

B E R L I N - F I B E L
Erste vorläufige Ausgabe
Juli 1944

(Herausgegeben vom Oberkommando der Kriegsmarine
Amtsgruppe Technisches Nachrichtenwesen)

Merkblatt
zur "Berlin-Fibel"

Die vorliegende "Berlin - Fibel"-Ausgabe Juli 1944 - ist an Hand des Luftwaffen-Boden- Betrachtungsgerätes Berlin ausgearbeitet worden. Es sind deshalb Eigenarten in der Fibel behandelt, die bei dem im Flugzeug eingebauten Boden-Betrachtungsgerät wichtig sind, jedoch bei allen bei der Kriegsmarine vorkommenden Einsatzmöglichkeiten teils keine Rolle spielen, teils überhaupt nicht vorhanden sind. Der Einsatz von "Berlin"-Geräten bei der Kriegsmarine dient in seiner bisherigen Planung ausschliesslich zur Erfassung von Seezielen.

Die Kriegsmarine unterscheidet dabei zwei grundsätzliche Ausführungsformen:

- a) Rundumsuchgeräte mit rotierender Antenne, entsprechend dem "Flugzeug-Berlin-Gerät".
- b) Umgebaute "Berlin-Geräte", die als Hochfrequenzkopf in Verbindung mit anderen Anlagen (Gema-FuMO, bzw. Würzburg-FuMO) arbeiten.

Zu der Ausführung a) gehören die "Funkmess-Ortungsgeräte Fu Mo 81 - 83".

Zu der Ausführung b) gehören die "Funkmess-Ortungsgeräte Fu MO 11, 12, 41" und das in Entwicklung befindliche Gerät "Barbara", das artilleristische Genauigkeiten für den Einsatz bei Küstenbatterien liefert.

Die in der Fibel gemachten Ausführungen gelten vorzugsweise für die "Rundum-Geräte", gemäss a), da bei der Ausführung b) insbesondere das Feld - 2 - umgebaut ist und das "Berlin-Sichtgerät" vollständig entfallen ist.

Aber auch bei den Marine-Berlin-Geräten gemäss a) sind eine Reihe von Unterschieden gegenüber dem Luftwaffengerät vorhanden.

Die Stromversorgung bei der Kriegsmarine ist abgestellt auf die an Bord vorhandenen Primärspannungen von 110 V \sim , 220 V \sim .

Die Nullrichtung auf dem "Rundumsichtgerät" wird bei der Kriegsmarine auf Schiffsnull bezogen, so dass die Betrachtungen über die Einordnung nicht gelten. Das in der Fibel als Höhenmess-

gerät angegebene Braun'sche Rohr ist bei den "Rundum-Berlin-Geräten" der Kriegsmarine auch vorhanden und dient zur Darstellung der Zielzeichen in der üblichen Zackenschrift, insbesondere auch bei stehender Antenne.

Die Antennenausführungen sind bei der Kriegsmarine ebenfalls den jeweiligen Verwendungszwecken angepasst und verschieden bei den Ausführungsformen für U-Bootseinbau, S-Bootseinbau und Einbau auf grösseren Schiffen.

Ausser diesen besonderen Unterschieden sind die Darstellungen der Fibel auch in manchen anderen Punkten für die kommende Serienlieferung überholt. So wird beispielsweise das Goniometer ersetzt durch eine Übertragungsanordnung der Antennenstellung auf das Sichtgerät, die es ermöglicht, mit jeder beliebigen Antennendrehzahl zu arbeiten. (Sichtgerät mit rotierenden Ablenkspulen).

Ferner sind im Laufe der Entwicklung des Berlin-Gerätes noch laufende Änderungen in den Geräten erfolgt. Der Zwischenfrequenzteil ist z.B. umgeändert worden, ferner werden anstelle von Permanent-Magneten für das Senderrohr Elektromagnete eingeführt u. s.w.

Die Fibel kann daher nur zu einer vorläufigen grundsätzlichen Unterrichtung dienen.

Die heutige Impulstechnik bedarf zur Ermöglichung des Verständnisses vielseitiger Darstellungswege in anschaulicher, lebendiger Form.

Grundforderungen des Unterrichtszieles für die Praxis sind:

- 1) Beherrschung der technischen Vorgänge im Sichtgerät, welches als Auswerte- und Darstellungsgerät das Endergebnis aller Arbeitsvorgänge darbietet und Hauptinstrument für den taktischen Einsatz ist.

Es muss eine klare Vorstellung der physikalischen Vorgänge, Zusammenhänge und sichtbaren Endwirkungen darüber vorhanden sein, welche Schaltvorgänge sich bei Betätigung des Steuergerätes abspielen; welche Bauteile bei Handhabung der verschiedenen Einstellungs- und Schaltgriffe in Tätigkeit treten, welche Wirkung sie auf die nächsten Bauteile ausüben usw.

- 2) Genaue Kenntnis der Stromversorgung als Vorbedingung der Inbetriebnahme, der Sicherheit aller Schaltvorgänge, der einwandfreien Überwachung und Durchführung des Betriebes.

Das Eindringen in die weiteren hochfrequenten Vorgänge, in das Arbeiten jeder Röhre, jedes Kondensators und Widerstandes tritt hinter diesen Grundforderungen zurück und bleibt der Ausweitung des Unterrichtes bei vorhandener Zeit sowie den persönlichen Einzelstudien vorbehalten.

Bisherige Literatur

- 1) Werkschrift Firma Telefunken G.m.b.H. "Rundsuchgerät FU G 224" (In allgemeiner Kurzübersicht gehalten; für Lehrer, Schüler und Praxis nicht geeignet.)
- 2) "Vollständige Beschreibung der Anlage "Berlin", herausgegeben von Firma Telefunken G.m.b.H. (während der Fertigstellung der "Berlin"-Fibel erschienen. Nicht für Unterrichtszwecke geschaffen).
- 3) Sonderdruck der Firma Telefunken G.m.b.H. über "Strom- und Spannungsprüfungen", besonders wichtig für Fehlersuche und Fehlerbeseitigung im Einsatz bei vorhandenen Prüfgeräten und für Instandsetzungen.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Merkblatt	I - II
Richtlinien für den Unterricht	III
Inhaltsverzeichnis	IV - V
Begriffsbestimmungen	VI - VII
Impulsplan	VIII
<u>Teil I</u>	1 - 9
Zweck und Aufgaben des Gerätes	1 - 3
Wirkungsweise	3 - 6
Prinzipieller Aufbau	7 - 9
<u>Teil II</u>	10 - 67
(Beschreibung und Aufbau des Gerätes)	10
Bausteine des Berlin-Gerätes:	11
<u>Impulszentrale</u>	11 - 19
Der Multivibrator	11 - 12
Umformung des Mutterimpulses in einen Sägezahn	13 - 14
Umwandlung des Spannungssägezahnes in einen Stromsägezahn	14 - 15
Gewinnung der Hellstastimpulse für das Panoramarohr und Höhenmeßrohr	15 - 16
Erzeugung des Synchronisierimpulses	16 - 19
<u>Zündstufe</u>	19 - 20
<u>Sender und Deziteil</u>	20 - 28
Die Modulatorstufe	21 - 24
Das Magnetron	25 - 26
Die Sperröhre (Nullode)	26 - 27
Der Mischkopf	27 - 28
Spannungsversorgung	28
<u>ZF-Austast- und Eichgerät (Markenteil)</u>	28 - 38
Erzeugung der Entfernungsmarke	28 - 32
Erzeugung der Höhenmarke	32 - 33
Entfernungsmessung im Nahbereich	33 - 35

Die Flugzeugrichtungsmarke	35 - 36
Kontrastautomatik	36 - 37
ZF-Austastung	37 - 38
<u>ZF-Verstärker</u>	38
<u>Sichtgerät</u>	39 - 47
Entstehung des Bildes auf dem Panoramarohr	40 - 42
Das Goniometer	42
Der Zweiphasengenerator	43
Das Bild des Panoramarohres	43 - 44
Das Höhenmeßrohr	44 - 45
Das Oszillatormagnetron	45 - 46
Der Netzteil des Sichtgerätes	46 - 47
<u>Verzerrung und Entzerrung auf dem Panorama- und Höhenmeßrohr</u>	47 - 48
<u>Das Auflösungsvermögen des Gerätes</u>	48
<u>Die Antenne</u>	48 - 51
<u>Die Stromversorgung</u>	51 - 65
Das Steuergerät	53 - 56
Relais-Anordnung des Berlin Gerätes	56 - 60
Das Relais- und Schutzsystem	61 - 65
<u>Die Einnordung des Berlin-Gerätes</u>	66 - 67
<u>Teil III</u>	68 - 93
<u>Die Impulszentrale</u>	68 - 73
<u>Die Zündstufe</u>	73 - 75
<u>Der Sender-und Deziteil</u>	75 - 78
<u>Das ZF-Austast- und Eichgerät (Markenteil)</u>	78 - 84
<u>Der ZF-Verstärker</u>	84 - 86
<u>Das Sichtgerät</u>	86 - 90
<u>Verzerrung und Entzerrung einer Ebene mit geometrischen Figuren in der Darstellung auf dem Panoramarohr</u>	90 - 91
<u>Das Auflösungsvermögen</u>	91
<u>Die Antenne</u>	92
<u>Die Stromversorgung</u>	92 - 93

Begriffsbestimmungen

Anpassung:

Um einem Verbraucher durch eine Stromquelle die grösstmögliche Leistung zuzuführen, ist es nötig, den Verbraucherwiderstand dem Innenwiderstand der Stromquelle anzupassen. Die beste Anpassung ist gegeben, wenn beide Widerstände gleiche Grösse haben. Bei der Spannungsquelle ist es gleich, ob es sich um einen Generator, eine Röhre, einen Transformator oder ähnliches handelt.

Gleitende, halbgleitende Schirmgitterspannung:

Eine gleitende, d.h. mit dem Elektronenstrom sich ändernde Schirmgitterspannung erhält man dann, wenn man die positive Spannung über einen Widerstand an das Schirmgitter anlegt. Steigt der Schirmgitterstrom, so fällt damit die Schirmgitterspannung. Halbgleitend wird sie, wenn man sie an einem hochohmigen Spannungsteiler abgreift.

Grenzfrequenz:

Übertrager sowie Verstärker lassen nur einen bestimmten Frequenzbereich hindurch. Die Grenzfrequenz ist diejenige Frequenz, deren Ausgangsspannung nur noch den 0,75fachen Wert gegenüber der Ausgangsspannung des Hauptfrequenzbereiches beträgt.

Kathodensteuerung:

Durch Anlegen einer Wechselspannung an die Kathode einer Elektronenröhre kann ebenso, wie durch eine Gitterwechselspannung der Elektronenstrom beeinflusst und damit eine Verstärkung erzielt werden. Voraussetzung hierbei ist ein Kathodenwiderstand.

Reelle Kapazität:

Jeder Kondensator stellt eine reelle Kapazität dar. Daneben lässt sich auch eine Elektronenröhre so schalten, dass eine anliegende Wechselspannung um 90° phasenverschoben wird. Sie wirkt dann wie eine Kapazität, die aber nicht reell ist.

Spannungsempfindlichkeit:

Die Multivibratorschaltung ist empfindlich gegen Anodenspannungsschwankungen, die eine nicht konstante Frequenz zur Folge haben.

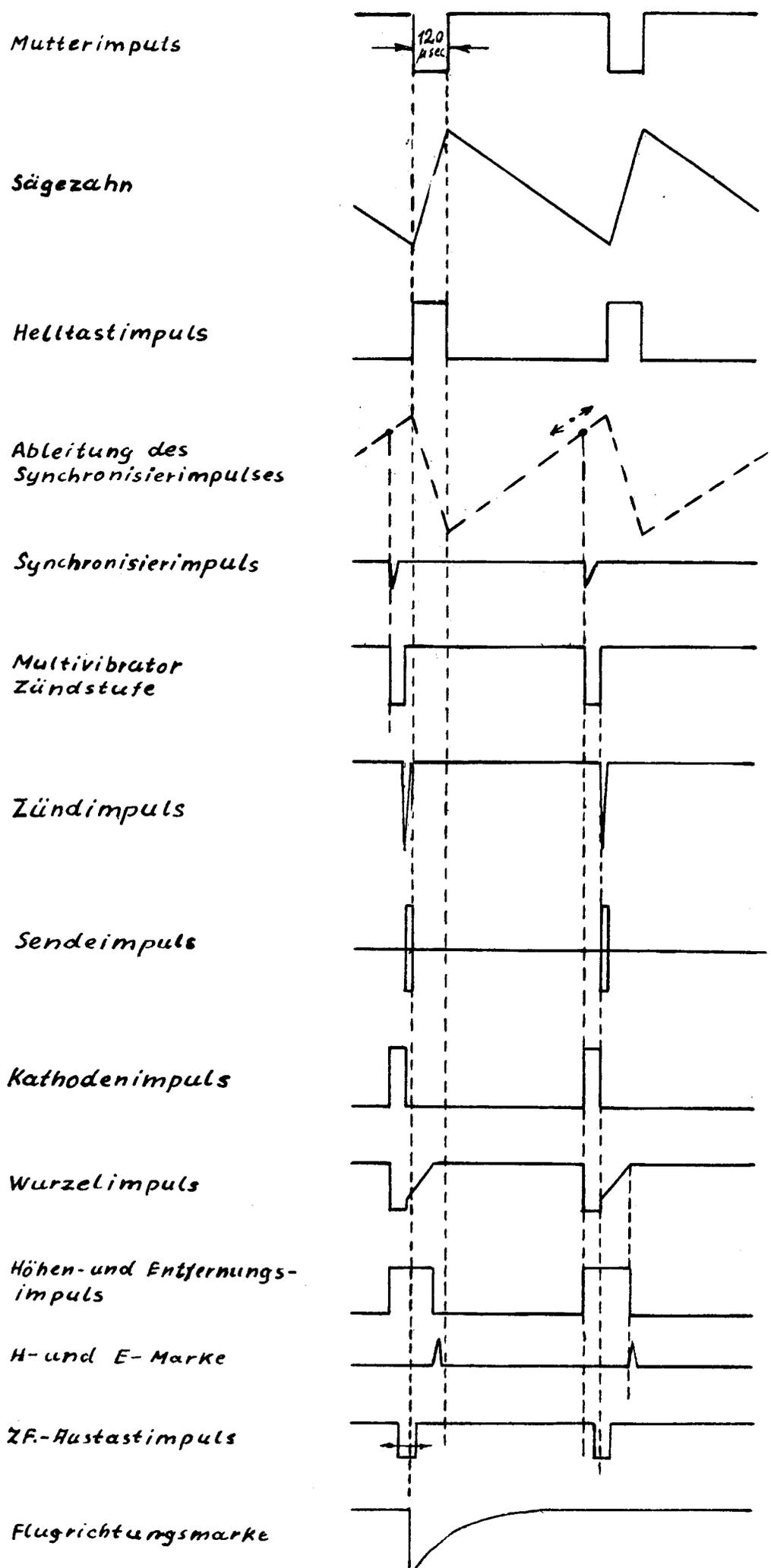
Spannungssägezahn, Stromsägezahn:

Die Ablenkung des Elektronenstrahles im Braun'schen Rohr erfolgt entweder elektrostatisch (mit Hilfe von Ablenkplatten) oder elektromagnetisch. Im ersten Fall wird lediglich eine Spannung benötigt, die an die Ablenkplatten angelegt wird, es fließt kein Strom. Im zweiten Fall benötigt der Elektromagnet einen starken Strom zum Aufbau des Ablenkmagnetfeldes. Der zur Zeitablenkung in einem Rohr mit Ablenkplatten benötigte Sägezahn ist infolgedessen ein Spannungssägezahn, während ein Rohr mit Ablenkspulen einen Stromsägezahn erhält.

