 4, also zwischen Anode und Kathode liegt die Reihenschaltung aus C 13 und der Kapazität zwischen Gitter und Kathode von Rohr 5. Erniedrigt sich die Spannung von Rohr 4, dann lädt sich das Gitter von Rohr 5 negativ auf, und das Rohr wird gesperrt.

Die am Rohr 5 abgegriffene Nutzspannung ist nun ein Maximum. Die Kathodenspannung von Rohr 5 geht auf Null und Kondensator C 15, der über die Widerstände W 26 und W 27 parallel zu dem Widerstand W 24 liegt (W 25 ist in Bereich I kurzgeschlossen), lädt sich über W 27, W 26, Röhre 4 und W 23 auf die am Widerstand W 24 liegende Spannung auf. Inzwischen hat sich das negative Gitter von Rohr 5 über die Widerstände W 30 und W 32 entladen, jedoch bleibt das Rohr noch solange gesperrt, als ein Aufladestrom für C 15 fließt und in den Widerständen W 26 und W 27 eine zur Sperrung ausreichende Kathodenspannung erzeugt wird.

Kathodenspannung erzeugt wird. Die Dauer der Sperrung von Rohr 5 (Maximum des Mäanders) hängt somit von der Zeitkonstante von W27, W26 und C15 ab.

Sobald die Aufladung von C15 beendet ist, wird die Kathodenspannung an Rohr 5 Null, und das Rohr wird plötzlich geöffnet.

Die an Rohr 5 abgegriffene Nutzspannung sinkt jetzt auf ein Minimum. Die an der Röhre 5 entstehende Kathodenspannung, beaufschlagt mit der Spannung an C15, kommt im Augenblick der Öffnung von Rohr 5 an den Widerstand W24 zu liegen. Die so erhöhte Kathodenspannung von Rohr 4 sperrt das Rohr plötzlich. Die an ihm liegende Anodenspannung springt auf 200 Volt, und das Gitter an Rohr 5 wird über C13 positiv, so daß der Anodenstrom in diesem Rohr noch verstärkt wird.

Während der Aufladung von C15 bei gleichzeitiger Sperrung von Rohr 5 wurde die linke Seite des Kondensators (siehe Abb.7) positiv und die rechte negativ. Während der jetzt vorhandenen Sperrung von Rohr 4 muß C15 die Summenspannung von W26 und W27 annehmen, sich also umgekehrt aufladen, und zwar über W24, Röhre 5 und W28. Während dieses Ladevorganges, und durch diesen hervorgerufen, liegt an dem Widerstand W24 eine Kathodenspannung an (Kathode positiv gegen Erde), so daß Rohr 4 solange gesperrt und Rohr 5 geöffnet bleiben, bis der Vorgang beendet ist.

Die Dauer der Öffnung von Rohr 5 (Minimum des Mäanders) hängt also von der Zeitkonstante von W24 und C15 ab.

Sobald sich C15 auf die Kathodenspannung von Rohr 5 aufgeladen hat, hört der Ladestrom im Widerstand W24 auf zu fließen, das Gitter des Rohres 4 nimmt Kathodenpotential an, und das Rohr wird plötzlich wieder geöffnet. Die an ihm liegende Spannung sinkt. Das Gitter von Rohr 5 wird negativ, und das Spiel beginnt von neuem.

Der zeitliche Ablauf der gewünschten Nutzspannung ist mäanderförmig, da die Röhren entweder gesperrt sind oder vollen Strom führen.

Zusammenfassend sei nochmals bemerkt, daß für die Zeitdauer des positiven Teiles des Mäanders im Bereich I im wesentlichen die Zeitkonstante der Glieder W27, W26, C15, für den negativen Teil die Zeitkonstante der Elemente W24 und C15 maßgebend sind. Die Mäanderfrequenz wird also durch die Zeitkonstante von W24 bis W27 und C15 bestimmt.

Man kann also durch Verändern beider Zeitkonstanten, durch wechselseitiges Umschalten bzw. Kurzschließen der gleichgroßen Widerstände W_{25} und W_{27} , also bei Einhaltung der Gesamt-Zeitkonstante, die Teilzeiten des Mäanders verändern und dabei die Frequenz beibehalten. Dies ist erforderlich, da aus dem Mäander die Ablenkspannung abgeleitet wird, und während einer Teilzeit der Vorlauf und während der anderen der Rücklauf des Kathodenstrahls erfolgt. C_{14} dient zur Korrektur der Frequenz beim Umschalten.

b) Die Erzeugung des Helltastimpulses.

Die Wehnelt-Zylinder der beiden Braunschen Rohre erhalten eine negative Sperrspannung. Sie ist so bemessen, daß ohne Helltastimpuls die Zeitlinie des Zackenschriftrohres unsichtbar ist, und beim Rundsichtrohr der zum Wehnelt geführte positive Bildinhalt allein noch keine Aufhellung erzeugt. Es ist deshalb eine rechteckförmige Impulsspannung notwendig, die zum Wehnelt bzw. zur Kathode der Braunschen Rohre gelangt, so daß eine Helltastung bzw. teilweise Aufhebung der Sperrspannung des Wehnelt erfolgt.

Der Helltastimpuls wird von der in der Impulszentrale vom Multivibrator erzeugten Mäanderspannung abgeleitet. Diese wird zum Gitter des Rohres 1 geführt. Die in Abb. 8 gezeichneten Impulse beziehen sich auf den Fernbereich. Die in Röhre 1 verstärkte Spannung wird sowohl an der Kathode als auch an der Anode der Röhre 1 abgegriffen. Beide Spannungen sind um 180° zueinander phasenverschoben. Die an der Kathode von Röhre 1 abgenommenen negativen Impulse werden zur Kathode des Zackenschriftrohres geleitet, wo sie das Rohr während der kurzen Teilzeiten des Mäanders (Fernbereich) helltasten. Während der gleichen Zeit wird die am Wehnelt des Rundsichtrohres liegende negative Sperrspannung durch die schmalen positiven Spannungen des an der Anode des Rohres 1 abgegriffenen Mäanders verringert.

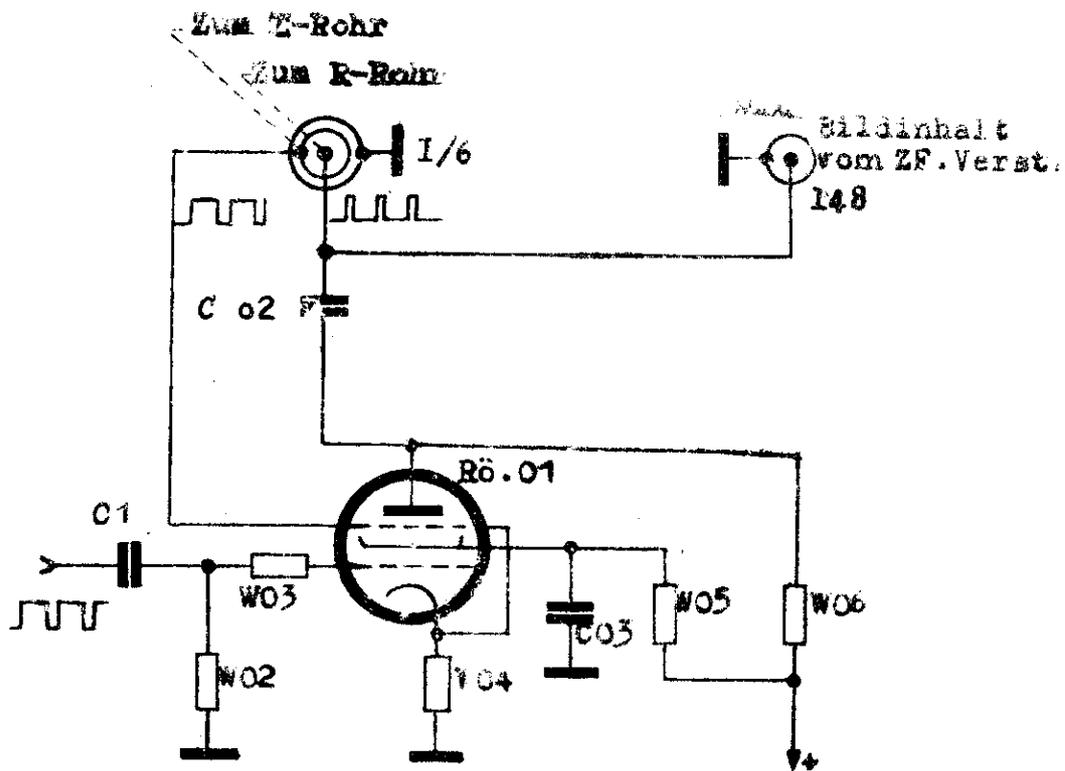


Abb. 8 Der Helltestimpuls.

c) Erzeugung der Sägezahnspannung.

In Rohr 6 und 7 (Abb. 9) wird die Mäanderspannung in eine Sägezahnspannung umgeformt. Rohr 6 stelle man sich als Schalter vor, der durch die Mäanderspannung geöffnet und geschlossen wird.

Die Röhre 7 wirkt durch die starke Gegenkopplung durch C20 als kapazitiver Blindwiderstand (Abb. 10). Diese Kapazität liegt parallel zu Röhre 6, wird also gezwungen, sich über R aufzuladen und sich über den Innenwiderstand der Röhre 6 zu entladen. Es entsteht somit die Ladekurve eines Kondensators. Sie wird dadurch linearisiert, daß die sehr große Kapazität C (7 uF) nicht reell vorhanden ist, sondern durch eine zweifach gegengekoppelte Röhre (Stromgegenkopplung) dargestellt wird.

Abb. 9 Die Sägezahnzeugung

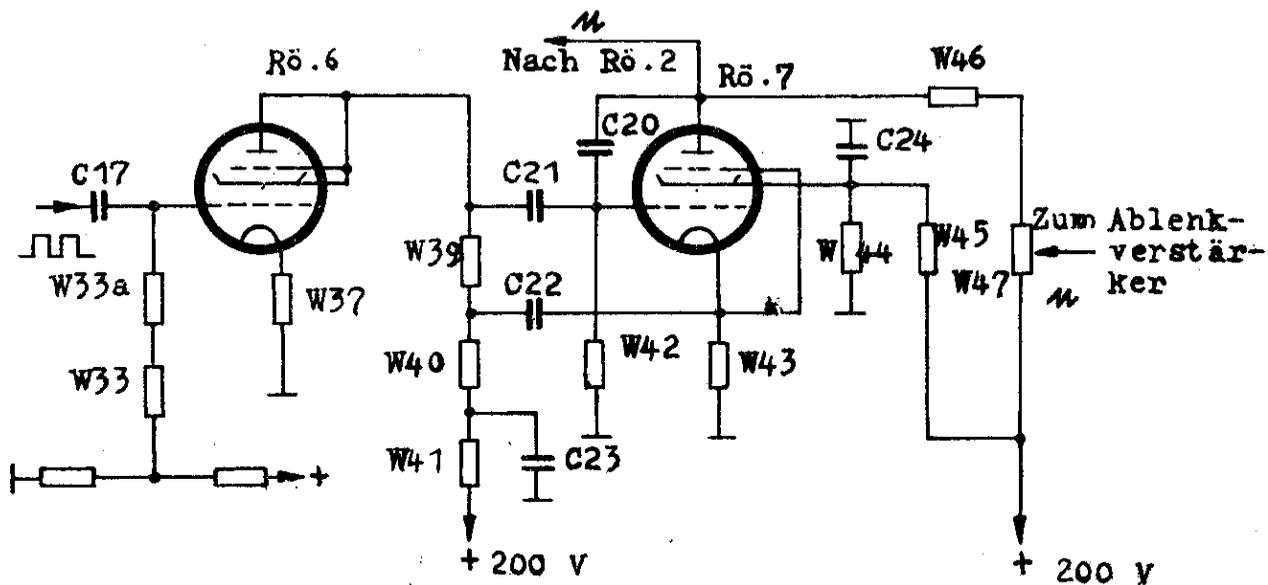


Abb. 10 Ersatzschaltbild der Sägezahnzeugung

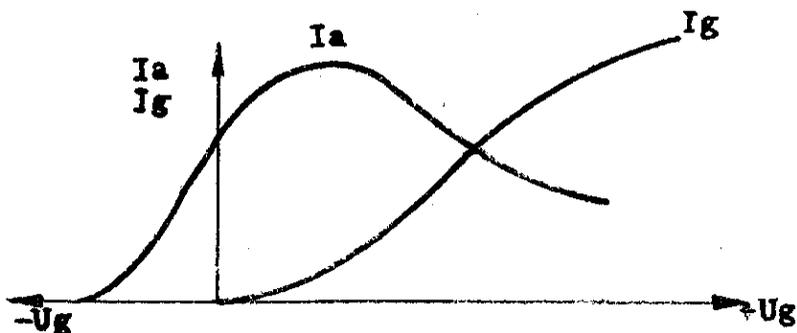
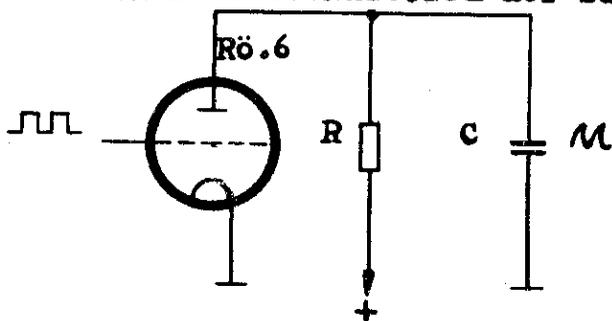


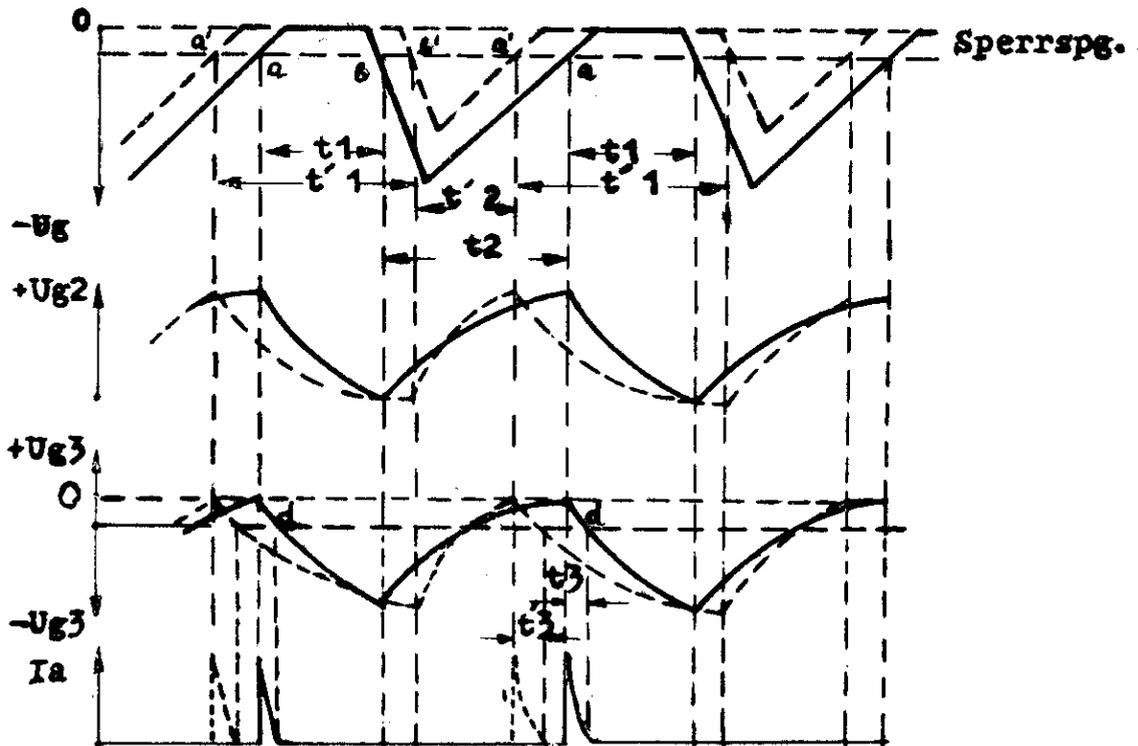
Abb. 11 I_a U_g Kennlinie einer Triode

Das Rohr 6 arbeitet mit einer verhältnismäßig hohen positiven Gittervorspannung. In diesen Gebieten fällt bei Trioden die Ia-Ug-Kennlinie infolge der Sekundärelektronenemission der Anode, d.h. bei steigender Gittervorspannung fällt der Anodenstrom und steigt somit die Anodenspannung (Abb.11).

Es wird hierdurch ein Phasensprung in der Röhre verhindert, und erreicht, daß die gegenseitige Phasenlage der an der Braunschen Röhre ankommenden Meß- bzw. Ablenkspannung richtig ist.

An der Anode von Rohr 7 wird der Sägezahn abgenommen und einmal dem Ablenkverstärker (Rö. 8 und Rö. 10, 11) zugeführt und zum andern zur Erzeugung des Synchronisierimpulses (Rö. 2 und Rö. 3) verwendet.

Abb.12 Arbeitsweise von Rohr 3 der I.Z.



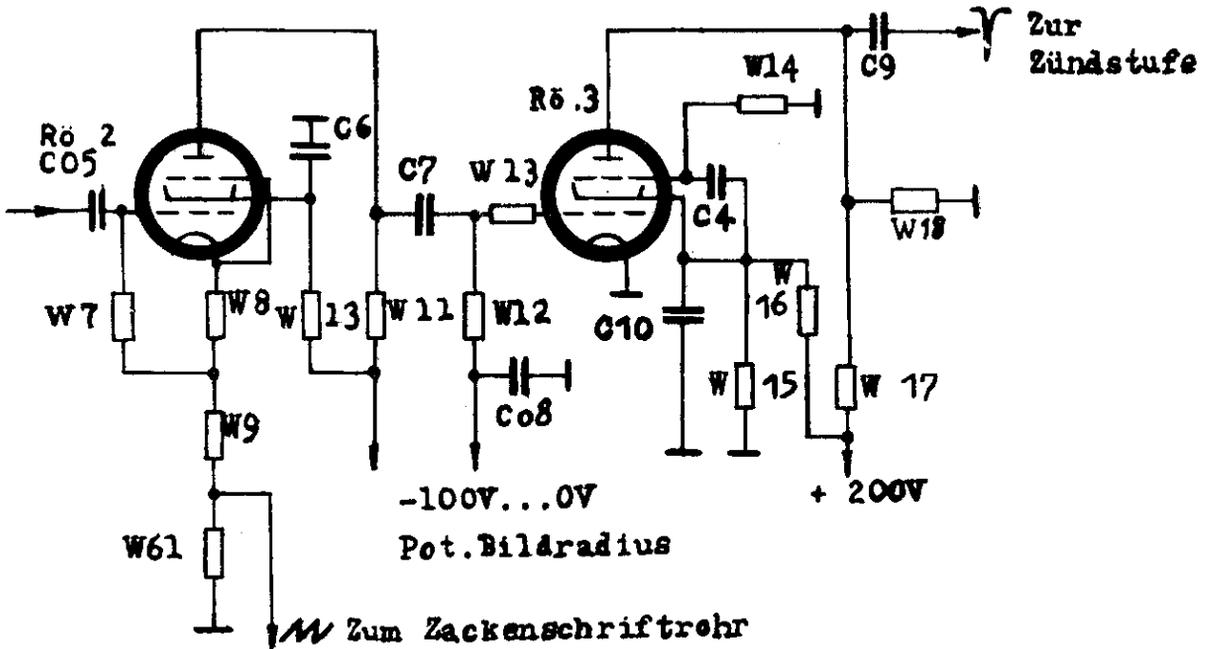


Abb.13 Schaltung der Synchronisierungsröhre.

d) Erzeugung des Synchronisierimpulses.

Der Sägezahn wird in Rohr 2 verstärkt (Fig.13). Eine Stromgegenkopplung linearisiert ihn. In der Kathode wird er für die Zeitablenkung des Zackenschriftrohrs ausgekoppelt. An der Anode von Rohr 2 tritt der phasengedrehte Sägezahn auf, der zur Ableitung des Synchronisierimpulses in Rö 3 dient.

Das Rohr 3 ist durch eine zwischen 0 und -100 Volt regelbare negative Gittervorspannung gesperrt. Durchstößt der Sägezahn die Gittersperrspannung (Abb.12), so beginnt ein Emissionsstrom zu fließen. Die Schirmgitterspannung sinkt für die Zeit t_1 infolge des Schirmgitterstroms und des damit verbundenen Spannungsabfalles an W16.

In Punkt b bzw. b' wird durch die abfallende Flanke des Sägezahns das Gitter wieder so negativ, daß der Emissionsstrom unterbrochen wird. Der Kondensator C10 hat sich nun während der Zeit t 1, das ist die Zeit in der in Rö 3 ein Strom fließt, um einen gewissen Wert entladen. In der Zeit t 2, in der Rö 3 gesperrt ist, lädt sich C10 wieder auf seinen normalen Wert auf. Diese somit an C10 und auch am Schirmgitter entstehende Sägezahnspannung wird auf das Bremsgitter über C4 übertragen.

In Punkt a beginnt in Rö 3 ein Strom zu fließen. In Punkt d ist die Bremsgitterspannung aber soweit abgesunken, daß keine Elektronen mehr durch das Bremsgitter hindurch treten können. Das Bremsgitter dient also gewissermaßen als Elektronenweiche. Es kann nur während der kurzen Zeit t 3 ein Strom zur Anode fließen. Dieser Stromimpuls wirkt sich an W17 als Spannungsimpuls (Synchronisierimpuls) aus. Die Zeit t 3 ist also die Impulsdauer. Der vor dem Gitter von Rohr 3 liegende Widerstand W13 bewirkt eine Amplitudenbesneidung der positiven Anteile der Gitterwechselspannung durch einsetzenden Gitterstrom, wodurch ein Durchstoßen in positive Gebiete vermieden wird.

Der so erzeugte negative Impuls (Abb.12) entsteht also im Zeitpunkt a; er ist wie dieser durch Verändern der regelbaren negativen Vorspannung zeitlich zu verschieben. Dadurch läßt sich erreichen, daß der Synchronisierimpuls, der zur Steuerung des Senders und der beiden Meßmarkenerzeuger dient, zu Beginn des Sägezahnanstieges oder auch wahlweise etwas früher beginnt. Der Synchronisierimpuls wird über C9 zur Zündstufe geleitet.

e) Der Ablenkverstärker (Abb.14).

Der an der Anode von Rohr 7 abgegriffene Sägezahn dient zur Erzeugung des Stromsägezahns für die Ablenkspulen des Rundlichtrohrs im Sichtgerät. Am Potentiometer W47 läßt sich die Verstärkung regeln. Die einander gegenphasigen Spannungen für die Gegentaktstufe (Rohr 10 und Rohr 11) werden am Rohr 8 einmal am Anodenwiderstand W52 und zum anderen an dem Kathodenwiderstand W50 abgenommen. Beide Widerstände zusammen ergeben den Arbeitswiderstand des Rohres. Da die Spannung an W50 und W52 aus

Abb.14 Der Ablenkverstärker

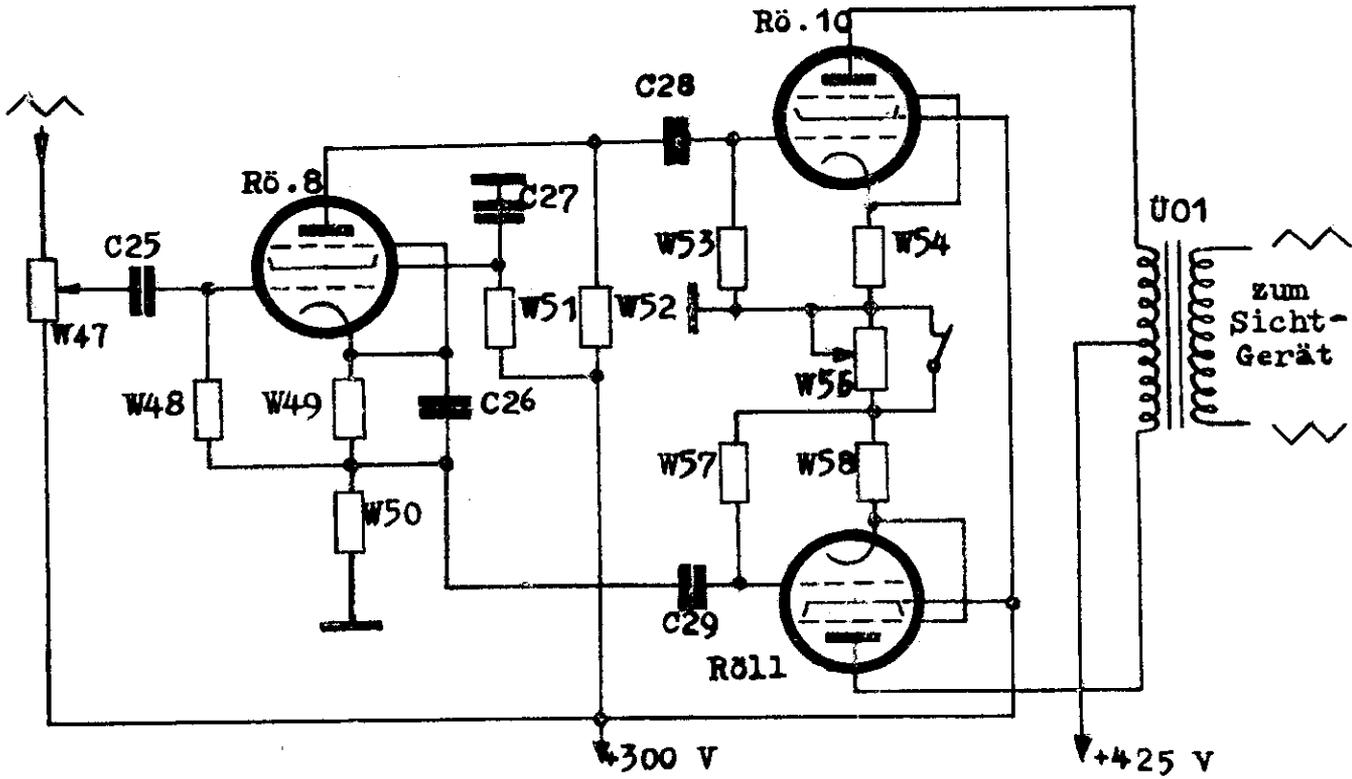
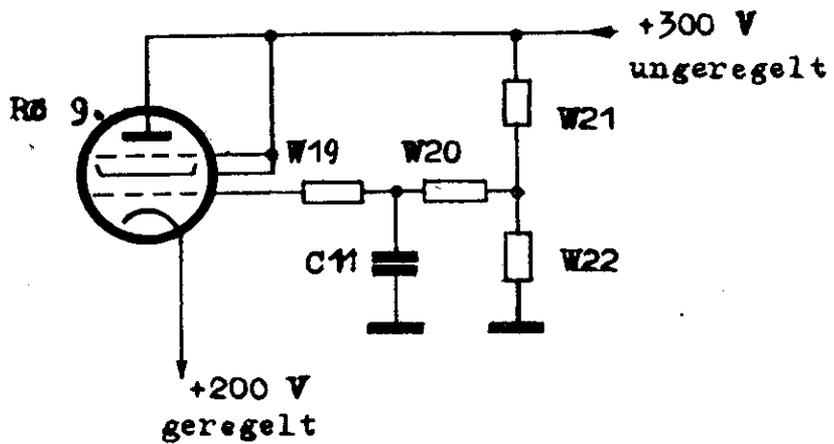


Abb.15 Regelstufe



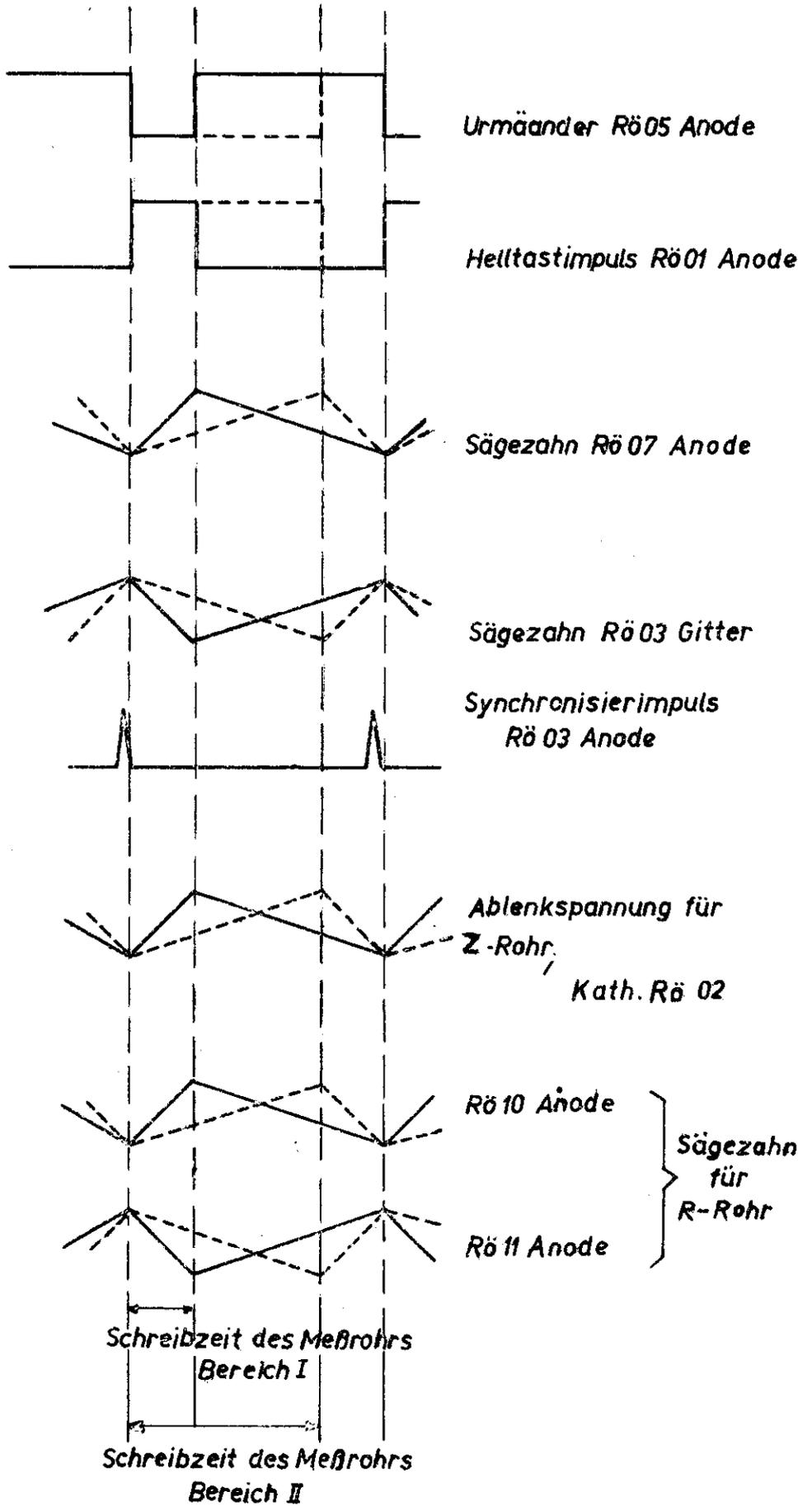


Abb. 16 Impulsplan der Impulszentrale

aus Symmetriegründen gleich groß sein müssen, sind auch die Widerstandswerte gleich. W49 erzeugt die automatische Gittervorspannung für Rohr 8 und ist mit C26 überbrückt. Das Rohr 8 ist also nicht gegengekoppelt. Die beiden Hochleistungs-Endpentoden, Rohr 10 und Rohr 11, sind als Gegenstakt-A⁺Verstärker geschaltet. Es wird also im gradlinigen Teil der Kennlinie gearbeitet. Das Potentiometer W56 in der Kathodenleitung von Rohr 11 dient zur Gleichhaltung der Sägezahnamplitude auf beiden Meßbereichen.

f) Die Regelstufe (Abb. 15).

Zur Pufferung schneller Schwankungen des Netzes oder Störungen, dient das Rohr 9. Zwischen W21 und W22 wird ein Teil der Anodenspannung über W20 auf das Gitter gegeben. Bei schnellen Spannungsschwankungen kommt die Spannung am Gitter nur sehr langsam nach, weil die Gitterspannung durch die große Zeitkonstante von W20 mit C11 (12 Sekunden) für kurze Zeit stabilisiert wird, so daß an der Kathode eine stabilisierte Gleichspannung von + 200 Volt abgenommen wird, die an die besonders empfindliche Röhren (Rö 3,4,5,6,7,8) geliefert wird.

2. Der Markenteil.

Im Markenteil werden im wesentlichen die beiden Meßmarken (Höhen- und Entfernungsmarke) und der ZF-Sperrimpuls von dem sogenannten Kathodenimpuls abgeleitet, der in der Zündstufe im Augenblick der Entstehung des Sendeimpulses erzeugt wird. (Einzelheiten siehe Beschreibung der Zündstufe) Eine Ausnahme macht die Entfernungsmarke, die nur im großen Meßbereich vom Kathodenimpuls, im kleinen Meßbereich, aber von der Höhenmarke abgeleitet wird.

a) Erzeugung der Entfernungsmarke.

Die Entfernungsmarke ist ein zeitlich verschiebbarer Impuls, der in den Röhren 2, 9 und 11 erzeugt wird. Am Steuergitter von Rohr 2 liegt eine feste Spannung von + 150 Volt. Infolge des entsprechend groß dimensionierten Widerstandes W6 erhält die Kathode eine Spannung von + 150 Volt gegen Masse. Übersteigt die Spannung an der Diode diesen Wert, so fließt ein Strom durch diese, welcher an den Arbeitswiderständen von Rohr 9, W36, W35 und W34 wiederum einen Spannungsabfall hervorruft, so daß die Spannung an der Anode von Rohr 9 praktisch auf + 150 Volt begrenzt ist.

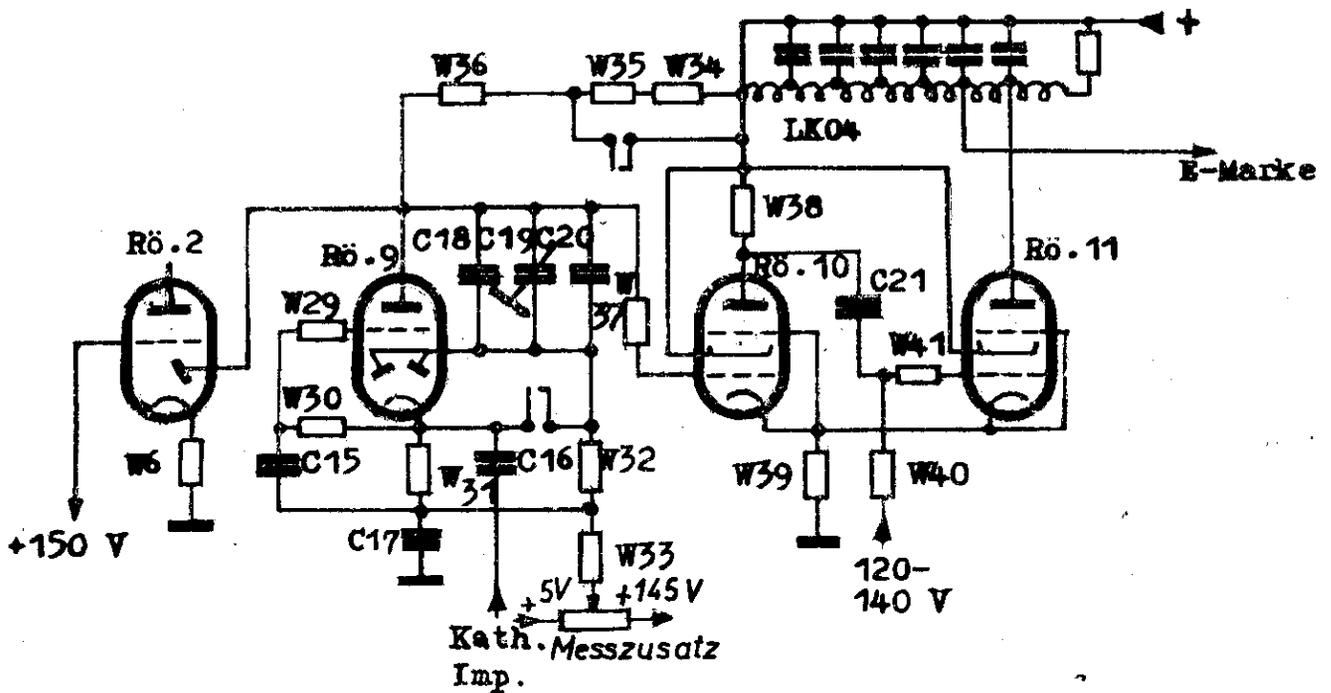


Abb.17 Die E-Markenerzeugung

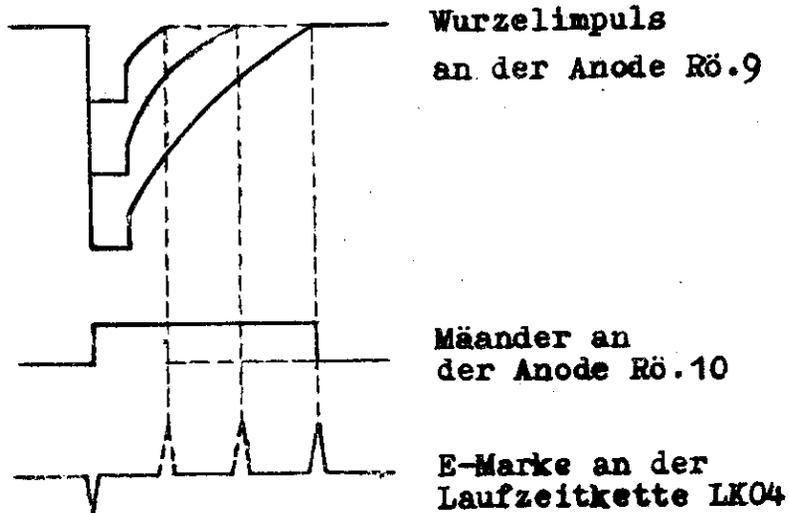


Abb.18 Die Ableitung der E-Marke

Der Kathodenimpuls gelangt über C16 an die Kathode von Rohr 9. Der hierdurch entstehende verstärkte Anodenstrom läßt infolge eines Spannungsabfalls an den Arbeitswiderständen die Anodenspannung absinken, und die Kondensatoren C18, C19 und C20 entladen sich schnell über den jetzt kleinen Innenwiderstand von Rohr 9, W31 und W32. Für die Dauer des rechteckförmigen Kathodenimpulses bleibt die Anodenspannung konstant. Nachdem der Kathodenimpuls verklungen ist, laden sich die Kondensatoren C18 bis C20 über die verhältnismäßig großen Arbeitswiderstände W34 bis W36 langsam wieder auf, und zwar bis

bis zu der durch die Diode von Rohr 2 begrenzten Spannung von + 150 V. Dies ist jedoch nicht ganz der Fall, da über W33 und W32 eine von + 5 bis + 145 Volt regelbare Spannung (vom Meßzusatz) zugeführt wird. An den Kondensatoren liegt aber die Differenz der Spannungen der Diodenstrecke von Rö 2 mit + 150 Volt und der zugeführten regelbaren Spannung von + 5 bis + 145 Volt, d.h. also die Spannung von + 145 bis + 5 Volt. Die Tiefe und somit auch die Breite der Auf- und Entladekurve der Kondensatoren C18 bis C20 (der sogenannte Wurzelimpuls) ist also von der zugeführten regelbaren Spannung abhängig. Je höher diese, desto flacher und kürzer wird jene. (Vergl. Abb.18) Da bei geringer Tiefe des Wurzelimpulses die Umschaltung des weiter unten erwähnten Multivibrators nicht mehr exakt erfolgt, wird dem Wurzelimpuls noch ein rechteckförmiger Ansatz angefügt. Der negative Kathodenimpuls verursacht einen Strom in der Diode von Rohr 9 der über W32 und W31 wieder zur Kathode zurückkehrt. Der hierdurch an W32 entstehende Spannungsabfall ist der rechteckförmige Ansatz des Wurzelimpulses, da er sich zu der Spannung der Kondensatoren (C18 bis C20) addiert.

Über W30 und W31 erhält das Steuergitter von Rohr 9 das gleiche Potential wie die Kathode, dadurch bleibt bei Veränderung der Regelspannung der Arbeitspunkt des Rohres erhalten.

Bei Bereichumschaltung wird die Steilheit des Wurzelimpulses durch Kurzschließen von W34 und W35 geändert. Ferner ist auf dem kleinen Meßbereich die Diode von Rohr 9 kurzgeschlossen, so daß die Größe des rechteckförmigen Ansatzes nur von der Parallelschaltung von W31 und W32 abhängig ist.

Dieser so erzeugte Wurzelimpuls wird auf das Gitter der Röhre 10 übertragen. Rö 10 und Rö 11 stellen einen kathodengekoppelten Multivibrator dar, dessen Arbeitsweise der des Multivibrators in der Impulszentrale gleicht. Durch das Fehlen des Zeitgliedes in der Kathode ist die eine Teilzeit des an der Anode von Rö 11 entstehenden Mäanders sehr kurz im Vergleich zu der anderen. Der Wurzelimpuls synchronisiert diese Multivibratorschaltung und gibt der sonst sehr kurzen Teilzeit des Mäanders seine eigene Länge, da der Wurzelimpuls das Rohr 10 sperrt und nach der seiner Breite entsprechenden Zeit dieses Rohr auch wieder öffnet. Die Länge der Teilzeiten des Mäanders ist also durch die Länge des Wurzelimpulses bedingt. Der mäanderförmige Anodenstrom von Rohr 11

durchfließt

durchfließt die Spulen der Laufzeitkette LK 04 und induziert mit seinen Schaltflanken 2 Spannungsimpulse. Die Fußbreite dieser beiden Spannungsimpulse ist gleich der doppelten Laufzeit der Kette. Diese künstliche Verbreiterung dient der besseren Sichtbarmachung der Marke auf den Meßröhren, da der Impuls ursprünglich sehr kurz ist und infolgedessen nur sehr dunkel auf den Meßröhren sichtbar würde. Beide Spannungsimpulse werden dem Gitter des Pufferrohrs 6 zugeführt.

Während der erste Impuls, der durch die negative Vorspannung von Rö 6 abgeschnitten wird, immer den gleichen zeitlichen Einsatzpunkt hat, ist der zweite entsprechend der zugeführten Regelspannung vom Meßzusatz verschiebbar (Vergl. Abb.18). Dieser Impuls ist die Entfernungsmarke. Das Potentiometer im Meßzusatz, das die Regelspannung einzustellen gestattet, ist direkt in Kilometern geeicht.

b) Die Höhenmeßmarke.

Die Höhenmeßmarke wird in einer in ihrer Arbeitsweise gleichen Anordnung wie die Entfernungsmarke erzeugt. Zur Begrenzung des Wurzelimpulses dient die 2. Diodenstrecke von Rohr 2. Die Höhenmeßmarke wird über den Trafo Ü 02 auf das Gitter von Rohr 5 gegeben und hier an der Kathode ausgekoppelt. In der Laufzeitkette LK 03 erfolgt zum Ausgleich der anderen Laufzeiten im Gerät eine zeitliche Verzögerung des Impulses.

Auf dem kleinen Meßbereich wird von der Anode Rö 4 ein Mäander abgenommen, der nun statt des Kathodenimpulses den Einsatzpunkt der Entfernungsmarke bestimmt. Die Höhenmarke stellt also den Nullpunkt für die Entfernungsmarke dar. Die Höhenmarke wird (nur in Flugzeugen) auf den Bodenimpuls, das ist das erste Zielzeichen, eingestellt, und dann mit der Entfernungsmarke die Kartenentfernung gemessen.

Bei den Marineanlagen ist die Höhenmarke zur Zeit noch nicht in Anwendung, sie wird deshalb bei allen Messungen auf Null eingestellt.

c) Die Kontraststufe.

Die Kontraststufe besteht aus dem einen Zweipolssystem der Doppelzweipolröhre 7 und dem Kathodenverstärker Röhre 8 nebst den verbindenden Schaltelementen (siehe Abb.19a).

Zweck der Kontraststufe ist, zu verhindern, daß die Grundhelligkeit im Funkmeßraum die Erkennbarkeit schwacher Ziele beeinträchtigt und

somit

somit die Reichweite des Gerätes beeinflußt. Während der Bildkontrast, d.h. der Helligkeitsunterschied zwischen "Ziel" und "kein Ziel", ungeändert bleibt, wird der Bildinhaltskontrast, d.h. der Helligkeitsunterschied zwischen kräftigem Ziel und schwachem Ziel weitgehend verkleinert. Die Ziele untereinander sollen sich also nur noch nach Lage, Form und Größe, aber nicht mehr in der Helligkeit unterscheiden.

Man erreicht dies, indem man die negative Gittervorspannung der Röhre 8 durch die Bildinhaltsimpulse selbst so steuert, daß sie umso negativer wird, je größer jeweils der hier positive Bildinhalts- bzw. Markenimpuls ist (siehe Abb.19c).

Die negative Vorspannung von Röhre 8 wird durch einen Spannungsteiler erzeugt, bestehend aus W23 und dem Widerstand der Zweipolstrecke, deren Anode durch einen weiteren Spannungsteiler W20 und W21 auf etwa + 4 V gelegt und durch C27 festgehalten wird. Da das untere Ende von W23 an einer festen Spannung von - 10 V liegt, werden also insgesamt 14 V geteilt. Über den UK-Schutzwiderstand W27 liegt demnach eine Spannung zwischen etwa -6 und -2 V am Gitter von Röhre 8. Von dieser Vorspannung subtrahieren sich die über das Zeitglied C10 - W22 - C11 zugeführten positiven Bildinhaltsimpulse und steuern normal den Emissionsstrom von Röhre 8. Der Bildinhalt subtrahiert sich aber ebenfalls von der an der Diode abfallenden bzw. an der Diode liegenden Spannung und ändert über die Kennlinie deren Widerstand (siehe Abb.19b). Wird z.B. das Gitterpotential von Röhre 8 durch starke positive Impulse auf + 4 V oder mehr angehoben, so wird der Widerstand der Diode unendlich. Damit sinkt aber sofort die Vorspannung von Röhre 8 auf - 10 V, denn über W23 fließt ja kein Strom mehr. Die Anhebung wird dadurch weniger stark, als oben angenommen.

Als Widerstand der Diode ist hierbei der Wert

$$R = U/J = \cotg \alpha_1 \text{ bzw. } \cotg \alpha_2 \text{ (Abb.19b)}$$

einzusetzen, nicht etwa der "innere Widerstand"

$$R_i = dU/dJ = \cotg \beta$$

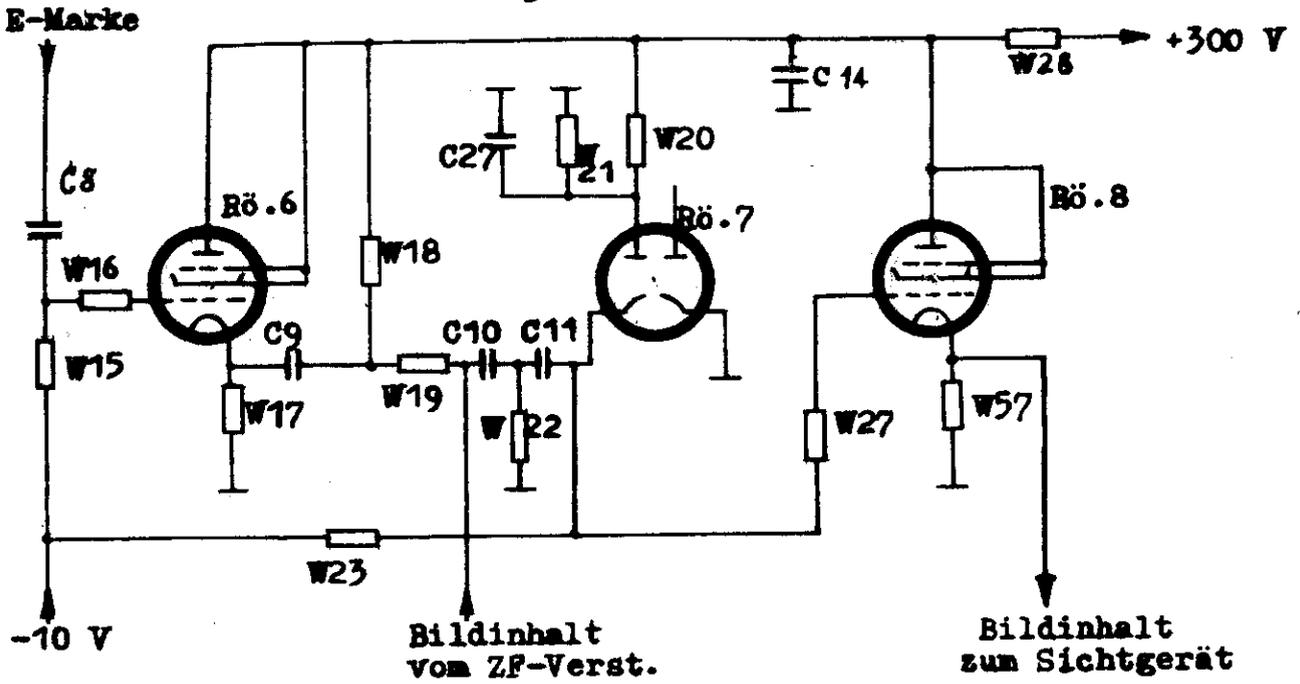


Abb. 19a Schaltung der Kontraststufe

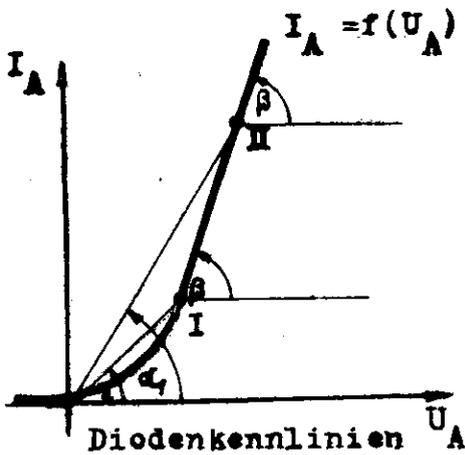


Abb. 19b

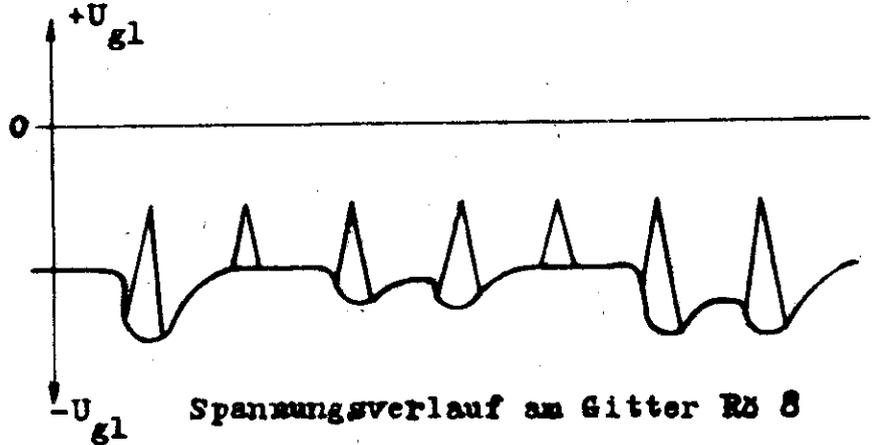
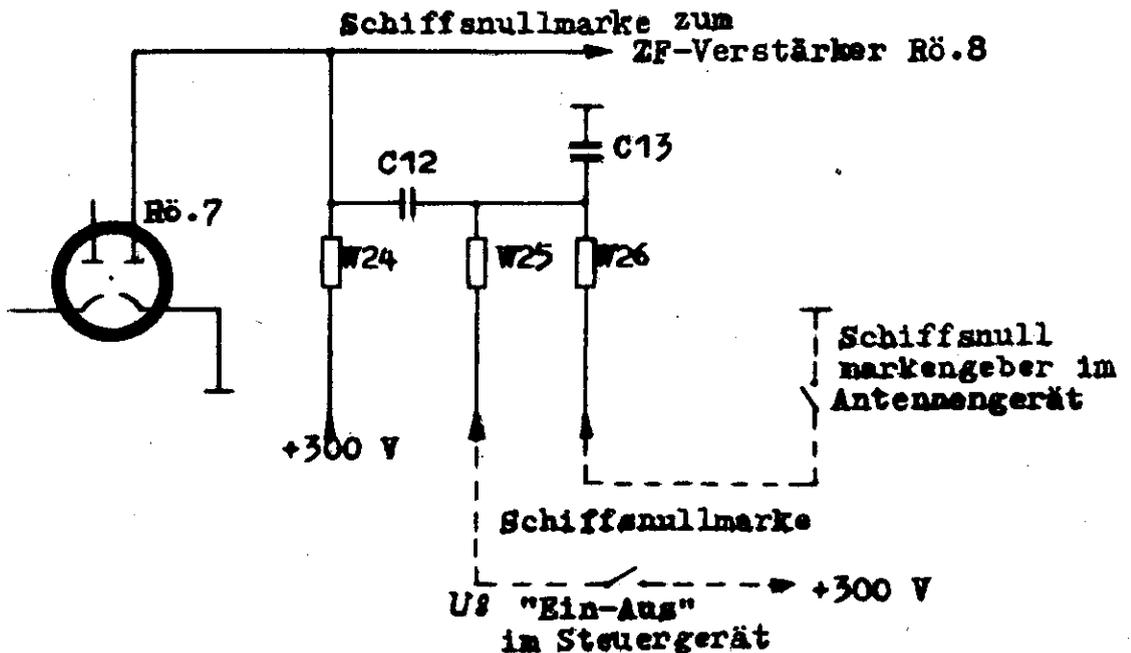


Abb. 19c

Abb. 20 Die Schiffsnullmarke



Die Bildinhaltsimpulse selbst finden natürlich in der leitenden Diode einen Nebenschluß, und zwar über die Serienschaltung in R_1 und C27 nach Masse. Diese Ableitung hat aber keine kontraständernden Eigenschaften, da sie nicht amplitudenabhängig ist. R_1 bleibt nämlich im Gegensatz zu R in weiten Grenzen konstant.

d) Die Schiffsnullmarke.

Bei den Marineanlagen wird das Bild auf dem Rundsichtrohr wegen der Navigation nach Schiffsnull ausgerichtet und durch eine Marke, die als aufgehellter Radius auf dem Rundsichtrohr erscheint und mit Schiffsnull übereinstimmen muß, sichtbar gemacht.

Über W24 liegt eine positive Spannung an der einen Anode der Duodiode Rö 7 (Abb.20). Durch den in Rohr 7 fließenden Anodenstrom wird an W24 ein Spannungsabfall hervorgerufen, der die Spannung an der Anode auf etwa 5 Volt einstellt. Über den Kursmarkenschalter im Steuergerät und den Widerstand W25 gelangt nun an den einen Belag von C12 eine Spannung von + 300 Volt. Der andere Belag von C12 liegt an der Anode von Rö 7 und führt eine Spannung von ca. 5 Volt. Über den kleinen Widerstand W26 wird in dem Augenblick, in dem die umlaufende Antenne in Längsrichtung des Fahrzeuges zeigt, der die + 300 Volt führende Belag von C12 durch einen Schleifkontakt im Antennengerät an Masse gelegt. Da der Kondensator C12 aber eine gewisse Zeit braucht um sich zu entladen, muß der Belag von C12, der mit der Anode von Rö 7 verbunden ist, im Augenblick der Kontaktgabe auf ca. - 290 Volt sinken (5 Volt - 295 Volt - - 290 Volt). Es entsteht von der Anode von Rö 7 und dem hiermit direkt verbundenen Bremsgitter des Endrohrs im ZF-Verstärker ein negativer Impuls. Seine Zeitdauer ist abhängig von der Entladezeit des Kondensators C12, also von dem Zeitglied W24, C12 und W25. C13 und W26 dienen zum Funkenschutz des Antennenkontaktes.

Der negative Impuls am Bremsgitter der Röhre im ZF-Verstärker bewirkt eine Sperrung der Röhre. Die Anodenspannung steigt dadurch an und damit die Spannung am Wehnelt des Rundsichtrohrs, das für die Zeitdauer der Marke aufgehellt wird. Diese Zeitdauer des Markenimpulses ist so groß, daß ein ganzer Radius als Leuchtstrich sichtbar wird, der nun auf dem Bild das Schiffsnull anzeigt. Die Marke wird deshalb mit "Schiffsnullmarke" bezeichnet.

e) Der ZF-Sperrimpuls.

Um die Sendeenergie während der Ausstrahlung des Sendeimpulses von den empfindlichen Empfangsteilen fern zu halten, befindet sich am Mischteil die Sperröhre oder Nullode. Da die darüberhinaus noch eindringenden HF-Spannungen trotzdem ausreichen würden, den Empfänger zu übersteuern und zu verstopfen, ist eine weitere Sperrung derart vorgesehen, daß Rohr 1 und 3 im ZF-Verstärker durch Tastung ihrer Schirmgitter von + 40 V auf - 10 V gesperrt werden. Als Steuerimpuls wird wiederum der Kathodenimpuls von der Zündstufe verwendet, der in einer stufenweise veränderbaren Laufzeitkette so lange verzögert wird, bis die Sperrzeit im richtigen Verhältnis zum Sendeimpuls liegt.

Der positive Kathodenimpuls ruft an W19 und W66 durch den Anodenstrom einen Spannungsabfall von ca. 50 V hervor. Die Spannung an der Anode von Rohr 13 sinkt also um ca. 50 V. Um diesen Betrag sinkt auch das Potential an den Schirmgittern der ZF-Verstärkerröhren, das im Ruhezustand etwa + 40 V beträgt. Die Zeitkonstante von W18 und C13 ist so groß gewählt, daß während der Impulsdauer die Anodenspannungs-Vermin- derung sich über das Zeitglied C13, W18 auf die Schirmgitter übertra- gen kann, und deren Spannung von + 40 V auf - 10 V, d.h. um 50 V sinkt. C13 ist ja auf die Spannung von W18, das ist der Spannungsab- fall an W18, aufgeladen. Sinkt nun die Spannung am Punkt a um 50 Volt (Vergl. Abb.21), so entfällt der Spannungsabfall an W18, hervorgerufen durch den Schirmgitterstrom der Röhren 1 und 3 im ZF-Verstärker. C13 wird sich nun langsam über W18 entsprechend der Zeitkonstante entla- den. In dem Augenblick, in dem diese Entladung einsetzt, führt C13 aber noch seine normale Spannung. Die Spannung an Punkt a ist aber bereits um 50 Volt gesunken. Damit sinkt zwangsläufig auch die Spannung an den Schirmgittern um 50 V. Wenn diese aber vorher nur + 40 V be- trug, muß sie auf - 10 V gehen, um dann exponentiell wieder anzusteigen. Die betreffenden Röhren sind somit gesperrt. Entsprechend dieser Zeitkonstante steigt die Verstärkung auch exponentiell wieder an. Hierdurch erscheinen die Nahziele etwas geringer verstärkt. Dies ist auch erwünscht, da ihre Energie wesentlich größer ist, als die der Fernziele, und eine gleichmäßige Helligkeit aller Zeichen erstrebens- wert ist.

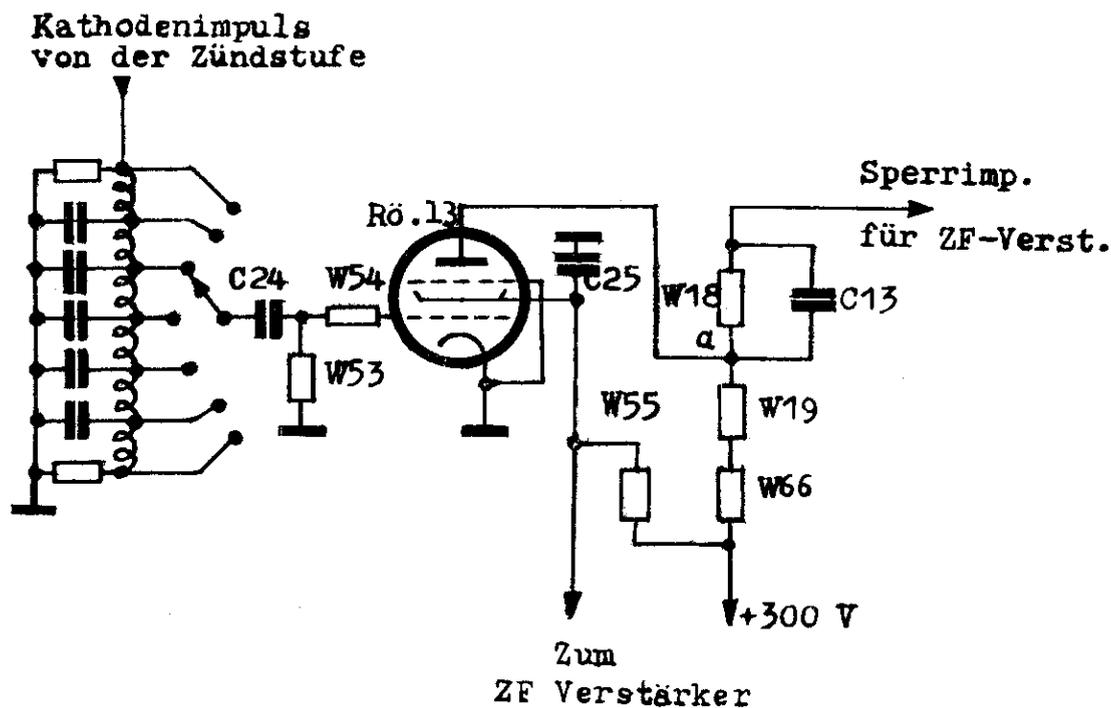


Abb.21 Der Sperrimpuls

f) Die Spannungsregelstufe des Markenteils.

Da sich mit Anoden-Spannungsänderungen die Marken verschieben, und somit die Eichung hinfällig werden würde, ist eine besondere Regelstufe vorgesehen (Abb.22). Ändert sich die ankommende Spannung impulsmäßig, so ändert sich auch über C23 die Spannung am Gitter von Rohr 12 und war derart, daß der Spannungsabfall an W49 durch den sich ändernden Emissionsstrom die Spannung hinter W49 konstant hält. Die Gegenkopplung über die Widerstände W42, W43 und W44 gestattet ebenfalls durch Gitterspannungsänderung den Ausgleich langdauernder Spannungsschwankungen, da sich in diesem Fall die Gitterspannung über die Widerstände W48, W47, W42, W44, W46 ebenfalls derart ändert, daß die Spannung hinter W49 durch den sich ändernden Emissionsstrom konstant bleibt. Über den Spannungsteiler W42 und W43 gelangt eine positive Spannung an das Gitter, die an sich das Rohr überlasten würde. Der Spannungsteiler W45 und W43 bringt nun aber eine negative Kompensationsspannung zusätzlich auf das Gitter, so daß es wieder Nullpotential führt. Nur die Spannungsänderungen können sich jetzt noch ungehindert am Gitter auswirken. Hinter dem Widerstand W49 wird außerdem noch die stabilisierte Spannung dem Meßzusatz im Steuergerät zugeführt.