Zeitkonstante:

Die Entladung eines Kondensators C über einen Widerstand R erfolgt nach einer Exponentialfunktion. Die Zeitkonstante T gibt die Zeit an, nach der die Spannung U am Kondensator den Wert $U = U_0/2,72 (= U_0/e)$ erreicht hat, wobei U_0 die Spannung des Kondensators bei Beginn der Entladung darstellt. Es ist $T = R \cdot C$.

Impulsplan des Berlin-Gerätes. (Nahbereich)



Zweck und Aufgaben des Gerätes

Das Berlin Gerät (FuG 224) ist ein Rückstrahl-Rundumsuche Gerät, mit dem durch ausgestrahlte Impulse über eine ortstrierende Antenne die gesamte Umgebung abgetastet wird und als Panoramabild auf dem Leuchtschirm eines Braunschen Rohres, des Panoramardres erscheint. Das Gerät ist zum Einsatz an Bord bestimmt und wird zur Überwachung des See- und Luftraumes und zur Ortung von See- und Luftzielen eingesetzt, unabhängig von der Wetterlage und der Tag- und Nachtzeit. Durch Messung der Entfernung und Richtung der Ziele kann es zur Bestimmung von Gegnerkurs und Gegnerfahrt herangezogen werden. In Küstennähe ist es außerdem als navigatorisches Hilfsmittel verwendbar, Küstenstriche, Hafeneinfahrten usw. werden maßstabgetreu auf dem Panoramarohr abgebildet. Feinpeilung ist mit dem Gerät nicht möglich, für artilleristische Zwecke ist es daher nicht geeignet. Seine Reichweitenleistung entspricht der anderer an Bord eingesetzter Funkmeßgeräte. Die Entfernungsmeßgenauigkeit beträgt ± 150 m.

Das Gerät wurde für Luftwaffenzwecke konstruiert, für die es als Navigations- sowie als Bombenzielgerät eingesetzt wird. Das Panoramabild der vom Flugzeug überflogenen Landschaft läßt bei einiger Übung einen Vergleich mit der Landkarte zu. Flüsse, Seen, Gebäudekomplexe heben sich deutlich von der übrigen Landschaft ab, so daß hieraus der Standort festgestellt werden kann. Durch automatische Steuerung von der Kompaßanlage wird erreicht, daß das Panoramabild raumfest, d.h. "Norden" am Panoramarohr stets "oben" ist. Bei einer Kursänderung ändert sich somit die Lage des Panoramabildes nicht und erleichtert dadurch den Vergleich mit der Karte.

Durch Einrichtungen zur Messung der Höhe des Flugzeuges über Grund (in einem besonderen Höhenmeßrohr), der Entfernung und Richtung eines Zieles ist ein Bombenzielwurf allein

nach dem Panoramabild möglich.

Die Höhenmeßeinrichtung wurde in dem Marine-Gerät vorläufig belassen, um eine zeitraubende Umkonstruktion zu vermeiden. Es unterscheidet sich von dem Luftwaffen-Gerät lediglich in der Antennenanlage (Seefestigkeit!) und der anders gearteten Antennenzuführung.

Das Gerät ist umschaltbar in zwei Bereichen, es ermöglicht die Abbildung der Umgebung mit einem Durchmesser von 36 km (Nahbereich) bzw. 120 km (Fernbereich). In beiden Fällen erscheint die Umgebung auf dem Panoramarohr mit einem Bilddurchmesser von 12 cm. Das Bild des kleineren Meßbereiches (Nahbereich) erscheint also in vergrößertem Maßstab.

Die Entwicklung des Gerätes gründet sich auf die Benutzung einer cm-Welle und die Verwendung neuartiger Antennenstrahler aus Isolierstoffen. Dadurch konnten die Antennenausmaße so gering gehalten werden, daß die Antennenstrahler in schnelle Rotation versetzt werden können, um ein Panoramabild entstehen zu lassen. Andererseits werden für den Einsatz an Bord, besonders von Unterseebooten geforderte Bedingungen erfüllt werden, wie geringer Luft- und Wasserwiderstand sowie Druckfestigkeit der Antennenhaube. Im Gegensatz zu den bisher verwendeten Strahlern sind die Ausmaße der dielektrischen Antenne in vertikaler Richtung außerordentlich gering. Sie besteht aus vier nebeneinander liegenden wagerechten Fingern aus dielektrischem Stoff und ist in einer druckfesten Haube untergebracht.

Daten des Gerätes:

Sendeleistung	20 kW
Wellenlänge	91 cm
Tastfrequenz	1500 Hz
Impulsdauer	1 usec.
Umdrehungszahl der Antenne	
400 U/min. = 6,7 U/sec.	

Horizontalbündelung der Antenne	11°
Vertikalbündelung der Antenne	30°
Rundumreichweite:	
Bereich I	18 km Radius
Bereich II	60 km Radius

Wirkungsweise

Die Wirkungsweise soll zum besseren Verständnis an einem Flugzeuggerät erklärt werden.

Durch die von der rotierenden Antenne ausgehenden Sendeimpulse wird das Landschaftsbild rund um das Flugzeug abgetastet. Mit jedem Impuls wird ein anderer radialer, vom Flugzeug ausgehender Sektor bestrahlt. Jeder einzelne Sendeimpuls löst sich durch Reflektion an den verschieden entfernten Reflektionsobjekten in eine Reihe zeitlich nacheinander am Flugzeug ankommender Echoimpulse auf. Diese gelangen über dieselbe Antenne in den Empfangsteil des Gerätes und werden dem Panoramarohr zugeführt. Dort steuern sie den Helligkeitswert des Elektronenstrahles. Das Entstehen eines Bildes ist durch den Weg dieses Elektronenstrahles bedingt, der folgendermaßen verläuft:

Zu dem Zeitpunkt, da der Sendeimpuls die Antenne verläßt, beginnt der Elektronenstrahl vom Mittelpunkt des Leuchtschirmes aus mit gleichmäßiger Geschwindigkeit nach außen zu wandern, er schreibt einen Radius. In welcher Richtung, hängt dabei von der Strahlrichtung der Antenne ab: strahlt sie z.B. nach Norden, so wandert auch der Elektronenstrahl vom Mittelpunkt aus nach der mit "Norden" bezeichneten Stelle am Panoramarohr, also nach oben. Nach einer Strecke von 6 cm (gleich Radius des Leuchtschirmes) kehrt er um und wandert zum Mittelpunkt zurück. Nun wird nach $\frac{1}{1500}$ sec = 667 usec. ein neuer Impuls ausgesandt, gleichzeitig beginnt der Elektronenstrahl erneut vom Mittelpunkt aus zu wandern. Inzwischen hat aber die Antenne infolge ihrer Rotation ihre Strahlrichtung um einen kleinen Betrag geändert, damit wird

auch der Radius, der synchron mit der Antenne umläuft, in dieser neuen Richtung geschrieben. Dieser Vorgang wiederholt sich bei jedem ausgesandten Impuls. Die Antenne, die 6,7 U/sec. macht, hat nach $1/6,7$ sec. eine volle Drehung von 360° ausgeführt. In dieser Zeit sind 225 Impulse ausgesandt worden, 225 mal ist somit auch der Elektronenstrahl vom Mittelpunkt nach außen gewandert, jedesmal in einer anderen Richtung, und hat damit eine Kreisfläche beschrieben, die sich aus 225 Radian zusammensetzt. Der Abstand der Radian errechnet sich hieraus auf $1,6^\circ$. Da dieser Vorgang sich 6,7 mal in der Sekunde abspielt, vermag das Auge die Einzelvorgänge nicht zu unterscheiden, sondern würde eine flimmernde Leuchtrosette auf dem Schirm wahrnehmen. Nun ist der Elektronenstrahl aber in seiner Helligkeit soweit zurückgedreht, daß diese Rosette nur schwach aufleuchtet. Erst die ankommenden Echoimpulse der verschiedenen angestrahlten Gegenstände bewirken eine mehr oder weniger starke Aufhellung des Elektronenstrahles, je nach ihrer Reflektionskraft. Entsprechend der Größe und Ausdehnung der reflektierenden Gegenstände erscheinen sie als aufgeleuchtete Punkte oder Flächen, und zwar jeweils an der Stelle des Panoramarohres, die der Richtung und Entfernung des Zieles im Raum entspricht. Denn nur bei einer bestimmten Strahlrichtung der Antenne wird das Ziel von der Sendeenergie getroffen, sein Echo kann den Elektronenstrahl also nur auf dem entsprechenden Radius aufhellen. Infolge der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen von 300 000 km/sec. ist von der Abstrahlung des Sendeimpulses bis zur Ankunft des Echos eine bestimmte, von der Entfernung des Zieles abhängige Zeit vergangen, somit ist auch der Elektronenstrahl um ein bestimmtes Stück vom Mittelpunkt ausgewandert, wenn er durch den Echoimpuls aufgehellt wird. Damit ist das Ziel in Richtung und Entfernung festgelegt. Durch diese gleichmäßige Auswanderung des Elektronenstrahles vom Mittelpunkt nach außen wird die maßstabgetreue Abbildung der Ziele erreicht. Ein Ziel, das doppelt soweit vom Gerät entfernt ist wie ein zweites, erscheint auch auf dem Panoramarohr in der doppelten Entfernung vom Mittelpunkt.

Die Entstehung des Landschaftsbildes ist so zu erklären: größere reflektierende Flächen, wie z.B. Waldflächen kann man als lauter einzelne, dicht nebeneinanderliegende Ziele ansehen. Auf dem Panoramarohr verschwimmen diese ineinander und bilden eine leuchtende Fläche. Gebäudekomplexe geben sehr gute Ziele ab, Straßenzüge in Städten sind allerdings nicht als solche auszumachen. Seen heben sich von der übrigen Landschaft, die immer etwas reflektiert, als vollkommen dunkle Flächen ab, da die ebene Wasserfläche die gesamte Sendeenergie wie ein Spiegel nach der entgegengesetzten Richtung wirft. Flüsse zeichnen sich durch die am Flußufer erfolgende Reflektion als helle Linien auf dem Panoramabild ab, desgleichen See- und Meeresufer. Da die Antenne mit 6,7 U/Sec. umläuft, entsteht auch das Landschaftsbild 6,7 mal in der Sekunde. Das genügt, um den Eindruck eines stehenden Bildes zu erhalten.

Der Maßstab des Panoramabildes ist festgelegt durch die Zeit, die der Elektronenstrahl vom Mittelpunkt bis zum äußeren Bildrand benötigt. Im Nahbereich soll der Durchmesser der abgebildeten Landschaft 36 km betragen. Die weitesten Ziele liegen also in 18 km Entfernung und sollen am äußeren Rand des Panoramarohres abgebildet werden. Der Sendeimpuls benötigt bis zu diesen Zielen und zurück eine Zeit von:

$$\frac{2 \cdot 18 \text{ km}}{300\,000 \text{ km/sec}} = \frac{120 \text{ sec.}}{1\,000\,000} = 120 \text{ } \mu\text{sec.}$$

Also muß der Radius vom Mittelpunkt nach außen in 120 μ sec. geschrieben sein. Der nächste Impuls wird nach 667 μ sec. ausgesandt, somit bleiben für den Rücklauf des Elektronenstrahles 547 μ sec. Während dieser Zeit ist das Panoramarohr gesperrt. Ziele, die weiter als 18 km entfernt sind, werden so nicht abgebildet.

Im Weitbereich beträgt der Landschaftsdurchmesser 120 km, es sollen Ziele bis zu 60 km Entfernung abgebildet werden. Für diese Strecke und zurück benötigt der Impuls:

$$\frac{2 \cdot 60 \text{ km}}{300\,000 \text{ km/sec.}} = \frac{400 \text{ sec.}}{1\,000\,000} = 400 \text{ } \mu\text{sec.}$$

In dieser Zeit muß der Radius geschrieben sein. Für den Rücklauf stehen demnach 267 μ sec. zur Verfügung, während der das Panoramarohr wieder gesperrt bleibt.

Für den Einsatz des Gerätes im Flugzeug ist ein besonderes Höhenmeßrohr zur Messung der Flughöhe eingebaut. Hierzu dient ein kleineres Braunsch'sches Rohr, auf dem eine durch den Elektronenstrahl horizontal geschriebene Linie (Zeitbasis) durch die Echoimpulse in vertikaler Richtung nach oben ausgezackt wird. Gleichzeitig erscheint eine Höhenmarke als Zacken, die sich längs der Zeitbasis verschieben läßt. Das erste Ziel auf dem Höhenmeßrohr bildet der unter dem Flugzeug liegende Grund, da er die kürzeste Entfernung zum Flugzeug hat. Mit diesem Ziel wird die Höhenmarke durch Drehen an einem Potentiometer in Deckung gebracht und an einer mit dem Potentiometer gekuppelten Trommel die Höhe abgelesen.

Die Entfernungsmessung wird am Panoramarohr vorgenommen und erfolgt derart, daß ein in das Panoramabild eingeblendeter konzentrischer Leuchtkreis, dessen Radius durch ein Potentiometer verändert werden kann, mit dem Ziel in Deckung gebracht wird. Er entsteht dadurch, daß jeder einzelne Radius in einem bestimmten Abstand vom Mittelpunkt aufgehellt wird. Dies geschieht durch einen Impuls, die sog. Entfernungsmarke. An einer weiteren Trommel wird die Entfernung abgelesen.

Das Panoramabild ist raumfest (siehe Bild-darstellung "Lage des Panorama- und Landschaftsbildes"). Deshalb ist eine Einrichtung notwendig, welche die jeweilige Flugrichtung auf dem Panoramabild anzeigt. Dies erfolgt durch die Flugzeugrichtungs-marke. Sie entsteht dadurch, daß jedesmal, wenn die Antenne nach voraus strahlt, ein Kontakt geschlossen wird, welcher bewirkt, daß auf dem Panoramabild der in der Flugzeugrichtung liegende Radius hell erscheint.

Prinzipieller Aufbau

Die einzelnen Bausteine des Gerätes haben die Aufgabe:

- 1) die für die Entstehung des Panoramabildes,
- 2) für die Meß-Einrichtung (Höhen-Entfernungs- und Flugzeugrichtungsmarke) und
- 3) für die Steuerung des Sendevorganges benötigten Spannungsformen zu erzeugen.

Als Ursprungsspannung dient ein breiter Rechteckimpuls (Mutterimpuls) mit der Grundfrequenz 1500 Hz. Aus ihm werden die übrigen Spannungsformen abgeleitet, bzw. von ihm gesteuert.

Das Schaltbild "Gesamtübersicht Berlin" gibt den prinzipiellen Spannungsverlauf wieder. Den Ausgangspunkt bildet der Multivibrator, eine besondere Schaltung zweier Röhren zur Erzeugung des Mutterimpulses.

Die Impulsbreite des Mutterimpulses bestimmt die Dauer der Zeitschreibung auf dem Panoramrohr und somit den Abbildungsmaßstab des Panoramabildes, wie folgende Überlegung zeigt:

Zur Radius-Schreibung im Panoramrohr wird eine Spannung benötigt, die wegen des linearen Abbildungsmaßstabes gleichmäßig ansteigen muß, und zwar im Nahbereich in 120 μ sec., im Fernbereich in 400 μ sec. (Siehe Seite 5 und 6). Anschließend soll die Spannung wieder abnehmen, um nach insgesamt 667 μ sec. ($= 1/1500$ sec.) anzusteigen. Diese Bedingung erfüllt eine Sägezahnspannung mit der Grundfrequenz von 1500 Hz, deren Anstieg in der geforderten Zeit erfolgt. Auf einfache Weise läßt sich ein solcher Sägezahn aus dem Mutterimpuls formen. Die Dauer des Sägezahnanstieges ist dabei gleich der Impulsbreite des Mutterimpulses. Diese muß im Nahbereich infolgedessen 120 μ sec. im Fernbereich 400 μ sec. betragen, wobei die Periodendauer in beiden Fällen 667 μ sec. sein muß. Die Bereichsumschaltung erfolgt somit im Multivibrator.