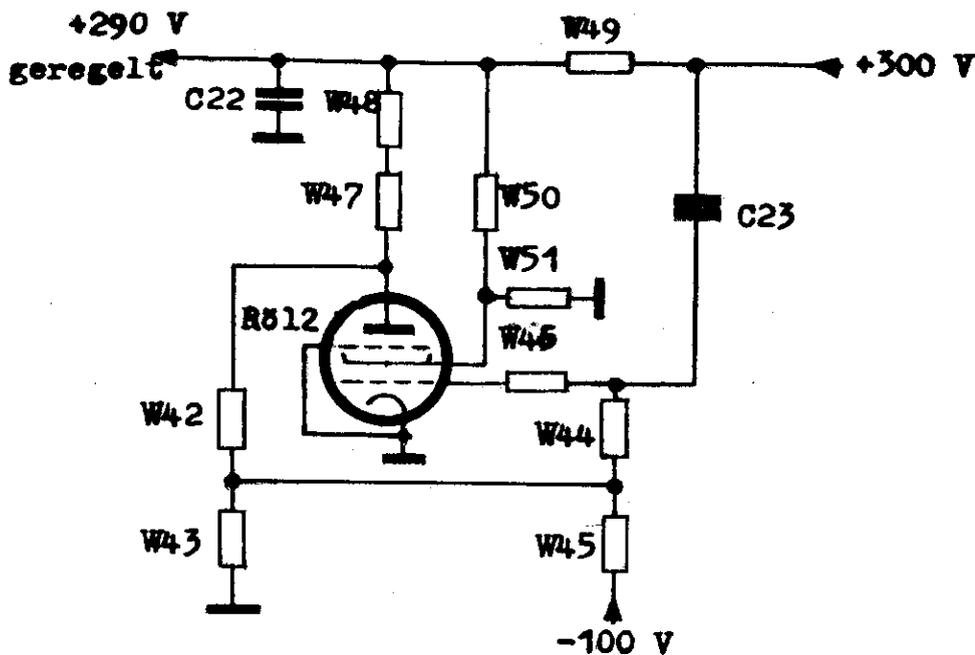


Abb.22 Regelstufe

3. Das Netzgerät von Feld I.

Das Netzgerät liefert sämtliche Heiz-, Anoden- und Gittervorspannungen für die im Feld I befindlichen Röhren. Der Trafo Ü 1 liefert 300 Volt Anodenspannung. Die Glättung und Siebung der gleichgerichteten Spannung ist infolge der hohen Frequenz des Wechselstroms (500 Hz) wesentlich leichter und besser. Somit ist der Aufwand an Siebmitteln gering. Der Anodenwicklung des Trafos Ü 1 werden zusätzlich noch 2 x 100 V symmetrisch zum Mittelpunkt entnommen, die in zwei Trockengleichrichtern G1 1 und G1 2 gleichgerichtet werden. Nach der Siebung durch D2 und C3 wird diese Spannung über einen Spannungsteiler W3 und W4 als negative Gittervorspannung dem Gerät zugeführt. Der Trafo Ü 2 liefert sämtliche Heizspannungen für die Röhren im Feld I.

4. Der Zwischenfrequenzverstärker.

Der gesamte ZF-Verstärker setzt sich aus 7 ZF-Verstärkerstufen zusammen, einer ZF-Gleichrichterstufe und einer Bildverstärker-Vorstufe. Dabei ist die erste ZF-Verstärkerstufe im Feld 2 räumlich eng an den Mischdetektor herangebaut, die übrigen 8 Stufen sind im Feld 1 im ZF-Hauptverstärker vereinigt. Die Verstärkerstufen sind mit der EF 14, die Gleichrichterstufe mit der EB 11 bestückt.

Die Übertragung der nur 0,8 μ sec. andauernden Impulse verlangt eine große Bandbreite des Verstärkers, will man nicht durch Unterdrückung eines großen Teiles des Spektrums an Bildhelligkeit verlieren. Die Bandbreite beträgt $\Delta f = 5$ MHz.

Eine so große Bandbreite läßt sich durch Verwendung von Bandfiltern wegen der starken Einsattelung kaum erreichen. Extrem starke Bedämpfung von Einzelkreisen führt auch nicht zum Erfolg, da neben großem Verstärkungsverlust die Flankensteilheit des Durchlassbereiches zu gering wird. Beim ZF-Verstärker des Berlingerätes wurde die "Methode der verstimten Einzelkreise" angewendet.

Wegen der gegenseitigen Verstimmung der Einzelkreise ist die Gesamtverstärkung kleiner, als sie einem 7-stufigen Verstärker normalerweise entspricht; allerdings sinkt mit der gegenseitigen Verstimung insbesondere der direkt auf einander folgenden Kreise auch die Schwingneigung, was die Verstärkung pro Stufe heraufzusetzen und so den obengenannten Verlust teilweise wieder auszugleichen gestattet.

Die Regelung der Verstärkung erfolgt durch Änderung des aus Bedienungsgründen im Steuergerät befindlichen für RÖ 2 und RÖ 4 gemeinsamen Kathodenwiderstandes W 22.

Der Sperrvorgang des ZF-Verstärkers während des Sendeimpulses wurde auf Seite 34 eingehend beschrieben.

Die ZF-Vorstufe ist gitter- und anodenseitig auf die Mitte des zu übertragenden Frequenzbandes abgestimmt. Ein- und Ausgang sind niederohmig induktiv. Die Kopplung zwischen ZF-Vorstufe und ZF-Hauptverstärker erfolgt über ein beiderseitig induktiv angekoppeltes Kabel.

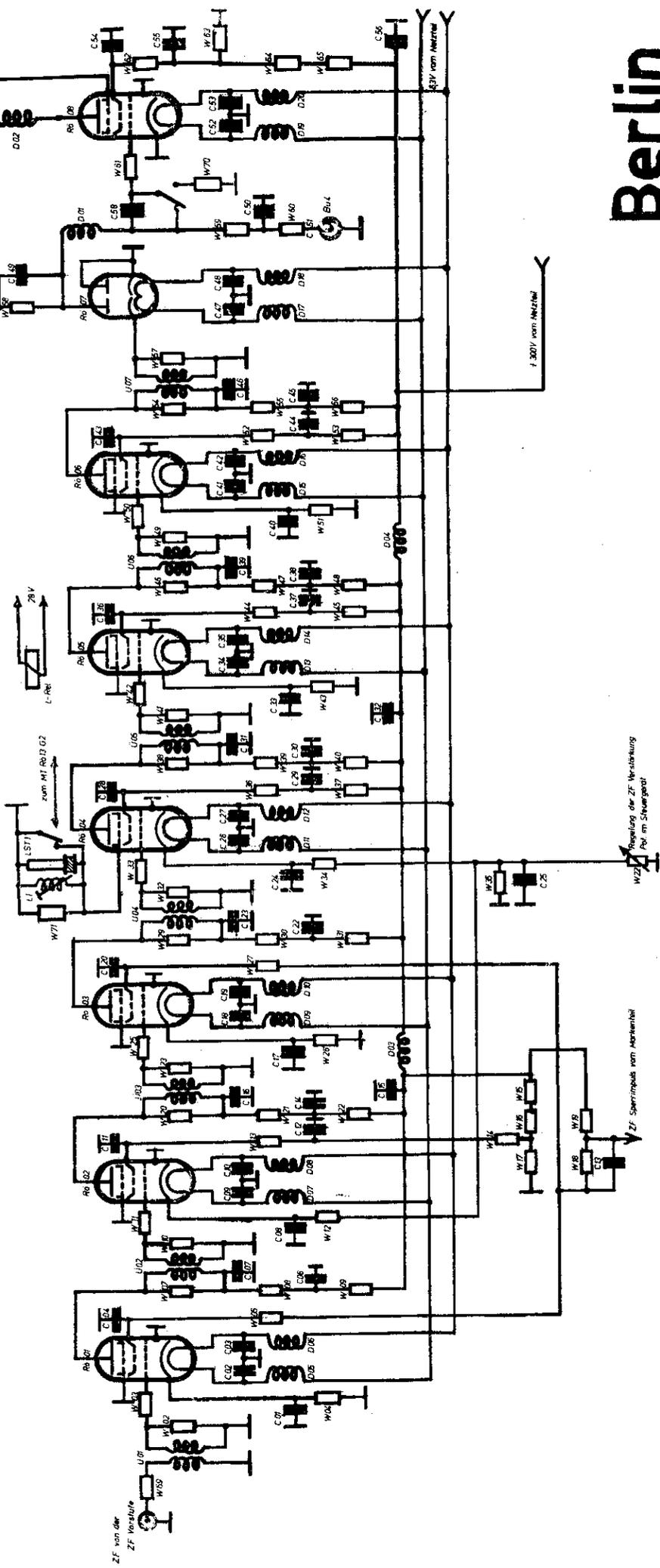
Die Flankensteilheit der Grenzen des Durchlassbereiches bestimmen folgende Kreise:

Untere Grenze um 11 MHz	Ü3 und Ü5
Obere Grenze um 16 MHz	Ü4 und Ü6.

Für den dazwischenliegenden Frequenzbereich dienen die ZF-Vorstufe sowie Ü1, Ü2 und Ü7.

Geheim!
Bridtheit
zum: Mittelteil
Kurskarte
vom: Nachteil

Z.F. Verstärker



Berlin

Die Resonanzfrequenzen sowie Parallelbedämpfungen der einzelnen Übertrager ergibt sich aus folgender Zusammenstellung.

Übertrager	1	2	3	4	5	6	7	
Resonanzfrequenz	14	12	10,8	16,5	11	16	12,5	MHz
W-Anode	-	8	5	8	20	10	2,5	KOhm
W-Gitter	2,5	10	3	6	15	16	5	KOhm

Die Vorstufe besitzt eine Verstärkung von 1 : 3; der Verstärker mit Vorstufe eine Verstärkung von 1 : 100 000 $_{+30}^{-20}$ % bei einer ZF von 13,5 MHz.

Die Bandbreite des Verstärkers mit Vorstufe beträgt 5 MHz bei einer Eingangsspannung $U_e = 50 \mu V$ und maximaler Verstärkung.

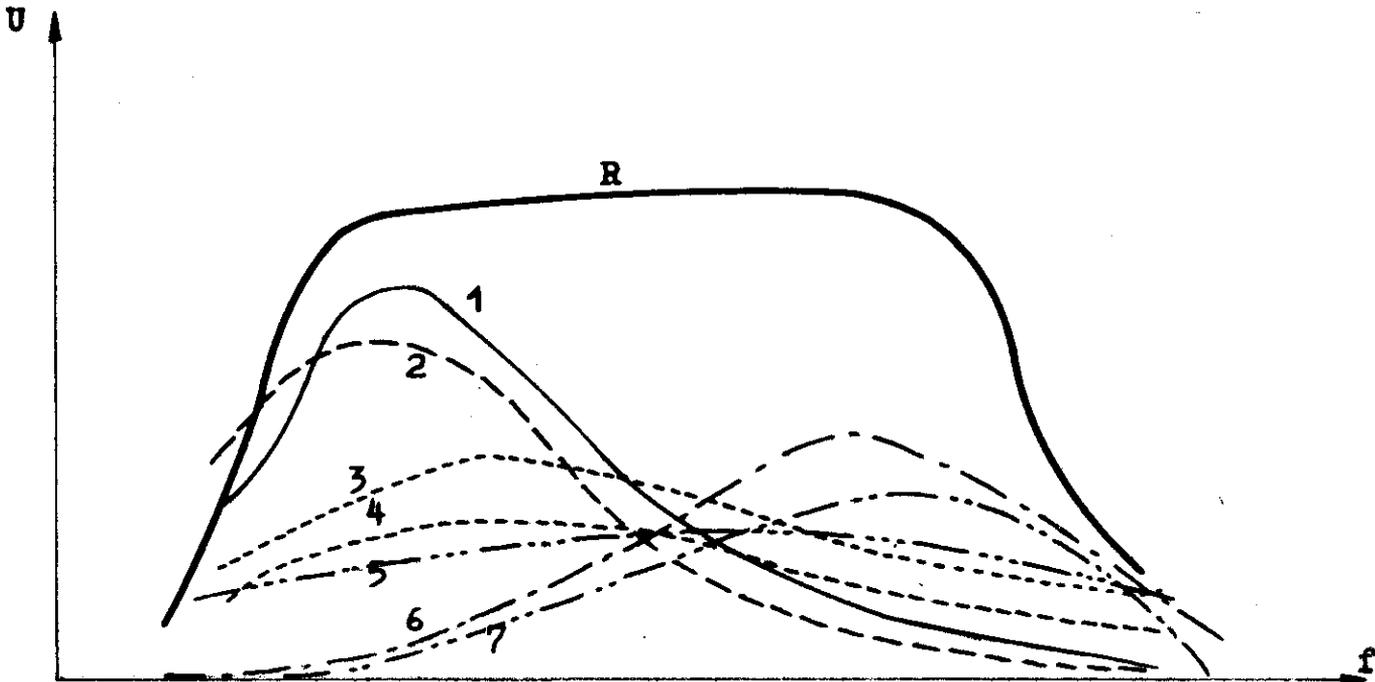


Abb.23 Resonanzlage des ZF-Verstärkers

Bezüglich der Anodenstromversorgung ist der ZF-Verstärker in 4 Gruppen unterteilt, um Rückwirkungen über die Anodenspeiseleitung zu vermeiden.

Die erste Gruppe umfaßt die ZF-Vorstufe, die mit sämtlichen Betriebsspannungen vom Netzgerät im Feld 2 versorgt wird.

Die zweite Gruppe und alle weiteren werden aus dem Netzgerät im Feld 1 versorgt. Die zweite Gruppe umfaßt die Röhren 1 und 2 anoden- und schirmgitterseitig, die Röhre 3 schirmgitterseitig und die Röhre 13 im Markenteil anodenseitig. Der Anodenstrom dieser Gruppe ist zusätzlich durch D 03 und C 15 gesiebt.

Die dritte Gruppe umfaßt die Röhre 3 anodenseitig, sowie die Röhren 4 und 5 anoden- und schirmgitterseitig. Sie ist zusätzlich durch D 04 und C 32 gesiebt.

Die vierte Gruppe umfaßt Röhre 6 anoden- und schirmgitterseitig und Röhre 8 schirmgitterseitig. Zusätzliche Siebung erfolgt ohne Drossel durch C 56, Röhre 8 erhält ihre Anodenspannung über ihren Außenwiderstand W 19 und W 18 aus dem Markenteil.

Der Heizkreis ist bei der ZF-Vorstufe einpolig gegen Masse verlegt, was nach Angabe des Herstellers bei Röhren der E-Serie bessere Brummfreiheit ergibt. Im ZF-Hauptverstärker ist die Heizung zweidrätig verlegt, an jeder Röhre doppelt verdrosselt und an der Röhrenseite der Drossel mit zweimal 2500 pF gegen Masse symmetriert.

Blindabstimmung (Nymphen-Betrieb)

Die Umschaltung von normalem Ortungsbetrieb auf Blindabstimmung wird vom Steuergerät aus über das Relais L im ZF-Verstärker vorgenommen. Sofern Relais L auf Nymphen-Betrieb umlegt, wird:

- 1) Der ZF-Sperrimpuls durch Erden von Gitter 2 der Rö 13 im Markenteil abgeschaltet und
- 2) das Bremsgitter von Rö 4 des ZF-Verstärkers nicht mehr direkt, sondern über einen zusätzlichen ZF-Schwingkreis an Masse gelegt.

Der Kreis besteht aus der Induktivität L 1, der Parallelbedämpfung durch W 71 und dem Kondensator mit Quarzdielektrikum LST 1.

Durch das Abschalten des ZF-Sperrimpulses kann der Empfangsteil den eigenen Sender empfangen, wenn der Überlagerer richtig abgestimmt, also um den Betrag der ZF nach oben oder unten gegen den Sender verstimmmt ist. Zu beachten ist dabei, daß eine Fourier-Analyse der im 1500 Hz-Rhythmus folgenden 0,8 μ sec. andauernden Impulse ebenfalls Frequenzen ergibt, die in den Durchlaßbereich des ZF-Verstärkers fallen.

Man

Man muß also zwischen Oszillator mittels abstimmbaren und nichtabstimmbaren Nymphezacken unterscheiden. Sofern G 3 von Rö 4 über den Anodenstrom von Rö 4 durch ZF beaufschlagt wird (wobei belanglos ist, ob es sich hierbei um echte ZF oder um Anteile des Sendeimpulsspektrums handelt), führt der Nymphekreis eine abklingende ZF-Schwingung aus. Durch den reziproken Piezoelektrischen Effekt wandelt der Quarzkondensator die anliegenden Spannungen in mechanische Schwingungen um, die, da sie die gleiche Frequenz wie die anregende ZF besitzen, im Ultraschallgebiet liegen.

Der eine Belag des Quarzkondensators besitzt innigen mechanischen Kontakt mit einem Glasstab, durch den der Ultraschallimpuls läuft. Am anderen Ende des Glasstabes wird der Impuls reflektiert, läuft zurück und stößt, um die Laufzeit verzögert, wiederum den Quarz zu mechanischen Schwingungen an.

Die am Quarz entstehende piezoelektrische ZF-Spannung steuert nunmehr am G 3 den Anodenstrom von Rö 4 durch Stromverteilung und schließt so den um die doppelte Laufzeit im Glasstab verzögerten Impuls wieder in den Verstärkungsweg ein. In dieser Form wiederholt sich das Hin- und Herlaufen noch einige Male, wobei die Amplitude nach jeder Reflektion stark abnimmt.

Entsprechend der Länge des Laufzeitstabes braucht jeder Impuls etwa 33/usec., nur der erste Nymphezacken hat einen etwas größeren Abstand, weil bei ihm noch die elektrische Laufzeit vom Sender bis zum Quarz hinzukommt.

Die Blindabstimmung nach dem Nympheverfahren stellt keine Stummabstimmung dar, denn es erfolgt eine Abstrahlung sowohl der Sende- als auch der Oszillator-HF!

Die Bildverstärker-Vorstufe.

In Rö 7 erfolgt die Demodulation der ZF. Verwendet wird eine Duodiode EB 11, deren eines System kurzgeschlossen und an Masse gelegt wurde. Eine Parallelschaltung zum anderen Zweipolteil hätte nur die schädliche Kapazität auf mehr als das doppelte erhöht. Die Diode arbeitet auf die Parallelschaltung von W 58 und C 49. Die Zeitkonstante beträgt:

$$\tau = 6 \text{ KOhm} \cdot 5 \text{ pF} = 6 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-12} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ /usec.}$$

Tatsächlich wird die Zeitkonstante wegen der parallelliegenden Schalt- und Röhrenkapazität etwa doppelt bis dreimal so groß sein. Sie ist jedenfalls größer als die Schwingungsdauer $T = \frac{1}{f}$ der ZF und kleiner als

als die Sende- bzw. Empfangsimpulsdauer. Es werden dadurch die einzelnen Halbwellen der gleichgerichteten ZF integriert, zu einem Mittelwert eingeebnet, ohne daß auch die Einzelimpulse dieser Verflachung unterliegen.

Die kleine HF-Drossel D 1 dient zur Fernhaltung der Rest-ZF vom Bildverstärkerteil. Unterhalb D 1 teilt sich der Weg; der Gleichstromanteil (Richtstrom) kann nach entsprechender Siebung durch W 59 - C 50 - W 60 an Bu 4 gegen Masse zu Meß- und Prüfzwecken abgenommen werden. Der Bildinhalt gelangt entweder über den UK-Schutzwiderstand W 61 unmittelbar auf G 1 von Rö 8 oder er wird bei eingeschaltetem "Taunusverfahren" über C 58 und W 70 differenziert, da die Zeitkonstante

$$\tau = 10^4 \cdot 50 \cdot 10^{-12} = 0,5 \mu\text{sec.}$$

kleiner als die Sendeimpulsdauer ist. Die Zielzeichen sind, was ihre Zeitdauer anbetrifft, dem Sendeimpuls ähnlich, solange das betreffende Ziel keine erhebliche Ausdehnung in Richtung des Meßstrahles hat. Große, wegen der Amplitudenbegrenzung ineinanderfließend erscheinende Zielkomplexe können mittels des Taunusverfahrens daraufhin untersucht werden, ob sie tatsächlich über die ganze Fläche konstante Rückstrahleigenschaften aufweisen. Beim Taunusbetrieb erscheinen nämlich nur dort Zielzeichen, wo sich die Rückstrahleigenschaften des Geländes ändern, also an den Rändern von Zielen **bzw.** in solchen bei Übergangsstellen. Am Bremsgitter der Rö 8 erfolgt die Einblendung der Schiffsnulmarke. Der negative Impuls sperrt den Elektronenweg zur Anode (Stromverteilungssteuerung); durch Nullwerden des Spannungsabfalles im Außenwiderstand tritt die Schiffsnulmarke an der Anode als positiver Impuls auf.

B) Feld II.

Das Feld II enthält die Zündstufe, den Modulator, den Sender und den Relais- und Netzteil. Die Zündstufe in Verbindung mit dem Modulator hat die Aufgabe, rechteckige Tastimpulse in einer bestimmten Impulsfrequenz zu erzeugen. Diese Impulse werden auf das Sendemagnetron gegeben, und von der Antenne als hochfrequente Wellenzüge ausgestrahlt.

ausgestrahlt. Die empfangenen Rückstrahlimpulse werden mit der Oszillatorfrequenz im Mischteil gemischt und in die Zwischenfrequenz umgewandelt. Für die Dauer des Sendeimpulses wird der Empfangsteil durch die Sperröhre oder Nullode gesperrt.

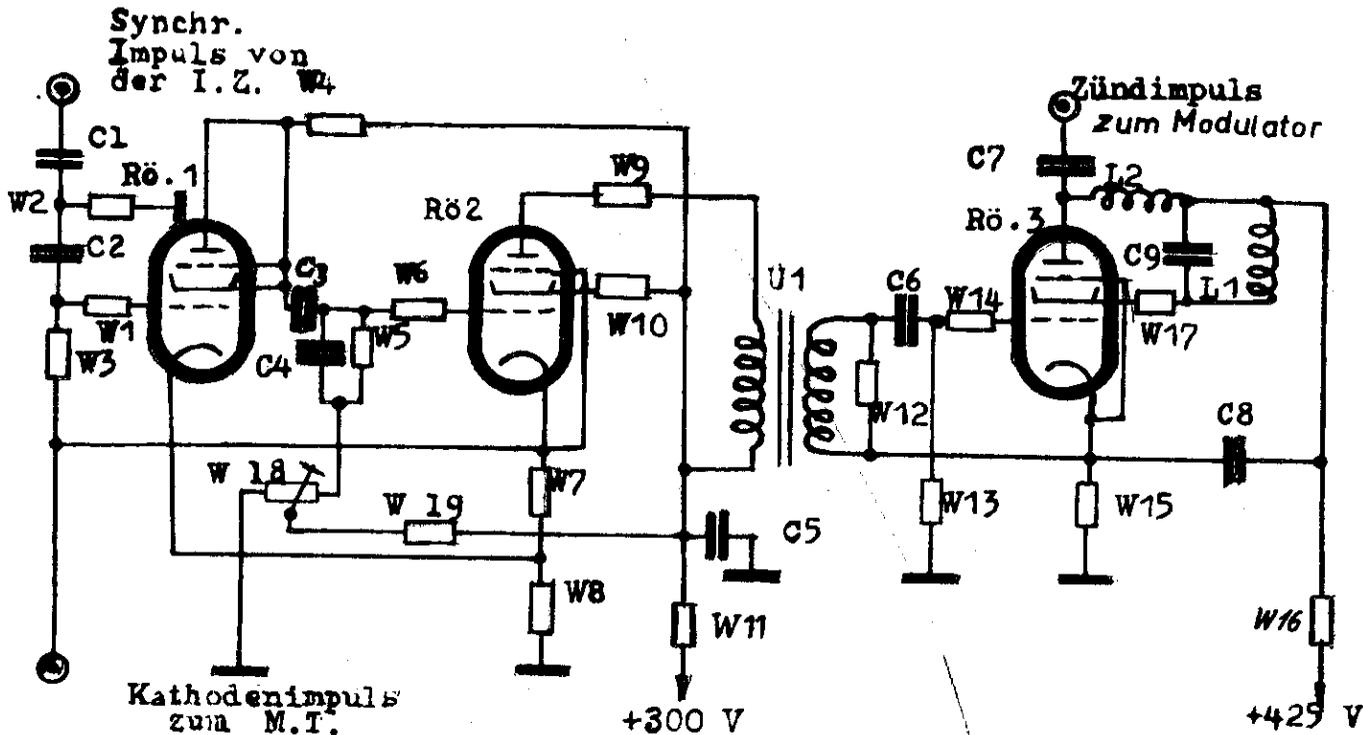


Abb.24 Die Zündstufe

a) Die Zündstufe.

Die Zündstufe (Abb.24) hat die Aufgabe, den für die Steuerung der Taströhre im Modulator notwendigen hochgespannten Zündimpuls zu erzeugen. Sie besteht aus einer Multivibratorschaltung (Röhre 1 und Röhre 2) und der Schaltrohre R6.3. Die Multivibratorschaltung wurde deshalb gewählt, weil sie in einfacher Weise steile kurze Impulse erzeugt und sich leicht synchronisieren läßt. Zur Synchronisation wird der Synchronisierimpuls von der Impulszentrale verwendet. Die Eigenfrequenz des Multivibrators, die unter der Synchronisierfrequenz liegen muß, wird in der Hauptsache durch C3, C4 und W5 bestimmt, während die Dauer des Impulses hauptsächlich von W3 und C2 abhängt.

Der Synchronisierimpuls ist negativ und sperrt Röhre 1. Die Anodenspannung an Röhre 1 steigt und damit über C3 auch die Gittervorspannung an R6.2. Während R6.1 nun gesperrt ist, fließt in R6.2 ein Strom. Dieser ruft an den Widerständen W7 und W8 einen Spannungsabfall

Spannungsabfall hervor, der an die Kathode von Rö 1 gelangt und dieses Rohr zusätzlich sperrt. Hat sich C2, der auf die Spannung des Synchronisierimpulses aufgeladen war, über W3 entladen, beginnt in Rö 1 wieder ein Strom zu fließen. Die Anodenspannung dieses Rohrs sinkt, und über C3 wird Rö 2 auf die bekannte Weise gesperrt. Der jetzt an W7 und W8 zusätzlich entstehende Spannungsabfall, hervorgerufen durch den Strom von Rö 1, unterstützt die Sperrung von Rö 2, weil ihre Kathode um diesen Betrag positiver wird.

Bevor sich das Potential von C3 über W5 ausgeglichen hat, sperrt der nächste Synchronisierimpuls Rö 1 wieder und das Spiel beginnt von neuem.

Fehlt aus irgendeinem Grunde der Synchronisierimpuls, dann entfällt mit der Entladung von C3 die Sperrbedingung von Rö 2 und in diesem Rohr beginnt wieder ein Strom zu fließen. Durch den Spannungsabfall an W7 und W8 wird Rö 1 wieder gesperrt. Die Eigenfrequenz des Multivibrators hängt also ab von der Zeit, die C3 braucht, um sich zu entladen. Durch das Potentiometer W18 wird dem Gitter von Rö 2 eine veränderbare positive Spannung zugeführt, die die Entladetiefe von C3 festlegt, und somit die Eigenfrequenz bestimmt. Die Eigenfrequenz wird so eingestellt, daß sie etwas unter der Synchronisierfrequenz, also etwas unter 1500 Hz liegt.

Durch die Gegenkopplung von der Kathode von Rö 2 an W7 und W8 über W3 auf das Gitter von Rö 1 wird erreicht, daß die erste Flanke des an der Anode von Rö 2 entstehenden Trapezes verflacht wird (Abb.25b). Diese Maßnahme ist erforderlich, weil der von dieser Flanke abgeleitete Impuls, wie weiter unten ersichtlich, klein sein muß um später unterdrückt zu werden.

An der Kathode von Rö 2 wird ein positiver trapezförmiger Impuls abgenommen. Dieser Kathodenimpuls wird dem Markenteil zugeführt und dient zur Erzeugung der Meßmarken und der Sperrung des ZF-Verstärkers. Der an der Anode von Rö 2 entstehende negative trapezförmige Impuls (Abb.25b) wird in dem Trafo Ü 1 differenziert. Es entstehen zwei Impulse, ein positiver und ein negativer (Abb.25c). Der negative wird in der negativ vorgespannten Rö 3 unterdrückt, während der positive einen starken Anodenstrom (ca. 1,5 Amp.) in Rö 3 hervorruft.

Die Drossel L2 induziert nun an der Anodenseite, durch Abbau des magnetischen Feldes, während der sehr steilen Abschaltflanke des positiven Gitterimpulses einen positiven Spannungsimpuls von ca. 7 KV.

Der entstehende negative Impuls hat infolge der Bedämpfung durch den in diesem Augenblick kleinen Widerstand der Rö 3 nur eine geringe Spannung (ca. 1,5 KV) und wirkt sich bei der Zündung des Tastrohres nicht störend aus. (Vergl. Abb.25d)

Der Schwingkreis L1 - C9 ist zur Zeit des Zündimpulses oben, d.h. an der Plus-Leitung negativ und am Schirmgitter positiv. Die Schirmgitterspannung addiert sich also zu der Amplitude des Schwingkreises. Seine Frequenz ist so hoch gewählt, daß eine Durchschwingzeit vom positiven zum negativen Scheitelwert die Abschaltzeit der Röhre wesentlich verkürzt, und somit die induzierte Spannung, die an L2 entsteht, erhöht. Dieser hohe Spannungsstoß wird als Zündspannung über C7 an die Zündstrecke des Tastrohres gegeben.

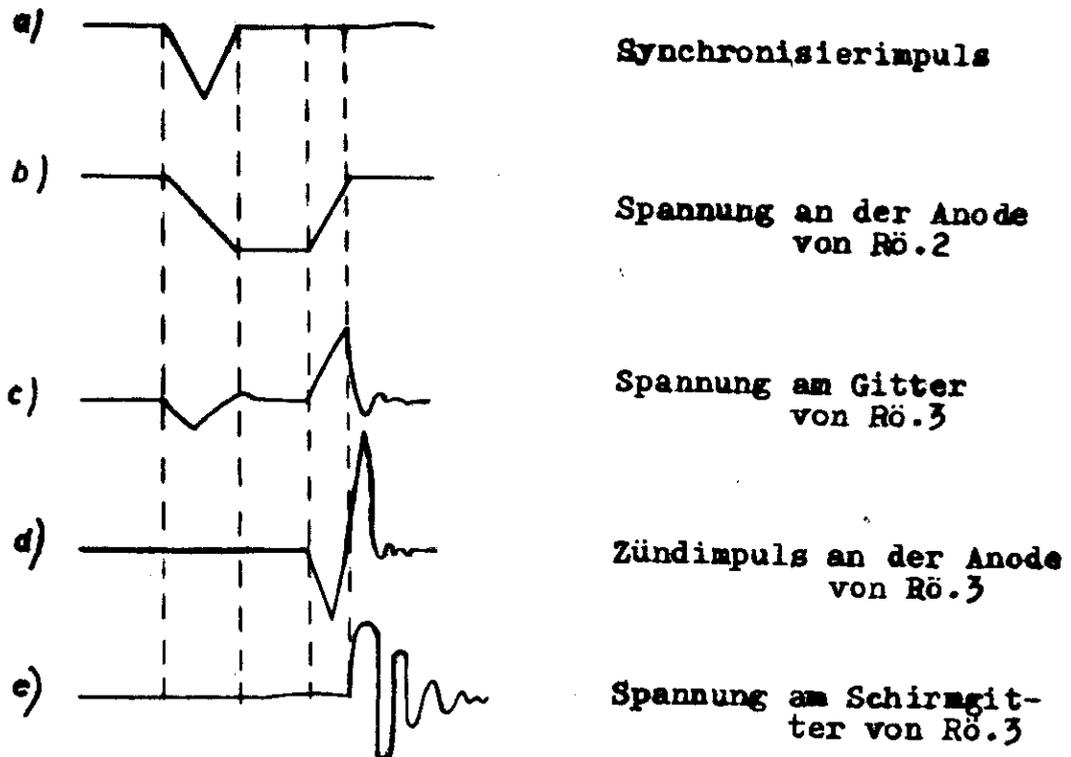


Abb.25 Impulsplan der Zündstufe.

2. Der Modulator.

Als Sender des Berlin-Gerätes dient ein Magnetron; daraus ergeben sich für den Modulator folgende Gesichtspunkte:

- a) Es muß mit Anodentastung gearbeitet werden, da ein Magnetron kein Gitter besitzt. Kathodentastung ist der Anodentastung gleichzusetzen. Magnetfeldtastung scheidet wegen zu großer Trägheit des Magnetfeldes aus.
- b) Der Modulator muß während der Tastzeit die gesamte Sendereingangsleistung (HF-Leistung und Anodenverlustleistung) zur Verfügung stellen.

Die Anodentastung ergibt konstruktive Vorteile; das nur sehr kurzzeitige Anlegen der hohen Tastspannung gestattet nämlich, die Isolationsabstände (Luftstrecken, Glaseinschmelzungen usw.) kleiner zu halten, als dies bei dauernd anliegender Anodengleichspannung möglich wäre. Zum Aufbau einer Funkenentladung gehört nämlich eine längere Zeit, als sie der Impulsdauer entspricht. Man kann auf diese Art die aus thermischen Gründen zulässige Anodenverlustleistung (Leistungshyperbel) erreichen, während man bei Gittertastung im allgemeinen wegen des Schnittpunktes der Linie maximaler Emission mit der Linie maximaler Spannungsfestigkeit, über die man nicht hinaus gehen darf, die maximale Verlustleistung nicht erreicht.

Um das Netzanschlußgerät klein und leicht ausführen zu können, muß der Modulator einen Energiespeicher enthalten, der eine konstante Leistung im gleichmäßigen Dauerbetrieb aufnimmt und die aufgespeicherte Energie in 0,8 μ sek. auf das Magnetron abzugeben gestattet. Bezüglich dieses Tastimpulses stellt das Magnetron die Forderung, daß die Spannung während der Tastzeit konstant bleibt (Rechteckimpuls), da sonst starke Frequenzmodulation eintritt; denn die vom Magnetron erzeugte Frequenz ergibt sich ja als Koppelwelle aus der Schwingkreisabstimmung und der Elektronenumlauffrequenz, diese hängt aber unter anderem von der Anodenspannung ab.

Übersicht der zum Modulator gehörenden Teile.

a) Hochspannungsgleichrichter im Relais- und Netzteil.

Delonschaltung, 2 x RG 62, Entladewiderstände für die Siebkondensatoren W 10 bis 13, Siebwiderstände W 9 und W 14 (200 Ohm), Siebkondensatoren C 12 und C 13.

Die erzeugte Spannung beträgt 4 KV, deren Mitte aus Gründen der Spannungsfestigkeit (Höhenfestigkeit bei Luftbordanlagen!) an Masse liegt. Auf diese Art kann kein Punkt des Gleichrichters Spannungen von mehr als 2 KV gegen Masse annehmen, was ohne diese Erdung eine Frage der Symmetrie der Isolationswiderstände wäre. Parallel zum Siebwiderstand W 9 liegt über den Vorschaltwiderstand W 8 die Wicklung des G-Relais, das der Gleichrichterabschaltung bei Überstrom dient.

b) Die Funkenstrecken-Taströhre LG 201a.

Es handelt sich um eine mit Edelgasen von einigen Atü gefüllte Gasentladungsröhre. Die Elektroden sind kugelkalottenförmig; die untere von ihnen ist durchbohrt und trägt in der Mitte einen von ihr isolierten Zündstift. Die Röhre dient hier als Schalter, ihr Widerstand ist im nicht gezündeten Zustand unendlich, im gezündeten Zustand ist er klein, so daß er für die folgenden Betrachtungen vernachlässigt werden kann. Die Zündung erfolgt durch eine entsprechende Erhöhung der anliegenden Spannung, die Löschung beim Nulldurchgang der Spannung.

c) Die Laufzeitkette LK 1.

Sie dient als Energiespeicher. Der Anfang ist durch eine Eisendrossel D 1 von etwa 8 Hy überbrückt, das Ende ist offen. Sie besteht aus 6 Gliedern, Keramikkondensatoren von 800 pF und kleinen Zylinderspulen von $3,5 \mu\text{Hy}$. Die erste Spule am Anfang der Kette hat $2 \times 3,5 = 7 \mu\text{Hy}$ und ist gegenläufig gewickelt. Die Spulen müssen mechanisch gut festgelegt sein, da erhebliche ponderomotorische Kräfte im Impulsmoment auftreten.

d) Der Impulsübertrager Ü 1.

Er muß, um den Rechteckimpuls ohne Verschleifungen zu übertragen, streuungsfrei aufgebaut sein und besitzt darum einen

einen Ringkern. Der Kern besteht aus einer Spirale einer geeigneten Legierung, wodurch jeglicher Luftspalt vermieden wird. Das Übersetzungsverhältnis beträgt 1 : 4,5, höher als 1 : 5 kann man es aus Gründen formgetreuer Übertragung kaum wählen. Die Sekundärwicklung liegt einseitig an Masse.

e) Der Heiztransformator Ü 2.

Er heizt das Sendemagnetron mit 6,3 V, 2 Amp., 500 Hz. Seine Sekundärwicklung muß gegenüber der Primärwicklung und dem Eisenkern für die Tastspannung von 18 KV isoliert sein.

f) Die Diode Rö 3.

Es handelt sich um eine normale Einweg-Hochspannungsgleichrichterröhre (RG 62). Ihr Widerstand wird durch den vorgeschalteten Silistab W 4 auf einen passenden Wert gebracht. Die Heizung der Röhre erfolgt mit 2,5 V, 4,5 Amp., 500 Hz. Der Zweck dieser Röhre wird weiter unten erklärt.

Aus Gründen der Höhenfestigkeit bei Luftbordanlagen wurden die Laufzeitkette, der Impulsübertrager und der Magnetronheiztrafo in einen Ölkasten eingebaut. Ein Ausdehnungsgefäß paßt das Kastenvolumen der jeweiligen Öltemperatur an. Um Oel einzusparen, sind die Zwischenräume mit Keramikschrött ausgefüllt.

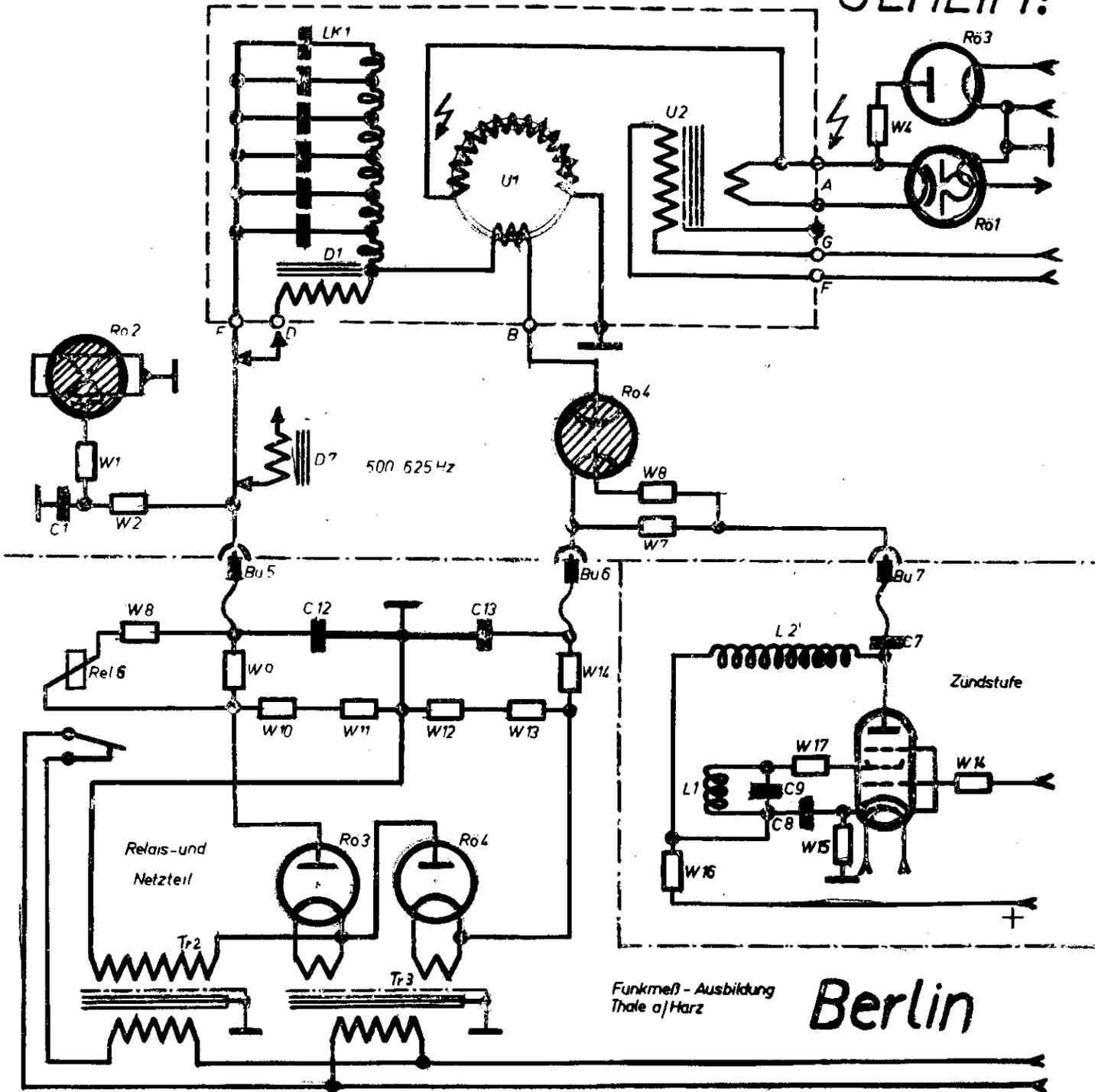
Die Wirkungsweise des Modulators.

Beim Drücken des Knopfes "Niederspannung Ein" im Steuergerät erhalten der Heiztransformator Tr 3 des Gleichrichters, der Heiztransformator Ü 2 des Sendemagnetrons und der Transformator Tr 1 des Niederspannungsgleichrichters im Relais- und Netzteil Spannung. Über Tr 1 wird auch die Modulatordiode Rö 3 geheizt.

Nach Drücken des Knopfes "Hochspannung Ein" erhält der Anodentransformator Tr 2 Spannung und der Hochspannungsgleichrichter beginnt zu arbeiten. Die -2 KV gegen Masse teilen sich über Bu 5 sofort der einen, keine Induktivitäten enthaltenden Seite der Laufzeitkette mit. Die Kondensatoren der Kette werden also zunächst auf -2 KV aufgeladen, weil die andere Kettenseite ursprünglich das Potential Null hatte. Es dauert wegen der großen Induktivität (8 Hy) der Drossel D 1 etwa 330/usek., bis die -2 KV sich auch der anderen Kettenseite und damit über

Modulator

GEHEIM!



Funkmeß - Ausbildung
Thale a/Harz

Berlin

Abb. 26

über die Primärwicklung des Impulsübertragers auch der einen Elektrode der Schaltröhre mitgeteilt haben. Es erfolgt also ein Einschwingvorgang, wobei die Drossel D 1 parallel zu der Summe der Laufzeitkettenkondensatoren den frequenzbestimmenden Parallel-Schwingkreis bilden. Die Induktivitäten der Laufzeitkette sind wegen ihrer geringen Größe bei diesen tonfrequenten Vorgängen zu vernachlässigen.

Die +2 KV gegen Masse teilen sich über Bu 6 der unteren, durchbohrten Kalotte der Schaltröhre mit, desgleichen über die Serienschaltung W 7, W 8 dem Zündstift. Die Gesamtspannung von 4 KV des Gleichrichters liegt jetzt also zwischen oberer und unterer Kalotte der Schaltröhre; diese Spannung reicht aber zum Hervorrufen der Zündung nicht aus. Schaltet man nunmehr den Sender ein, so erhält die letzte Röhre der Zündstufe (EL 12 Spez.) aus dem Niederspannungsgleichrichter im Relais- und Netzteil ihre Anodenspannung von 425 V. Sie erzeugt, durch den Zündstufenmultivibrator gesteuert, positive Zündimpulse von 7 KV Spitzenspannung. Diese Zündimpulse gelangen über Bu 7, Widerstand W 7, Bu 6 und den Siebkondensator C 13 nach Masse. Der Spannungsabfall über W 7 teilt sich dabei über den Vorschaltwiderstand W 8 der Entladungsstrecke zwischen dem Zündstift und der unteren, durchbohrten Kalotte mit und ruft hier einen Überschlag hervor. Unter dem Einfluß dieses Überschlages setzt auch die Hauptentladung ein (4 KV zwischen beiden Kalotten). Die Schaltröhre wird nahezu widerstandslos und das Potential +2 KV teilt sich über die Röhre der Primärwicklung von Ü 1 mit. An dieser Primärwicklung erscheint der durch das Quadrat des Übersetzungsverhältnisses dividierete sekundäre Belastungswiderstand des Trafos. Dieser wird durch den Ohmschen Eingangswiderstand des Magnetrons von etwa 1500 Ohm gebildet. Primär erscheint also:

$$\frac{1500}{4,5^2} = \text{etwa } 70 \text{ Ohm}$$

Etwa den gleichen Wert hat auch der Eingangswiderstand der Laufzeitkette. Daraus ergibt sich, daß die zwischen den Durchführungsisolatoren C und D bzw. E zur Verfügung stehenden 4 KV sich zu gleichen Teilen auf Ü 1 und LK 1 verteilen. Auf der Sekundärseite von Ü 1 erscheint eine Spannung von $2 \cdot 4,5 = 9$ KV, die die Kathode des Magnetrons negativ hochtastet. Die 2 KV an LK 1 beginnen in die Kette hinein zu fließen, d.h. sie laden zunächst über die erste Längsinduktivität den ersten Konden-
sator

Kondensator auf. In dem Maße, in dem dessen Spannung ansteigt, und damit sein Ladestrom sinkt, beginnt sich der zweite Kondensator über die zweite Induktivität an der Ladung zu beteiligen und so fort. Die Längsinduktivitäten sorgen also innerhalb der Zeit, die sie zum Aufbau ihrer Magnetfelder benötigen, für entsprechend zeitgerechtes Zuschalten weiterer Kondensatoren, so daß der Gesamtladestrom, den die Kette aufnimmt, bis zum Aufladen des letzten Kondensators konstant bleibt. Jetzt könnte der Vorgang an und für sich beendet sein; die Ketteninduktivitäten haben in ihrem Magnetfeld aber noch Energie gespeichert, die jetzt durch Induktionsspannungen beim Zusammenbrechen der Magnetfelder für eine Aufrechterhaltung des Stromes, ein Weiterfließen in der gleichen Richtung sorgen und so die Kettenkondensatoren, jetzt beim letzten Kondensator am offenen Ende beginnend, auf die doppelte Spannung aufladen.

Der Impuls, der mit 2 KV in die Kette hinein lief, wird also an deren offenem Ende reflektiert und kommt endlich mit 4 KV am Anfang der Kette wieder an. Die 8 Hy Drossel D 1 erschien während dieses ganzen Vorganges als unendlich großer Widerstand und somit als nicht vorhanden, da ihre Zeitkonstante sehr groß gegenüber der Impulslaufzeit in der Kette ist. Die Laufzeit der Kette ergibt sich aus der Wurzel der gesamten Induktivität mal der gesamten Kapazität:

$$\tau = \sqrt{L \cdot C} = \sqrt{7 \cdot 3,5 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 0,8 \cdot 10^3 \cdot 10^{-12}} = 0,34 / \text{usek.}$$

Der zu kleine Wert ergab sich, weil die Gegeninduktivität der als fortlaufende Zylinderspule gewickelten Spulen nicht berücksichtigt wurde. Die Kette zieht also während ihrer doppelten Laufzeit $2 \cdot 0,4 = 0,8 / \text{usek.}$ einen konstanten Strom über Ü 1, die Schaltröhre und die beiden Siebkondensatoren C 12 und C 13, die für den Impuls nur mit ihrem kapazitiven Widerstand wirksam werden.

Nach der doppelten Laufzeit, also wenn die 4 KV den Kettenanfang erreicht haben, hört der Strom zu fließen auf, denn die 4 KV der Kette sind jetzt gegen die 4 KV des Gleichrichters geschaltet; die Spannung über die Schaltröhre wird Null, der Funke erlischt. Damit ist aber der Stromkreis unterbrochen, und die 4 KV auf sämtlichen Kondensatoren der Kette haben nur noch den Weg über D 1 als Ausgleichsmöglichkeit. Die Laufzeitkette verliert ihren Charakter als solche, ihre Summe C parallel zu D 1 wirkt als tonfrequenter Schwingkreis, abgestimmt auf $f = 750 \text{ Hz.}$

Sich

Sich selbst überlassen, schwingt der Kreis über die Nullage hinaus, d.h. die 4 KV kehren - von einer kleinen Dämpfung abgesehen - ihr Vorzeichen um. Der Kreis würde exponentiell ausschlagen, wenn nicht im Moment des negativen Maximums der nächste Zündimpuls ankäme, was man durch Dimensionierung des Tonfrequenzkreises auf $\frac{1500}{2} = 750$ Hz, also die halbe Tastfrequenz, erreicht. Der neue Zündfunke macht die Schaltröhre wieder leitend, durch das Durchschwingen, das im richtigen Moment unterbrochen wurde, sind jetzt die 4 KV des Gleichrichters (an C 12 und C 13) und die 4 KV der Kette, die ja ihre Richtung umgekehrt haben, wieder in Reihe geschaltet, so daß insgesamt 8 KV für die nächste Tastung zur Verfügung stehen. Von diesen 8 KV fällt wegen der Gleichheit der Widerstände wiederum je eine Hälfte an Ü 1 und an LK 1 ab. Die 4 KV an Ü 1 ergeben sekundär $4 \cdot 4,5 = 18$ KV. Die 4 KV an der Kette laufen diesmal nicht in die Kette hinein, sondern kommen aus der Kette heraus, denn diese war ja aufgeladen. Die Längsinduktivitäten sorgen für ein Weiterfließen des Stromes in gleicher Richtung; das bedeutet, daß der Impuls nicht etwa wie oben mit der doppelten Spannung wieder aus der Kette heraus kommt, sondern mit der gleichen in umgekehrter Richtung.

Die Abgabe einer hier wegen der Richtung der Spannung willkürlich als negativ angenommenen Ladung ergibt eine bestimmte Stromrichtung. Hält man diese nach erfolgter, restloser Abgabe der negativen Ladung noch weiter aufrecht, so beginnt anschließend die Aufnahme einer positiven Ladung. Wiederum erlischt die Schaltröhre, da Ketten- und Gleichrichterspannung gegeneinander geschaltet sind und sich aufheben. Nach Abschaltung sorgt die Resonanz zwischen D 1 und Summe C für eine Richtungsumkehr der 4 KV an der Kette, und der nächste Zündimpuls schaltet diese Spannung wieder mit der Gleichrichterspannung in Reihe. In dieser Form wiederholt sich dieser Vorgang, so lange der Sender eingeschaltet bleibt. Zur graphischen Darstellung der Vorgänge sei - willkürlich herausgegriffen - das Potential des Verbindungspunktes zwischen LK 1, D 1 und Ü 1 gegen Masse dargestellt. (Abb. 27a, b) Man sieht, daß zwei Einschwingvorgänge sich bis zum Erreichen eines stabilen Betriebszustandes abspielen.

Die Stromstärke auf der Primärseite des Trafos U 1 beträgt im Impulsmoment im eingeschwingenen Zustand 48 Amp. Bei der Impulsfrequenz - 1500 braucht der Gleichrichter nur für

$$48 \cdot \frac{1}{667} = 0,072 \text{ Amp.} = 72 \text{ mA.}$$

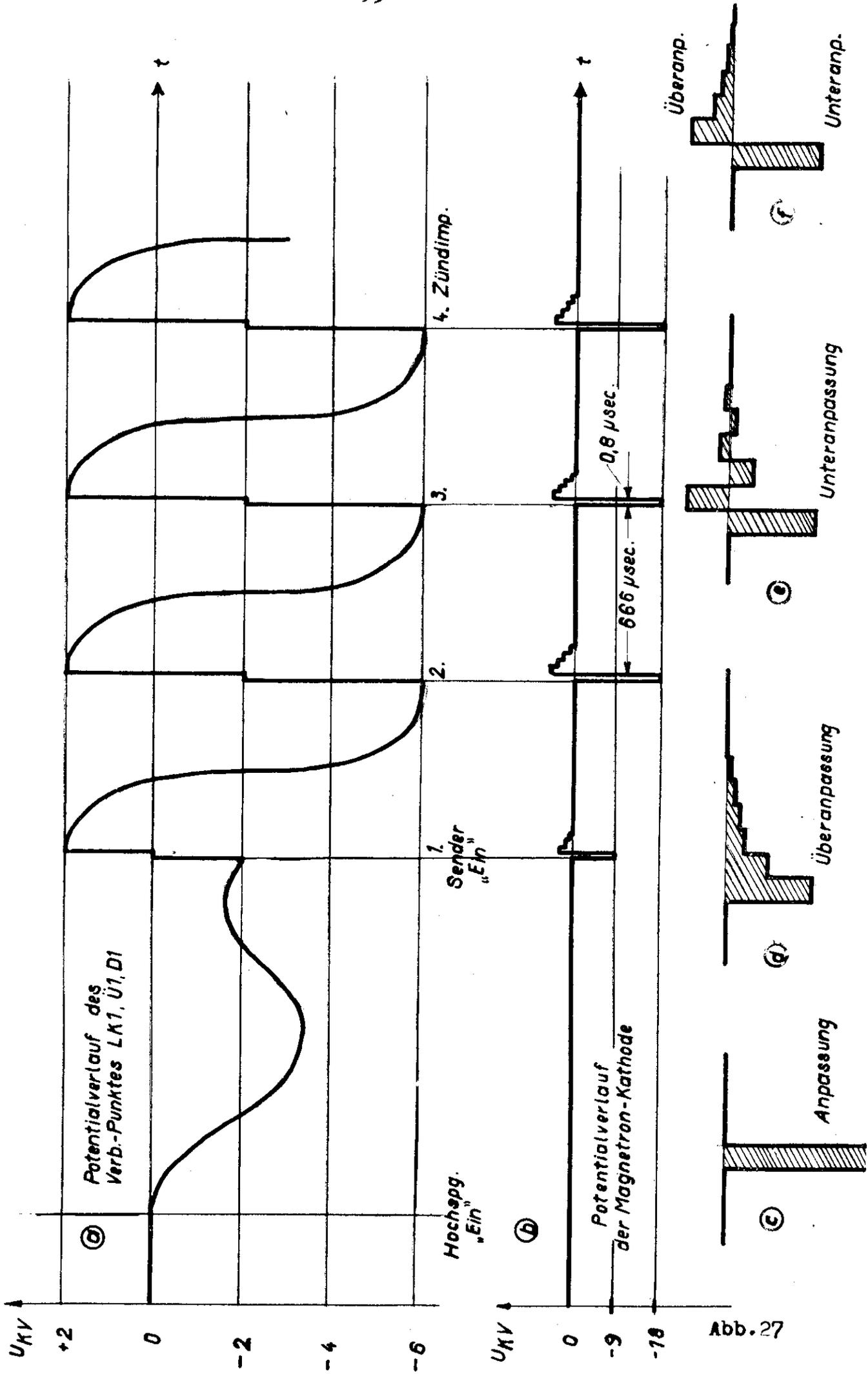
dimensioniert zu sein. Er ergänzt die den Kondensatoren C 12 und C 13 im Impulsmoment verlorengegangene Ladung in den Tastpausen. Die in der Laufzeitkette aufgespeicherte Energie beträgt:

$$N = \frac{1}{2 \cdot \tau} \cdot C \cdot U^2 = \frac{1 \cdot 6 \cdot 0,8 \cdot 10^3 \cdot 10^{-12} \cdot (8 \cdot 10^3)^2}{2 \cdot 0,4 \cdot 10^{-6} \cdot 2} = 200 \text{ KW.}$$

Die Leistung vermag die Laufzeitkette für die Zeit $t = 0$ bis zur Zeit $t = 2\tau$ abzugeben, sie wirkt während dieser Zeit wie ein Generator mit einer EMK gleich der Ladespannung und einem inneren Widerstand R_i gleich dem Wellenwiderstand Z der Kette.

Wenn der Übersetzte Magnetroneneingangswiderstand nicht genau gleich dem Wellenwiderstand der Kette ist, so tritt auch am Anfang der Kette eine Reflexion auf. Ist der Abschlußwiderstand kleiner als Z , so spricht man von Unteranpassung, ist er größer, so liegt Überanpassung vor. Nur im Falle der genauen Anpassung entladet sich die gesamte Energie während der doppelten Laufzeit, wobei die erzielte Spannung ein Maximum ist. Im Falle der Überanpassung erfolgt die Entladung treppenstufenförmig; dieser Zustand ist sehr gefährlich, da das Magnetron dann nach $0,8 \mu\text{sek.}$ außerdem einwandfreien Schwingen der kleineren Spannung entsprechend auf eine andere Welle umspringt und dort bei kleinerer Leistung weitere $0,8 \mu\text{sek.}$ schwingt und so fort, je nach dem Grad der Fehlanpassung. Bei Unteranpassung geht die Spannung durch Null hindurch und klingt um die Nulllinie pendelnd ab. Dieser Zustand ist weniger gefährlich, da das Magnetron während der zweiten $0,8 \mu\text{sek.}$ wegen $+U_a$ an der Kathode sicher zum Schweigen gebracht wird. In der dritten $0,8 \mu\text{sek.}$ schwingt das Magnetron unter Umständen noch einmal an. (Abb. 27c, d, e.)

Bei der Betrachtung der Anpassungsverhältnisse ist zu beachten, daß dem 100 Ohm-Eingangswiderstand natürlich ein idealer Gleichrichter vorgehalten erscheint, so daß das Magnetron im Falle der Unteranpassung nur die positiven Amplituden keinen Anpassungswiderstand, sondern den Widerstand unendlich darstellt.



Der Zustand der genauen Anpassung ergibt höchste Leistung, er besitzt aber keine zeitliche Konstanz (Änderung der Emission, des Vakuums, Z-Änderung durch Alterung der Kette usw.). Man wählt darum, weil man nicht weiß, ob sich der Anpassungszustand in Richtung auf die Über- oder auf die Unteranpassung ändert, von vornherein den Zustand der Unteranpassung, der einen scharf begrenzten Impuls durch den Nulldurchgang der Spannung ins Positive bedingt. Eine Rückkehr ins Negative wird vermieden, indem man den positiven Teil, den das Magnetron ohnehin nicht in HF umformt, über die Serienschaltung W 4 und Rö 3 überanpaßt, so daß die positive Amplitude sich stufenförmig im Positiven ausgleicht. Man macht also:

$$\frac{R_{\text{Magnetron}}}{U^2} < Z \quad \text{und} \quad \frac{R_{(W\ 4 + R\ddot{o}\ 3)}}{U^2} > Z. \quad (\text{Abb.27f})$$

Unter Berücksichtigung einwandfreier Heizung, richtig eingestellten Magnetfeldes und entsprechenden HF-mäßigen Abschlusses stellt das Magnetron den Arbeitswiderstand für negative Tastspannungen dar, und die Diode Rö 3 in Reihe mit dem Silitstab W 4 den Arbeitswiderstand für positive Tastspannungen. Was den Leistungsverlust anbelangt, so bleibt die gesamte Fläche - Spannung mal Zeit - konstant. Das Verhältnis zweier jeweils aufeinanderfolgender Stufen ist ebenfalls konstant.

3. Der Sender.

Seine Aufgabe ist die Umformung von Gleichstromleistung in Wechselstromleistung ultrahoher Frequenz. Als Umformer dient das speziell für diese Welle konstruierte Magnetron LMS 10. Bei der Umformung wird der größte Teil der zugeführten Gleichstromleistung an der Anode der Röhre in Wärme umgewandelt. (Anodenverlustleistung) Der Wirkungsgrad der Umformung ist kleiner als 10 %. Die Amplitude der Hochfrequenz-Wechselspannung beträgt beim Magnetron nur etwa 20 % der Eingangsgleichspannung.

Das Magnetron ist ein typischer Stromgenerator, seine Niederohmigkeit begünstigt die Anpassung an den bei diesen Frequenzen kleinen Resonanzwiderstand von Schwingkreisen und an den Wellenwiderstand von konzentrischen Kabeln.

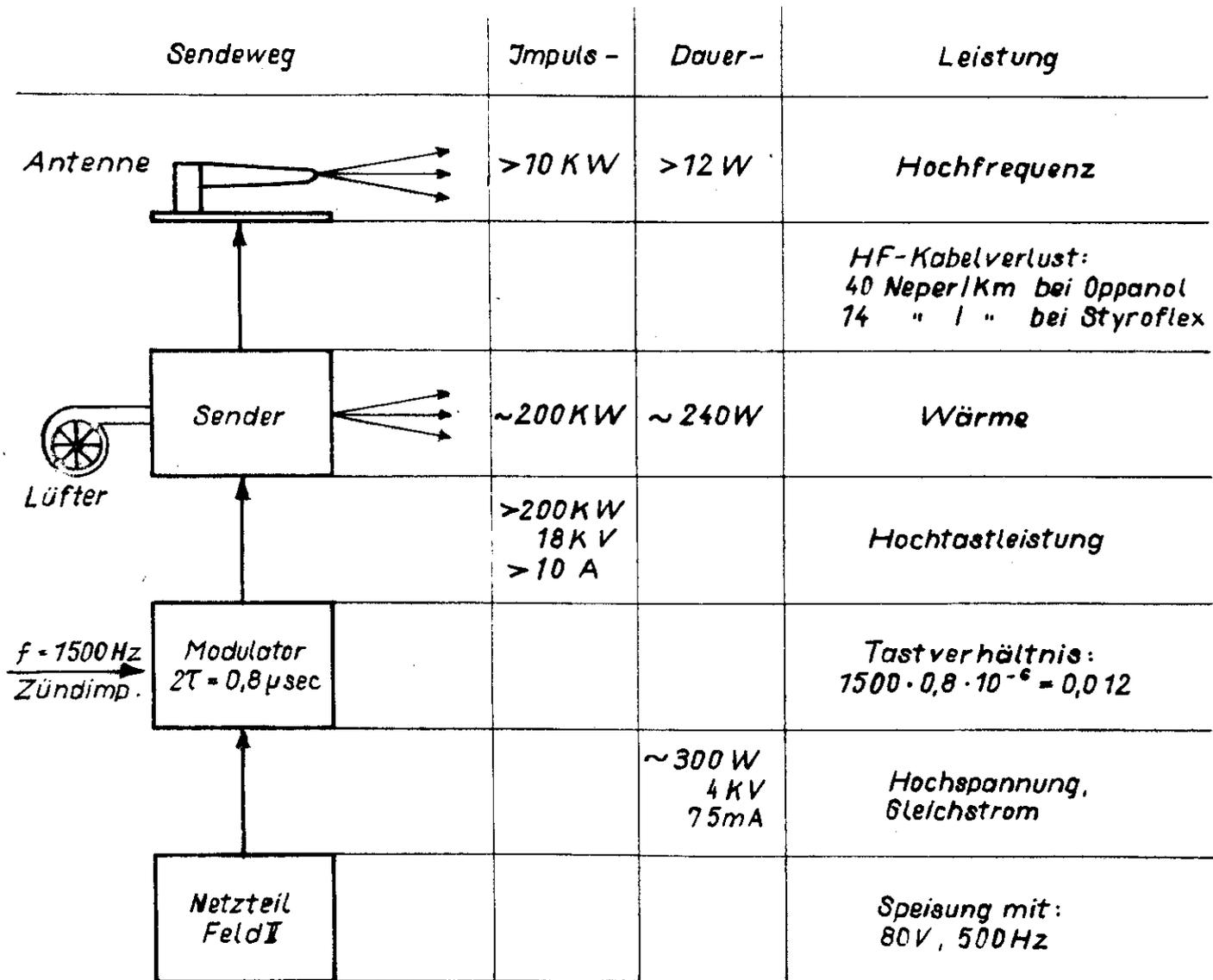


Abb. 28

Leistungsplan

Der Mechanismus der Schwingungserzeugung.

Im Prinzip handelt es sich beim Magnetron um eine Diode, die in ein parallel zur Kathode verlaufendes Magnetfeld gebracht ist, es besitzt also wie jede Diode eine einseitige Stromflußrichtung, d.h. einen Widerstand $R = U_a/J_a$, der beim Anlegen der Spannung $-U_a$ wegen $J_a = 0$ unendlich wird. Andererseits besitzt es einen "inneren Widerstand" gegen Stromänderungen, der von der Richtung der Änderung unabhängig und Ohmisch ist:

$$R_i = dU_a/dJ_a.$$

R_i dämpft normalerweise den bzw. die angeschlossenen Schwingungskreise, da er ihnen parallel geschaltet erscheint. Unter bestimmten Bedingungen kann die Kennlinie $J_a = f(U_a)$ fallend sein. Für Arbeitspunkte auf diesem Kennlinienteil ist R_i negativ. Es tritt zunächst eine teilweise Kompensation des positiven Verlustwiderstandes und endlich ein Anschwingen der Kreise ein, sofern der negative Widerstand den positiven überwiegt, der resultierende Gesamtwiderstand des Systems also negativ wird.

Definition: Ein Widerstand ist negativ, wenn beim Ansteigen des durch den Widerstand fließenden Stromes die an dem Widerstand abfallende Spannung abnimmt und umgekehrt.

Der negative innere Widerstand kann statisch meßbar sein, das Magnetron kann alsdann Schwingkreise beliebig niedriger Frequenz, z.B. auch Tonfrequenz, anregen, sofern nur deren Dämpfung genügend klein ist. Er kann weiterhin für hohe Frequenzen als "Ultradynamischer negativer Widerstand" vorhanden sein; das besagt, er existiert nur bei bestimmten Abstimmungen des äußeren Kreises, er ist selektiv, er verlangt bestimmte, speziell ganzzahlige Beziehungen zwischen der Elektronenlaufzeit und der Schwingungsdauer $T = \frac{1}{f}$ des anzuregenden Kreises.

Die Elektronenbahn.