Im Folgenden sollen an Hand des Schaltbildes "Gesamtübersicht Berlin" die einzelnen Spannungswege verfolgt werden.

Auf dem Weg 1 (Sendeweg) wird der Mutterimpuls zunächst in einen Sägezahn umgeformt, der für verschiedene Zwecke benötigt wird. Auf dem Wege zum Sender wird aus dem Sägezahn ein sehr kurzer Impuls geformt, weiter verstärkt und der Sender damit getastet. Da die benutzte cm-Welle sich mit den üblichen Röhren nicht erzeugen läßt, verwendet man als Sender ein Magnetron. Der entstehende Sende-Impuls wird über ein Kabel der dielektrischen Antenne zugeführt, abgestrahlt und gelangt zum Ziel.

Der Weg 2 (Empfangsweg) beginnt am Ziel das den Impuls reflektiert, Der Empfangsimpuls gelangt über dieselbe Antenne an den Empfangsteil. In diesem Wege liegt eine Sperröhre, die verhindert, daß der Sendeimpuls zum Empfangsteil gelangt und diesen infolge seiner hohen Spannung beschädigt. Im Empfangsteil wird der Empfangsimpuls verstärkt, gleichgerichtet und gelangt nach weiterer Verstärkung als Spannungswert einmal an den Wehnelt-Zylinder des Panoramarohres, zum anderen an eine Ablenkplatte des Höhenmeßrohres. Am Wehnelt-Zylinder vermindert er dessen negative Spannung und bewirkt dadurch eine Intensitätserhöhung des Elektronenstrahles auf dem Leuchtschirm. Beim Höhenmeßrohr kommt er als positiver Spannungswert an eine Ablenkplatte und lenkt hierdurch den Elektronenstrahl zackenförmig aus. Im Panoramarohr sieht man den Echoimpuls somit als hellen Punkt, im Höhenmeßrohr als Zacken.

Auf dem Weg 3a (Zeitablenkung auf dem Panoramarohr) gelangt der Sägezahn über ein Goniometer an die Ablenkspulen des Panoramarohres (die Ablenkung des Elektronenstrahles erfolgt hier nicht durch Ablenkplatten). Goniometer und Zweiphasen-Generator, die dieselbe Umdrehungszahl wie die Antenne haben, veranlassen, daß der durch die Sägespannung geschriebene Radius synchron mit der Antenne umläuft.

Ein weiterer Sägezahn gleicher Form wird auf dem Weg 3b

(Zeitablenkung auf dem Höhenmeßrohr) einer Ablenkplatte des Höhenmeßrohres zur Schreibung der Zeitbasis zugeführt. Diese erfolgt in derselben Zeit wie die Schreibung eines Radius im Panoramrohr : 120 μ sec. im Nahbereich, 400 μ sec. im Fernbereich.

Beide Braunschen Rohre sind durch eine negative Vorspannung des Wehnelt-Zylinders gesperrt. Während der Empfangszeit von 120, bzw. 400 μ sec. wird diese Sperrspannung durch einen Hellstastimpuls aufgehoben. Der Hellstastimpuls ist nichts anderes als der Mutterimpuls, der auf dem Weg 4 weiter verstärkt wird.

Auf dem Weg 4a (Hellstastimpuls Panoramrohr) wird er als positiver Impuls mit dem Bildinhalt (Gesamtheit aller Echoimpulse) vermischt und dem Wehnelt-Zylinder des Panoramrohres zugeführt, während er auf dem Weg 4b (Hellstastimpuls Höhenmeßrohr) als negativer Impuls an die Kathode des Höhenmeßrohres gelangt und dadurch das Rohr arbeiten läßt.

Auf dem Weg 5 (Kathodenimpuls) wird ein kurzer Impuls umgewandelt in

- 1) die verschiebbare Höhenmarke,
- 2) die verschiebbare Entfernungsmarke und
- 3) den ZF-Austastimpuls.

Dieser hat die Aufgabe, den Zwischenfrequenz-Verstärker des Empfangsteiles während der Sendezeit zusätzlich zu sperren.

Der Gleichlauf sämtlicher Spannungsformen ist gesichert infolge der Steuerung durch den Mutterimpuls des Multivibrators. Dieser bildet damit die Seele des Gerätes. Zum einwandfreien Arbeiten des Gerätes ist die Konstanthaltung seiner Frequenz besonders wichtig. Sie wird durch eine Regelröhre gewährleistet.

T e i l II

Beschreibung und Aufbau des Gerätes

Zu der Anlage "Berlin" (FuG 224) gehören:

Impulszentrale	}	vereinigt im Feld I
ZF-Verstärker		
ZF-Austast- und Eichgerät (Markenteil)		
Netzgerät Feld I		
Zündstufe	}	vereinigt im Feld II
Sender und Deziteil		
ZF-Teil		
Relais- und Netzgerät Feld II		
Sichtgerät und Überlagerer		
Steuergerät mit Koppelrechner		
Spannungsverteiler		
Umformer		
äußerer und innerer Kabelsatz		
Einnordungsgerät		

In der Zeichnung "Prinzipschaltbild Berlin" ist die Anordnung der Bauteile so erfolgt, daß die Schaltverbindungen der Einzelgeräte klar zu erkennen und zu übersehen sind. Die Einzelgeräte sind deshalb in der Zeichnung nicht in Feld I und Feld II zusammengefaßt.

Entsprechend diesem Prinzipschaltbild des Berlin-Gerätes ist die "HF-Verkabelung" (in dem nächsten Übersichtsbilde) ebenfalls für die Einzelgeräte gezeichnet: "HF-Verkabelung-Einzelgeräte". Das Prinzipschaltbild gibt die einzelnen Strom- und Spannungsformen an, das Schaltbild "HF-Verkabelung-Einzelgeräte" und das Schaltbild "HF-Verkabelung" zeigen an, was ein jedes Kabel führt. Die Buchsenbezeichnung entspricht den Bezeichnungen in dem Gerät.

Bausteine des Berlin-Gerätes

In den folgenden Schaltbildern und Abbildungen sind technische Einzelheiten fortgelassen. Sie sollen nur die Wirkungsweise der Schaltungen erklären.

Die Impulszentrale (Siehe Schaltbild "Impulszentrale")

Die Impulszentrale ist die Seele des ganzen Gerätes. Sie erzeugt:

- 1) die für die Steuerung des Senders erforderlichen Impulse,
- 2) die Sägezähne für die Zeitablenkung auf den Braunschenschen Rohren,
- 3) die Hellstastimpulse für die Braunschenschen Rohre.

Sämtliche Kurven werden aus dem Mutterimpuls geformt. Dieser wird in einem Multivibrator erzeugt, der das wichtigste Schaltelement der Impulszentrale darstellt.

Der Multivibrator

Seine Wirkungsweise ist folgende:

(Abbildung 1) Bei jeder im Zusammenhang mit dem Arbeiten der Röhre I erfolgenden Erhöhung des Anodenstromes wird der Spannungsabfall an dem Anodenwiderstand R_1 größer und damit, da die Gesamtspannung U_a gleichbleibt, die Spannung U_{a1} kleiner. Da ein Kondensator Spannungsänderungen durchläßt, überträgt sich dieses ^{Negativwerden} über den Kondensator C_1 als negative Spannung an das Gitter der Röhre II. Die Gitterspannung der Röhre II wird so stark negativ, daß das Rohr gesperrt ist und kein Anodenstrom mehr fließen kann. Jetzt entlädt sich der Kondensator C_1 über R_4 . Dadurch nimmt die negative Spannung am Gitter der Röhre II ab und erreicht schließlich den Wert, bei dem das Rohr geöffnet wird, d.h. ein Anodenstrom fließen kann. Der Anodenstrom steigt an, der Spannungsabfall an R_2 wird größer, U_{a2} dadurch kleiner. Somit wird über C_2 das Gitter von Rohr I negativ aufgeladen. Da diese negative Spannung zunächst noch klein ist, wird das Rohr I noch nicht gesperrt, sondern der Anodenstrom wird vorerst geringer. Jetzt geschieht

das Entgegengesetzte, wie zu Beginn des Vorganges. Der Spannungsabfall an R_1 wird kleiner, U_{a1} größer, also positiver. Es gelangt über C_1 eine positive Spannung an das Gitter von Rohr II, der Anodenstrom in Rohr II steigt weiter an, bewirkt einen größeren Spannungsabfall an R_2 und macht das Gitter von Rohr I schließlich soweit negativ, daß dieses Rohr gesperrt wird. Der ganze Vorgang von der Öffnung des Rohres II bis zur Sperrung von Rohr I vollzieht sich augenblicklich (Kippvorgang) (Abb. 2).

Anschließend wiederholt sich der Vorgang im umgekehrten Sinne, Rohr I bleibt gesperrt, Rohr II führt Strom, C_2 entlädt sich über R_3 . An der Anode von Röhre II wird eine Rechteckspannung abgenommen (U_{a2} in Abb. 2).

Sind die Gitterableitwiderstände und die Kopplungskondensatoren in beiden Rohren gleich groß, so entsteht eine symmetrische Rechteckspannung, d.h., ihre positiven und negativen Spannungswerte sind zeitlich gleich.

Wählt man dagegen in unserer Zeichnung R_3 kleiner als R_4 , so entlädt sich C_2 schneller als C_1 , der Kippvorgang in Rohr I setzt früher ein, Rohr I ist weniger lange gesperrt als Rohr II. Wir erhalten eine Rechteckspannung, bei der die positiven und negativen Spannungswerte (Abb. 3) verschieden breit sind.

Im Multivibrator der Impulszentrale stellt der negative Teil der Rechteckspannung den Mutterimpuls dar. Seine Breite soll, wie in Teil I bereits begründet, im Nahbereich 120 $\mu\text{sec.}$, im Fernbereich 400 $\mu\text{sec.}$ betragen bei gleichbleibender Periodendauer von 667 $\mu\text{sec.}$ (Grundfrequenz = 1500 Hz.) (Abb. 4) Dies wird durch entsprechende Wahl der Widerstände erreicht. Die Meßbereichsumschaltung erfolgt dabei über ein Relais F vom Steuergerät aus. (Siehe "Relais-Anordnung Berlin")

Der in der Impulszentrale verwandte Multivibrator (Rö 04 und Rö 05) weist eine etwas andere Schaltung auf, die in Teil III besprochen wird.

Umformung des Mutterimpulses in einen Sägezahn

Der für die Zeitschreibung auf den Braunschen Rohren benötigte Sägezahn wird aus dem Mutterimpuls gewonnen. Die Umwandlung geschieht im Prinzip auf folgende Weise (Abb. 5) :

Die Anode einer Röhre ist durch einen Kondensator C mit der Kathode verbunden. Legen wir an das Gitter dieser Röhre eine Rechteckspannung, so wird sich der Anodenstrom im selben Rhythmus ändern. Die Anodenspannung kann jedoch den schnellen Änderungen nicht folgen, da parallel zur Röhre der Kondensator C liegt. Dieser muß beim Ansteigen der Spannung aufgeladen werden, beim Abfallen von U_a muß er sich entladen, und zwar über den Innenwiderstand der Röhre. So entsteht ein sägezahnförmiger An- und Abstieg der Anodenspannung (siehe Abb. 6).

Im Panoramarohr soll ein Bild der Umgebung entstehen, das maßstabgetreu, also unverzerrt abgebildet wird. Um diese Forderung zu erfüllen, muß der Sägezahn, der die Zeitbasis schreibt, gleichmäßig ansteigen.

Der in der vorher besprochenen Schaltung erzeugte Sägezahn weist diesen geradlinigen Anstieg nicht auf, sondern verläuft der Lade- und Entladekurve eines Kondensators entsprechend exponentiell (Abb. 7). Um einen gradlinigen An- und Abstieg des Sägezahnes zu erhalten, wird in der folgenden Stufe eine Gegenkopplung angewandt.

Bei der Gegenkopplung wird eine Teilenergie von der Anode eines Rohres an das Gitter rückübertragen. Da die Phasenverschiebung innerhalb eines Rohres 180° beträgt, wirkt die rückgeführte Spannung der Gittereingangsspannung entgegen. Es sinkt dadurch die Verstärkung, im gleichen Maße werden jedoch die Verzerrungen herabgesetzt.

Den exponentiell verlaufenden Sägezahn können wir uns als einen verzerrten geradlinigen Sägezahn vorstellen. Durch die

Gegenkopplung wird somit eine Entzerrung und damit eine Linearisierung des Sägezahnes erreicht (Abb. 8).

Die Umformung des Mutterimpulses in den Sägezahn erfolgt in der Impulszentrale in den Röhren R0 06 und R0 07. Der Ladekondensator C in Abb. 5 wird durch die Schaltkapazitäten sowie die Röhre R0 07 gebildet. Die Gegenkopplung geschieht in Röhre R0 07.

Umwandlung eines Spannungssägezahnes in einen Stromsägezahn

Das Panoramarohr, dessen Zeitablenkung nicht durch Ablenkplatten, sondern durch Spulen erfolgt, benötigt hierzu einen starken Ablenkstrom. Um diesen Stromsägezahn unverzerrt zu erhalten, wird eine Gegentaktstufe als Ausgangsstufe verwendet, die für die Aussteuerung der Gitter zwei um 180° phasenverschobene Spannungen benötigt. Wie diese erzeugt werden, zeigt folgende Überlegung (Abb. 9):

In einer Verstärkerröhre fließt, wenn am Gitter keine Spannung anliegt, ein bestimmter Anodenstrom, der im Kathodenwiderstand R_k und im Anodenwiderstand R_a die gleiche Größe aufweist und an diesen Widerständen einen Spannungsabfall (U_1 und U_2) hervorruft. Wird nun durch eine positive Gitterspannung der Anodenstrom vergrößert, so steigt der Spannungsabfall U_1 an R_k und U_2 an R_a . U_3 , als Differenz der Gesamtspannung U und dem Spannungsabfall U_2 , wird kleiner. Durch eine negative Gitterspannung wird der Anodenstrom geringer, U_1 wird kleiner, U_3 größer. Ändert sich die Gitterspannung sinusförmig, so werden sich auch U_1 und U_3 sinusförmig ändern, und zwar U_1 jeweils in der gleichen Richtung, U_3 im umgekehrten Sinne (um 180° phasenverschoben).

Das bedeutet:

- 1) Die an der Anode einer Röhre abgegriffene Spannung ist gegenüber der Gitterwechselspannung um 180° phasenverschoben.

2) Eine am Kathodenwiderstand abgegriffene Wechselspannung ist in gleicher Phase wie die Gitterwechselspannung, gegenüber der Anodenwechselspannung aber um 180° phasenverschoben.

Von dieser Erscheinung wird bei der Steuerung der Gegentaktstufe RÖ 10 und 11 Gebrauch gemacht. Der von Röhre 07 abgenommene Spannungssägezahn wird an das Gitter der Röhre 08 geführt. Kathoden- und Anodenwiderstand dieser Röhre haben gleiche Größe. Die dort abgegriffenen Steuerspannungen weisen somit den gleichen Wert bei entgegengesetzter Phase auf. Zur Einstellung des genauen Bildmaßstabes läßt sich die Höhe der am Gitter der Röhre 08 anliegenden Sägezahnspannung verändern. Die Regelung erfolgt am Potentiometer W 47.