Ein ruhendes Elektron wird durch ein magnetisches Feld nicht beeinflusst, durch ein elektrisches Feld wird es dagegen in Richtung des Feldes in eine beschleunigte Bewegung versetzt. Das bewegte Elektron stellt einen elektrischen Strom dar, denn die Definition für einen solchen besagt, daß ein Strom fließt, wenn die Ladung eines Punktes sich mit der Zeit ändert. Ein Punkt der Elektronenbahn ist zunächst ungeladen, nimmt dann, während das Elektron ihn durchheilt, die Ladung desselben an, um sie gleich anschließend wieder zu verlieren. Die Elektronenflugbahn, als Strom betrachtet, hat ein sie in konzentrischen Kreisen umgebendes

Magnetfeld.

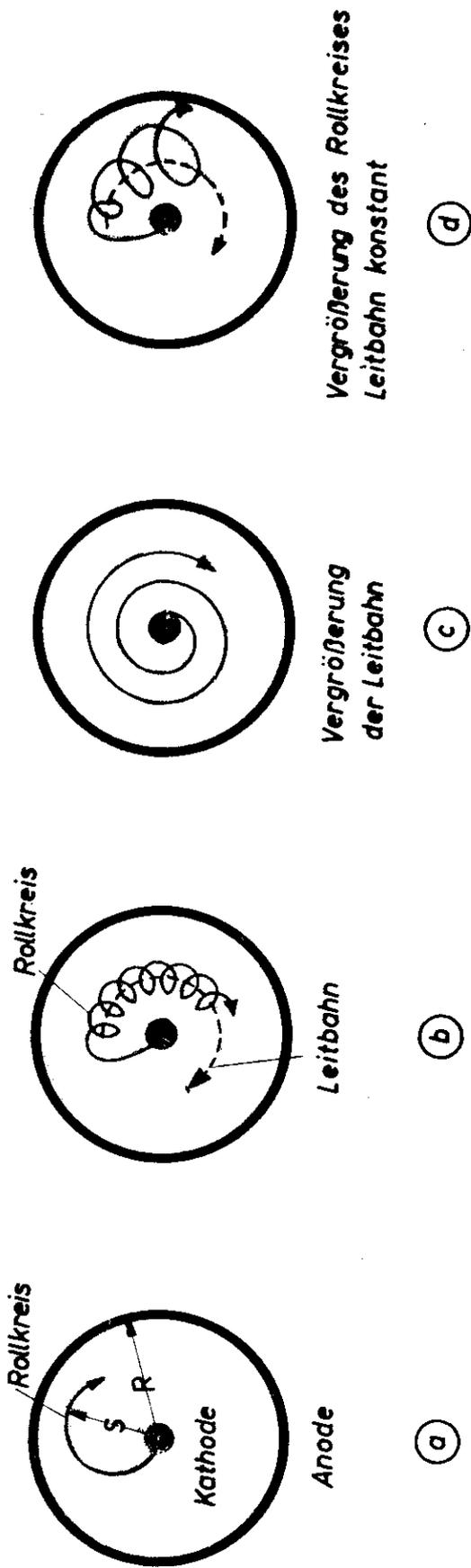
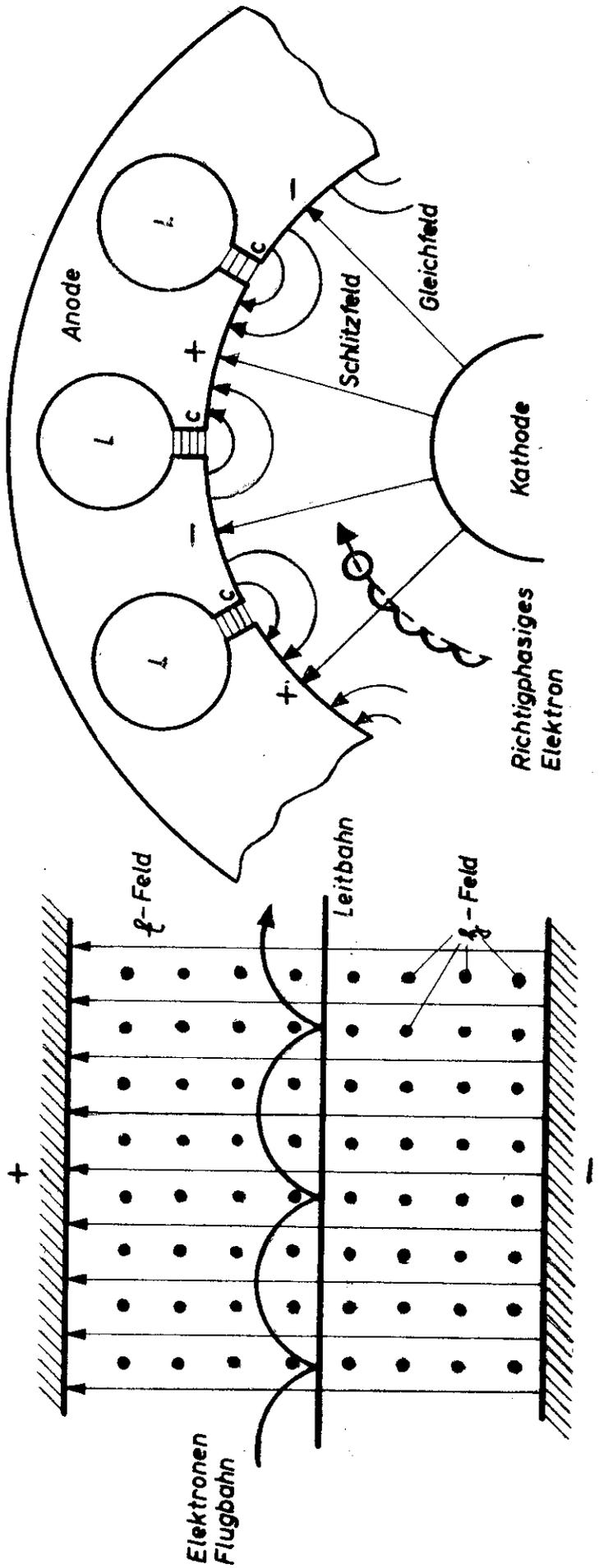


Abb. 29



Magnetfeld. Aus diesem Grunde unterliegt ein bewegtes Elektron einer Beeinflussung durch äußere Magnetfelder. Es interessiert speziell die Bahn eines Elektrons in sich rechtwinklig kreuzenden elektrischen und magnetischen Feldern: das z.B. aus einer Kathode emittierte Elektron beginnt zunächst sich längs der elektrischen Feldlinien auf den Pluspol des Feldes hinzubewegen. Als bewegtes Elektron unterliegt es nunmehr der Ablenkung durch das Magnetfeld, die quer zur Richtung des Feldes erfolgt und ebenfalls quer zur Flugrichtung des Elektrons. Die wirkliche Elektronenbahn ist also nicht mehr parallel zum elektrischen Feld, sondern gegenüber diesem umsomehr geneigt bzw. gekrümmt, je stärker das Magnetfeld ist. Mit der Neigung der Elektronenbahn ist eine entsprechende Neigung der Ebene des die Elektronenbahn konzentrisch umgebenden Feldes verbunden, womit sich wiederum die Richtung der Beeinflussung durch das äußere Magnetfeld ändert. Die resultierende Elektronenbahn ist eine Zyklode, d.h. das Elektron windet sich in Schleifen, sogenannten Rollkreisen, um eine Leitlinie, der Leitbahn.

(Siehe Abb. 29a, b)

In der praktischen Ausführung des Magnetrons liegt eine zylindrische Anordnung vor. Das elektrische Feld verläuft jetzt radial von der Kathode zur Anode, das magnetische Feld parallel zur Kathode durch den Zylinder. Die elektrische Potentialverteilung, von der die Beschleunigung der Elektronen abhängt, war bei der ebenen Anordnung linear. Im Zylinder ist sie logarithmisch, kann aber in Anodennähe ohne großen Fehler als linear angenommen werden. Handelt es sich um ein indirekt geheiztes Magnetron mit dicker Kathode, so ähnelt diese Anordnung der ebenen weitgehend, da der Oberflächenunterschied zwischen Kathode und **Anode** nicht so groß ist, als wenn ein dünner Heizdraht als Kathode dient.

Die Leitbahn, d.h. die von der Rollkreiszyklode umschlungene mittlere Elektronenbahn wird jetzt zum Leitkreis um die Kathode.

Da das Elektron in Abhängigkeit von seiner Geschwindigkeit und von den Röhrenabmessungen eine gewisse Zeit benötigt, um den Rollkreis bzw. den Leitkreis einmal zu durchlaufen, kann man die Reziprokwerte dieser Laufzeiten als Roll- bzw. Leitkreisfrequenz bezeichnen.

Bezüglich des Aufbaues unterscheiden sich die Magnetrons durch die Anzahl der Segmente, in die die Anode eingeteilt ist.

Das ungeschlitzte Magnetron ist ein reiner Zweipol, zwischen Anode und Kathode wird der Gleichstrom zugeführt und die Hochfrequenz abgenommen. Der Leitkreis besitzt hier offenbar keine Bedeutung, da es für die

Anode

Anode belanglos ist, wenn sich die Elektronen auf einer ihr parallelen Bahn bewegen.

Teilt man die Anode in immer mehr Segmente ein, so steigt die Bedeutung der Leitbahn, womit auch die Leitbahnfrequenz d.h. der Kehrwert der Zeit, die ein Elektron zum Durchheilen von 360 elektrischen Graden benötigt, die erzeugte Welle bestimmt. Der Weg des Elektrons für 360 elektrische Grade, d.h. von einem z.B. positiven Segment über ein negatives zum nächsten positiven, wird umso kürzer, je höher die Schlitzzahl ist. Durch deren Erhöhung ist also die Erzeugung immer kürzerer Wellen möglich. Man muß nur durch ein sehr starkes Magnetfeld für einen genügend kleinen Rollkreisdurchmesser sorgen. Diese Maßnahme erfordert aber sehr hohe Anodenspannungen, um trotz des hohen Magnetfeldes die Elektronen auf die Anode zu ziehen. Dieser von Seiten der Schwingungserzeugung gestellten Forderung kommt die Anodentastung entgegen, da für die kurzen Impulszeiten höhere Spannungen angelegt werden dürfen, als sie im Dauerbetrieb aus Übersichtsgründen zulässig wären.

Mit zunehmender Anzahl der Segmente sinkt außer dem zum Durchlaufen von 360 elektrischen Graden erforderlichen Weg die Tiefe, mit der die zwischen den Segmenten vorhandenen Spannungsdifferenzen als Randstreuung in den Entladungsraum hineinreichen.

Man unterscheidet beim Magnetron den Elektronenlandestrom und den Influenzstrom infolge sich im Entladungsraum bewegender Elektronenwolken. Der Elektronenlandestrom ist beim Magnetron um eine Größenordnung kleiner und infolgedessen für die Anregung der Schwingung zu vernachlässigen. Die auf die Anode aufprallenden Elektronen sind für die weitere Schwingungserzeugung verloren. Die ihnen beim Aufprall noch innewohnende kinetische Energie, die sogenannte Landeenergie, setzt sich in Wärme (Anodenverlustleistung) um. Es ist also anzustreben, daß die Elektronen die Anode mit möglichst kleiner Geschwindigkeit und damit kleiner Landeenergie erreichen.

Da die Kathode, von kleinen Unregelmäßigkeiten abgesehen, die durch die umgebende Raumladungswolke nicht in Erscheinung treten, zu allen Zeiten und in alle winkelmäßigen Richtungen gleich stark emittiert, ergibt sich im Mittel der Influenzstrom Null. Durch einen sogenannten Aussortierungsmechanismus wird erreicht, daß sich eine geordnet umlaufende Elektronenwolke ausbildet, bei geschlitzten Anoden gehört zu jeweils 360 elektrischen Graden eine solche Wolke. Da sich die Elektronenemission im Rythmus schneller Schwingungen nicht beeinflussen läßt, muß die Aussortierung dadurch erreicht werden, daß die vom Standpunkt der Schwin-

gungserzeugung

Schwingungserzeugung richtigphasigen Elektronen länger im Entladungsraum verweilen, als die falschphasigen. Man unterscheidet drei Aussortierungsarten:

1.) Die Amplitudenaussortierung an der Anode:

sie erfolgt durch Aufbiegung der Rollkreisbahn. Voraussetzung dafür ist, daß der Rollkreisdurchmesser nur etwas kleiner als der Anodenradius R eingestellt wurde. Die hierzu erforderliche Magnetfeldstärke bezeichnet man als die kritische Feldstärke. Diese Aussortierung ist für ungeschlitzte Anoden die einzig mögliche. Der Wirkungsgrad ist schlecht, da die Elektronen nach einem halben Rollkreisumlauf noch erhebliche Landeenergie aufweisen. Die richtigphasigen Elektronen führen vier volle Rollkreisumläufe aus, bevor sie wieder den ursprünglichen Emissionsort, den Anfang der vierblättrigen Rosettenbahn erreichen. Sie verweilen also mindestens **achtmal** so lange im Entladungsraum als die falschphasigen.

Eine leichte Schrägstellung des Magnetfeldes zur Kathode verbessert den Wirkungsgrad, im allgemeinen ist sie sogar Voraussetzung für das Schwingen.

2.) Die Amplitudenaussortierung an der Kathode:

Die Amplitudenaussortierung an der Kathode tritt nur bei Röhren mit hoher Anodenschlitzzahl auf, denn sie hat zur Voraussetzung, daß die Schlitzfelder in Kathodennähe nur noch sehr schwach sind. Z.B. tritt bei der zweifach geschlitzten Röhre dieser Art die Aussortierung nicht auf, da das Schlitzfeld den ganzen Entladungsraum durchsetzt: Das Gleichspannungsfeld geht radial von der Kathode zu beiden Anodensegmenten, das Wechselfeld dagegen von Anodensegment zu Anodensegment.

Bei der LMS 10 stellen die Schlitze gleichzeitig die Schwingkreis-kapazitäten dar, das Schlitzfeld im Entladungsraum ist nur als Randstreuung dieser Kondensatoren anzusehen und nimmt mit zunehmendem Abstand vom Kondensator, hier also in Richtung auf die Kathode, entsprechend ab.

Die Amplitudenaussortierung erfolgt durch spiralförmiges Zusammenbiegen der Leitkreisbahn, also der Linie, auf der sich die Rollkreismittelpunkte um die Kathode bewegen. Die anliegende Anodenspannung, also das Gleichfeld, strebt eine Vergrößerung des Leitbahndurchmessers an. Gelangt ein Elektron infolge des Gleichfeldes

weiter

weiter nach außen, so verringert sich seine potentielle Energie, diese Energiedifferenz verteilt sich: ein Teil wird beim Anlaufen gegen die Schlitzfelder nach außen als Nutzleistung abgegeben, der Rest teilt sich dem Elektron mit, welches auf der größeren Bahn entsprechend höhere kinetische Energie aufweisen muß (der größere Umfang der neuen Leitbahn erfordert höhere Geschwindigkeit, da die Zeit für einen Umlauf die gleiche bleiben muß).

Nimmt ein Elektron nun durch falschphasigen Umlauf auch aus den Schlitzfeldern Energie auf, so wird seine Leitbahn wieder zusammengebogen, die aufgenommene kinetische Energie also wieder in potentielle Energie umgewandelt. Die Aussortierung erfolgt also dadurch, daß die vom Standpunkt der Schwingungsanfachung falschphasig umlaufenden Elektronen auf kleinere Leitbahnen abgebremst werden. Sie kreisen also in Kathodennähe, wo die Wechselfelder entsprechend schwach sind, so daß die Elektronen nur wenig Energie aus ihnen aufnehmen können. In diesem Betriebszustand können also nur richtigphasige Elektronen, nachdem sie in vielen Umläufen ihre Energie abgegeben haben, also mit kleiner Landeenergie, die Anode erreichen. Die übrigen Elektronen bleiben so lange in Kathodennähe, können also als noch nicht emittiert betrachtet werden, bis sie durch Schlupf richtigphasig geworden sind.

Dieser Betriebszustand ist nur möglich, wenn der Rollkreisdurchmesser nennenswert kleiner als die Differenz Anodenradius minus Kathodenradius ist. Das Magnetfeld ist also größer als das kritische Magnetfeld, da dieses so definiert ist, daß der Rollkreisdurchmesser etwa gleich obiger Differenz ist. Außer einem sehr starken Magnetfeld benötigt man für hohe Frequenzen hohe Schlitzzahlen der Anode, da die Energieabgabe nach außen im Takte der gegenüber der Rollkreisfrequenz niedrigeren Leitbahnfrequenz erfolgt.

Der Wirkungsgrad ist beim Betrieb mit überkritischem Magnetfeld wesentlich besser als der bei kritischem Magnetfeld. Die Wirkungsgradverbesserung kommt dadurch zustande, daß die Aussortierung an der Kathode kein mit Wärmeerzeugung verbundenes Ausscheiden, sondern nur ein Zurückhalten der falschphasigen Elektronen darstellt. Noch weiter verbessert wird der Wirkungsgrad bei diesem Betriebszustand durch die zusätzlich auftretende

3.) Phasenausortierung:

Diese gestattet den Elektronen, ihren zeitabhängigen Ort im Entladungsraum auch ohne Rückkehr zur Kathode bei leichtem Außertrittfallen richtig zu stellen. Dadurch, daß am Energieaustausch zwischen den äußeren Wechselfeldern und den Elektronen außer deren kinetischer Energie, durch die tangentielle Geschwindigkeit darstellt, auch deren potentielle Energie, abhängig vom jeweiligen Leitbahnradius, beteiligt ist, tritt beim Energieaustausch außer der spiralförmigen Auf- bzw. Zusammenbiegung der Leitbahn auch eine Durchmesseränderung des der Leitbahn überlagerten Rollkreises auf. Dadurch werden Raffungserscheinungen ähnlich den Vorgängen in den Triftröhren möglich. Die Durchmesseränderung bei Energieaufnahme aus den äußeren Feldern gestattet dem Elektron die richtige Lage, d.h. Phasenopposition wieder zu gewinnen, in dem es das um eine Polteilung voranlaufende richtigphasige Elektronenpaket einholt bzw. auf das nächstfolgende zurückfällt. In Wirklichkeit handelt es sich bei diesen Vorgängen nicht um einfache Durchmesseränderungen, sondern um komplizierte, z.B. herzkurvenförmige Deformierungen des Rollkreises.

Der Wirkungsgrad hat ein Maximum bei genau zentrischem, kathodenparallelem Magnetfeld.

Der Aufbau des Magnetrons LMS 10.

Die Betrachtungen über den Mechanismus der Schwingungserzeugung ergaben, daß zur Erzielung eines guten Wirkungsgrades trotz der hohen Frequenz eine Röhre großer Schlitzzahl benutzt werden muß. Das stark überkritische Magnetfeld erfordert hohe Betriebsspannung, um überhaupt einen Elektronenübergang zur Anode zu ermöglichen. Die Anodentastung erlaubt die Anwendung hoher Betriebsspannung ohne Überschlagsgefahr trotz kleiner Abstände. Der schlechte Wirkungsgrad erfordert hohe Belastbarkeit der Röhre, deren Ausnutzung wiederum hohe Kathodenemission bedingt, damit der Arbeitsbereich der Röhre durch die Leistungshyperbel $N_{a \max}$ = konstant und nicht durch die Geraden maximaler Emission und maximaler Spannungsfestigkeit eingeengt wird.

Die Kathode der LMS 10 ist indirekt geheizt ($U_h = 6,3$ V) und mit dem einen Heizfadenende innerhalb der Röhre verbunden; man erspart auf diese Art eine hochvakuumdichte Glaseinschmelzung. Im übrigen hätte man Faden-

Faden- und Schicht ohnehin außerhalb der Röhre verbinden müssen, da sich im Betrieb wegen der hohen Temperatur des Kathodenisolators nur ein niedriger, Isolationswiderstand aufrecht erhalten läßt.

Um die spezifische Belastungsfähigkeit (Watt / cm² Oberfläche) der Anode hochzutreiben hat man die Strahlungskühlung ergänzt und weit übertroffen durch Konvektionskühlung, indem man die Anode mit Hilfe eines Lüfters anbläst. Die Anode der Röhre muß dazu natürlich außen liegen. Dies bedingt elektrisch, will man den Isolationsaufwand in erträglichen Grenzen halten, eine Erdung der Anode und damit auch das positiven Poles der Anodenspannung. Der negativen Pol und die Kathode, sowie aus oben erläuterten Gründen der gesamte Heizkreis werden also gegen Masse auf minus 18 KV negativ hochgetastet.

Ein seitlicher Ansatz der einen Kathodeneinschmelzung enthält das Getter, das die im Betrieb frei werdenden Gasreste absorbiert und so das erforderliche hohe Vakuum aufrecht erhält.

Die Anode der LMS 10 ist durch 12 Schlitze in 12 Segmente unterteilt, die im Betrieb abwechselnde Polaritäten aufweisen, da jeweils zwei benachbarte Segmente durch einen Schwingungskreis verbunden sind. Man kann sich diesen Polaritätswechsel durch gegenläufige Rotation zweier Zustände versinnbildlichen; zum Zwecke des Energieaustausches muß ein Teil der im Entladungsraum vorhandenen Elektronen eine Rotation um die Kathode synchron und gegenphasig zu einem dieser Zustandsvektoren ausführen. Der gegenläufige Zustandsvektor beeinflußt die Elektronen kaum, da sie ihm gegenüber eine doppelt so große Relativgeschwindigkeit haben.

Um das richtigphasige Schwingen der Einzelkreise des gesamten Magnetrons insbesondere beim Anschwingen sicherzustellen, sind alle geradzahligen und alle ungeradzahligen Segmente untereinander verbunden. Schwingt das Magnetron richtig, so sind diese Verbindungen stromfrei; bei falschphasigem Anschwingen irgendwelcher Kreise führen sie Strom und bedämpfen dadurch diese Schwingungsform.

Die Auskopplung der Hochfrequenzenergie erfolgt induktiv aus einem der 12 Kreise. Die übrigen 11 dienen nur zur Unterhaltung bzw. Anfachung der Schwingung. Das einzelne Elektron wird in 11 nacheinander durcheilten Schlitzfeldern entweder bezüglich der Anfachung der Schwingkreise richtigphasig oder aber es wird aussortiert, um dann am 12. Schlitz möglichst viel Energie durch Anlaufen gegen das Schlitzfeld abzugeben.

Infolge der induktiven Auskopplung besteht eine galvanische Verbindung zwischen Innen- und Außenleiter der Auskoppelleitung und dem Metallkörper (Anode) des Magnetrons. Die Zuführung des an Masse liegenden Pluspoles der Tastspannung erfolgt also sowohl über eine in die Fassung eingelegte Feder zum Zwecke der Zentrierung der Röhre im Magnetfeld als auch über die Auskoppelleitung.

Da das Magnetfeld überkritisch ist, ist aus Aussortierungsgründen dessen genaue Konstanthaltung nicht erforderlich, wohl aber aus Gründen der Frequenzkonstanz, da das Magnetfeld auf Rollkreis- und Leitbahnfrequenz Einfluß hat. Die Stabilisierung des mit 24 V Gleichstrom betriebenen Elektromagneten erfolgt durch einen Eisenwasserstoffwiderstand. Da das Magnetron beim Ausfall des Magnetisierungsstromes als Diode wirkt und damit zerstört wird, überwacht ein Relais im Rahmen der Schutzschaltung des Gerätes den Magneten. Eine Zerstörung des Magnetrons infolge Aufheizung der Kathode tritt bei Ausfall des ebenfalls mit 24 V Gleichstrom betriebenen Lüftermotors ein. Die U-Bootsanlagen, bei denen der eingebaute schnelllaufende Lüfter wegen zu hohen Geräuschpegels nicht benutzt wird, erfordern eine Blockierung der Anlage soferne der abgesetzte, netzbetriebene Lüfter nicht läuft. Auf den Magnetronkörper aufgepreßte Kühlrippen sorgen für ausreichende der Kühlluft ausgesetzte Oberfläche.

zur Antenne

vom Oszillator

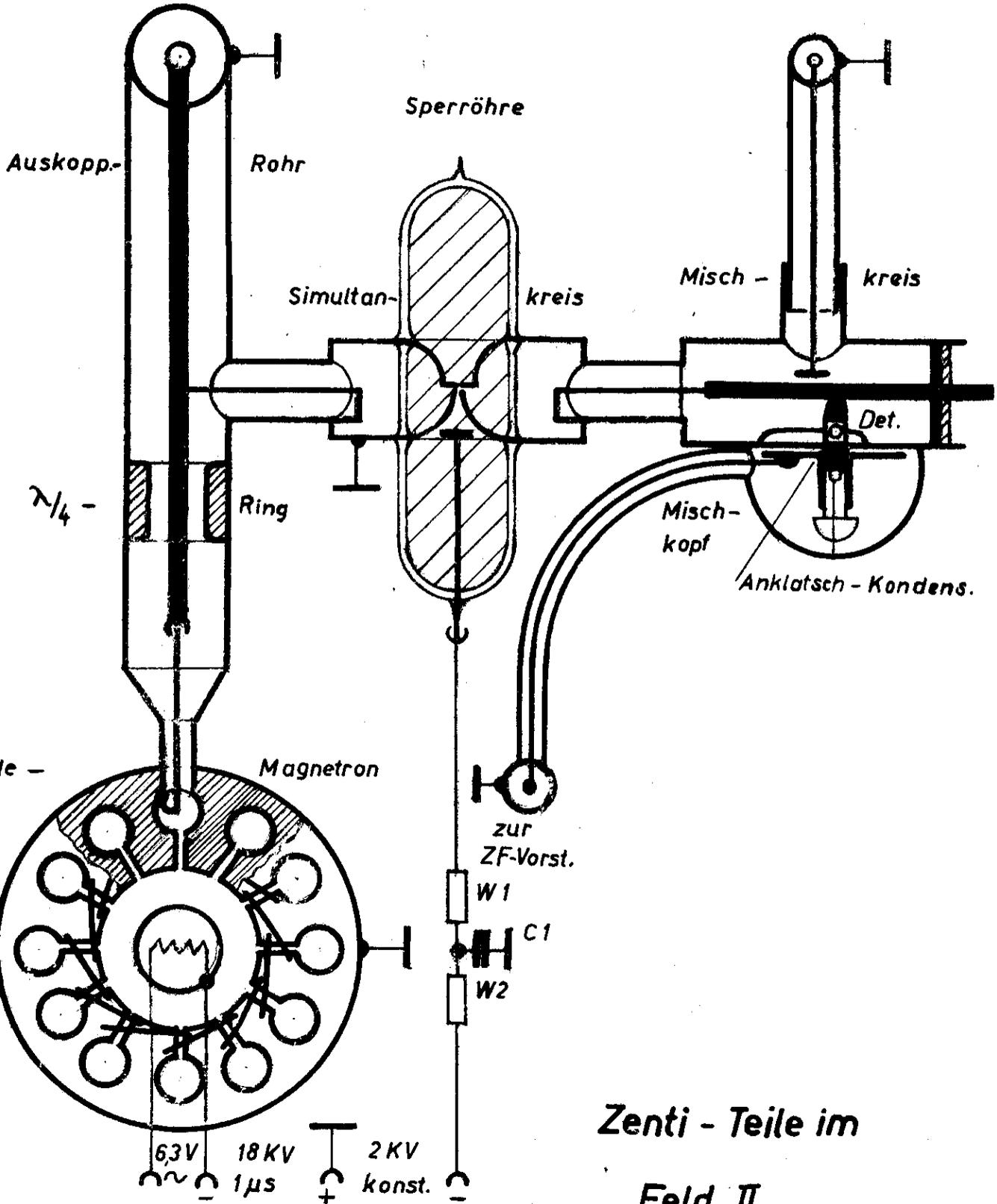


Abb. 30

4. Die Zentiteile in Feld II.

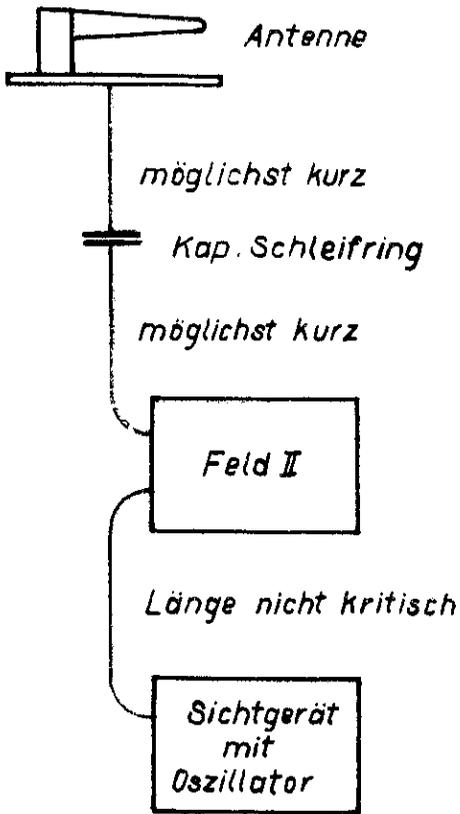
In der oberen Abteilung des Feldes II sind alle cm-Wellen führenden Bauelemente des Berlingerätes zusammengefaßt. Lediglich der Oszillator ist aus bedienungstechnischen Gründen in das Sichtgerät eingebaut. Die Antenne wird man aus strahlungstechnischen Gründen möglichst hoch und frei aufbauen.

Bezüglich der cm-Wellen führenden Verbindungskabel zwischen obengenannten Geräten ist folgendes zu beachten:

1. Das Kabel vom Oszillator im Sichtgerät zum Mischteil im Feld II ist unkritisch, seine Länge geht auf die Empfindlichkeit der Anlage nicht ein, da der Oszillator genügend Energiereserve besitzt. Bezüglich der Dämpfung genügt in jedem Falle Oppanol-Vollkabel.
2. Das Kabel vom Sender über den kapazitiven Schleifring zur Antenne ist so kurz wie nur irgend möglich zu halten. Der Punkt der Zwischenschaltung des kapazitiven Schleifrings richtet sich nach den Einbauverhältnissen (z.B. Berlin U 1), er hat auf die Empfind-

lichkeit keinen Einfluß. Oppanol-Vollkabel kann nur bis zu einer Länge von höchstens 2 m zugelassen werden; bei größeren Längen der Antennenzuleitung ist das dämpfungsärmere Styroflexkabel zu benutzen. Oppanol-Vollkabel in Verbindung mit Styroflexkabel sollte man nur dort anwenden, wo für einen begrenzten Teil der Leitung Biegsamkeit oder kleinere Krümmungsradien erforderlich sind, als sie das Styroflexkabel ermöglicht.

Im Interesse größter Reichweite wird man also das Feld II, so weit dies wartungsmäßig zulässig ist, der Antenne nähern. Die Anwendung des Styroflexkabels erfordert die Zwischenschaltung konischer Übergangstekker vom Berlin- auf den Michaelstecker. Es findet dabei keine Transformation des Wellenwiderstandes statt, sondern nur eine Änderung der Durchmesser von Innen- und Außenleiter, deren Verhältnis aber annähernd konstant bleibt. Eine kleine Änderung ergibt



Die cm-Kabel

Abb 31

ergibt sich wegen der anderen Dielektrizitätskonstante.

Der Simultanteil.

Der Simultanteil gestattet die Benutzung der gleichen Antenne für die Aussendung und den Empfang der Impulse. Der Größenordnungen betragende Spannungsunterschied zwischen Sende- und Empfangsimpulsen wird ausgenutzt, die Trennung in einen Sendeweg und einen Empfangsweg selbsttätig vorzunehmen. Der Simultanteil besteht aus folgenden Teilen:

1. Einem TopfSchwingkreis
2. Einer $3/4 \lambda$ langen Verbindungsleitung zwischen dem Topf-
kreis und dem Antennenauskoppelrohr.
3. Der Sperröhre.

Der TopfSchwingkreis dient im Empfangsfalle als Vorselektionskreis des Empfangsteiles, da der eigentliche Mischkreis wegen seiner Bedämpfung durch den Mischdetektor keine Resonanzschärfe besitzt. Durch das Wegfallen der Strahlungsdämpfung und wegen der großen Oberfläche der Induktivität stellt der Topfkreis einen Parallelschwingkreis hoher Güte dar. Abgestimmt wird der Topfkreis durch zwei einander diametral gegenüberliegende Verdrängerkörper, deren Eintauchtiefe mittels Feingewinde einstellbar ist; die Abstimmung erfolgt also durch Volumenänderung. Die Ankopplung an den Topfkreis erfolgt beiderseits induktiv durch je eine in den Kreis hineinragende Koppelschleife nebst der $3/4 \lambda$ Leitung in Isolierstoff eingebettet, um Überschläge zu vermeiden. Durch Verdrehung der Einkoppelschleife um maximal 90° kann der Kopplungsfaktor in weiten Grenzen geändert werden. Man beachte dabei, daß sich mit der Änderung der Ankopplung der Nullode an den Sender auch zwangsläufig eine Änderung der Ankopplung des Empfängereingangs an die Antenne ergibt. Die optimale Einstellung stellt also gegebenenfalls einen Kompromiß dar; man darf deshalb nicht so lose koppeln, daß die Nullode nicht mehr sicher zündet, da dann der Detektor zerstört wird.