Im Anodenkreis der Gegentaktendröhren liegt ein Übertrager U. Von hier aus gelangt der Stromsägezahn über ein Goniometer, das synchron mit der Antenne läuft, an die Ablenkspulen des Panoramarohres im Sichtgerät und bewirkt die Zeitablenkung des Elektronenstrahles.

Gewinnung der Helltastimpulse für das Panoramarohr und Höhenmeßrohr

Da nur während der Zeit des Sägezahnanstieges Ziele sichtbar gemacht werden sollen, müssen die Braunschen Rohre während des Sägezahnabstieges gesperrt werden. Dies geschieht durch einen Helltastimpuls, der beim Panoramarohr an den Wehnelt-Zylinder, beim Höhenmeßrohr an die Kathode gelegt wird.

Der Wehnelt-Zylinder des Panoramarohres ist von vornherein negativ vorgespannt. Für die Zeit des Sägezahnanstieges wird diese negative Sperrspannung durch einen positiven Rechteckimpuls (Helltastimpuls) aufgehoben, das Rohr kann arbeiten.

Die Helltastung am Höhenrohr geschieht durch Steuerung der Kathode, an die für die Zeit des Sägezahnanstieges ein negativer Helltastimpuls angelegt wird. Während dieser Zeit wird das

Rohr, das sonst durch eine negative Vorspannung am Wehnelt-Zylinder gesperrt ist, dadurch geöffnet, daß die Kathode eine negative Spannung erhält. Wehnelt-Zylinder und Kathode sind dadurch auf dem gleichen Spannungspotential, das Rohr kann arbeiten.

Beide Hellstastimpulse werden der Röhre O1 entnommen. Am Gitter dieser Röhre liegt der negative Mutterimpuls des Multivibrators. An der Anode ist der Impuls wegen der Phasenverschiebung um 180° positiv, am Kathodenwiderstand negativ. Der positive wird an das Panorama-, der negative an das Höhenmeßrohr geführt (Abb. 10).

Erzeugung des Synchronisierimpulses

Die Steuerung des Senders geschieht durch einen Impuls aus der Impulszentrale. Die Herleitung dieses Synchronisierimpulses erfolgt aus dem Spannungssägezahn. Während einer Zeitschreibung des Sägezahnes wird somit ein Impuls ausgesandt. Zur Umwandlung eines Sägezahnes in einen Impuls wird eine Schirmgitterröhre in besonderer Schaltung verwendet (Abb. 11).

A m Gitter dieser Röhre liegt eine veränderliche negative Vorspannung U_{gv} . Das Schirmgitter erhält über R_1 eine positive Spannung U_s . C_1 ist auf die gleiche Spannung aufgeladen. Hat die anliegende Gitterspannung U_g (U_g ist gleich Sägezahnspannung U_{sag} plus Gittervorspannung U_{gv}) die Größe der Sperrspannung U_{sp} erreicht, (Punkt A und C in Abb. 12a) so ist das Rohr geöffnet. Dieser Zustand bleibt während der Zeit t_1 bestehen, da die Gitterspannung so lange oberhalb der Sperrspannung liegt. Nimmt die Sägezahnspannung wieder ab, so fließt (von Punkt B und D ab in Abb. 12a) kein Strom mehr. Die Röhre ist während der Zeit t_2 gesperrt. Der Kondensator C_1 wird in den Zeiten T_2 über R_1 aufgeladen, da das Rohr gesperrt ist. In den Zeiten T_1 ist das Rohr geöffnet. C_1 entlädt sich über den Innenwiderstand des Rohres. Es entsteht so eine sägezahnförmige Schirmgitterspannung U_s (Abb. 12b). Diese wird über den Kondensator C_2 an das Bremsgitter gegeben, das über einen

hochohmigen Widerstand R_2 an Erde liegt.

Die Steuerung des Anodenstromes erfolgt:

- 1) durch die am Steuergitter anliegende Sägezahnspannung,
- 2) durch die am Schirm- und Bremsgitter anliegenden Spannungen.

Im Punkt A wird das Rohr durch die Sägezahnspannung geöffnet. In diesem Augenblick hat die sägezahnförmige Schirmgitterspannung ihren höchsten positiven Wert erreicht, gleichzeitig über C_2 die Spannung am Bremsgitter. Es fließt ein starker Anodenstrom, ebenfalls ein Schirm- und Bremsgitterstrom.

Infolge der Entladung von C_1 fällt die Schirmgitterspannung sofort wieder ab, damit auch die Spannung am Bremsgitter. Der Anodenstrom wird geringer. Gleichzeitig hat der Bremsgitterstrom, der über R_2 abfließt, an diesem Widerstand einen hohen negativen Spannungsabfall zur Folge. Dadurch wird der Anodenstrom vollkommen unterdrückt.

Der ganze Vorgang vollzieht sich augenblicklich. Der Anodenstromimpuls (Abb 12c) ruft am Anodenwiderstand R_3 einen negativen Spannungsimpuls hervor, mit dem der Sendevorgang gesteuert wird (Abb. 12d). Röhre O_3 stellt die Impulserzeugerröhre dar.

Der Zeitpunkt des Anodenstromeinsatzes im Punkte A ist bestimmt durch die Höhe der Gittervorspannung U_{gv} , die an einem Potentiometer eingestellt wird:

Wird in unserer Zeichnung (Abb 13) die anliegende Gittervorspannung negativer, so verschiebt sich der Sägezahn nach unten. Die Überwindung des Sperrgebietes durch den Sägezahn und damit die Ableitung des Synchronisierimpulses erfolgt um die Zeit t später.

Durch Wahl der Gittervorspannung läßt sich so der Zeitpunkt

des Impulseinsatzes bis zum Beginn des Sägezahnabstieges verschoben. Der Impuls soll in dem Moment den Sendevorgang auslösen, in dem die Zeitschreibung auf dem Braunschen Rohr einsetzt, der Ablenkungssägezahn also seinen Anstieg beginnt. Dies wird erreicht, indem man den Spannungssägezahn, der der Röhre 07 entnommen wird, in der Röhre 02 umkehrt. (Phasenverschiebung innerhalb eines Rohres beträgt 180°). Von dort gelangt er an das Gitter der Impulserzeugerröhre 03. Beginnt der Ablenk-sägezahn seinen Anstieg, so beginnt jetzt der Sägezahn am Gitter der Röhre 03 seinen Abstieg (Abb. 14).

Man hat dadurch die Möglichkeit, den Synchronisierimpuls und damit den Sendevorgang gegenüber dem Beginn der Radius-schreibung auf dem Panoramrohr zeitlich vorzulegen. Diese Impulsvorverlegung ist notwendig für die später besprochene Bildentzerrung in größeren Flughöhen. Sie erfolgt am Potentiometer W23 (Bildradius) im Steuergerät, mit dem die Gittervorspannung Ugv von Rohr 03 geregelt wird.

Der Impuls wird über ein Kabel der Zündstufe zugeführt, wo er weiter verstärkt wird, und gelangt von dort an die Modulatorstufe, die das Magnetron im Rhythmus dieser Impulse tastet.

Das Meßrohr benötigt für seine Ablenkplatten zur Zeitschreibung einen Spannungssägezahn. Dieser wird am Kathodenwiderstand der Röhre 02 abgenommen. Der Spannungssägezahn hat hier die gleiche Richtung wie am Gittereingang des Rohres 02.

Spannungsversorgung

In der Impulszentrale wird nur die Anodenspannung von 500 V für die Speisung der Gegentaktendstufe erzeugt. Die dem Umformer des Gerätes entnommene Wechselspannung von 80 V und 500 Hz wird in einem Übertrager Ü 01 hochtransformiert und in einer Zweiweg-Gleichrichterröhre (Rö 12) gleichgerichtet.

Die Anodenspannung für die übrigen Röhren wird der Impulszentrale von außen zugeführt. Sie beträgt 300 V. Die Röhren 03 bis

08 sind gegen Spannungsschwankungen besonders empfindlich. Aus diesem Grunde wird ein besonderes Regelrohr 09 verwendet, das schnelle Schwankungen des Netzes ausgleicht.

Die Zündstufe

(Siehe Schaltbild "Zündstufe").

Die Tastung des Senders erfolgt in der Modulatorstufe mit Hilfe einer Gasentladungsöhre, der sog. Zündflasche. Diese benötigt zur Zündung eine hohe Hilfsspannung (7kV) Der Synchronisierimpuls aus der Impulszentrale hatte nur eine Höhe von einigen Volt.

Die Aufgabe der Zündstufe besteht darin, diesen Synchronisierimpuls umzuwandeln in einen hohen Zündimpuls, Ihre Wirkungsweise ist folgende:

Ein Multivibrator erzeugt eine Rechteckspannung. An das Gitter der ersten Multivibratorröhre gelangt der negative Synchronisierimpuls aus der Impulszentrale. Dieser bestimmt so die Frequenz des Multivibrators zu 1500 Hz, indem er das erste Rohr 1500 mal in der Sekunde sperrt und damit den Kippvorgang bewirkt (Abb. 15, siehe auch Multivibrator S. 11).

Im Anodenkreis des zweiten Multivibratorrohres befindet sich ein Transformator Ü, an dessen Primärwicklung die Rechteckspannung anliegt, Da er nur Spannungsänderungen überträgt (bei Gleichspannung tritt keine Änderung der Kraftlinien ein), entsteht an der Sekundärwicklung nur jeweils im Kippmoment der Rechteckspannung ein Spannungsstoß. (Abb. 16). Mit diesen Spannungsimpulsen wird das folgende Rohr gesteuert, das die Zündspannungserzeugerstufe darstellt (Abb. 17). Seine Gitterspannung ist so gewählt, daß nur die positiven Spannungsimpulse einen impulsförmigen Anodenstrom hervorrufen, während die negativen Impulse unterhalb der Sperrspannung liegen und dadurch für den Anodenstrom unwirksam werden (Abb. 18).

Im Anodenkreis der Röhre liegt eine Spule L. An ihr entsteht

durch die plötzliche Stromänderung, die eine schnelle Kraftlinienänderung zur Folge hat, eine sehr hohe Selbstinduktionsspannung.

Röhre 1 und 2 stellen den Multivibrator dar. Seine Schaltung weicht von dem üblichen Aufbau ab, sie ist im Teil III beschriebenen.

Röhre 3 ist die Zündspannungserzeugerstufe. An ihrer Anode wird der negative Zündimpuls abgenommen, der eine Spitze von etwa 7 kV aufweist und der Hilfsanode der Zündflasche in der Modulatorstufe zugeführt wird.

Die zweite Aufgabe des Multivibrators besteht darin, dem ZF-Austast- und Eichgerät einen Impuls von 12 μ sec. Breite zu liefern, den sog. Kathodenimpuls. Durch entsprechende Dimensionierung der Schaltelemente im Multivibrator wird erreicht, daß die Recheckspannung einen Impuls mit einer Breite von 12 μ sec. bei einer Periodendauer von 667 μ sec darstellt (Abb. 19). An der Kathode der Röhre O2 wird dieser Impuls als positiver Kathodenimpuls abgenommen.

Sender und Deziteil

(Siehe Schaltbild "Sender und Deziteil")

Im Sender und Deziteil sind folgende Teile zusammengefaßt:

- 1) Die Modulatorstufe. Sie führt dem Magnetron während der Impulssendung die benötigte Leistung zu.
- 2) Das Magnetron. Es stellt den Sender dar, dessen Sendeenergie, über ein Lecherkabel der Antenne zugeführt wird.
- 3) Die Sperröhre (Nullode). Da das Gerät zum Senden und Empfangen mit einer Antenne arbeitet, muß verhindert werden, daß die Sendeenergie direkt in den Empfangsteil gelangt. Die Sperröhre sperrt während des Sendevorganges den Empfangsteil und vermeidet dadurch eine Beschädigung

des empfindlichen Mischdetektors.

- 4) Der Mischkopf. Die Mischung der Empfangsfrequenz mit der Oszillatorfrequenz zur Erzeugung der Zwischenfrequenz erfolgt nicht, wie sonst üblich, in einer Mischröhre, sondern mit Hilfe eines Kristalldetektors.

Die Modulatorstufe

Das Magnetron benötigt, um die hohe Impulsleistung von 20 kW abgeben zu können, eine hohe Anodenspannung (18 kW) bei verhältnismäßig hohem Anodenstrom.

Sollte diese Energie von der Spannungsquelle direkt gedeckt werden, so müßte diese aus Isolationstechnischen Gründen unerwünscht groß ausgeführt werden. Dies Verfahren ist sehr unwirtschaftlich, und man benutzt daher einen Energiespeicher, der dem Magnetron für die Dauer des Sendeimpulses die nötige Leistung zuführt. Wichtig ist dabei die Erzeugung eines rechteckigen Tastimpulses, damit das Ziel auf dem Panoramarohr scharf abgebildet wird. Die Spannung muß also während der Impulsdauer gleichbleiben und dann plötzlich abfallen. Die Erzeugung dieser Tastspannung geschieht in der Modulatorstufe.

Wir kennen aus der Schwachstromtechnik als Energiespeicher das Element und den Akkumulator. Bei einem Element wird bei Belastung die Spannung nach und nach geringer, bis sie schließlich Null erreicht (Abb. 20). Ein Akku liefert dagegen längere Zeit völlig gleichbleibende Spannung, die dann plötzlich abfällt (Abb. 21).

Auf einen kurzen Zeitraum zusammengedrängt, läßt sich ein Element mit einem Kondensator vergleichen, der eine ähnliche Entladekurve zeigt (Abb. 22). Ein Energiespeicher, der wie ein Akkumulator seine Spannung eine bestimmte Zeit konstant hält und dann in seiner Spannung plötzlich abfällt, steht uns in der Laufzeitkette zur Verfügung. Sie stellt eine Anordnung von Kondensatoren und Spulen dar (Abb. 23). Ihre Entladezeit t_1

(Abb. 24) ist bestimmt, durch die Anzahl und Größe der C- und L-Glieder.

Die Wirkungsweise der Modulatorstufe kann man sich so vorstellen (Abb. 25):

Die Laufzeitkette L1 wird über die Drossel D1 auf die Spannung von -2 kV aufgeladen. (Es ist hier die Spannung des Punktes A gegenüber Erde gemeint.) Die Aufladung erfolgt, da Drossel D1 und Laufzeitkette L1 einen Schwingungskreis darstellen, in Form einer gedämpften Schwingung (Einschwingvorgang, Abb. 26). Beim Einschalten wird die Spannung der Laufzeitkette von 0 auf -4 kV hochschnellen, einige Male um den Wert -2 kV pendeln und sich dann auf diesen Wert einstellen. Der Kondensator C2 wird sich über D2 auf $+2$ kV aufladen.

Ra stellt den Verbraucherwiderstand dar, der durch das Magnetron gebildet wird, Z den Innenwiderstand der Laufzeitkette (vergleichbar mit dem Innenwiderstand einer Spannungsquelle). Um der Laufzeitkette während der Impulsdauer sämtliche Energie zu entnehmen, muß der Verbraucherwiderstand Ra dem Innenwiderstand Z angepaßt sein.

Abb. 27 zeigt die Form der Entladung der Laufzeitkette bei verschiedenen Werten von Ra. Ist Ra größer als Z, so erfolgt die Entladung treppenförmig. Ist er kleiner als Z, so tritt ein positives Überschwingen der Impulse ein. Die gewünschte Entladeform ist nun gegeben, wenn Ra gleich Z ist. Dieser Zustand ist sehr labil, und durch geringe Schwankungen von Ra (bedingt durch Temperatur-Unterschiede) könnte dieser größer werden als Z. Die Entladung würde dann treppenförmig erfolgen, somit auch der Sendeimpuls diese Form haben.

Um das zu vermeiden, wird Ra etwas kleiner gewählt als Z. Man erreicht so, daß die absteigende Impulsflanke auf jeden Fall senkrecht durch Null hindurchgeht. Das positive Überschwingen wird durch eine Zweipolröhre beseitigt (Begrenzerröhre).

Nun schließen wir den Schalter S kurzzeitig. Die beiden Drosseln

D1 und D2 verhindern, daß die von außen anliegende Spannung von 4 kV kurzgeschlossen wird. (Für kurzzeitige Spannungsänderungen stellt eine Spule, genau wie für eine Wechselspannung, einen hohen Widerstand dar).

Der Verbraucher Ra (Abb. 28) wird von L1 (die Laufzeitkette ist der Einfachheit halber nur als Kondensator dargestellt) und C2 mit Spannung versorgt. In den folgenden Überlegungen setzen wir Ra gleich Z. L1 und C2 sehen wir als zwei hintereinander geschaltete Spannungsquellen an, ihre Spannungen addieren sich. An Z plus Ra liegen 4 kV an, an Ra allein 2 kV.

Das Potential vom Punkt A sinkt beim Schließen des Schalters sofort auf Null, da jetzt durch den Stromfluß am Innenwiderstand Z 2 kV abfallen (Abb. 29, Zeitpunkt I) und bleibt während der Entladezeit von L1 auf diesem Wert. Da C2 gegenüber der Laufzeitkette L1 eine sehr viel größere Kapazität hat, wird er während der Entladezeit von L1 seine Spannung beibehalten. Die Entladezeit der Laufzeitkette beträgt 1 μ sec. Während dieser Zeit ist ihre Spannung konstant -2 kV, fällt dann plötzlich auf Null ab und nimmt im gleichen Augenblick das Potential von C2 (+2 kV) an, somit auch Punkt A (Zeitpunkt II Abb. 29).

In diesem Augenblick wird der Schalter wieder geöffnet (Abb 30). Jetzt beginnt die erneute Aufladung der Laufzeitkette über D1 in Form eines Einschwingvorganges. Die Anfangsspannung der Laufzeitkette ist +2 kV, sie soll über D1 auf -2 kV aufgeladen werden. Durch den Einschwingvorgang wird ihre Spannung auf -6 kV steigen (Abb. 29). Durch entsprechende Größe der Drossel D1 wird bewirkt, daß die halbe Periodendauer des Einschwingvorganges 666 μ sec. beträgt, daß der Wert von -6 kV also erst nach dieser Zeit erreicht ist.

Im gleichen Augenblick wird der Schalter von neuem geschlossen. An Z plus Ra liegen 8 kV, an Ra allein 4 kV (Abb. 31). Das Potential von Punkt A sinkt beim Schließen des Schalters auf -2 kV, da von den 6 kV der Laufzeitkette 4 kV an ihrem Innen-

widerstand Z abfallen (Abb. 29, Zeitpunkt III).

Während der Entladezeit der Laufzeitkette von 1 μ sec. bleibt dieser Zustand erhalten. Nach dieser Zeit entlädt sich die Laufzeitkette plötzlich und wird durch C2 auf +2 kV aufgeladen (Abb. 29, Zeitpunkt IV). Der Schalter wird geöffnet, der Vorgang wiederholt sich.

Der Sinn dieser Schaltung ist, dem Verbraucher Ra nur während der Entladezeit der Laufzeitkette von 1 μ sec. die Spannung von 4 kV zuzuführen. Ist der Schalter geöffnet, so liegt an Ra keine Spannung an. Erst wenn der Schalter den Stromkreis schließt, liegen 4 kV an Ra an. Nach einer μ sec. ist die Laufzeitkette entladen, die Spannung fällt senkrecht auf Null ab, und Ra wird erst nach 666 μ sec, wenn der Schalter erneut geschlossen wird, mit 4 kV gespeist.

Für das Magnetron wird eine Spannung von 18 kV benötigt. Aus diesem Grunde wird die Spannung von 4 kV durch einen Transformator mit dem Übersetzungsverhältnis 1 : 4,5 auf 18 kV erhöht.

Das kurzzeitige Schließen eines Schalters ist mit mechanischen Mitteln nicht möglich. Man verwendet daher eine Zündflasche, das ist eine mit Quecksilberdampf gefüllte Röhre (Abb. 32). Durch einen kurzzeitigen Zündimpuls, der auf die Zündstrecke AC gegeben wird, zündet bei angelegter Spannung ebenfalls die Strecke AB.

In der Modulatorstufe ist die Spannung zwischen A und B gegeben durch den Spannungsunterschied von L1 und C2. Erst wenn die Laufzeitkette L1 entladen ist, ist dieser Spannungsunterschied Null; die Zündung zwischen A und B setzt so nach 1 μ sec. auf, der Schalter ist geöffnet. Der kurzzeitige Zündimpuls wird der Zündstufe entnommen und an die Elektrode C der Zündflasche angelegt.

Das Magnetron

Wellen unter 50 cm lassen sich in normalen Senderöhren nicht mit der erforderlichen Ausgangsleistung herstellen, da infolge der inneren Röhrenkapazitäten und der Elektronenlaufzeiten die Verstärkung nicht mehr ausreicht. Zum Entstehen einer Schwingung ist es nötig, Energie von der Anode auf das Gitter rückzukoppeln. Die Gitter-Kathoden-Kapazität schließt bei sehr hohen Frequenzen die Gittereingangsspannung kurz, da der Wechselstromwiderstand eines Kondensators mit steigender Frequenz abnimmt. Eine Verstärkung ist nicht mehr möglich, die Anodenwechselspannung wird kleiner als die Gittereingangsspannung. Eine Rückkopplung der Energie von der Anode zum Gitter findet nicht statt, es kommen keine Schwingungen zustande.

Beim Magnetron kommt zur Erzeugung hoher Frequenzen ein anderes Prinzip zur Anwendung. Das Magnetron (Abb. 33) ist eine Ganzmetallröhre. Ein Ring aus Elektrolytkupfer bildet die Anode, in den in gleichmäßigem Abstände Löcher eingebohrt sind. Diese gleichmäßig am Umfang verteilten Bohrungen sind durch einen schmalen Schlitz mit der Innenseite des Kreisringes verbunden. Im Innern dieses Kreisringes befindet sich die Kathode. Das Ganze ist luftdicht mit Seitenplatten verschlossen und besitzt Kühlrippen. Die Zu- und Abführungsleitungen sind in Glasstutzen eingeschmolzen. Die Hohlräume am Kreisumfang stellen einzelne parallel geschaltete Schwingkreise dar. In einen dieser Hohlräume ragt eine Energieauskoppelschleife. Das Magnetron befindet sich zwischen den Polen eines Dauermagneten (Abb. 34).

Die aus der Kathode austretenden Elektronen gelangen nicht auf dem direkten Wege zur Anode, sondern werden durch das Magnetfeld in Kreisbahnen abgelenkt (Abb. 35). Durch die vorbeistreichenden Elektronen werden die Schwingkreise in Schwingungen versetzt. Der Innenrand der Bohrungen stellt das L dieses Schwingkreises dar, die Schlitze bilden das C.

Die Welle des Magnetrons wird daher durch die Form der Bohrungen bestimmt. Eine Wellenänderung ist nicht möglich. Die Leistung

des Magnetrons ist bestimmt durch das Magnetfeld, durch die Höhe der Anodenspannung und durch die Anzahl der parallel geschalteten Schwingkreise (Bohrungen und Schlitze).

Aus isolationstechnischen Gründen wird die Anodenspannung der Kathode als negative Spannung zugeführt, während die Anode an Masse liegt. Der negative Spannungsimpuls wird dem Übertrager der Modulatorstufe entnommen, er beträgt -18 kV. Parallel zum Magnetron liegt die in der Modulatorstufe erwähnte Zweipolröhre (Diodenstrecke), die das positive Überschwingen der Laufzeitkette beseitigt (Begrenzeröhre).

An die Auskoppelschleife ist das Antennenkabel angeschlossen, das die Sendeenergie der Antenne zuführt.

Zur Kühlung des Magnetrons während des Betriebes dient ein eingebauter Lüfter.

Die Sperröhre (Nullode)

Durch die Sperröhre, die während des Sendevorganges den Mischdetektor-Empfangskreis von der Antenne trennt, wird erreicht, daß einmal die gesamte Hochfrequenz-Energie der Antenne zugeführt wird, zum anderen der empfindliche Kristall-Detektor nicht überlastet wird.

Die Wirkungsweise der Sperröhre beruht auf dem Prinzip des Topfkreises. Ein Topfkreis (Abb 36) ist ein vollkommen abgeschlossener zylindrischer Körper, durch dessen Seitenflächen 2 Kondensatorplatten an Stiften hineinragen. Der Kondensator bildet zusammen mit dem Gehäuse als Induktivität einen Schwingkreis. Bestimmend für die Eigenfrequenz sind die geometrischen Dimensionen. Der in Abb. 37 gezeigte Weg muß $\lambda/2$ sein. Dann weisen beide Kondensatorplatten jeweils entgegengesetzte Ladung auf. Bohrt man in die Zylinderwand eine Öffnung und führt eine kleine Koppelschleife ein, so läßt sich mit ihr Energie einkoppeln. Mit einer zweiten Schleife kann man dem Schwingkreis wieder Energie entnehmen.

Die Sperröhre bildet in ihrem Mittelteil soch einen Topfkreis (Abb. 38). Zwei trichterförmige Kupferbleche liegen sich gegenüber und stellen die Kondensatorplatten dar. In den einen Kupfertrichter hinein ragt ein Zündstift. Die Sperrung des Empfangsweges durch die Nullode beruht auf folgender Wirkungsweise:

Die Übertragung einer hochfrequenten Energie von der Spule L1 auf die Spule L4 Abb. 39 ist über den Schwingkreis nur dann möglich, wenn seine Eigenfrequenz mit der zu übertragenden Frequenz übereinstimmt (Resonanzfall).

Wird der Schwingkreis in sich kurzgeschlossen durch den Schalter S, so kann eine Übertragung der Energie von L1 über den Schwingkreis nach L4 nicht stattfinden. Bei der Sperröhre werden die Spulen L1 und L4 durch die Koppelschleifen gebildet, während der Topfkreis den Schwingungskreis darstellt. (Abb. 40). Das Kurzschließen des Topfkreises erfolgt durch Zündung einer Glimmstrecke zwischen den beiden trichterförmigen Kupferblechen im Augenblick des Sendevorganges durch die Sendenergie selbst.

Zum Schluß des Sendeimpulses erlischt die Glimmstrecke wieder und gibt so den die Antenne erreichenden Echoimpulsen den Weg zum Detektor-Mischkreis frei.

Um den Zündvorgang sicherzustellen, wird an den Zündstift ständig eine hohe Vorspannung von -4 kV gegeben, sowie die Nullode von außen durch Heizkörper geheizt.

Der Mischkopf

Die Aufgabe des Mischkopfes ist es, die Empfangsfrequenz mit der Hilfsfrequenz zu überlagern. In anderen Geräten geschieht diese Überlagerung in Mischröhren. Für die im Berlin-Gerät verwandte hohe Frequenz haben Röhren eine zu hohe Eigenkapazität. Man verwendet deshalb zur Mischung einen Kristalldetektor. Die Überlagerungsfrequenz liefert ein Oszillator-Magnetron. Dieses ist im Sichtgerät untergebracht, da es während des Betriebes evtl. Nachgestimmt werden muß und von dieser Stelle aus stets zugänglich ist.

Die entstehende Zwischenfrequenz wird über ein Kabel dem ZF-Teil zugeführt, in dem eine Vorverstärkung stattfindet. Die weitere Verstärkung erfolgt im ZF-Verstärker.

Spannungsversorgung

Die Anodenspannungen für die Röhren der Zündstufe werden vom Steuergerät aus an die Röhren angelegt. Für den Sender und Deziteil erfolgt die Stromversorgung durch die Modulatorstufe. Diese erhält die benötigten Spannungen von außen zugeführt.

Z F-Austast- und Eichgerät (Markenteil)

Im ZF- Austast- und Eichgerät (Markenteil) wird der vom ZF-Verstärker kommende niederfrequente Bildinhalt mit den sog. Eichmarken (Höhenmarke, Entfernungsmarke) versehen und als "Bildinhalt und Marken" verstärkt dem Panoramrohr bzw. Höhenmeßrohr des Sichtgerätes zugeführt. (Unter Bildinhalt versteht man die Gesamtheit der auf dem Leuchtschirm des Panoramrohres erscheinenden Echoimpulse, nachdem sie im ZF-Verstärker verstärkt und dort gleichgerichtet worden). Daneben befindet sich im ZF-Austast- und Eichgerät die Einrichtung zur Sperrung des ZF-Verstärkers während der Sendezeit (Zf-Austastung). Diese ist notwendig, da trotz der Sperrung des Mischkopfes durch die Sperrröhre infolge Kopplungen noch Sendeenergie in den ZF-Verstärker gelangt. Ferner findet hier die Erzeugung einer Flugzeugrichtungsmarke statt.

Erzeugung der Entfernungsmarke

Zur Bestimmung der Entfernung eines Zieles dient ein heller, konzentrisch um den Mittelpunkt des Panoramrohres liegender Kreis. Das Prinzip der Entfernungsmessung kann man sich so vorstellen, daß dem Panoramrohr nach jedem Sendeimpuls ein Entfernungsmarkenimpuls zugeleitet wird, dessen zeitliche Ableitung sich an einem Potentiometer verändern läßt. Trifft er im

gleichen Augenblick auf das Panoramarohr wie der Echoimpuls des messenden Zieles, so erscheinen beide Impulse in Deckung.

Zu einem bestimmten Zeitpunkt *n a c h* der Abstrahlung des Sendeimpulses, welche mit dem Beginn der Radiusschreibung im Panoramarohr zusammenfällt, wird die Entfernungsmarke eingeblendet. Sie erscheint auf jedem Radius als aufgehellter Punkt; somit bildet die Summe aller Punkte eines Antennenumlaufs einen konzentrischen Kreis um die Mitte des Panoramarohres.

Durch ein Potentiometer im Koppelrechner (E-Markenverschiebung) kann man den Kreis der Entfernungsmarken in seinem Abstand vom Mittelpunkt verändern und mit jedem erfaßten Ziel in Deckung bringen. (Siehe Teil I, S. 6).

Auf einer mit dem Potentiometer mechanisch in Verbindung stehenden Skala ist ablesbar, in welcher Entfernung im Raum sich dasjenige Ziel befindet, welches im Panoramarohr mit dem Entfernungskreis in Deckung gebracht ist.

Die Erzeugung der E-Marke geht im Einzelnen so vor sich:

Der Kathodenimpuls der Zündstufe (Abb. 41, siehe S. 19) gelangt an einen Eingangsübertrager, der ihn als negativen Impuls an die Kathode eines Rohres leitet. Dieses Rohr hat die Aufgabe, einen sog. Wurzelimpuls zu erzeugen (siehe Abb. 42), der sich in seiner Fußbreite b verändern läßt. Der Wurzelimpuls steuert einen Multivibrator, seine Fußbreite bestimmt die Dauer der Rechteckspannung an deren aufsteigenden und abfallenden Flanken in einer Laufzeitkette positive und negative Impulse geformt werden. Im folgenden Rohr werden die negativen Anteile unterdrückt, die positiven werden weiter verstärkt und bilden die Entfernungsmarke.