Für die Abstimmung des Topfkreises selbst gelten ebenfalls zwei Gesichtspunkte:

Der Simultanbetrieb erfordert eine angenäherte Abstimmung auf die Senderfrequenz, damit durch Spannungsüberhöhung ausreichende Amplituden zum sicheren Zünden der Sperröhre im Topfkreis auftreten. Das ist über einen verhältnismäßig breiten Abstimmbereich der Fall.

In seiner Eigenschaft als Empfänger-Eingangsschwingkreis erfordert der Topfkreis aber eine sehr genaue Abstimmung, die natürlich innerhalb des obengenannten, breiten Bereiches liegt. Diese Abstimmung kann einwandfrei nur durch Beobachtung eines Zieles auf dem Zackenschriftrohr erfolgen. Man regelt dabei den ZF-Verstärker jeweils so weit zurück, daß keine Amplitudenbegrenzung auftritt. Die Abstimmung erfolgt bei ruhender Antenne.

Die Kapazität des Topfkreises, durch die beiden einander trichterförmig gegenüber stehenden Membranen der Sperröhre gebildet, befindet sich in einer Wasserdampf-Atmosphäre. Unter Einfluß der hohen Senderspannung tritt zwischen den Membranen eine Gasentladung auf, die durch Änderung der Dielektrizitätskonstante den Kreis stark verstimmt, bedämpft und im Grenzfall kurzschließt. Über die $3/4 \lambda$ lange Leitung wird der Kurzschluß in einen Leerlauf transformiert, so daß im Sendefalle der Empfängereingang im Verzweigungspunkt hochohmig gegenüber dem Z ungefähr 70 Ohm der Leitung erscheint und infolgedessen nur wenig Senderleistung absorbiert.

Eine nennenswerte Energieübertragung von der Einkoppelschleife über den Topfkreis zur Auskoppelschleife findet bei gezündeter Sperröhre nicht mehr statt, weil die direkte Kopplung zwischen Ein- und Auskoppelschleife wegen des im Vergleich zu den Abmessungen der Schleifen sehr großen Abstandes gering ist. Die Auskoppelschleife ist nicht verdrehbar, sondern auf feste Kopplung eingestellt. Um zu erreichen, daß die Zündung der Nullode sofort mit dem Sendeimpuls einsetzt und damit keine hohe, detektorzerstörende Spannung während des Zündverzuges den Simultankreis passiert, wird durch eine gegenüber den Membranen mit einer hohen Gleichspannung beaufschlagte Hilfselektrode eine dauernde Vorionisierung der Zündstrecke bewirkt. Die Vorionisierung erfolgt zwischen der Hilfselektrode und der einen Membran, durch deren trichterförmige Ausbildung ein "Ionenwind" an die Stelle der HF-Entladung zwischen die Membranen geblasen wird.

Eine außen angebrachte, gegebenenfalls über einen Bimetallschalter geregelte Heizwicklung verhindert eine Kondensation des Wasserdampfes und sorgt für konstante Temperatur des Topfkreises, der seine Abstimmung wegen der Ausdehnung seiner Bestandteile erheblich mit der Temperatur ändert.

Die genaue Abstimmung der Zenti-Teile erfolgt darum zweckmäßig bei betriebswarmer Anlage, wenn man annehmen kann, daß die Temperatur infolge Gleichgewicht zwischen Wärmezufuhr und Abstrahlung konstant bleibt.

Der Mischkreis.

Im Mischkreis erfolgt die additive Mischung der Empfangsimpulse mit der Oszillatorfrequenz. Der Mischkreis besteht aus einer am Anfang induktiv an den Topfkreis angekoppelten und am Ende durch eine verschiebbare Scheibe kurzgeschlossenen konzentrischen Rohrleitung von Z ungefähr 70 Ohm Wellenwiderstand. Der Durchlaßwiderstand des Detektors bei Betriebsfrequenz schließt die Leitung ab; das hinter ihm liegende Ende bis zur Kurzschlußscheibe dient zur Kompensation seines Blindwiderstandes. Das bedeutet, die dem Detektorkontakt parallelliegende schädliche Kapazität geht in die Abstimmung einer etwa $\lambda/4$ langen Leitung ein, deren Kurzschluß am Ende am Ort des Detektors als Leerlauf erscheint. Die Abstimmung des Mischkreises erfolgt bei Bildbeobachtung; sie ist im Vergleich zur Topfkreisabstimmung unkritisch. Der Überlagerer ist über eine kleine Scheibe kapazitiv mit dem Innenleiter des Mischkreises gekoppelt. Der Kopplungsgrad kann durch Änderung des Abstandes (größer als 3 mm) eingestellt werden und darf nicht zu fest sein, da sonst ein nennenswerter Teil der Empfangsenergie über das Oszillatorkabel abfließt. Der Detektor liegt radial zwischen Innen- und Außenleiter, also in Richtung des elektrischen Feldes. Die Verbindung erfolgt am Innenleiter durch unmittelbare Kontaktberührung, am Außenleiter über den sogenannten Anklatschkondensator, der verhindern soll, daß die am Mischdetektor auftretende ZF über die Kurzschlußscheibe und die induktive Ankopplung des Mischkreises kurzgeschlossen wird. Weiterhin schließt der Anklatschkondensator die bei der additiven Mischung entstehenden Oberwellen und deren Kombinationsfrequenzen unter sich und mit den Grundwellen kurz. Das Verbindungskabel zwischen Mischkreis und Oszillator hat im allgemeinen eine Länge von mehreren λ . Es ergibt sich eine gewisse Restlänge als Differenz zwischen der Kabellänge und der Summe aus den ganzen auf dem Kabel unterzubringenden Wellenlängen. Diese Restlänge ist kapazitiv mit dem Mischkreis verbunden und daher undefiniert abgeschlossen. Beim Durchstimmen des Oszillators ändert sich die Wellenlänge und damit obiger Restbetrag, sowie die am Mischdetektor wirksame Oszillatoramplitude und die vom Kabel auf den Oszillator rückwirkende Blindkomponente. Um diese Erscheinung, die sich durch Schwanken des Mischstromes beim Durchstimmen des Oszillators bemerkbar macht, zu unterdrücken, sind in den Oszillatorstecker am Mischkreis Scheiben aus leitfähigem Papier eingelegt, die das Kabel mit ungefähr 70 Ohm abschließen. Diese Ohm'sche Vorbelastung läßt den Einfluß der Kapazität zurücktreten.

Das Antennenauskoppelrohr.

Das Antennenauskoppelrohr stellt eine durchgehende konzentrische Rohrleitung von Z ungefähr 70 Ohm dar, die das Sendemagnetron mit dem Antennenstecker verbindet. Am Sendemagnetron erfolgt ein konischer Übergang des Außenleiterdurchmessers und ein sprunghafter Übergang des Innenleiterdurchmessers. Das Verhältnis der Durchmesser und damit der Wellenwiderstand bleibt konstant. Die Absolutwerte der Durchmesser wurden bei Austritt aus dem Hochvakuum vergrößert, um auch in Luft genügende Spannungsfestigkeit zu erzielen. Zum Ausgleich radialer und achsialer Fertigungstoleranzen sowie der thermischen Ausdehnung der Magnetronanodeneinschmelzung ist in den Innenleiter ein Stück elastisches Geflecht eingefügt. Der Außenleiter enthält eine in achsialer Richtung verschiebbare Querschnittsverengung der Länge $\lambda/4$. Die Abstimmung (achsiale Verschiebung) dieses $\lambda/4$ Transformators dient zwei Zwecken:

1. Der Einstellung maximaler Sendeleistung durch Anpassung des Magnetron-Ausgangswiderstandes an die gesamte Belastung (Kabel, div. Steckverbindungen, kap. Schleifring und Antenne).
2. Der Einstellung maximaler Empfängerempfindlichkeit dadurch, daß man den Ausgangswiderstand des nichtschwingenden Magnetrons bezüglich des Abzweigpunktes des Empfangsweges auf einen möglichst hohen Wert transformiert, so daß das Magnetron möglichst wenig Empfangsenergie schluckt.

Die Einstellung des $\lambda/4$ Transformators stellt also einen Kompromiß zwischen Leistung und Empfindlichkeit dar. Das Optimum muß durch Einstellung nach einem Ziel auf dem Zackenschriftrohr erfolgen.

5. Der Relais- und Netzteil.

Der Relais- und Netzteil enthält zwei Netzgeräte. Ein Hochspannungsnetzgerät (4 KV) für den Modulator und ein Mittel- und Niederspannungsnetzgerät (425 V und 300 V) für die Zündstufe und die ZF-Vorstufe. Außer den Anodenspannungen werden auch die Heizspannungen für diese Geräte dem Netzteil entnommen. Das Verzögerungsrohr RÖ 2 erhält von diesem Netzteil die Spannung zur Betätigung des D-Relais, das die Aufgabe hat, die Möglichkeit des Zuschaltens der Hochspannung an die kalten Röhren zu vermeiden. Das A-Relais schaltet nach Ablauf einer Verzögerungszeit von etwa 30 sek. die Hochspannungen ein. Zum Schutze des Senders bei Dauerzündungen liegt das G-Relais im Zuge der Stromzuleitung zum Modulator und schaltet bei Überstrom die Hochspannungen durch Auslösen des A-Relais ab. Die genaue Funktion der einzelnen Relais mit ihren Kontakten ist dem Abschnitt Stromversorgung zu entnehmen.

Stromversorgung.

Die Anlage Berlin benötigt zum Betrieb eine Gleichspannung von 28 V und eine Wechselspannung von 80 V 500 Hz. Diese Spannungen werden in zwei getrennten Umformern aus dem vorhandenen Bordnetz von 110 V Gleichspannung oder 220 V Wechselspannung erzeugt. Von dieser Spannung ausgehend wird in dem einen Umformer die 28 V Gleichspannung erzeugt. Der Generator muß eine Leistung von etwa 2,3 KW abgeben. Von dieser Leistung werden etwa 300 W zum Betrieb des Lüftermotors, des Antennendrehmotors, der Nullodenheizung, der Beschickung des Elektromagneten und der Relais benötigt. Der Umformer für die 80 Volt Spannung (Type FWG 155) benötigt für seinen Antrieb 2 KW bei einer Spannung von 28 V. Nur dieser Umformer gehört zum Lieferumfang der Anlage "Berlin". Er gibt ca. 800 W bei 80 V 500 Hz. ab. Diese Spannung wird durch einen Kohledruckregler (Pintschregler) auf $\pm 2\%$ konstant gehalten.

Der Einschaltvorgang.

Die Schaltskizzen Abb. 32, 33 stellen eine Zusammenziehung der Schaltelemente des Relais- und Netzteils, des für die Stromversorgung interessierenden Teils des Steuergerätes und des Spannungsverteilers dar. An den Röhren, Relais, Schaltern usw. ist durch die letzten beiden Buchstaben angegeben, in welchem Gerät sich das betreffende Einzelteil befindet. Abb. 32 gibt eine Übersicht des 80 V-Teils und Abb. 33 des 28 V-Teil.

Es bedeuten:	St	Steuergerät
	Si	Sichtgerät
	RN	Relais und Netzteil
	Sp	Spannungsverteiler
	IZ	Impulszentrale
	MT	Markenteil
	ZF	Zwischenfrequenzverstärker
	MZ	Meßzusatz
	S	Sender

Wird durch den Hauptschalter die 80 V-Spannung an die Anlage gelegt, so bekommt das C-Relais über den Gleichrichter Gl 1 Spannung, und der C1 Kontakt geht in Arbeitsstellung. Über den Bereichschalter U1 leuchtet eine der drei Bereichslampen Rö 1, Rö 2 oder Rö 6 auf und das dazu gehörige Relais F bzw. H geht in Arbeitsstellung. Ebenfalls bekommen die Beleuchtungslampen im Meßzusatz und im Sichtgerät Spannung. Die Helligkeit der Beleuchtungslampe Rö 13 im Sichtgerät ist durch den veränderbaren Widerstand W 66 regulierbar. Durch Drücken der Tasten U6 "Niederspannung Ein" bekommt das B-Relais Spannung und seine Kontakte gehen in Arbeitsstellung. b3 ist der Selbsthaltkontakt, so daß nach Öffnen der Taste der Stromkreis über das B-Relais geschlossen bleibt. Über die Kontakte b1 und b4 bekommen der Lüftermotor, die Nullode und der Elektromagnet des Sendemagnetrons ihre Betriebsspannung. Über b2 wird die 80 V-Spannung für Feld I, Feld II und das Sichtgerät mit Ausnahme der Spannung für die Hochspannungstransformatoren freigegeben. Alle Röhren in der Anlage werden aufgeheizt.

Übersteigt der Stromverbrauch eines Verbrauchers seinen normalen Wert, so wird in der Sekundärwicklung von Ü1 eine größere Gegenspannung induziert, die in Gl 2 gleichgerichtet auf die Kompensationswicklung des C-Relais gegeben wird. Dadurch fällt das C-Relais ab und der Kontakt C1 macht das B-Relais stromlos, welches nun seinerseits durch den Kontakt b2 die Wechselspannung abschaltet. Damit ist die ganze Anlage stromlos. Um die einzelnen Verbraucher gleichmäßig an diesen Vorgang anzupassen, ist der Übertrager Ü1 angezapft.

Um ein sofortiges Zuschalten der Hochspannung an die kalten Röhren zu verhindern, ist durch das D-Relais in Verbindung mit Rö 2 eine Verzögerungszeit in den Einschaltvorgang der Hochspannung gelegt.

Nachdem Rö 1 und Rö 2 aufgeheizt sind (in etwa 30 sek.), geht durch den Anodenstrom von Rö 2 das D-Relais in Arbeitsstellung.

Der

Der Wechselkontakt d2 und 3 legt um und lädt C5 auf die Anodenspannung der Röhre 2 auf. d1 öffnet sich und verhindert das Einschalten des Senders. d4 schließt und bereitet den Hochspannungseinschaltvorgang durch das A-Relais vor. d5 schließt und die Ruhekontakte des I-Relais im Sichtgerät öffnen sich, so daß der Oszillator spannungslos bleibt. Ist der Schalter U4b, der mit U4a mechanisch gekuppelt ist, noch geschlossen, so kann der Oszillator trotzdem noch nicht anschwingen, weil der Hochspannungstrafo im Sichtgerät, von dem die Anodenspannung abgenommen wird, noch spannungslos ist. d6 schließt W2 kurz, der die Gegenspannung für das C-Relais schwächt, wenn die Hochspannung an den Sender gelegt wird.

Nachdem nun das D-Relais in Arbeitsstellung gegangen ist, wird die Hochspannung durch die Drucktaste U7 zugeschaltet. Das A-Relais bekommt Spannung über -28 V, c₁, b₁, EW 10, A-Rel., d₄, U₇, U₆, U₅, +28 V. a1 gibt die Wechselspannung für den Hochspannungstrafo im Sichtgerät frei. Über a2 leuchtet die grüne Signallampe Rö 4 auf, und über U4 kann der Antennenmotor durch das E-Relais eingeschaltet werden. a3 ist der Selbsthaltekontakt des A-Relais. a4 legt die Wechselspannung an den Hochspannungstrafo des Modulators im Relais- und Netzteil. Über a5 wird an das Gitter von Rö 2 eine Sperrspannung gelegt (etwa 15 V). Diese Spannung entsteht an dem Spannungsteiler W 16 und W 15. Ist der Kontakt a5 geöffnet, so führt das Gitter Kathodenpotential. Schließt dieser Kontakt, so wird das Gitter auf Masse gelegt, d.h. es wird um den Spannungsabfall an W 15 negativer. Diese Sperrspannung wird aber erst dann am Gitter wirksam, wenn C5, der auf die Spannung zwischen Anode und Kathode aufgeladen war, um den Betrag der Sperrspannung von etwa 15 V weiter aufgeladen ist. Da W4 und C5 nun aber sehr groß sind und somit eine große Zeitkonstante haben, dauert dieser Vorgang etwa 30 sek. Nach Ablauf dieser Zeit ist Rö 2 gesperrt und das D-Relais fällt wieder ab. Damit gehen alle Kontakte des D-Relais wieder in Ruhestellung. Über d1 leuchtet Rö 3 auf und zeigt die Betriebsbereitschaft des Senders an. W5 öffnet sich und das I-Relais im Sichtgerät wird spannungslos. Sobald der Sender eingeschaltet wird, d.h. U4b sich öffnet, schwingt der Oszillator an. d6 schaltet den Widerstand W2 wieder in den Kompensationsstromkreis des C-Relais. Nun wird durch den Schalter U4a die 425 V-Spannung an die Schaltröhre der Zündstufe gelegt und der Sender ist damit in Betrieb. Die Signallampe Rö 5 leuchtet auf und zeigt das Arbeiten des Senders an.

Tritt im Sender eine Überlastung ein, z.B. Dauerzündung der Taströhre, so wird durch den nun größeren Spannungsabfall an W9 das G-Relais ansprechen. Der Ruhekontakt g1 öffnet und das A-Relais, das sich über a3 selbst hielt, fällt ab. Damit wird die Hochspannung vom Modulator durch a4 und die Hochspannung vom Sichtgerät durch a1 abgeschaltet. Durch a5 wird das D-Relais wieder infolge Abschaltens der Sperrspannung von Rö 2 in Arbeitsstellung versetzt. Durch erneutes Drücken der Taste U7 muß nun die Hochspannung wieder eingeschaltet werden, und nach Ablauf der Verzögerungszeit, die durch Rö 2 in Verbindung mit C5 und W4 bedingt wird, ist die Anlage wieder in Betrieb, vorausgesetzt, daß der Fehler beseitigt ist. Sonst wiederholt sich der Auslösevorgang des G-Relais.

Der Eisenwasserstoffwiderstand EW 10 dient zur Konstanthaltung des Erregerstroms für den Elektromagneten. Da bei Durchbrennen dieses Widerstandes das Sendemagnetron infolge Fortfalls des Magnetfeldes überlastet würde, wird das A-Relais in diesem Falle wieder spannungslos und schaltet die Hochspannung ab.

Der Abschaltvorgang.

Soll die Anlage abgeschaltet werden, so wird die Taste U5 "Aus" gedrückt. Damit werden das B-Relais und das A-Relais spannungslos. Das A-Relais schaltet die Hochspannungen und das B-Relais die Niederspannungen ab. Nur die Beleuchtungslämpchen bleiben durch das C-Relais in Betrieb. Soll nur die Hochspannung abgeschaltet werden, so wird die Taste U6 (Niederspannung "Ein") noch einmal gedrückt. Durch den Ruhekontakt dieser Taste wird das A-Relais spannungslos, während alle Niederspannungen durch das B-Relais eingeschaltet bleiben.

Wechselstromversorgung.

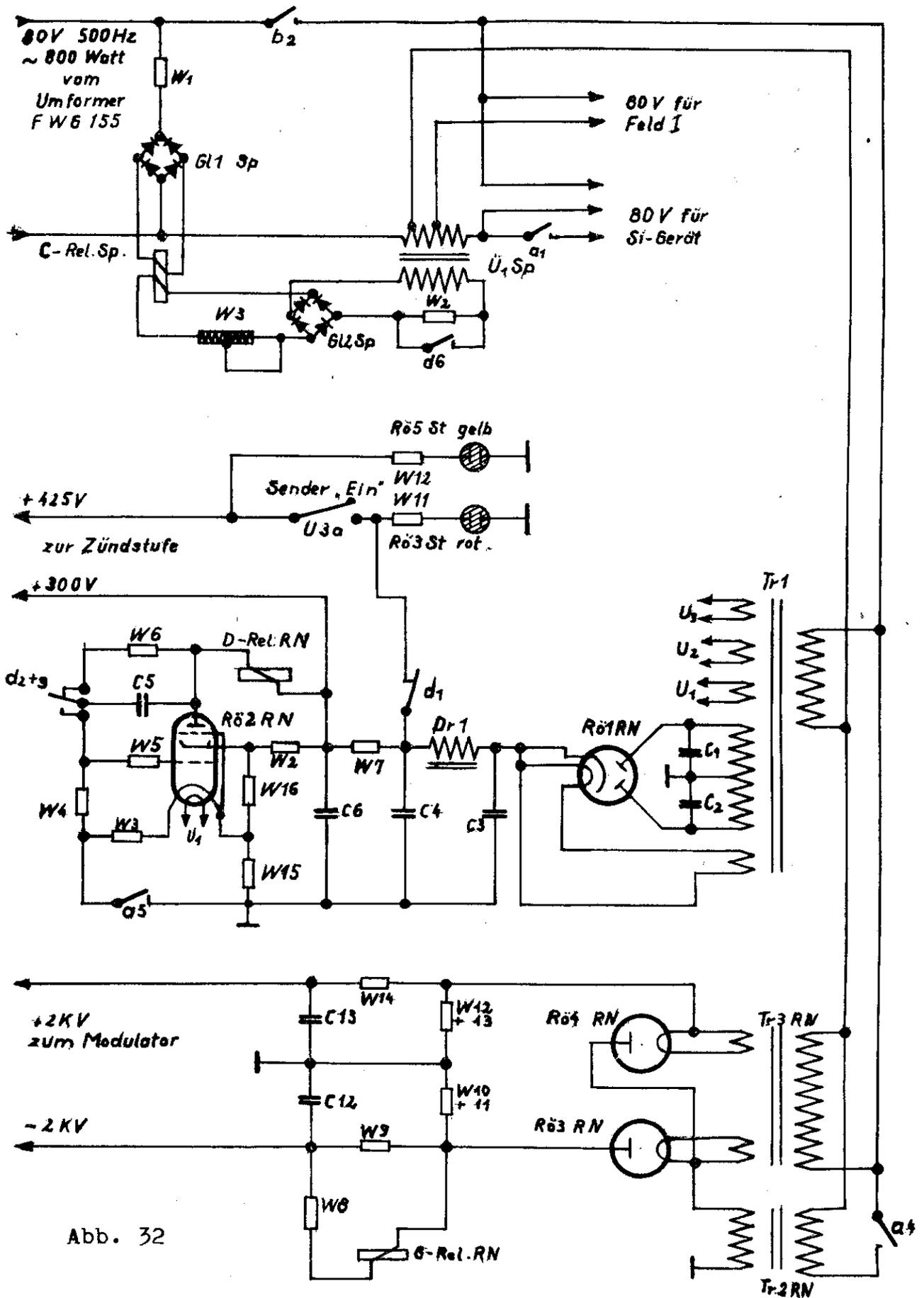


Abb. 32

Abb. Gleichstromversorgung.

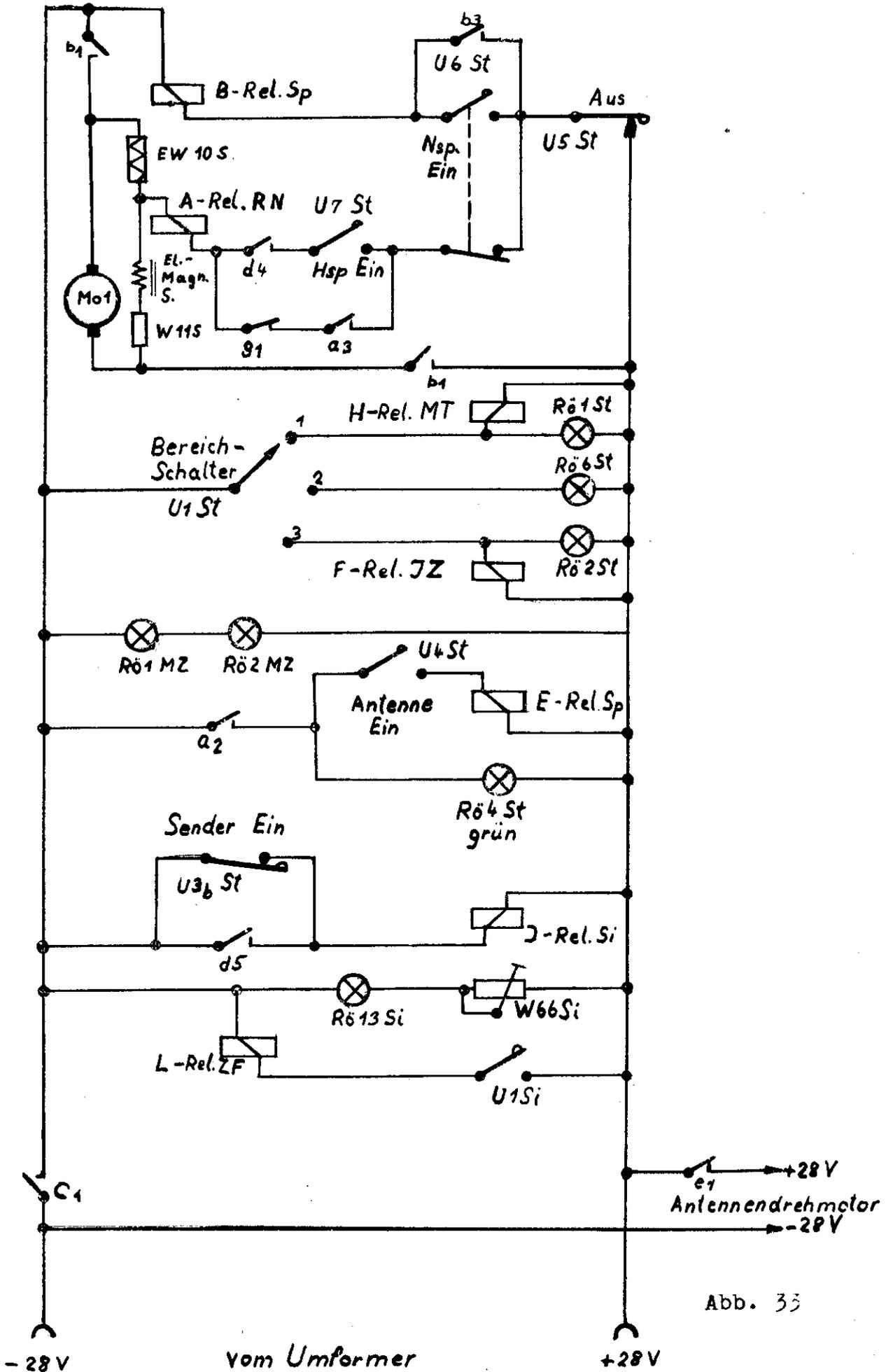


Abb. 33

C. Das Sichtgerät.

Das Sichtgerät gliedert sich in folgende Baugruppen:

1. Der Oszillator; er befindet sich aus bedienungstechnischen Gründen im Sichtgerät.
2. Das Rundsichtrohr; es dient zur Sichtbarmachung des von der Antenne abgetasteten Geländes.
3. Das Zackenschriftrohr, es dient in erster Linie zur Feinmessung beim Zielbetrieb (Handantrieb der Antenne).
4. Der zweistufige Bildinhaltsverstärker.
5. Der einstufige H-Marken Verstärker.
6. Der Hochspannungsgleichrichter für den Betrieb der beiden Braunschen Röhren.
7. Der Mittelspannungsgleichrichter für den Betrieb des Oszillators und der beiden eingebauten Verstärker.
8. Das Anzeigeinstrument für den Detektor-Mischstrom.

1) Der Oszillator.

Der Zweck des Oszillators ist, die Erzeugung einer Hilfsschwingung, die, mit der Empfangsschwingung zur Interferenz gebracht, durch Gleichrichtung die ZF ergibt.

Es handelt sich um einen Magnetronoszillator, bestückt mit der RD 2 Md 2, die eine Anode mit 6 Schlitzen enthält. Die 6 Segmente sind durch Parallelschaltung von jeweils 3 zu einem Polpaar vereinigt, das im Spannungsbauch eines im Hochvakuum befindlichen $3/4 \lambda$ langen Lecherbandsystems eingebaut ist.

Die RD 2 Md 2 wird indirekt geheizt, jedoch ist die Kathode innerhalb der Röhre mit dem einen Heizfadenende verbunden, weil die indirekte Heizung eine größere Kennliniensteilheit ergibt, da sich U_A längs des Heizfadens nicht um U_H ändert, bzw. bei Wechselstromheizung um $U_H/2$ schwankt. Eine getrennte Herausführung der Äquipotentialkathode lohnt sich jedoch nicht, da bei der äußerst geringen Wandstärke des Isolators im glühenden Zustande desselben ohnehin kein hoher Isolationswiderstand aufrecht erhalten werden kann.

Das eine Ende des Lecherbandsystems ist durch zwei Metallklötze geeigneten Abstandes doppelt kurzgeschlossen, das andere Ende ist nahe an die Glaswand herangeführt und dient zur kapazitiven Kopplung mit dem äußeren Schwingungssystem durch die Glaswand hindurch. Die Fassung

der

der RD 2 Md 2 ist so konstruiert, daß sie die richtige Lage der Röhre zum Magnetfeld und zu den Koppelfedern gewährleistet und die Abschirmung lückenlos schließt. Da die Praxis trotz der überwiegend durch Einstellung am Röhrenfuß wegjustierten Fabrikationstoleranzen noch unterschiedlich gute Eignung der einzelnen Röhren ergibt, erhielten die für den Berlin-Oszillator am besten geeigneten Röhren die Typenbezeichnung RD 2 Md 2b.

Als äußeres Schwingungsgebilde dient ein kapazitiv abgestimmter Topfkreis. Man kann sich diesen entstanden denken durch Rotation des einfachsten konzentrierten Zentimeter-Schwingkreises in Form eines kleinen 2-Plattenkondensators und eine in diesem Falle rechteckförmige Windung um eine durch den Kondensatormittelpunkt gedachte Achse. Die Güte eines solchen Topfkreises übertrifft die eines normalen Kreises auf gleicher Frequenz um ein mehrfaches und zwar einmal wegen des Wegfallens der Strahlungsverluste, denn der Kreis schirmt sich selber ab, und geeignete Ankopplung vorausgesetzt, ist die äußere Oberfläche feldfrei und führt Massepotential; zum andern wegen der erheblichen Vergrößerung der Oberfläche der Selbstinduktion. Aus Skineffektsgründen bestimmt die Oberfläche die Ohmschen Verluste und nicht etwa der Querschnitt. Die optimale Form, die ein Minimum an schwingender Feldenergie enthält, ist etwa dann gegeben, wenn die Länge gleich dem Radius ist. Abgestimmt wird der Topfkreis über einen kleinen, veränderbaren Kondensator, der über einen hochuntersetzten, selbsthemmenden Schneckentrieb bedient wird.

Die Leistungsauskopplung erfolgt induktiv über eine um etwa 90° in Richtung ihrer Längsachse schwenkbare symmetrische Koppelschleife. Der Kopplungsgrad ist an einer Skala ablesbar.

Die vom Kabel rückwirkende Blindkomponente kann mit Hilfe einer Stichleitung kompensiert werden. Diese Stichleitung dient gleichzeitig, nach Lösen der Befestigungsschrauben der Exzeterschelle und der Lorenzbuchse, als Hebelarm zum Schwenken der Koppelschleife.

Die vom Oszillator erzeugte Frequenz wird also im wesentlichen durch die von U_A und B abhängige Frequenz des Elektronenmechanismus bestimmt, durch die feste Abstimmung der eingebauten Lecherbandleitung und die veränderbare Abstimmung des Topfkreises. Sie ergibt sich in dem Bereich, der überhaupt schwingt, als Koppelwelle aus diesen dreien. Der Durchstimmbereich soll eine Breite von etwa 0,5 cm haben, innerhalb dieses Bereiches darf sich weder die Frequenz noch die Amplitude sprunghaft ändern. Dieser Durchstimmbereich enthält 2 richtige Abstimmungen, wobei die eine jeweils die Spiegelfrequenz der anderen ist.