Ihre Erzeugung wird in folgender Schaltung durchgeführt (Abb. 43):

Im Ruhezustand ist das Rohr I gesperrt, da vom vorhergegangenen

Arbeitszustand ein starker Gitterstrom über R3 abfloß und an ihm einen hohen Spannungsabfall erzeugte, der den Kondensator C2 gitterseitig negativ auflud. Das Potential der Anode vom Rohr I beträgt 290 V gegenüber Erde.

Der negative Kathodenimpuls gelangt über C1 an die Kathode. Die Gitterspannung wird durch C2 konstant gehalten, die Kathode wird negativ, somit das Gitter jetzt gegenüber Kathode positiv, das Rohr ist geöffnet. Die Anodenspannung U_a sinkt, C3 entlädt sich über den Innenwiderstand der Röhre. Liegt der Kathodenimpuls nicht mehr an, so wird das Rohr gesperrt. U_a steigt aber nicht sofort an, da C3 über R2 langsam aufgeladen wird. An der Anode Rö I entsteht durch diesen Aufladungsvorgang der Wurzelimpuls.

Parallel zur Röhre I liegt eine Diode II, die die Anodenspannung U_a auf folgende Weise begrenzt: Ihre Kathode erhält eine Vorspannung von + 150 V. Hat die Anodenspannung U_a bei der Aufladung von C3 diesen Wert erreicht, so hat auch die eine Anode der Röhre II diese Größe. Wird die Spannung von 150 V überschritten, so beginnt der Stromfluß in Röhre II. An R2 entsteht ein Spannungsabfall, der unso größer ist, je stärker der Strom in Röhre II fließt. Damit wird aber auch U_a wieder kleiner, und die Spannungsbegrenzung von Röhre I ist gegeben. Die Anodenspannung U_a stellt sich auf einen Wert etwas oberhalb 150 V ein.

Durch diesen Vorgang wird der Wurzelimpuls begrenzt. Die Fußbreite des Wurzelimpulses läßt sich dadurch verändern, daß das Potential der Kathode (U_k) zwischen Null und + 145 V regelbar ist (Abb. 44):

1. Beispiel: Die Kathodenspannung U_k beträgt 0 V. Beim Anliegen des Kathodenimpulses fließt ein starker Anodenstrom, dadurch sinkt der Innenwiderstand der Röhre, so daß an ihm ein Spannungsabfall von etwa 20 V entsteht, am Anodenwiderstand R3 entsprechend 270 V. U_a sinkt damit auf + 20 V und behält diese Spannung, solange der Kathodenimpuls anliegt, etwa 12 μ sec. Danach wird das Rohr wieder gesperrt, und die Aufladung von C3 über R2 durch die Gesamtanodenspannung U von 290 V beginnt.

Hat U_a 150 V erreicht, so verhindert die Begrenzerröhre II, wie oben beschrieben, ein weiteres Ansteigen.

2. Beispiel: U_k beträgt 50 V, dann wird beim Anliegen des Kathodenimpulses U_a auf etwa 65 V sinken, da durch den Spannungsabfall am Innenwiderstand der Röhre, der wegen der geringeren Anodenspannung U_a ($290 - 50 = 240$ V) nur noch 15 V beträgt, die Anode um 15 V positiver ist, als die Kathode. Die Aufladung von C3 erfolgt wie in Beispiel 1. U_a hat aber zu einem früheren Zeitpunkt 150 V erreicht.

3. Beispiel : In diesem Fall liegt die gesamte Vorspannung von 145 V an der Kathode. Beim Anliegen des Kathodenimpulses werden ca. 4 V am Innenwiderstand der Röhre abfallen, U_a sinkt auf 149 V. Mit dem Verschwinden des Kathodenimpulses ist auch der Wurzelimpuls praktisch beendet, da die Aufladung des Kondensators nur um 1 V erfolgt.

Wie aus der Abb. 44 ersichtlich , ist die Fußbreite (b_1 , b_2 , b_3) der Wurzelimpulse mit veränderter Kathodenspannung U_k verschieden. Mit dem Wurzelimpuls wird der Multivibrator gesteuert. Da dieser eine bestimmte Steuerspannung benötigt, der Wurzelimpuls bei der Kathodenspannung U_k gleich 145 V aber nur 1 V beträgt, benutzen wir folgende Schaltung zur Erhöhung des Wurzelimpulses: bei geöffnetem Rohr, während des Anliegens des Kathodenimpulses, fließt ein starker Elektronenstrom, der zum Teil über die Anoden der Duodiodenstrecke abfließt (Abb. 43). In diesem Stromkreis liegt ein Widerstand R4, an dem während des Stromflusses ein Spannungsabfall von 5 V entsteht. Diese Spannung wird dem Wurzelimpuls über C3 zugefügt, der damit die in Abb. 45 gezeigte Form annimmt. Dadurch erreichen wir, daß dem Multivibrator die nötige Steuerspannung auch bei $U_k = 145$ V zugeführt wird.

Der Wurzelimpuls (Abb. 46 Bild a) gelangt an das Gitter des ersten Multivibratorrohres und bewirkt ein rechteckförmiges Ansteigen und Zusammenbrechen seiner Anodenspannung. (Abb. 46 Bild b). An der Anode des zweiten Rohres ist die

Rechteckspannung um 180° phasenverschoben, d.h., sie erscheint als umgekehrte Rechteckspannung, dessen negativer Anteil der Entfernungsimpuls ist (Abb. 46 Bild c). In der Anodenleitung der zweiten Röhre liegt eine Laufzeitkette, durch deren Selbstinduktionswirkung Spannungsänderungen in Spannungsstöße umgewandelt werden. Die Umformung des Entfernungsimpulses erfolgt derart, daß an der abfallenden Flanke ein negativer und an der aufsteigenden Flanke ein positiver dreieckförmiger Spannungstoß (Marke) entsteht (Abb. 46 Bild d). Die Impulse gelangen an einen Markenverstärker, der soweit negativ vorgespannt ist, daß die negativen Impulse unterdrückt werden. Nur der positive Impuls tritt als E-Marke in Erscheinung, die am Eingang des Endrohres O8 mit dem Bildinhalt gemischt wird.

Röhre 09 formt den Kathodenimpuls in den Entfernungswurzelimpuls um.

Röhre 02 wirkt als Begrenzeröhre.

Röhre 10 und 11 stellen den Entfernungsmultivibrator dar, der in seiner Schaltung von der normalen Multivibratorschaltung abweicht (Beschreibung siehe Teil III).

Röhre 06 bildet den Entfernungsmarken-Verstärker und unterdrückt gleichzeitig die negativen Impulse.

Erzeugung der Höhenmarke

Die Höhenmarke wird in ähnlicher Weise wie die Entfernungsmarke erzeugt.

Röhre 01 formt den Kathodenimpuls in den Höhenwurzelimpuls um.

Röhre 02 begrenzt mit ihrer zweiten Diodenstrecke die Anodenspannung U_a der Röhre 01.

Röhre 03 und 04 bilden den Höhen-Multivibrator, der vom Wurzelimpuls angestoßen wird, (Abb. 47 Bild a), so daß an der

Anode der Röhre O3 der Höhenimpuls (Bild b) und an der Anode der Röhre O4 der entsprechende negative Höhenimpuls erscheint.

Röhre O5 stellt den negativ vorgespannten Höhenmarkenverstärker dar, der von positiven Impulsen gesteuert wird.

Aus dem Höhenimpuls des Rohres O3 (Abb. 47 Bild b) werden an einer Laufzeitkette dreieckförmige Impulse abgeleitet (Bild c). Parallel zu ihr liegt ein Impulstransformator, an dessen Sekundärseite die Impulse mit umgekehrtem Vorzeichen erscheinen (Bild d). Ist das Potentiometer im Koppelrechner auf Höhe Null gedreht, so entsteht die Höhenmarke in dem Augenblick, da der Kathodenimpuls zusammenbricht. Der Kathodenimpuls wird bekanntlich dem Multivibrator der Zündstufe entnommen. Die gleiche Flanke, die die Höhenmarke bei Höhe Null erzeugt, läßt auch den Zündimpuls entstehen. Dieser erleidet auf seinem Wege zum Magnetron eine Verzögerung von etwa 2 μ sec. Infolgedessen muß auch die Höhenmarke um diesen Betrag verzögert werden. Die Verzögerung erfolgt in einer Verzögerungskette (Laufzeitkette), mit einer Laufzeit von 2 μ sec.

Die Höhenmarke gelangt über ein Kabel zum Sichtgerät an eine Ablenkplatte des Höhenmeßrohres. Hier erscheint sie auf der Zeitbasis des H-Meßrohres als Zacken. Durch Drehen am Höhenpotentiometer wird der Zacken so verändert, daß er sich mit dem Bodenimpuls (Reflektion durch den unter dem Flugzeug liegenden Grund) deckt. Am Potentiometer läßt sich dann die Höhe ablesen.

E-Messung im Nahbereich

(Nur für Luftwaffen-Gerät)

Die oben beschriebene Entfernungsmessung bezieht sich auf den Fernbereich.

Wie Abb. 48 zeigt, ist der prozentuale Unterschied zwischen Schräg- und Kartenentfernung im Fernbereich wesentlich geringer als im Nahbereich. Mit dem Gerät sind wir nur in der Lage, die Schrägentfernung zu messen, während die Kartenentfernung benötigt

wird. Es ergibt sich daraus die Notwendigkeit, im Nahbereich sowohl die Höhe wie die Schrägentfernung zu messen. Erst aus beiden Werten läßt sich die Kartenentfernung (mit Hilfe des Pythagoras) errechnen. Im Gerät ist eine Einrichtung, welche die Höhe in die Schrägentfernung einbezieht, so daß man direkt die Kartenentfernung ablesen kann.

Technisch geht dieser Vorgang folgendermaßen vor sich:

Bei Umschaltung auf den Nahbereich (vom Steuergerät aus) wird an die Kathode der Röhre O9 anstatt des Kathodenimpulses der aus dem Höhenmultivibrator (Röhre O3 und O4) kommende negative Höhenimpuls angelegt (Abb. 49 Bild a).

Der negative Höhenimpuls verbreitert somit die Fußbreite des Entfernungswurzelimpulses, um die Impulsbreite des negativen Höhenimpulses (Abb. 49) Bild c). Die Höhenmarke ist dadurch der Nullpunkt für die Entfernungsmarke. Die rechte Flanke des Höhenimpulses dient zur Ableitung der H-Marke, der gleiche Impuls dient bei der E-Messung im Nahbereich bei $E : O$ zur Ableitung der Entfernungsmarke. Die Ableitung der Marken erfolgt jeweils an der rechten Flanke des Höhenimpulses (Abb. 49 Bild b). Entsprechend der eingestellten Höhe erfolgt die Erzeugung der Entfernungsmarke zu dem gleichen Zeitpunkt. Bei der Verschiebung der H-Marke wird somit gleichzeitig die E-Marke verschoben, die E-Marke bleibt auf der H-Marke aufgesessen. Ist die Endstellung des Höhenpotentiometers erreicht, (Abb. 49 Bild c), entsprechend einer Höhe von $h = 12\ 000\ m$), so muß die E-Marke von diesem Punkte ab (beginnend an der oberen Ladekurve des durch den Höhenimpuls gesteuerten Entfernungswurzelimpulses) noch 6 km verschiebbar sein, da die Entfernungsmarke im Nahbereich einem Panoramabild mit 18 km Radius als E-Marke zugeordnet ist (Abb. 49 Bild d).

Wird der Sendeimpuls zum Zeitpunkt O ausgesandt, so erscheint auf dem H-Meßrohr der Bodenimpuls an der Stelle, die der Höhe h entspricht. Das Höhenpotentiometer wird so eingestellt, daß die Höhenmarke mit dem Bodenimpuls in Deckung ist. Die Entfer-

nungsmarke liegt dann ebenfalls auf dem Panoramrohr als Entfernungskreis auf dem Bodenimpulskreis. Die Ablesung der Entfernung am Koppelrechner zeigt den Wert Null, da noch keine Entfernungspotentiometereinstellung erfolgt ist. Eine Entfernungsmessung im Nahbereich wird vorgenommen durch das In-Deckung-Bringen des Entfernungskreises mit dem Zielpunkt. Die Kartenentfernung zu diesem Zielpunkt kann nun direkt am Potentiometer abgelesen werden, da die Ablesung der Kartenentfernung unter Berücksichtigung der Höhe über Grund durch das Anlegen des Höhenimpulses an die Entfernungswurzelimpulserzeugerröhre erfolgte.

Mit den Potentiometern "Höhe Null" und "Entfernung Null" (am Steuergerät) lassen sich die Nullpunkte der H- und E-Marke so korrigieren, daß sie genau auf einander aufsitzen.

Die Flugzeugrichtungsmarke (Nur für Luftwaffen-Gerät)

Da bei der abgebildeten Landschaft auf dem Panoramrohr, unabhängig von der Flugrichtung, "Norden" stets oben ist, ist es erforderlich, die Flugrichtung erkennen zu lassen. Dies geschieht durch eine Flugzeugrichtungsmarke, die den Radius aufhellt, der der Flugrichtung entspricht. Es wird dadurch erreicht, daß sich bei jeder Umdrehung der Antenne ein Kontakt gerade dann schließt, wenn die Antenne nach voraus strahlt.

Schaltungsmäßig erfolgt die Erzeugung der Flugzeugrichtungsmarke folgendermaßen (Abb. 50):

S stellt den Kontakt am Antennendrehgerät dar. Ist er geöffnet, so fließt über die Röhre I und den Widerstand R1 ein Anodenstrom. R1 ist so groß gewählt, daß an der Röhre I ein Spannungsabfall von 2,5 V entsteht. Am Bremsgitter der Röhre II liegt damit eine Spannung $U_b = 2,5 \text{ V}$ an. Die linke Kondensatorplatte von C1 hat das gleiche Potential, während die rechte Platte (Punkt A) sich über R2 auf + 300 V aufgeladen hat. Durch

das Schließen des Kontaktes S wird über R3 Punkt A an Masse gelegt, die Bremsgitterspannung der Röhre II, U_b , stellt sich dadurch auf - 300 V ein, Rohr II ist gesperrt. Dadurch steigt die Anodenspannung von Rohr II an und tastet das Panoramarohr hell. Da ebenfalls im Rohr I bei der negativen Anodenspannung kein Strom mehr fließt, kann sich C1 nur über R1 entladen. Die Flugzeugrichtungsmarke verschwindet, wenn sich am Bremsgitter der Röhre II wieder die normale Spannung von ca. 2,5 V eingestellt hat, also wenn C1 sich soweit entladen hat, daß im Rohr I wieder ein Strom fließt. Das ist der Fall, nachdem eine Zeitbasis geschrieben ist, woraus hervorgeht, daß die Flugzeugrichtungsmarke nur jeweils einen Radius des rosettenförmigen Panoramabildes helltastet. C2 und R3 dienen zur Verblockung von Funkenstrecken am Kontakt. Die Flugzeugrichtungsmarke kann am Steuergerät durch einen Schalter beliebig ein- und ausgeschaltet werden.

Röhre 07 (eine Duodiode) stellt mit ihrer einen Diode die in Abb. 50 besprochene Röhre I dar.

Röhre II wird gebildet durch das Endrohr des ZF-Verstärkers (Röhre 08). Diesem Rohr wird der niederfrequente Bildinhalt entnommen und dem ZF-Austast- und Eichgerät zugeführt, dort mit der E-Marke versehen und gemeinsam in Röhre 08 des ZF-Austast- und Eichgerät verstärkt.