Um

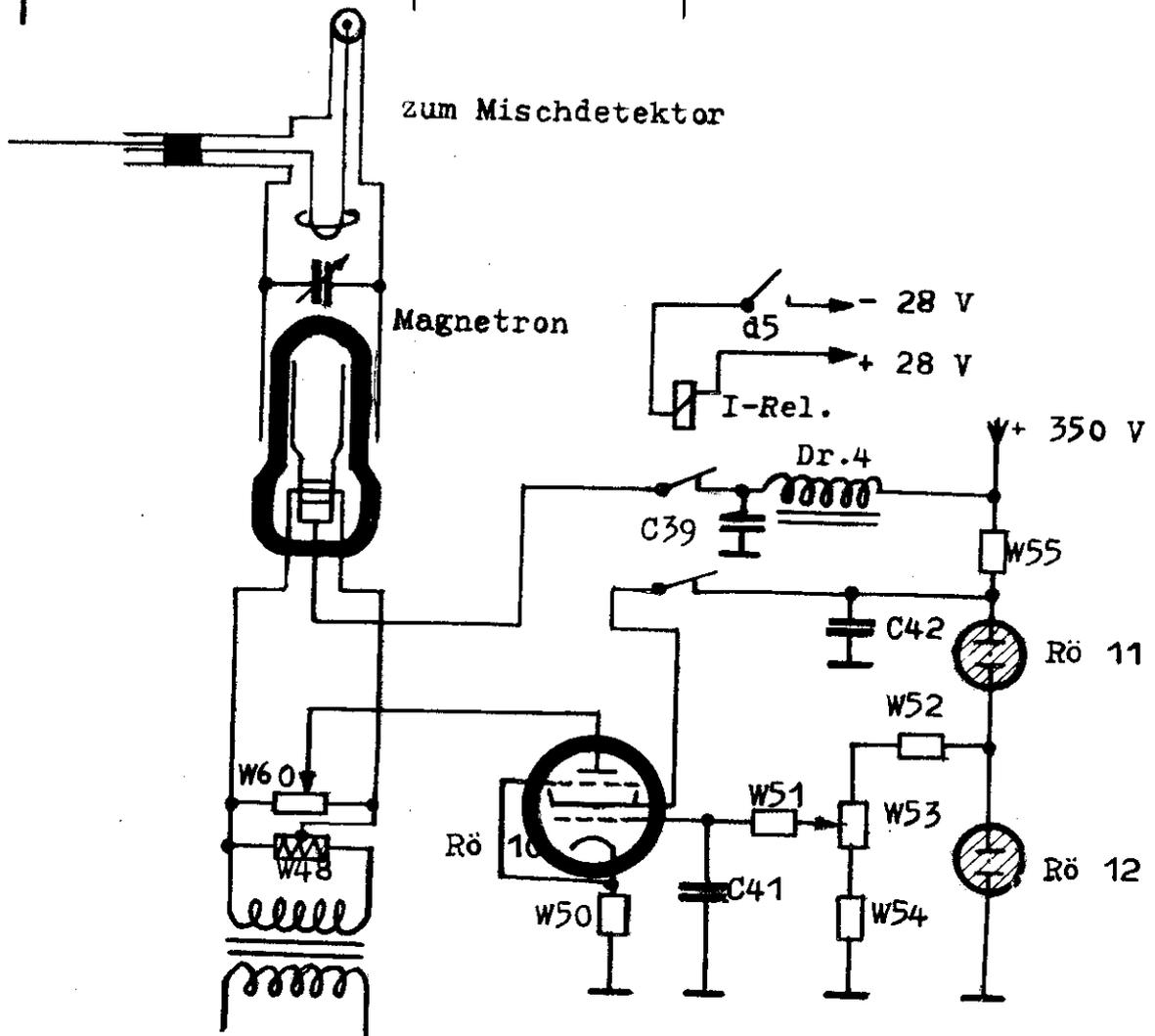
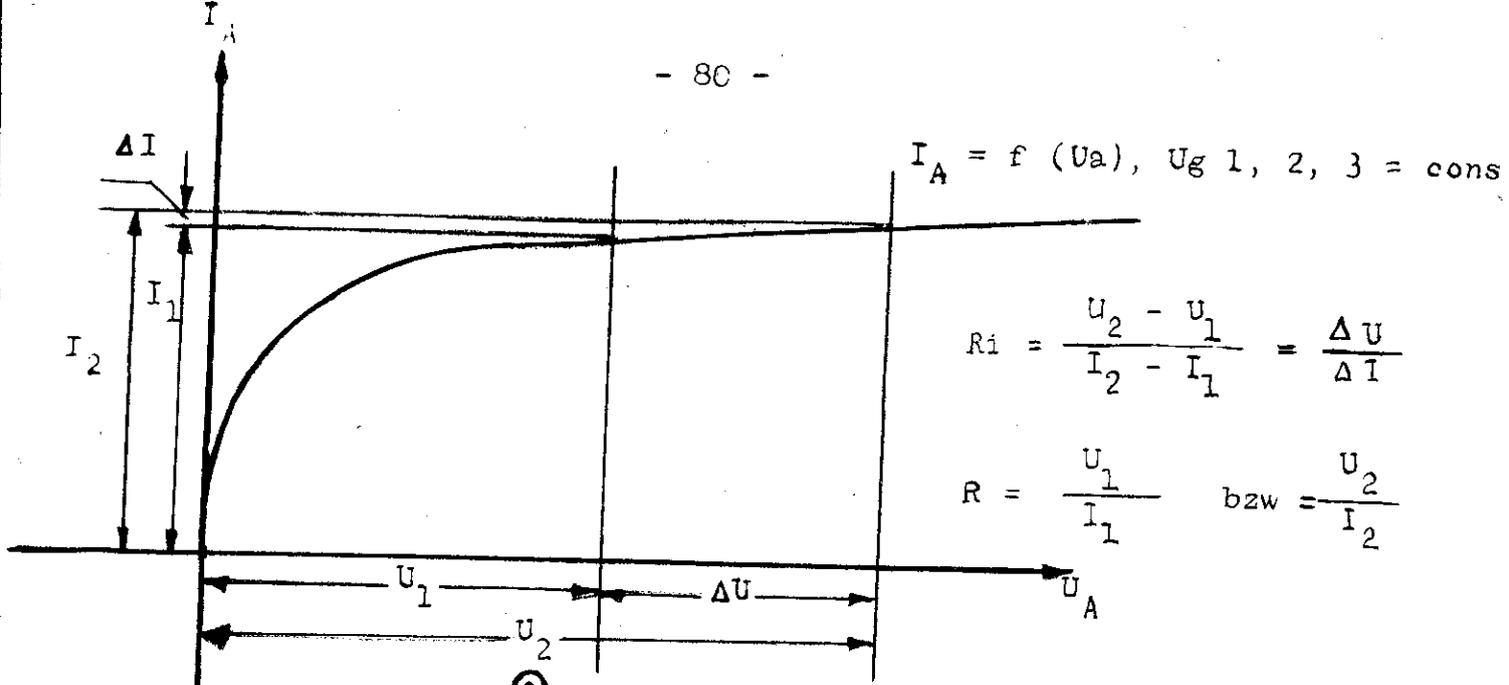


Abb. 34 Schaltung des Oszillators

Um ein stabiles Arbeiten des Oszillators zu gewährleisten, muß der Anodenstrom einer sehr hochohmigen Stromquelle entnommen werden. Der innere Widerstand des Magnetrons ist nämlich klein und für gewisse Frequenzen sogar negativ, wobei dann eine Entdämpfung z.B. der Anodenstromsiebkette und als Folge starke Amplituden- und Frequenzmodulation, Sperrschwingen und dergleichen eintritt. Es erscheint dann ein sogenanntes "Blumenmuster" auf dem Rundsichtrohr.

Bei der RD 2 Md 2 ist eine Trennung der Gleichstromzuführung und der HF-Auskopplung vorgenommen, dementsprechend besitzt das Magnetron 4 Anschlüsse, es sind dies:

- für die HF 2 kapazitive Glasdurchführungen am offenen Ende der Lecherbandleitung;
- für den Gleichstrom der Anodenanschluß am kurzgeschlossenen Ende der Lecherbandleitung und
- der Kathodenanschluß.

Der zur Anfachung der Oszillatorschwingung erforderliche negative Widerstand tritt auf der Lecherleitung, also an ihren der Glaswand genäherten Enden auf. Er ist ultradynamisch, d.h. er existiert nur für bestimmte Frequenzen, denen die Röhre bezüglich ihrer mechanischen Abmessungen (Länge und Wellenwiderstand der Lecherleitung, Anodenradius, Kathodenradius und Schlitzzahl) und ihrer Betriebsbedingungen (Anodenspannung und Magnetfeldstärke) angepaßt ist. Ein statisch meßbarer negativer Widerstand kann zwischen den Enden der Lecherleitung natürlich nicht auftreten. Er ist aber unabhängig von dem oben genannten ultradynamischen zwischen der Kathode einerseits und der Lecherleitung als Ganzem, also dem Anodenanschluß andererseits möglich. Seiner Unterdrückung dient die Vorschaltung eines hohen Widerstandes.

Benutzt man dafür einen normalen Ohmschen Widerstand, so wird der Spannungsabfall an diesem sehr hoch, man müßte also von Hochspannung ausgehen und hätte einen großen Leistungsverlust. Da der Widerstand nur gegen Stromänderung groß sein muß, eignet sich der hohe innere Widerstand einer Penthode als Vorschaltwiderstand.

Es ist wesentlich, daß diese nicht in dem anzuregenden gekoppelten Zentimeterwellensystem liegt.

Trotz sehr großem R_i von einigen MOhm tritt nur kleiner Spannungsabfall auf; die Regelbarkeit wird durch Gittervorspannungsänderung ermöglicht. (Siehe Abb. 34)

Die Konstanz des Stromes setzt auch eine Konstanz der Gitterspannungen der Stromstabilisierungsröhre (Rö 10) voraus. Zur Stabilisierung dieser Spannungen dienen zwei in Serie geschaltete Gasentladungsstrecken mit einer Brennspannung von je etwa 70 V. Die **S**pannungsstabilisierung kommt in bekannter Weise zustande, indem die beiden Stabilisatoren über den Vorschaltwiderstand W 35 jeweils so viel Querstrom ziehen, daß sich in Summe mit dem Verbraucherstrom die richtige Brennspannung als Differenz zwischen Gesamtspannung (350 V) und dem Spannungsabfall an W 55 ergibt. Die Spannung über beide Stabilisatoren von 140 Volt dient als Schirmgitterspannung der Röhre 10. Als zusätzlicher Siebkondensator wirkt C 42, da der Wechselstromwiderstand der Stabilisatoren, der bei 50 Hz noch sehr klein ist, und dem von einigen $10/\mu\text{F}$ entspricht, mit steigender Frequenz infolge Trägheitswirkung der Gasentladung stark ansteigt, so daß sich bei 500 Hz Betrieb die Parallelschaltung einiger μF als zweckmäßig erweist.

Die Steuergittervorspannung setzt sich aus einem einstellbaren, im übrigen konstanten positiven und einem nicht einstellbaren emissionsstromabhängigen negativen Anteil zusammen. Der positive Anteil dient zur Einstellung des Magnetronanodenstromes (Bildbeobachtung) und wird von den 70 Volt des am negativen Ende liegenden Stabilisators abgezweigt. Zur Einengung des Variationsbereiches von beiden Seiten sind dem Einstellpotentiometer W 53 die Widerstände W 52 und W 54 vorgeschaltet. W 51 und C 41 bilden ein Siebglied für die Steuergitterspannung.

Bezüglich des Emissionsstromes sind das Magnetron und die Stromstabilisierungsröhre in Serie geschaltet, d.h. das Magnetron muß mit dem Strom auskommen, der die Stabilisierungsröhre passiert, mehr kann es nicht ziehen, auch wenn sein Widerstand statisch oder ultradynamisch noch so klein oder gar negativ wird.

Der Kathodenwiderstand W 50 ist erstens erforderlich, um die einstellbare, stabilisierte, positive Vorspannung zu kompensieren und somit einen normalen Arbeitspunkt für die Röhre 10 zu schaffen; zweitens ist es durch den emissionsabhängigen Vorspannungsanteil möglich, die Stromstabilisierung weiter zu verbessern. Da R_i kleiner als unendlich ist, tritt mit Anodenspannungsänderungen ΔU_A doch noch eine, wenn auch geringe Anodenstromänderung ΔJ_A auf. Diese bewirkt aber über R_K (W 50), der kapazitiv nicht überbrückt ist, sofort eine Änderung der Gittervorspannung in dem Sinne, daß die Anodenstromänderung nicht die volle durch ΔU_A und R_i bedingte Größe erreicht. Vollständige Kompensation ist natürlich auch hier nicht möglich, **dann** ganz ohne ΔU_A ergibt sich auch kein

kein $\Delta U_G = \Delta J_A \cdot R_K$.

W 48 dient zur Einstellung der Heizspannung ($2 \text{ V} \pm 10 \%$). Die Vorbelastung des Heiztransformators durch den Querstrom von W 48 wurde gewählt, weil die Heizstromquelle der RD 2 Md 2 aus Konstanzgründen - im Gegensatz zur Anodenstromquelle - möglichst niederohmig sein soll.

Es ist zu beachten, daß der gesamte Magnetronheizkreis über den Entbrummer W 60 auf dem Potential der Anode der Stabilisierungsröhre, also je nach Einstellung von W 53 auf etwa + 180 Volt gegen Masse liegt. Das I-Relais schaltet mit einem seiner beiden Kontakte die Anodenspannung während des Aufheizvorganges von dem Magnetron ab, der zweite Kontakt trennt gleichzeitig das Schirmgitter von Rö 10 ab, um es vor Überlastung wegen unterbrochener Ua-Zuführung zu schützen.

2) Das Rundsichtrohr (LB 9).

Die LB 9 enthält nur das Elektronenstrahlerzeugungssystem. Die Ablenkung des Strahles erfolgt magnetisch, also außerhalb des Vakuums. Um den Hals der Röhre sind im Ablenkschwerpunkt ein feststehender und ein rotierender quadratischer Eisenkern gebaut. Die vier Schenkel des feststehenden Eisenkernes tragen vier Spulen, von denen jeweils zwei gegenüberliegende in Reihe geschaltet sind, und zwar bezüglich der Durchflutungsrichtung gegeneinander. Als resultierende Selbstinduktion einer solchen Reihenschaltung ergibt sich:

$$L_{\text{res}} = L_1 + L_2 - 2 M \quad \text{und mit} \quad L_1 = L_2 = L$$

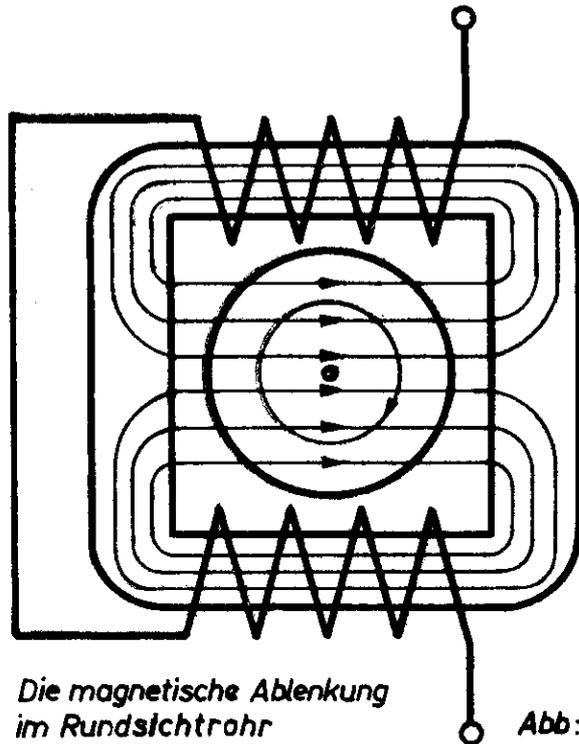
$$\text{und } M = K \sqrt{L_1 \cdot L_2} \approx L; \quad (K \approx 1)$$

ergibt sich: $L_{\text{res}} \approx L + L - 2 L = 0$.

Als Selbstinduktion bleibt nur die Streuung übrig. Der magnetische Fluß muß wegen der entgegengesetzt gleichen Größe den Kern verlassen und ergibt am Ort des Elektronenstrahles ein angenähert homogenes Feld. (Abb. 35) Die Zentrierung erfolgt durch passende Wahl der Stromrichtung- und Größe mit Hilfe der Potentiometer W 31 und W 32 in beiden Koordinaten.

Der Elektronenstrahl stellt einen elektrischen Strom dar und besitzt daher ein ihn kreisförmig umgebendes Magnetfeld. Die Zusammensetzung beider Felder ergibt an den zwei Stellen, wo das Kreisfeld an dem Homogenfeld tangiert, eine Addition bzw. eine Subtraktion beider Felder. Somit erfolgt eine Ablenkung des Strahles in Richtung auf die

Subtraktion,



Die magnetische Ablenkung
im Rundsichtrohr

Abb: 35.

Subtraktion, zum kleineren Gesamtfeld hin, in Abb. 35 also nach unten.

Der Zentrierstrom wird aus der Sekundärwicklung II des Trafo Ü 3, Trockengleichrichter Gl 2 (Grätzschtaltung), Siebkette C 34, Dr 3, C 33 und Symmetrierung (Mittelpunktsbildung) von W 33 und W 34 gegen Masse erzeugt.

Der rotierende quadratische Eisenkern trägt nur zwei einander gegenüberliegende, in Reihe und gegeneinander geschaltete Spulen. Sie erhalten über zwei Schleifringe zur Stromzuführung den Stromsägezahn aus der Impulszentrale und den sogenannten Schiebestrom, einen Gleichstrom aus dem Verteilerkasten. Der Stromsägezahn schreibt bei ruhendem Spulensystem und aufgehelltem Vorlauf aus Symmetriegründen eine Zeitlinie um den durch die Zentrierung eingestellten Röhrenmittelpunkt. Der Strahl schreibt also, sofern man die Amplitude in der Impulszentrale entsprechend aufdreht, einen Durchmesser auf dem Rohr. Wenn man jetzt die Amplitude so weit verkleinert, bis der Durchmesser die Länge eines Radius besitzt, so hat er noch immer nicht dessen Lage. Diese bekommt er erst, wenn man über das gleiche Spulenpaar zusätzlich einen Gleichstrom schickt, der eine konstante, mit **den** Spulen umlaufende Auslenkung bewirkt. Der Schiebestrom wird im Sichtgerät durch W 61 geregelt und durch W 65 begrenzt. Die Wahl gemeinsamer Spulen für Sägezahn und Schiebestrom erfolgte, um auch die Schleifringe

Schleifringe gemeinsam zu benutzen. Die Reibung der beiden Kohlebürsten stellt nämlich die Hauptbremsung des umlaufenden Systems dar; im Interesse winkelgetreuer Abbildung, insbesondere bei Zielbetrieb, muß aber die Reibung des Systems möglichst klein sein. Der Antrieb der rotierenden Ablenkspulen erfolgt über ein kleines Fernübertragungssystem, dessen Rotor durch C 44 auf Resonanz abgestimmt unter Vorschaltung von W 62 an 36 V, 500 Hz liegt. Der Antrieb erfolgt über eine Zahnraduntersetzung von 9,75 : 1. Der Stator des Systems ist in Stern geschaltet. Das gesamte Fü-System kann nach Lösen einer Rändelschraube über einen Rändelkranz von außen nachgedreht werden, um das Bild auf Schiffsnull auszurichten.

3) Das Zackenschriftrohr (LB 1).

Das Zackenschriftrohr besitzt elektrostatische Ablenkung. An die Zeitplatten wird über Ü 4 der Spannungssägezahn aus der Impulszentrale gelegt. Der Kondensator C8 dient zur gleichspannungsmäßigen symmetrischen Unterteilung des Zeitkreises, um ihm zusätzlich die Seiten-Zentriergleichspannung von W 25 zuführen zu können. Auf die eine Meßplatte wird über C 27 der positive Bildinhalt nebst E-Marke und Hellstimpuls gegeben und zusätzlich über W9 die Höhen-Zentrierspannung von W 23. Das Zackenschriftrohr liegt nur an der einen negativen Hälfte der vom Delongleichrichter erzeugten Hochspannung. Der Hellstimpuls wird zwecks Hellsteuerung der Röhre als negatives Rechteck auf die Kathode gegeben. Er kommt von der Impulszentrale über den Außenleiter von Si/3, C7, Kathode und Siebglied W7, C6 und C8. Das Potentiometer W 11 regelt die Wehneltvorspannung und damit die Helligkeit. W 12 regelt die Spannung der Konzentrationsanode und damit die Fleckschärfe. Auf die andere Meßplatte gelangt die negative H-Marke vom H-Marken-Verstärker.

Die Abbildung der E-Marke als Entfernungskreis auf dem Rundlichtrohr erfordert die Einblendung dieser Marke in den Bildinhalt. Damit unterliegt die E-Marke aber der gleichen Amplitudenbegrenzung wie der Bildinhalt in der zweiten Stufe des Bildverstärkers (Rö 5). Daraus folgt für die Zackenschriftdarstellung, daß die E-Marke in die Zielzeichen eintaucht, anstatt auf diese hinauf zu klettern, was im Interesse hoher Meßgenauigkeit wünschenswert wäre, da man den Moment des Hinaufspringens der Marke sehr genau ausmachen kann. Die H-Marke hat dank des getrennten Verstärkers diese Eigenschaft; für Marineanlagen fällt die H-Marke aber weg, so daß ihr Verstärker frei wird.

Gibt man den Bildinhalt nebst E-Marke und Hellstastimpuls zusätzlich auch über diesen Verstärker, so wird die Amplitudenbegrenzung, und zwar nur für das Zackenschriftrohr, aufgehoben, da sich auf ihm Bildinhalt und E-Marke aus einem begrenzten und einem nicht begrenzten Anteil additiv zusammen setzen.

4) Der Bildinhaltsverstärker:

Vom Innenleiter Si/3 kommt der Bildinhalt nebst E-Marke und Hellstastimpuls - alle drei positiv - über C 20 und den UK-Schutzwiderstand W 47 auf das Gitter Rö 4. Das Gitter kann durch das Potentiometer W 37 auf eine negative Vorspannung zwischen Null und -100 V gebracht werden. Durch den Sirutor Gl 4 wird der Gleichstrominhalt der Bildimpulse, den C 20 nicht überträgt, wieder zugefügt; es wird also vermieden, daß sich das mittlere Gitterpotential durch Gleichrichtung der positiven Impulse in Abhängigkeit von deren Amplitude ins Negative verschiebt und somit kleine Impulse unterdrückt werden. Die Endstufe des Bildverstärkers ist eine über C 47 - W 67 gegengekoppelte EL 11. Diese Röhre arbeitet ohne Gittervorspannung; diese Betriebsweise ist möglich, weil an ihrem Gitter der gesamte Bildinhalt nebst Hellstastimpuls negativ ist. Der Außenwiderstand dieser Röhre wird durch ein drahtgewickelt Potentiometer W 45 gebildet. Für das Zackenschriftrohr wird der Bildinhalt unmittelbar an der Anode über C 27 abgenommen. Der Bildinhalt zur Hellsteuerung des Rundlichtrohres wird an dem Schleifer des "Grauwertreglers" W 45 über C 28 abgenommen. Da der Verstärker zweistufig ist, dreht er die Phase um $2 \times 180^\circ = 360^\circ$, der Bildinhalt ist also an C 28 wieder positiv, so daß man am Wehneltzylinder des Rundlichtrohres wegen der höheren Spannung durch zwei in Serie geschaltete Sirutoren den Gleichstrominhalt wieder hinzufügen muß. Die Wehneltvorspannung wird zum Zwecke der Regelung der Grundhelligkeit am Potentiometer W 14 abgegriffen.

Die zweite Stufe des Bildverstärkers nimmt eine Amplitudenbegrenzung vor, sofern die Amplituden der negativen Impulse den Wert der Gittersperrspannung überschreiten. Wegen der fehlenden zweiten Röhre tritt diese Amplitudenbegrenzung bei dem einstufigen H-Marken-Verstärker nicht auf.

5) Der H-Marken-Verstärker.

Er ist genau so aufgebaut, wie die erste Stufe des Bildverstärkers. Die Marke kommt positiv vom Innenleiter Si/2 über C 1 und UK-Schutzwiderstand

UK-Schutzwiderstand W 1 auf das Gitter von Rö 3. Von der Anode geht die Marke über C 4 auf die der mit dem Bildinhalt beaufschlagten gegenüberstehenden Meßplatte des Zackenschriftrohres. Das Steuergitter kann zwecks Verstärkungsregelung wie beim Bildverstärker zwischen 0 und -100 V vorgespannt werden.

6) Der Hochspannungsgleichrichter.

Er ist in Delonschaltung unter Benutzung von zwei indirekt geheizten Gleichrichterröhren LG 3 aufgebaut (Rö 6 und Rö 7). Ladekondensatoren: C 15, C 16, Siebwiderstände: W 35, W 36, Siebkondensatoren: C 13, C 14. Als Entladewiderstände fungieren die beiden Spannungsteiler für die Braunschen Röhren. Die positive Hälfte der im Mittelpunkt an Masse gelegten Gleichspannung wird nur für die Hauptanode des Rundlichtrohrs benutzt.

7) Der Mittelspannungsgleichrichter.

Er ist in Doppelwegschaltung unter Benutzung der direkt geheizten Zweiweggleichrichterröhre AZ 12 (Rö 8) aufgebaut. Ladekondensator C 19, Siebglied Dr 1 und C 18.

8) Das Mischstromanzeigeeinstrument.

Es handelt sich um ein Instrument von 500 μ A Vollausschlag und 100 Ohm Innenwiderstand. Das Instrument gestattet eine Kontrolle des Mischvorganges. Da der von ihm angezeigte Richtstrom fast ausschließlich demodulierte Oszillator-HF darstellt, erstreckt sich diese Kontrolle also auf die am Mischkreis wirksame Amplitude, den Frequenzweg des Oszillators und die Gleichrichtereigenschaften des Detektors.

Ein Detektor, der keinen Mischstrom liefert, ist in jedem Falle defekt, ein Detektor mit Mischstrom braucht deswegen aber noch kein hochwertiges Bild zu liefern. Kein Ausschlag am Mischstrominstrument kann außer auf Detektorstörung auch auf Drahtbruch in der Meßleitung oder Aussetzen des Oszillators zurückzuführen sein.

D. Der Verteilerkasten für Sichtgerät.

Der Verteilerkasten ermöglicht den Anschluß weiterer Tochttersichtgeräte und die Verteilung aller dazu benötigten Ströme und Spannungen. Zu jeder Anlage gehört ein Hauptsichtgerät, gekennzeichnet durch den eingebauten Oszillator. Die Anzahl der zusätzlich anzuschließenden Tochttersichtgeräte ist zur Zeit mit zwei nach oben begrenzt.

Der Verteilerkasten besteht im wesentlichen aus den Anschlußsteckern mit ihren Parallel- bzw. Serienschaltungen und einem Netzanschlußgerät. Dieses liefert aus 80 V 500 Hz erstens 36 V 500 Hz zur Erregung der Läufer der Fü-Systeme in Antenne, Hauptsichtgerät und unter Umständen ein oder zwei Tochttersichtgeräten und zweitens den zur radialen Auslenkung des Sägezahnes erforderlichen Schiebestrom, der mit dem Trockengleichrichter G1 1 in Grätzschaltung, der Siebkette C 2, Dr 3 und C 3 erzeugt und mittels Dr 1, Dr 2 und Dr 4 auf das Haupt- bzw. die Tochttersichtgeräte verteilt wird. Schaltungsmäßig liegt dabei das Problem vor, die rotierenden Ablenkspulen der drei Sichtgeräte mit dem Stromsägezahn in Serienschaltung, gleichzeitig aber mit dem Schiebestrom - wegen unabhängiger Regelung der Einzelgeräte - in Parallelschaltung zu speisen. Die elektrischen Weichen sitzen daher teils in den Sichtgeräten selbst, teils im Verteilerkasten. Jedes Sichtgerät hat einen Anschluß über einen zweipoligen Michelstecker, der sowohl Sägezahn als auch Schiebestrom führt und einen, der nur Sägezahn führt. Die Rückführung des Schiebestromes erfolgt jeweils über Klemme 11 des 14-poligen Michelsteckers.

Zusätzlich läuft über den VK die Schiffsnulldmarke. Sie wird normalerweise nur durchgeschleift; lediglich bei Anlagen der Typen "Berlin U 2 und U 3" erfolgt eine Auftrennung der Leitung im VK. Bei diesen Anlagen wird die Marke in einem Zusatzkästchen zum VK mittels eines Trafos, einer EF 14 und eines Relais von einem außenbords magnetisch erzeugten, niederohmigen Impuls in die normale Nullmarke umgetastet, die einen Isolationswiderstand $R > 200 \text{ KOhm}$ erfordert, der außenbords nicht aufrecht erhalten werden kann. Außerdem bedingt ein Schleifkontakt Pflege und eignet sich also nicht für eine Tauchantenne. Ein Druckkontakt, der allenfalls robust genug ausgeführt sein könnte, eignet sich wegen der großen Schalalthäufigkeit gleichfalls nicht für U - 400/min.

Der Grauwertregler gestattet, die Bildinhaltsamplitude so einzustellen, daß auch die hellsten Ziele keine Übersteuerung des Bildschirmes (Lichthofbildung) ergeben. Würde man diese Einstellung durch Erhöhung der negativen Vorspannung des Wehnelt bewerkstelligen, so würden die schwachen Ziele unterdrückt werden, da man dann nicht mehr am unteren Knick der Wehneltkennlinie arbeitet.

E. Das Antennengerät.

Das Antennengerät setzt sich aus dem umlaufenden Teil, der den Strahler enthält, und dem feststehenden Antennengehäuse zusammen, das den Antriebsmotor, den Geber des Fernübertragungssystems und - sofern es sich um eine einzunordende Anlage handelt - den Nachdrehmotor bzw. Drehstellungsempfänger für den Stator des Fü-Gebers enthält. Außerdem befindet sich im Antennengehäuse der kapazitive Schleifring und der Schiffsnullmarkenkontakt.

Beim Antriebsmotor handelt es sich um einen gegenkomponierten Gleichstrommotor für 24 V. Zur Drehzahlregelung ist das Nebenschlußfeld einseitig herausgeführt. Um eine Einstreuung der durch Kollektorfeuer hervorgerufenen Störungen auf die Antenne zu verhindern, sind die Stromzuführungen in einem Störschutzkasten mehrfach verdrosselt und gegen Masse symmetriert.

Die dielektrischen Stielstrahler.

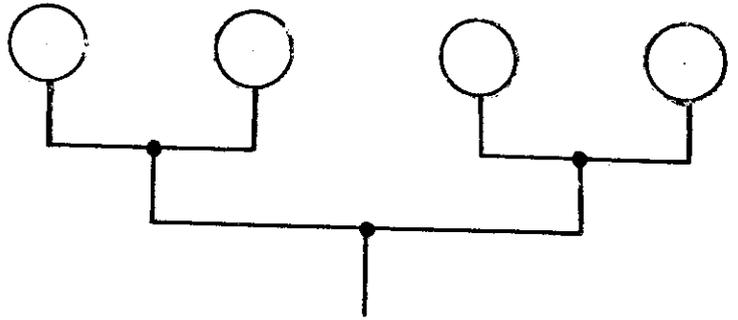
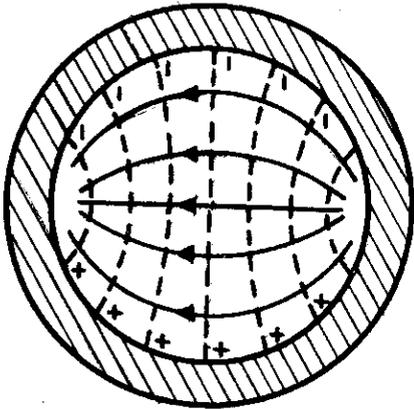
Ausgangspunkt für die Entwicklung dieser neuartigen Richtstrahler war die Theorie der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen in leitenden bzw. nicht leitenden Hohlrohren.