Kontrastautomatik

Die Kontrastautomatik hat den Zweck, den Helligkeitskontrast der einzelnen Zielpunkte auf dem Panoramarohr zu vergrößern. Parallel zu Gitter und Kathode eines Rohres I liegt eine Diode, Röhre II, und zwar mit ihrer Anode an Masse, mit der Kathode am Gitter der Röhre I (Abb. 51). Das Gitter der Röhre I und damit die Kathode von Röhre II sind über R1 negativ vorgespannt. In Röhre II fließt infolgedessen ein Strom. Ein ankommender schwacher positiver Impuls, der nicht in der Lage ist, die negative Gittervorspannung zu überwinden, wird zum

Teil durch die Röhre II, die ja einen Widerstand darstellt, abgeleitet und gelangt nicht in seiner vollen Höhe an das Gitter der Röhre I. Ein starker positiver Impuls hebt die negative Gittervorspannung auf, im Rohr II kann kein Strom mehr fließen, sein Widerstand ist unendlich groß. So wird der Impuls voll verstärkt. Zwischen schwachen und starken Empfangsimpulsen wird dadurch der Spannungsunterschied vergrößert, was sich auf dem Panoramarohr als größerer Helligkeitskontrast bemerkbar macht.

Röhre 07 stellt mit ihrer zweiten Diodenstrecke die Diode II dar.

Röhre 08 ist das Endrohr im Zf-Austast- und Eichgerät, an ihrem Kathodenwiderstand wird der gesamte Bildinhalt sowie die Entfernung- und Flugzeugrichtungsmarke abgenommen und dem Panorama- sowie dem Höhenmeßrohr zugeführt.

ZF-Austastung

Um die hohe Sendeenergie während der Ausstrahlung des Sendeimpulses von den empfindlichen Empfangsteilen fernzuhalten, befindet sich vor dem Mischkopf die Sperröhre (Nullode). Da übertretende HF-Spannungen trotzdem noch ausreichen würden, den Empfänger zu übersteuern, ist eine weitere Sperrung derart vorgesehen, daß zwei Röhren im Zf-Verstärker während des Sendens stillgelegt werden, und zwar durch einen negativen Spannungsimpuls, der an das Schirmgitter dieser Röhren gelegt wird.

Als Steuerspannung wirkt auch hier der Kathodenimpuls. Da durch die vorher erwähnte Zündverzögerung (Seite 33), der Sendeimpuls sich zeitlich verschiebt, muß auch der ZF-Austastimpuls verzögert werden. Dies erreicht man dadurch, daß der Kathodenimpuls in einer stufenweise veränderbaren Laufzeitkette so lange verzögert wird, daß die Sperrzeit im richtigen Verhältnis zur Sendezeit liegt (Abb. 52). Die einzelnen Abgriffe sind so bemessen, daß pro Stufe die Verzögerung von 1 μ sec. erreicht wird. Die gesamte Verzögerungsdauer beträgt 8 μ sec. Der Ka-

thodenimpuls steuert über das Gitter den Anodenstrom der Röhre 13 derart, daß die Spannung an ihrem Anodenwiderstand stark abfällt. Diese Spannungsverminderung teilt sich den Schirmgittern zweier Röhren im ZF-Verstärker mit, so daß deren Schirmgitterspannungen auf etwa -10 V absinken und so die Röhren sperren. Nach dem Verschwinden des Kathodenimpulses stellt sich der ursprüngliche Zustand wieder ein.

Der ZF-Verstärker

(Siehe Schaltbild "ZF-Verstärker")

Im Mischkopf wurden die Empfangsimpulse mit der Oszillatorfrequenz überlagert und so die Zwischenfrequenz gebildet. Sie beträgt 13,5 MHz und wird über ein kurzes HF-Kabel dem ZF-Vorverstärker (Röhre O1 im ZF-Teil) zugeführt. Von dort gelangt sie in den ZF-Verstärker.

Der ZF-Verstärker hat die Aufgabe, die schwachen Empfangsimpulse zunächst hochfrequent zu verstärken und gleichzurichten. Die Verstärkung erfolgt in den Röhren O1 bis O6, Röhre O7 übernimmt die Gleichrichtung, ein weiteres Rohr O8 übernimmt die NF-Verstärkung. In dieses Rohr wird gleichzeitig die Flugrichtungsmarke eingeblendet. Der Anode des Rohres O8 wird der Bildinhalt entnommen und dem Endrohr (Röhre O8) des ZF-Austast- und Eichgerätes zugeführt. Dort erfolgt die Mischung mit der Entfernungsmarke.

Während der Sendezeit werden die Röhren O1 und O3 des ZF-Verstärkers gesperrt, durch den ZF-Austastimpuls.

Die Verstärkungsregelung findet in der Stufe 2 und 4 durch ein Potentiometer am Steuergerät W22 (Verstärkung) statt. Es wird dadurch die Gittervorspannung der Röhren O2 und O4 eingestellt und so der Arbeitspunkt dieser Röhren verändert.

Das Sichtgerät

(Siehe Schaltbild "Sichtgerät")

Das Sichtgerät hat die Aufgabe, die Ziel- und Markenimpulse sichtbar zu machen, und sie damit der Auswertung zuzuführen. Das Sichtgerät läßt sich in folgende Einzelbauteile gruppieren: Gruppe 1 enthält das Panoramarohr, ein großes Braunsch'sches Rohr mit magnetischer Ablenkung. Unter magnetischer Ablenkung versteht man eine Kraftwirkung auf den Elektronenstrahl, die dadurch hervorgerufen wird, daß man die unmittelbare Umgebung des Strahles mit einem magnetischen Kraftlinienfeld durchsetzt. Beim Panoramarohr sind zu diesem Zwecke drei Spulensätze rings um den Ablenkschwerpunkt des Braunsch'schen Rohres angebracht. Dadurch erreicht man, daß in der Umgebung des Kathodenstrahles die magnetischen Kraftlinien nahezu parallel laufen (homogenes Feld). Je nach der Richtung des Feldes wird der Strahl, der seinerseits ebenfalls ein Magnetfeld um sich bildet, nach der Seite ausgelenkt, auf der eine Kraftlinienschwächung auftritt. In Abb. 53 tritt eine Kraftlinienhäufung auf der linken Seite auf, auf der rechten eine Schwächung. Der Elektronenstrahl wird durch die Kraft P nach rechts ausgelenkt.

Ferner enthält Gruppe 1 ein kleines Braunsch'sches Rohr mit statischer Ablenkung als Höhenmeßrohr. Es enthält zwei Zeitplatten, an die ein linearer Spannungssägezahn angelegt wird. Ferner zwei Meßplatten, welche die durch den Sägezahn geschriebene Zeitbasis nach oben auszacken.

Zur Gruppe 1 treten ein Verstärker für die Höhenmarke und ein Verstärker für den Bildinhalt hinzu.

Gruppe 2 enthält das Oszillatormagnetron mit Stromstabilisierung.

Gruppe 3 stellt den Netzteil dar, bestehend aus dem Hochspannungstrafo, einem Heiztrafo mit den dazugehörigen Gleichrichtern.

Dem Sichtgerät werden von außen zugeführt
(siehe Prinzipschaltbild "Sichtgerät"):

1) Der Stromsägezahn zur Schreibung des Radius im Panoramrohr, der dem Übertrager der Impulszentrale entnommen und über das Goniometer im Antennendrehgerät an die Ablenkspulen des Braunschen Rohres gelegt wird.

2) Ein Spannungssägezahn zur Schreibung der Zeitbasis im Höhenmeßrohr.

Der im Endrohr des ZF-Austast- und Eichgerätes entnommene Bildinhalt wird nicht direkt dem Sichtgerät zugeführt, sondern gelangt aus aufbaumäßigen Gründen zunächst an das Rohr O1 der Impulszentrale und wird dort mit dem +Helлтastimpuls gemischt. (Punkt A des Schaltbildes "Sichtgerät"). Von dort führt

3) ein Kabel zum Sichtgerät, dessen Seele den +Helлтastimpuls plus Bildinhalt zuführt, während der Mantel den -Helлтastimpuls für das Höhenmeßrohr führt.

4) Die Höhenmarke vom ZF-Austast- und Eichgerät

5) Zwei um 90° phasenverschobene Sinusspannungen, die der Zweiphasen-Generator des Antennendrehgerätes liefert.

Bildinhalt und +Helлтastimpuls gelangen über den 2-stufigen Verstärker (Röhren O4 und O5) an den Wehnelt-Zylinder des Panoramrohres und steuern dort die Helligkeit des Elektronenstrahles, ferner an eine Ablenkplatte des Höhenmeßrohres, wo sie die Auszackung des Elektronenstrahles hervorrufen.

Entstehung des Bildes auf dem Panoramrohr

Bei den üblichen Funkmeßgeräten ist die Zeitbasis eine durch den Elektronenstrahl geschriebene gerade Linie, die in Entfernungswerten geeicht ist. Durch den Echoimpuls erfolgt die Auszackung dieser Linie an der Stelle, die der Entfernung vom Gerät zum Ziel entspricht (Abb. 54).

Auch auf dem Panoramrohr soll jeder Zielpunkt in der genauen Entfernung dargestellt werden. Wird jedoch die Zeitbasis durch den Strömsägezahn geschrieben, der der Impulszentrale entnommen wird, so entsteht auf dem Panoramrohr eine über den Mittelpunkt nach beiden Seiten hinausgehende Zeitbasis (Abb. 55).

Aus dem Teil I wissen wir, daß die reflektierten Impulse der Ziele nicht an Ablenkplatten gegeben werden, welche die Zeitbasis auszacken, sondern an den Wehnelt-Zylinder. Der Elektronenstrahl wird so durch die Zielpunkte hellgetastet.

Eine Entfernungsmessung ergibt sich aus der Einteilung der Zeitbasis in Entfernungswerten. Mit der Entfernung allein ist uns aber nicht gedient. Jeder Bildpunkt soll nicht nur auf dieser geraden Zeitbasis liegen, sondern seiner Lage im Raum entsprechen.

Die erste Forderung ist die Festlegung des eingenen Standortes jedoch nicht durch einen Null-Zacken oder Nullpunkt, sondern durch den Mittelpunkt des Panoramrohres.

Durch eine Gleichspannung, die an ein weiteres Spulenpaar gegeben wird, kann man den Elektronenstrahl so verschieben (Elektronenfahrstuhl), daß die Zeitbasis genau im Mittelpunkt des Panoramrohres beginnt und bis zum Rande durchgeschrieben wird (Abb. 56).

Der Radius des Panoramrohres gibt also den Meßbereich maßstäblich an.

Um die Landschaft als Bild darstellen zu können, benötigen wir eine Vorrichtung, die den Sägezahn mit der Geschwindigkeit der Antenne rotieren läßt. Mit dem Abtasten der Umgebung durch die umlaufende Antenne müssen die Vorgänge der Zeitschreibung auf dem Panoramrohr in zeitliche Übereinstimmung gebracht werden.

Die Auslenkung des Elektronenstrahles vom Mittelpunkt aus muß somit immer in die der Strahlrichtung der Antenne entsprechenden Richtung erfolgen.

Strahlt die Antenne nach voraus, so muß auch der Sägezahn die Zeitbasis nach der Vorausrichtung schreiben. Da die Umlaufzeit der Antenne 6,7 U/sec. ist, und 1500 Impulse ausgesandt werden, entfallen auf eine Umdrehung $1500 : 6,7 = 225$ Impulse. Damit sind 225 Empfangszeitpunkte festgelegt, die die Schreibung von 225 Zeitbasen durch den Sägezahn erfordern. Der Abstand der einzelnen Zeitbasen muß dem Weiterdrehen der Antenne von der Aussendung eines Impulses bis zum nächsten Impuls entsprechen und beträgt somit $360^\circ : 225 = 1,6^\circ$ (Abb. 57). Dies wird durch ein Goniometer bewirkt, das mit der Antenne synchron umläuft.

Das Goniometer

Der aus dem Impulsgenerator kommende Stromsägezahn wird an den Rotor R des Goniometers gegeben (siehe Bilddarstellung "Goniometer Prinzip"). Die auf einem geschlossenen Ring liegenden Spulenpaare L1 und L2 sind den Ablenkspulenpaaren L3 und L4 des Panoramarohres parallel geschaltet. Steht die Rotorspule senkrecht (Bild 1), so wird in dem Spulenpaar L1 der Stromsägezahn induziert, dadurch entsteht durch das Ablenkspulenpaar L3 ein Magnetfeld, das den Elektronenstrahl von links nach rechts auslenkt. Liegt die Rotorspule wagerecht (Bild 2), so wird Spulenpaar L2 von den magnetischen Kraftlinien geschnitten. Am Panoramarohr entsteht im Spulenpaar L4 ein entsprechendes magnetisches Feld, die Zeitbasis wird von oben nach unten geschrieben. Nimmt der Rotor eine Mittelstellung ein (Bild 3), so wird sowohl im Spulenpaar L1 als auch L2 der Sägezahnstrom induziert. An der Entstehung des Magnetfeldes am Panoramarohr sind damit L3 und L4 beteiligt. Es entsteht ein Magnetfeld, das von rechts unten nach links oben verläuft, die Zeitbasis wird senkrecht dazu geschrieben.

Der Sägezahn, der dauernd an den Rotor des Goniometers gegeben wird, erfährt also in den Statorspulen eine umlaufende Bewegung. Durch das Synchron-Laufen des Goniometers mit der Antenne entspricht die Zeitschreibung auf dem Panoramarohr in jedem Augenblick der Strahlrichtung der Antenne.

Der Zweiphasen-Generator

Eingangs wurde gesagt, daß eine Gleichspannung benötigt wird, um die Zeitschreibung vom Mittelpunkt aus beginnen zu lassen (Elektronenfahrstuhl). Diese Gleichspannung muß nun in einem jeden Augenblick mit dem Sägezahn seine Ablenkrichtung ändern, damit eine radiale Auslenkung erfolgt. Aus einem Gleichspannungs-Ablenkkfeld muß ein Drehfeld entstehen. Dieses Drehfeld wird durch einen Zweiphasengenerator erzeugt, der ebenfalls mit der Antenne synchron läuft, da er den gleichen Bedingungen unterworfen ist, wie das Goniometer radiale Verschiebung des Elektronenstrahles in die der jeweiligen Strahlrichtung der Antenne entsprechende Richtung.

Anstatt einer Rotorspeisung wie beim Goniometer haben wir beim Zweiphasengenerator ein permanentes Magnetfeld. Die 2 um 90° phasenverschobenen Sinusspannungen sind in ihrer Amplitude gleich groß, damit das Drehfeld in jedem Augenblick gleich groß ist. Die beiden Sinusspannungen addieren sich geometrisch (Abb. 58) und geben Richtung und Größe des Drehfeldes an.

Das Bild des Panoramarohres

Die durch den Sägezahn geschriebenen 225 Zeitbasen ergeben das rosettenförmige Aussehen des Leuchtschirmes (Abb. 59). Die Zeitschreibung soll jedoch nur für die Zeit des Sägezahnanstieges sichtbar sein, da diese Zeit der Meßreichweite in dem jeweiligen Bereich entspricht. ($120 \mu\text{sec} = 18 \text{ km}$ im Nahbereich, $400 \mu\text{sec} = 60 \text{ km}$ im Fernbereich). Es wird deshalb für die Zeit des Sägezahnanstieges ein positiver Hellstimpuls an den Wehnelt-Zylinder des Panoramarohres gegeben (Abb. 60). Während des Sägezahnabstieges kann das Panoramarohr nicht arbeiten, ankommende Echoimpulse, die über den eingestellten Bereich hinaus liegen, können nicht sichtbar werden (Abb. 61).