Bringt man in das Nahfeld eines strahlenden Dipols ein beliebig geformtes Stück Isoliermaterial, so tritt eine Formänderung des Strahlungsdiagramms ein und es entsteht aus dem von oben gesehen kreisförmigen Strahlungsdiagramm eines Vertikaldipols ein Oval, dessen größter Radius in die Richtung der Hauptausdehnung des Dielektrikums zeigt. Die Ursache für diese Erscheinung ist in der ungleichen Wellenausbreitungsgeschwindigkeit infolge der unterschiedlichen Dielektrizitätskonstante zu suchen. Näherungsweise betrachtet erleiden diejenigen radialen Strahlen, die zunächst ein Stück ihres Weges im Isolierstoff zurücklegen, beim Austritt aus diesem in die Luft eine Brechung, und zwar in dem Sinne, daß die Dichte der Strahlen in Verlängerung der Richtung des Dielektrikums größer ist als in allen übrigen Richtungen. Es liegt nun nahe, den anregenden Dipol in das Dielektrikum einzubetten, anstatt dies nur an ihn heranzubringen. Diese Maßnahme hat eine Verkürzung des Dipols zur Folge:

$$L = \frac{L_0}{\sqrt{\epsilon}}$$

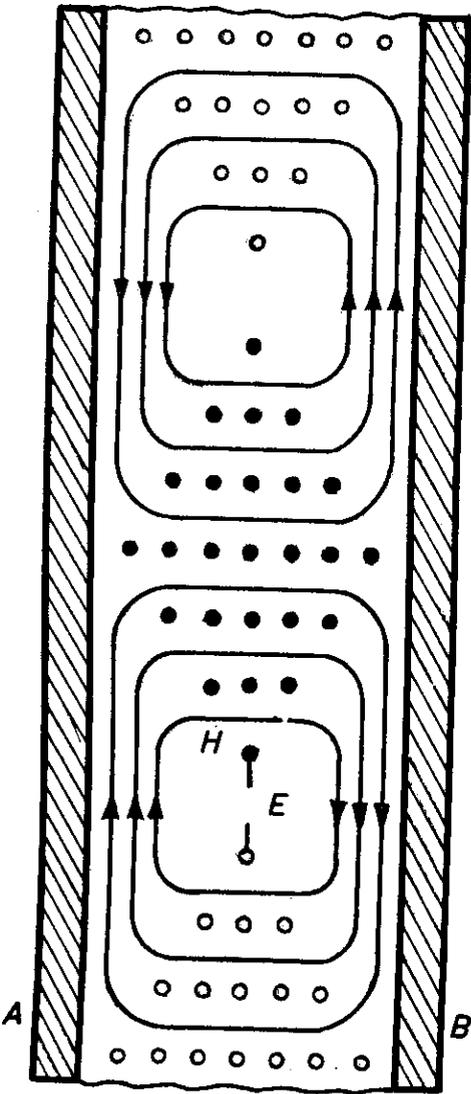
Obige

Schnitt A-B



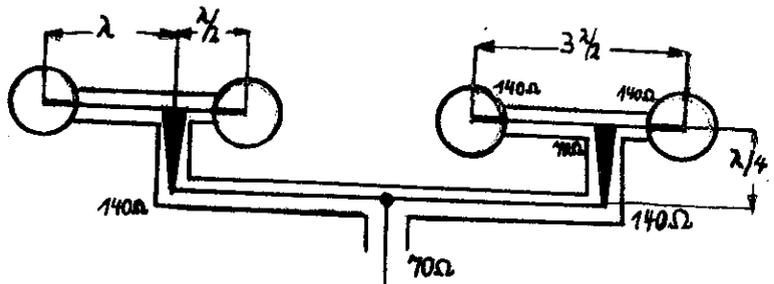
Amplituden- und Spannungsgleiche Speisung der Strahler

Abb. 37



Momentanbild der Ausbreitung der H₁ Rohrwelle

Abb. 36



Speisung der Strahler

Obige Erkenntnis der Verformung der Richtcharakteristik durch Dielektrika wurde nur benutzt, um die Bündelung von metallischen Hohlrohrstrahlern zu verbessern. Eine andere Möglichkeit ist die trichterförmige Erweiterung des Rohrendes zu einem Hornstrahler. Zum Verständnis des Folgenden sei zunächst kurz auf die Wellenausbreitung in metallischen Rohren eingegangen:

Entfernt man aus einer konzentrischen Rohrleitung den Innenleiter, so ist dennoch eine Wellenausbreitung durch das Rohr hindurch möglich. Als Ersatz für die auf der Innenleiteroberfläche fließenden Leitungsströme tritt jetzt eine Komponente des elektrischen oder des magnetischen Feldes in Richtung der Wellenausbreitung auf. Man unterscheidet dadurch zwei grundsätzlich verschiedene Wellenformen, die E-Wellen, bei denen das E-Feld eine Achsialkomponente besitzt und die H-Wellen mit einer Achsialkomponente des H-Feldes.

Man kann auch die E-Wellen als Longitudinal- oder Längswellen und die H-Wellen als Transversal- oder Querwellen bezeichnen. Die Dämpfung ist in jedem Falle kleiner als auf der konzentrischen Leitung, da die ohmschen Verluste, die in erster Linie auf der kleinen Innenleiteroberfläche auftraten, wegfallen. An die Stelle der Leitungsströme auf dem materiellen Innenleiter treten dielektrische Verschiebungsströme auf virtuellen Leitern. Die Anzahl dieser virtuellen Leiter im Rohrquerschnitt wird bei einem kreisförmigen Rohr durch einen und bei einem rechteckigen Rohr durch zwei Indices angegeben. Bezüglich der Feldlinienbilder ist zu beachten, daß die magnetischen Kraftlinien immer in sich geschlossen sind, während die elektrischen Kraftlinien auf den zugehörigen Wandladungen Anfang und Ende finden (Abb. 36).

Für den Antennenbau interessiert die Strahlungscharakteristik eines offenen Rohrendes. Es ergibt sich, daß alle E-Wellen in Richtung der Rohrachse ein Minimum des Strahlungsdiagramms besitzen, das Diagramm ist also mindestens einmal gespalten und dadurch ungeeignet. Alle H-Wellen ergeben in Hauptstrahlrichtung ein Maximum, die H_1 -Welle ergibt speziell einen Kreis. Da die H_1 -Welle sich relativ einfach anregen läßt und genügende Stabilität aufweist, d.h. sich nicht in andere Wellenformen aufspaltet, wird sie bisher für dielektrische Richtstrahler ausschließlich benutzt.

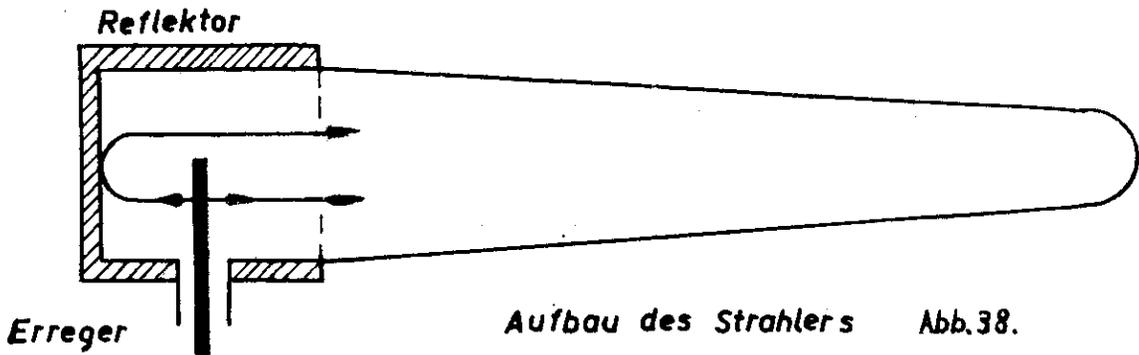
Die Anregung der H_1 -Wellen erfolgt durch einen einseitig in das Rohr hineinragenden Stift, der als Verlängerung des Innenleiters vom Zuführungskabel angesehen werden kann. Länge und Durchmesser dieses Erregers richten sich nach dem aus Anpassungsgründen zu fordernden

fordernden Fußpunktwideerstand der Antenne. Die Länge des Erregers ist durch den Rohrdurchmesser nach oben begrenzt, für den sich ein Kleinstwert aus der Wellenlänge und der Dielektrizitätskonstante des Füllmaterials ergibt; und zwar für die H_1 -Welle:

$$D_{\min} = \frac{\lambda \cdot K_{H1}}{\pi \cdot \sqrt{\epsilon}} = \frac{\lambda \cdot 1,84}{\pi \sqrt{2,5}} = 0,37 \cdot \lambda$$

Ein größerer Rohrdurchmesser bringt die Gefahr einer mehrdeutigen Anregung von H_2 , H_3 -Wellen mit sich.

Aus Symmetriegründen wandert die Welle mit jeweils 50 % der Energie nach beiden Seiten. Aus Energiegründen wird man die eine Hälfte nicht durch geeignete Stoffe absorbieren, sondern mittels einer im Abstände $\lambda/4$ oder ungerader Vielfacher davon angebrachten reflektierenden Wand phasenrichtig zu der anderen Strahlung hinzufügen. (Siehe Abb.37)



Um das kreisförmige Diagramm des offenen Rohrendes zu einer möglichst schlanken Keule zu verformen, verlängert man jetzt den das Rohr anfüllenden Isolierstoff über dieses hinaus um die Länge von einigen Wellenlängen. Bei Verlängerung des Stieles steigt die Bündelung zunächst stark an, mit zunehmender Anzahl der auf dem Stiel untergebrachten λ wird der Gewinn geringer. Vor allem aber steigt die Zahl der Nebenzipfel an. Leicht konische Ausführung des Stieles verringert zwar nicht die Anzahl, wohl aber die Amplitude der Nebenzipfel. Die Halbwertsbreite eines einzelnen Stielstrahlers der Berlin-Antenne beträgt 40° . Durch Parallelschaltung gleichphasig erregter Stiele wächst die Bündelung proportional zu deren Anzahl. Die vierfingerige Stielharke ergibt also in der Ebene der Stiele $40/4 = 10^\circ$. Senkrecht dazu bleibt die Halbwertsbreite natürlich 40° .

Die

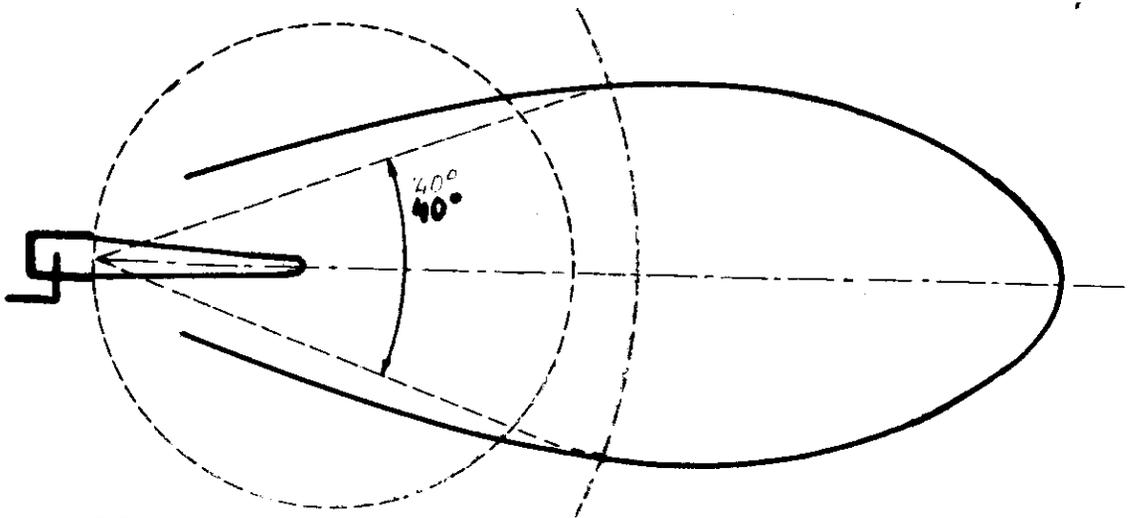


Abb. 39. Charakteristik eines Strahlers

Die Polarisation der Antennenstrahlung entspricht der Lage des Erregers. Die Berlinantenne ist horizontal polarisiert. Für die vier Strahler besteht die Bedingung der Erregung mit gleicher Phase und gleicher Amplitude.

Die Bedingung der gleichen Amplitude ist mit einfachen Mitteln durch zweimalige Gabelung der Speiseleitung zu erreichen. (Siehe Abb.37)

Es ergibt sich also als Untereinheit die Vereinigung jeweils zweier Stielstrahler zu einem Paar, einem "Stielaug". Es ist bekannt, daß die gegenseitige räumliche Verdrehung zweier Strahler um 180° durch Speisung derselben mit ebenfalls um 180° verdrehten Strömen ausgeglichen werden kann. Die Ausnutzung dieser Tatsache ermöglichte eine sehr einfache, übersichtliche Anordnung der Speiseeinrichtung.

Die einander zugekehrten Erreger jedes Paares sind durch eine $3\lambda/2$ lange Leitung verbunden. Die Speisung dieser Parallelschaltung erfolgt durch eine um $\lambda/4$ außerhalb der Mitte liegende Anzapfung. Das auf der einen Seite mehr vorhandene Stück von $\lambda/2$ Länge dreht die Phase um 180° .

Der Fußpunktswiderstand des einzelnen Erregers, d.h. also der Quotient Spannung durch Strom im Fußpunkt beträgt 140 Ohm. Durch Parallelschaltung ergibt das Stielaug also 70 Ohm. Die nochmalige Parallelschaltung zweier Stielaugen ergäbe 35 Ohm, die Anpassung an das Kabel fordert aber 70 Ohm. Aus diesem Grunde wird in den beiden senkrechten Speiseleitungen eine Transformation von 70 auf 140 Ohm vorgenommen. Zum Zwecke der Transformation ist in den Innenleiter

auf

auf die Länge $\lambda/4$ eine konische Durchmesseränderung bei glattdurchgehendem Außenleiter eingebaut. Zum größeren Wellenwiderstand gehört die größere Spannung, zu dieser für gleiche Ladung die kleinere Kapazität pro Längeneinheit, also der größere Abstand. Es zeigt also das dünnere Ende des Transformationsstückes zum Kabel.

Durch die metallische Grundplatte erfährt die Keule eine Anhebung. Der Winkel beträgt etwa $8-24^\circ$; er wird größer, wenn sich der Metallteller nach außen in Form des Flugzeugrumpfes, eines Metaldaches oder dergleichen noch weiter fortsetzt. Bei einem Abstand Strahlermitte - Metallteller größer als etwa 2λ ist eine Beeinflussung nicht mehr gegeben.

Das Fernübertragungssystem.

A) Allgemeines.

Die ersten Berlin-Anlagen benutzten zur Erzeugung des radialen Rasters auf dem Rundsichtrohr folgende Hauptteile:

1. Ein mit der Antenne festgekuppeltes Goniometer
2. Einen mit der Antenne festgekuppelten 2-Phasengenerator
3. Zwei feststehende Ablenkspulensysteme, deren jedes die Ablenkung des Elektronenstrahles in beiden Koordinaten zuließ.

Das Goniometer zerlegte den Stromsägezahn in zwei um 90° gegeneinander phasenverschobene Komponenten. Diese werden auf zwei ebenfalls um 90° versetzte Ablenkspulensysteme gegeben. Die gleichzeitige Einwirkung beider auf den Elektronenstrahl ergibt eine synchron mit der Antenne umlaufende Zeitlinie. Aus Symmetriegründen fällt der Zeitlinienmittelpunkt mit dem Röhrenmittelpunkt zusammen. Zur Erzielung eines Radiusrasters muß der Zeitlinienmittelpunkt auf einen Kreis verlegt werden, dessen Durchmesser gleich dem Röhrenradius ist. Diesen Kreis erzeugte der 2-Phasengenerator; seine Sinus- und Cosinuswelle ergeben über zwei um 90° versetzte Ablenkspulensysteme bei Amplitudengleichheit einen Kreis. Zwischen der Kreisschreibung und der Zeitlinienschreibung darf natürlich kein Winkelunterschied bestehen.

Die Hauptnachteile dieses Systems waren folgende:

1. Unrundheiten auf dem **Rundsicht**bild infolge Ungenauigkeiten im Goniometeraufbau. Insbesondere in der Bildmitte Sprungstellen.
2. Verzerrung (Linearitätsverschlechterung) des Stromsägezahnes durch das Goniometereisen.

3. Festlegung auf die Antennendrehzahl $n = 400/\text{min.}$ und genaue Konstanthaltung derselben wegen der Abhängigkeit der EMK des 2-Phasengenerators und damit des Kreisdurchmessers von der Drehzahl.
4. Unmöglichkeit der Benutzung des Rundsichtrohres beim Zielbetrieb mittels Handantrieb der Antenne aus den gleichen Gründen.
5. Schweres und der Pflege bedürftiges Antennengerät; dies ist ungünstig, da die Antenne aus Gründen der Reichweite an exponierten Punkten, z.B. auf U-Booten außenbords, dem Seewasser ausgesetzt, angebracht wird. Pflegebedürftig sind insbesondere die Stromzuführungsbürsten zur Suchspule des Goniometers. Durch Kohleabrieb entstehen hier leicht Kurzschlüsse der Sägezahnspannung.
6. Die Notwendigkeit, zu dem abgesetzt bzw. außenbords angebrachten Antennengerät zusätzlich Kabel zur Hin- und Rückführung des Stromsägezahnes sowie der 2-Phasenspannung zu verlegen. Der Stromsägezahn erfordert bei größeren Längen Spezialkabel.

Die Hauptvorteile des neuen Systems mit rotierenden Ablenkspulen sind folgende:

1. Genaue Kreisform des Rundsichtbildes und des E-Meßkreises.
2. Beliebige Antennendrehzahl zwischen Null und etwa 400/min.
3. Einfache Möglichkeit der Parallelschaltung von Tochtersichtgeräten.
4. Erhebliche Vereinfachung und Erleichterung des Antennengerätes.
5. Sauberer Bildmittelpunkt, wenn durch Drosseln oder Kondensatoren verhindert wird, daß die umlaufenden Spulen nennenswerte Wechselströme in den ruhenden Zentrierspulen induzieren.

Es wird ersetzt:

Das Goniometer und zwei feste Ablenkspulenpaare durch ein umlaufendes Ablenkspulenpaar.

Der 2-Phasengenerator und zwei feste Ablenkspulenpaare durch einen Gleichrichter und keine zusätzlichen Ablenkspulenpaare, da der Gleichstrom das obengenannte, umlaufende Spulenpaar mit durchfließt.

Das

Das Fernübertragungssystem der Berlin-Anlage hat zwei Aufgaben:

1. Bei Zielbetrieb Übertragung des Winkels, den die Hauptstrahlrichtung der Antenne mit Schiffsnull bildet, auf das Haupt-sichtgerät und gegebenenfalls auf die Tochtersichtgeräte.
2. Bei Rundumbetrieb Antrieb der umlaufenden Ablenkspulen sämtlicher angeschlossener Sichtgeräte, also Verwendung als Antriebsmotor; die Bedingung 1. muß dabei bei allen Antennendrehzahlen erfüllt bleiben.

Geber und Empfänger des Fü-Systems sind im Prinzip gleichartig aufgebaut. Da ein als Geber verwendetes Empfangssystem nur maximal deren zwei anzutreiben vermag, bei der Berlin-Anlage aber bis zu drei Sichtgeräte angeschlossen werden, wird als Geber im Antennengerät grundsätzlich eine etwas größere Type verwendet. Sie unterscheidet sich von den Empfangssystemen durch folgendes:

1. Der Stator ist beim Geber in Dreieck, beim Empfänger in Stern geschaltet.
2. Der Rotor läuft beim Geber in Kugellagern, beim Empfänger in Gleitlagern.
3. Sie vermag bis zu 5 Fü-Empfänger zu steuern.

Zwischen Antenne bzw. rotierenden Ablenkspulen einerseits und den Fü-Systemen andererseits ist eine Übersetzung von $9,75 : 1$ eingeschaltet. Die Drehzahl der Fü-Systeme ergibt sich damit bei einer Antennendrehzahl von $n = 400/\text{min.}$ zu fast $4000/\text{min.}$ Die Übersetzung wirkt sich sehr günstig auf die Genauigkeit der Winkelübertragung bei Zielbetrieb aus, da eine Verdrehung der Antenne um 1° bereits eine Verdrehung des Fü-Rotors um etwa 10° ergibt. Die Ruhereibung im Sichtgerät, die stets nennenswert größer als die gleitende Reibung ist, wird so besser überwunden. Wegen der Übersetzung werden natürlich Verdrehungen z.B. der Antenne bei ausgeschalteter Anlage beim Wiedereinschalten derselben nur ausgeglichen, sofern sie etwa 36° nicht überschritten haben, denn das Fü-System reagiert nur auf Winkelunterschiede, die eine ganze Umdrehung nicht überschritten haben. Geber und Empfänger des Fernübertragungssystems sind im Prinzip unter sich gleich. Als Geber (Sender) arbeitet dasjenige System, das mechanisch an den stärker abgebremsten Apparat angelenkt ist. Es wird z.B. beim Drehen der Antenne das umlaufende Ablenkspulenpaar der Drehung folgen; es wird

aber

aber nicht etwa beim Drehen des Ablenkspulenpaares die Antenne nachdrehen, denn um deren große Masse bei entsprechend großer Reibung zu bewegen, reicht das Drehmoment des Fü-Systems nicht aus.

Sowohl beim Gebersystem im Antennengerät als auch bei den Empfänger-systemen im Haupt- bzw. Tochttersichtgerät sind auch die Statoren, also die gesamten Fü-Systeme, drehbar gelagert. Die Stromzuführung erfolgt über die Serienschaltung von jeweils 2 Schleifringen (von außen auf den Ständer und vom Ständer auf den Läufer).

Im Antennengerät kann ein Nachdrehmotor an dem Ständer des Fü-Gebers zum Zwecke der Übertragung des Kompaßkurses angelenkt werden, also zur Einnordung des Bildes. Bei Marine-Anlagen verzichtet man auf die Einnordung und bremst den Ständer in der Lage fest, die eine Ausrichtung des Bildes auf Schiffsnull (Kiellinie) ergibt.

Die Ständernachdrehmöglichkeit in den Sichtgeräten hat den Zweck, die Ausrichtung auf Schiffsnull wieder herzustellen, falls diese verloren gegangen sein sollte. Als Kriterium für die Richtigkeit der Bildlage dient die Schiffsnullmarke, sie soll grundsätzlich nach oben zeigen. Eine Verdrehung des Bildes kann folgendermaßen zustande kommen: Beim Abschalten der Anlage läuft sowohl der Anlageumformer als auch der Antennenmotor aus. Mit Stillstand des Anlageumformers fehlen aber auch die 36 V 500 Hz Erregung der Fü-Systeme und diese drehen nicht mehr nach. Falls die Antenne noch nicht zum Stillstand gekommen sein sollte, ergibt sich eine Bildverdrehung, die beim Wiedereinschalten der Anlage nur dann offenbar wird, wenn die Schiffsnullmarke eingeschaltet wird.

Achtung: Vor Angabe der Schiffsseitenpeilung irgendwelcher Ziele muß unbedingt die Schiffsnullmarke aufgeschaltet werden. Man sollte sich zum Prinzip machen, die Schiffsnullmarke nur abzuschalten, wenn sie z.B. ein kleines Ziel verdeckt.

Besonders wichtig ist dies für Anlagen des Typs Berlin U 2 und U3. Hier kommt zu der gegenseitigen Verdrehungsmöglichkeit der Fü-Systeme noch die Verdrehungsmöglichkeit der elektrischen Welle zwischen dem Primärformner und dem Reluktanzmotor im Antennenkopf. Da völlig unbestimmt ist, in welcher Polteilung der Reluktanzmotor vom asynchronen Anlauf in Synchronismus fällt, ist die Bildauswertung nur auf Grund der Schiffsnullmarke möglich.

Prinzip der uml. Ablenkspulen

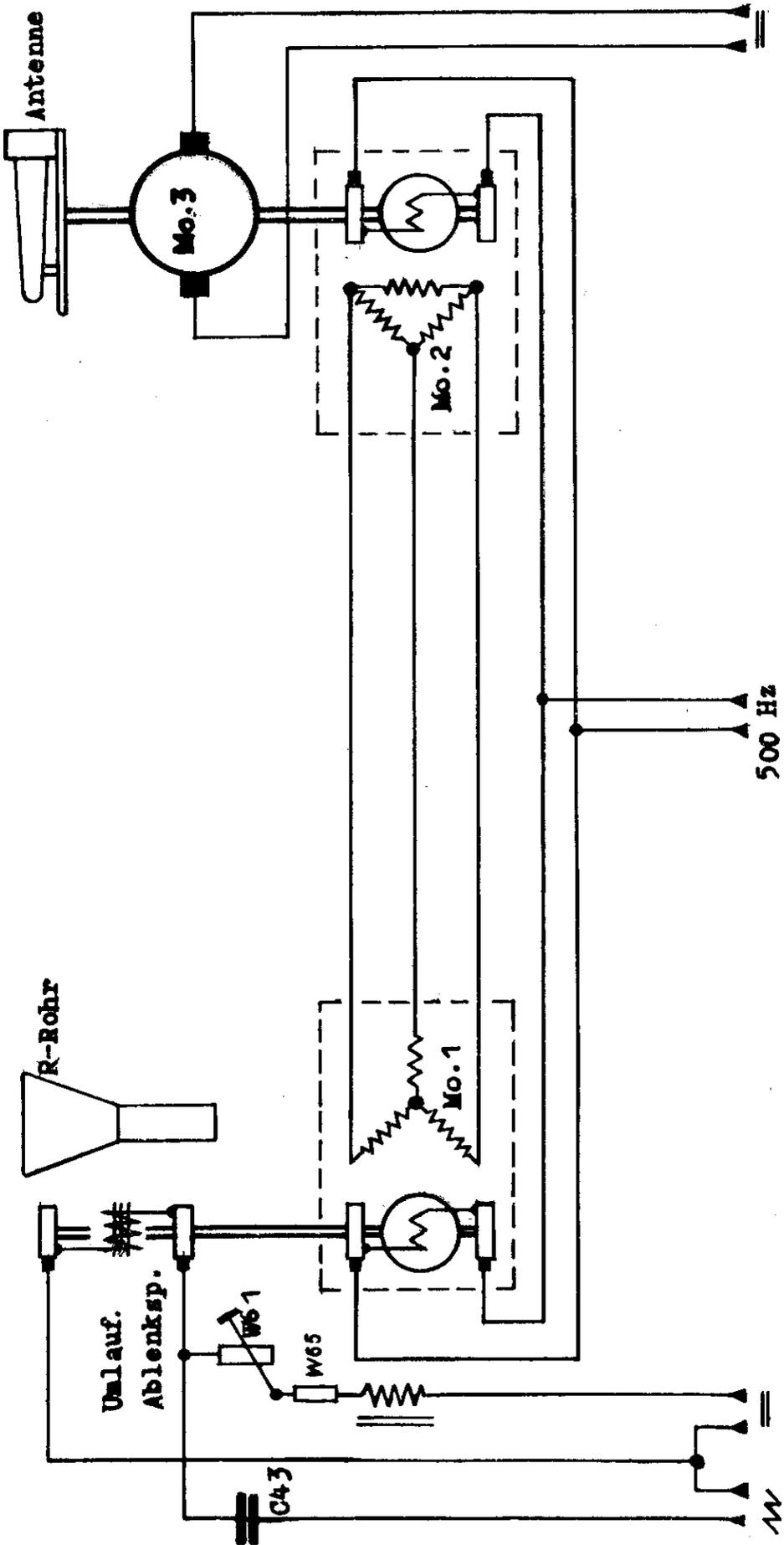


Abb. 40.

Die Fü-Systeme sind untereinander durch 5 Leitungen verbunden. Zwei von ihnen erhalten im Verteilerkasten 36 V 500 Hz und speisen die zweipoligen Läufer der Systeme, die durch Kondensatoren auf Resonanz abgestimmt sind. Bei den Empfängern ist diesem Schwingkreis ein Widerstand vorgeschaltet.

Die drei übrigen Leitungen verbinden als Drehstromsystem die Ständer. Für dieses Drehstromsystem gilt dauernd, daß die Summe der Ströme unter Berücksichtigung des Vorzeichens gleich 0 ist. Bei gleicher relativer Lage sämtlicher Läufer zu ihren Ständern ist auch der Strom im einzelnen Zweig gleich 0. Hierdurch entfällt auch das Drehmoment, da die Erregung des Läufers allein ein solches nicht hervorruft. Bei Rundumbetrieb besteht zwischen dem Geber einerseits und den Empfänger andererseits ein gewisser Schlupf. Dieser ist umso geringer, je kleiner das für die Empfänger erforderliche Drehmoment, also je kleiner deren Abbremsung ist. Daher erfolgt die gemeinsame Benutzung zweier Stromzuführungsbürsten für Sägezahn und Schiebestrom.

F. Das Steuergerät.

So wie das Sichtgerät muß auch das Steuergerät dem Bedienenden stets zugänglich sein. Außer dem Hauptschalter vereinigt es alle Schaltelemente zur Inbetriebnahme der Anlage, die Kontrolleinrichtungen, den ZF-Verstärkungsregler, den Bildradiusregler und die Korrekturmöglichkeiten für die Meßmarken. Im Folgenden sei die Bedeutung der einzelnen Schalter, Kontrolllampen und Potentiometer aufgeführt.

Die Schalter:

U 1 _____ Ein Kellogschalter.

Er dient zur Umschaltung von automatischer Einnordnung auf Handeinnordnung des Bildes. Dieser Schalter hat für Marineanlagen im allgemeinen keine Bedeutung, da eine Einnordnung entfällt.

U 2 _____ Ein Stufenschalter.

Er schaltet den Meßbereich um. In Stellung 1 sind der 18 km-Bereich und die 18 km-Marke eingeschaltet. In Stellung 2 sind der 60 km-Bereich und die 18 km-Marke eingeschaltet. In Stellung 3 sind der 60 km-Bereich und die 60 km-Marke eingeschaltet.

- U 3 _____ Ein Umschalter.
Er schaltet den Sender ein, indem er die 425 Volt Anodenspannung für die Schaltröhre in der Zündstufe frei gibt.
- U 4 _____ Ein Umschalter.
Er schaltet den Antennendrehmotor über das E-Relais ein.
- U 5 _____ Ein Druckknopfschalter.
Er schaltet sämtliche Spannungen der Anlage ab. (A- und B-Relais fallen ab)
- U 6 _____ Ein Druckknopfschalter.
Er schaltet die Niederspannung über das B-Relais ein, **oder**, falls die Hochspannung eingeschaltet war, diese durch das A-Relais ab.
- U 7 _____ Ein Druckknopfschalter.
Er schaltet die Hochspannung über das A-Relais ein.
- U 8 _____ Ein Umschalter.
Er schaltet durch Anlegen der 300 Volt an die Schiffsnullmarkenstufe im Markenteil die Schiffsnullmarke ein.

ie Potentiometer:

- W 20 _____ dient zur Nullkorrektur der Entfernungsmarke (Änderung der Gitterspannung von Rohr 11 im Markenteil).
- W 21 _____ dient zur Nullkorrektur der Höhenmarke (Änderung der Gitterspannung von Rohr 4 im Markenteil).
- W 22 _____ dient zur ZF-Verstärkungsregelung (Änderung der Gittervorspannung von Rohr 2 **und** Rohr 4 im ZF-Verstärker).
- W 23 _____ dient zur zeitlichen Verschiebung des Synchronisierimpulses in der Impulszentrale (Bildradius) (Änderung der Gittervorspannung von Rohr 3 in der Impulszentrale).

Die Kontrolllampen:

- Rö 1 _____ leuchtet bei Schaltung auf Bereich 18 km auf.
- Rö 2 _____ leuchtet bei Schaltung auf Bereich 60 km auf.
- Rö 3 (rot) zeigt die Betriebsbereitschaft des Senders an.
- Rö 4 (grün) leuchtet bei Einschaltung der Hochspannung auf.
- Rö 5 (gelb) leuchtet bei Einschaltung des Senders auf.
- Rö 6 _____ leuchtet bei Mittelstellung des Bereichschalters U 2 auf.

G. Der Spannungsverteiler.

Dem Spannungsverteiler werden die 28 Volt Gleichstrom und die 80 V 500 Hz zugeführt und von hier auf die einzelnen Geräte verteilt. Ein Spannungskonstanthalter (Pintschregler) stabilisiert die 80 Volt Spannung durch Regelung des Erregerfeldes vom Umformer. Der Pintschregler wird teilweise auch als gesonderter Baustein geliefert. In diesem Fall bleibt der hierfür vorgesehene Platz im Spannungsverteiler frei. Der Pintschregler kann dann unmittelbar am Umformer montiert werden. Am Übertrager U 1 werden die Wechselspannungen für die einzelnen Geräte abgenommen. Die Sekundärwicklung dieses Übertragers in Verbindung mit dem C-Relais und den Trockengleichrichtern Gl 1 und Gl 2 sichert das Wechselspannungsnetz gegen Überlastung. Die Kontakte des B-Relais legen die Niederspannung an die einzelnen Geräte. Das E-Relais dient zur Einschaltung des Antennendrehmotors. Zur Abnahme der verschiedenen Spannungen sind die Klemmleisten 1 - 6 vorgesehen. Die Klemmleiste 6 ist vorläufig frei, um eventuell zusätzliche Geräte von hier aus mit Spannung zu versorgen.