Die über den Empfangsweg verstärkten Echoimpulse werden mit dem Hellstimpuls gemischt. Sie überlagern sich diesem am

verschiedenen Stellen entsprechend der verschiedenen weiten Ziele und deren Lage im Raume. Über den zweistufigen Bildinhaltsverstärker gelangen sie an den Wehnelt-Zylinder des Panoramarohres. Auf dem Panoramarohr erhalten wir eine kartenähnliche Abbildung des abgetasteten Geländes (Abb. 62).

Um die Zielpunkte besonders hervortreten zu lassen, wird die Helligkeit der durch den Helltastimpuls aufgehellten Leuchtrosette auf ein Minimum herabgedreht. Sowohl bei Tageslicht wie bei künstlicher Beleuchtung ergibt sich so ein deutlich sichtbares Bild. Da die Umdrehungszahl der Antenne mit 400 U/min. hoch genug ist, erhalten wir den Eindruck eines stehenden Bildes.

Mit dem Bildinhalt sind die Entfernungsmarkierung und die Flugzeugrichtungsmarkierung, die auf dem Empfangswege eingeblendet wurden (siehe dort), an das Panoramarohr gelangt.

Die Entfernungsmarkierung wird als Entfernungskreis sichtbar, der sich über das ganze Panoramabild durch ein Potentiometer verschieben läßt. Mit diesem Potentiometer am Koppelrechner ist eine Skalentrommel gekuppelt, die die Ableitung der Entfernung ermöglicht.

Die Flugzeugrichtungsmarkierung ist eine der Flugrichtung entsprechende aufgehellte Zeitbasis. (Abb. 63).

Das Höhenmeßrohr

Das Höhenmeßrohr arbeitet mit statischer Ablenkung, d.h., mit Ablenkplatten (Abb. 64). Die Zeitbasis wird durch die Sägezahnspannung geschrieben, die der Impulszentrale entnommen wird.

Für die Zeit des Sägezahnanstieges wird ein negativer Helltastimpuls an die Kathode gegeben, der das Arbeiten des Höhenmeßrohres ermöglicht.

Vom zweistufigen Bildverstärker her gelangt derselbe Bildinhalt, gemischt mit dem positiven Helltastimpuls, an eine Ab-

lenkplatte des Höhenmeßrohres. Das Höhenmeßrohr zeigt die dargestellten Ziele, die als solche aus der Zeitbasis ausgezackt werden, nur in der jeweils abgetasteten Richtung hintereinanderliegend an (Abb. 65). Durch den positiven Helлтastimpuls (als solcher gelangt er an die Ablenkplatte!) wird die Zeitbasis um dessen Ablenkhöhe angehoben. Der während der Zeit des Sägezahnabstieges an das Höhenmeßrohr gelangende Bildinhalt zackt die Zeitbasis aus, ist aber durch das Fehlen des negativen Helлтastimpulses an der Kathode, der das Arbeiten des Höhenmeßrohres bedingt, nur sehr schwach sichtbar.

Zur Höhenmessung wird die aus der ZF-Austast- und Eichstufe (siehe dort) über den Höhenmark^{en}verstärker kommende Höhenmarke an eine weitere Ablenkplatte gegeben, Mittels eines Potentiometers am Koppelrechner kann die Höhenmarke verschoben werden. Sie überragt die Zielzeichen und ist, ebenso wie die durch den Bildinhalt an das Höhenmeßrohr gelangende Entfernungsmarke, als solche zu erkennen. Die Ablesung der Höhe erfolgt an einer mit dem Koppelrechner verbundenen Skalentrommel entsprechend der Entfernungsablesung.

Die Aufgabe des Sichtgerätes, die Ziel- und Markenimpulse sichtbar zu machen, ist dadurch möglich.

Entfernungsmessungen in den beiden Bereichen in Verbindung mit dem Höhenmeßrohr und den einzelnen Marken siehe ZF-Austast- und Eichgerät unter "Entfernungsmessung im Nahbereich".

Das Oszillator-Magnetron

Der Oszillator des Mischkopfes ist im Sichtgerät untergebracht, da er während des Betriebes evtl. nachgestimmt werden muß und an dieser Stelle dem Handhabenden stets zugänglich ist.

Um die Zentimeterwelle zu erzeugen, die zur Bildung der Zwischenfrequenz von 13 MHz erforderlich ist, wird als Oszillator ein Zenti-Topfkreis-Magnetron verwandt. Mit dem Magnetron verbunden ist ein Topfkreis, der auf die Oszillatorfrequenz abgestimmt

ist und zur Betriebsnachstimmung eine kapazitive Abstimmung hat. Die Anregung des Schwingungssystems erfolgt durch die Energieabgabe der Elektronen. Senkrecht zu den Elektronenbahnen wirkt ein Magnetfeld, das diese in Kreisbahnen ablenkt. Durch Vorbeistreichen der Elektronen wird die Anregung des Topfkreises bewirkt.

Der Netzteil des Sichtgerätes

Die zum Betrieb des Sichtgerätes nötigen Spannungen werden, abgesehen von den negativen Gittervorspannungen für die Verstärkerröhren, die von außen zugeführt werden, dem Netzteil entnommen (siehe auch Schaltbild "Stromversorgung".)

Die Strom- und Spannungsversorgung des Sichtgerätes erfolgt über 3 Transformatoren U_1 , U_2 , und U_3 . Primär werden diese aus dem Umformer mit 80 V Wechselspannung der Frequenz $f = 500$ Hz gespeist. Die Umformerspannung wird an den Hochspannungstransformator U_1 verzögert angelegt, an den Heiztrafo U_2 und an den Trafo U_3 unverzögert. U_1 liefert die Hochspannung für die Braunschen Röhren, die Anodenspannung für die Verstärkerröhren und die Anodenspannung für das Oszillator-Magnetron. Das Panoramarohr erhält eine Spannung von 4 kV, die der Sekundärseite des Trafos U_1 über die beiden Gleichrichterröhren 06 und 07 in Delonschaltung entnommen wird, Die Spannung für das Höhenmeßrohr beträgt 2 kV und wird über einen Spannungsteiler der gleichen Schaltung entnommen (die Delonschaltung ist eine Spannungsverdopplerschaltung). Einer weiteren Sekundärwicklung des Übertragers U_1 werden die Anodenspannung der Verstärkerröhren und die Anodenspannung für das Oszillator-Magnetron über die Gleichrichterröhre 08 in Höhe von 350 V entnommen.

Die Heizung der Röhren des Sichtgerätes geschieht über die Sekundärseite des Heiztrafos U_2 .

Eine Sekundärwicklung des Trafos U_3 liefert eine Gleichspannung über einen Trockengleichrichter in Graetz-Schaltung zur Zen -

trierung des Panoramabildes, die an ein Spulenpaar um den Hals des Panoramarohres gegeben wird.

Die Heizung des Oszillator-Magnetron ist eine 2 V-Spannung, die dem Übertrager U₃ entnommen wird. In dem Anodenstromkreis des Oszillator-Magnetrons liegt eine Regelröhre 10, die in Verbindung mit den Stabilisatoren Röhre 11 und 12 den Anodenstrom des Magnetrons stabilisiert.

Verzerrung und Entzerrung auf dem Panorama- und Höhenmeßrohr

(Nur für Luftwaffengerät)

Zu dem Zeitpunkt, da der Sendeimpuls die Antenne verläßt, beginnt der Elektronenstrahl auf dem Panorama- und Höhenmeßrohr, durch den Sägezahn abgelenkt, die Zeitschreibung. Während der Schreibung der Zeitbasen kommen die Echoimpulse zurück und ergeben durch Helligkeitssteuerung des Panoramarohres und Auszackung der Zeitbasis im Höhenmeßrohr die Darstellung der Ziele.

In Abhängigkeit von der Höhe ist nun das Bild auf dem Schirm des Panoramarohres durch einen in der Bildmitte befindlichen Kreis gekennzeichnet. Er entsteht durch die Aneinanderreihung der kürzest möglichen Echoimpulse, die direkt senkrecht von unten eintreffen (Bodenimpulse). Die unter dem Flugzeug liegende Landschaft wird verzerrt wiedergegeben (Abb. 66).

Auf dem Höhenmeßrohr ist das erste Zielzeichen der Bodenimpuls. Wird die Höhenmarke auf diesen Bodenimpuls eingedreht, so wird die genaue Höhe durch Ablesen am Potentiometer gemessen.

Der Radius des Bodenimpulskreises auf dem Panoramarohr ist durch die Höhe des Flugzeuges bedingt. Beginnt der Sendevorgang um die Zeit früher, die der Bodenimpuls braucht, um an das Panoramarohr zu gelangen, so verschwindet der kahle Fleck in der Mitte des Rohres völlig. Die Entzerrung des Bildes wird somit durch die Vorverlegung des Sendeimpulses erreicht.

Durch ein Potentiometer am Steuergerät (Bildradius) wird die Impulsvorverlegung derart vorgenommen, daß auf dem Höhenmeßrohr der Bodenimpuls mit dem Beginn der Zeitbasis zusammenfällt. Es wird dadurch die Gittervorspannung der Röhre O3 der Impulszentrale geändert, wodurch sich der Einsatz des Synchronisierimpulses für die Zündstufe und damit die Auslösung des Sendevorganges zeitlich verschieben läßt.

Auflösungsvermögen des Gerätes

Die auf dem Panoramrohr sichtbaren Ziele sind nicht gleichmäßig ausgeleuchtete Punkte, Striche oder Flächen, sondern das Bild ist gerastet, bedingt durch die Zeitbasen-Rosette. Das Erkennen einzelner Ziele voneinander in der Tiefe ist abhängig von dem Auflösungsvermögen. Die Impulsbreite von 1 μ sec. entspricht einer Entfernungsmessung von 300 m, so daß das Auflösungsvermögen durch den Hin- und Rücklauf des Impulses zu 150 m gegeben ist.

Das erste Ziel, das uns das Nahauflösungsvermögen aufzunehmen gestattet, folgt also nach der Zeit der halben Impulsbreite, die als kürzeste Entfernung die kleinste Laufzeit hat. Es ist jedoch nicht 150 m, da durch die Sperrang des ZF-Verstärkers durch den Zf-Austastimpuls der Empfangsweg erst nach der eingestellten Zeit der Verzögerung freigegeben wird. Wir erhalten das Nahauflösungsvermögen zu etwa 1 000 m.

Der Abstand der Ziele in der Tiefe, den uns das Auflösungsvermögen gestattet aufzunehmen in Abhängigkeit von der Höhe h, ist das Kartenauflösungsvermögen. Es ändert sich mit der Höhe und der Entfernung. Auf eine bestimmte Entfernung bezogen, ist das Kartenauflösungsvermögen aus geringeren Höhen besser als aus einer größeren Höhe. Kartenauflösungsvermögen siehe auch Teil III.

Die Antenne

Die Wirkungsweise der Antenne Berlin beruht auf dem Prinzip

der dielektrischen Antennenrichtstrahler.

Bevor auf die Eigenschaften des dielektrischen Strahles eingegangen wird, soll ein anschaulicher Vergleich der Vorgänge in den dielektrischen Strahlern Erwähnung finden. Es ist dies das Beispiel der Lichtbündelung in einem Quarzstab. Der Vergleich mit Lichtwellen ist insofern möglich, als die cm-Wellen diesen in ihrer Wirkung immer ähnlicher werden.

Lichtwellen in einem Quarz werden an den Aussenwänden entsprechend den Lichtgesetzen gebrochen. Stellt man einen Quarz von der Form her, wie in Abb. 67 und bringt man im Punkte A eine Lichtquelle an, so laufen die Lichtwellen in diesem Quarz weiter und werden an den Aussenwänden so reflektiert, dass sie nur am Punkte B austreten, entsprechend dem bestimmten Austrittswinkel. Das Austreten am Punkt B ist auf die Eigenschaft des Quarzes zurückzuführen.

Erregt man in einem Dielektrikum einen Dipol, so wirkt dieses als Strahler in seiner Hauptausdehnung, da die erzeugten Wellen in diesem Dielektrikum fortschreiten. Dielektrische Antennen sind somit Längsstrahler, die fortschreitende Wellen führen (Abb. 68).

Hochfrequente Isolierstoffe bilden die Grundlage für den Aufbau von dielektrischen Strahlern im Bereich der dm- und cm-Wellen. Derartige Antennen, soweit sie zur Ausstrahlung von Wellen unter 50 cm verwendet werden, geben bessere Strahlungsbedingungen als etwa die Dipolwand oder der Parabolspiegel. Mit wesentlich geringeren Mitteln ist hier eine gute Bündelung zu erreichen, wobei die Ausmasse der gesamten Antenne, die seither starken Einfluss auf vielseitige Verwendung von Funkmessgeräten hatte, sehr klein bleiben.

Für die Antennen-Charakteristik sind massgebend: Anregungsart, Dielektrizitätskonstante, Quer- und Längsdimensionen im Verhältnis zur Wellenlänge und die Form des dielektrischen Körpers.

Dielektrische Richtantennen bündeln bei kleinem Querschnitt umso besser, je länger sie sind. Wir erhalten die Form eines Stielstrahlers (Abb. 69) mit fortschreitenden Wellen, im Gegensatz zu den üblichen frei erregten Dipolen, die stehende Wellen ausbilden und quer zu ihrer Längsrichtung abstrahlen. (bei diesen drückt sich durch Wechseln der Potentiale Schwingung um Schwingung ab). Unter einer fortschreitenden Welle versteht man einen Schwingungszug, der durch einen Dipol in einem dielektrischen Strahler erzeugt wird, nach den optischen Gesetzen an den Aussenwänden reflektiert wird und durch das Dielektrikum weiterläuft. Unter Anpassung des Strahlerwiderstandes an den Wellenwiderstand des freien Raumes und durch Verjüngung des Stieles nach seinem Ende hin wird die Rückstrahlung unterbunden. Die im dielektrischen Strahler entlanglaufende Welle hat eine Geschwindigkeit, die etwas geringer ist als die Lichtgeschwindigkeit und von dem verwendeten Dielektrikum abhängig ist.

Als Antenne müssen wir also den das Dielektrikum erregenden Dipol und das als Strahler wirkende Dielektrikum in ihrer Gesamtheit betrachten. Die Ausmasse des Erregerdipols brauchen nicht $\lambda/2$ zu betragen, sondern können kleiner gehalten werden.

Die Isolierstoffe, die bei der dielektrischen Antenne Anwendung finden, sind: Trolitul, Glas, Keramik und andere Kunststoffe. Beim Bau der Berlin-Antenne wurde Trolitul verwandt.

Die Form des Querschnittes kann in weiten Grenzen äusseren Bedingungen angepasst werden, ohne dass die Strahlungseigenschaft verschlechtert wird, wenn die Gesamtfläche etwa die gleiche bleibt. Der Querschnitt der dielektrischen Antenne lässt sich auf die Hälfte herabsetzen, wenn der Strahler auf einer Metallfläche angebracht ist (Abb. 70). Wird ein Strahler im Abstand $\lambda/2$ von der Metallfläche erregt, so wird der vertikal auslaufende Energiestrahle durch Reflektion an der Metallfläche um etwa 24° angehoben (Abb. 71). Bei der Entfernung des Strahlers um λ ist eine Beeinflussung der gerichteten Antennenstrahlung nicht mehr gegeben.

Ein Einzelstiel, wie er bisher beschrieben ist, hat einen Öffnungswinkel des Strahlerdiagrammes von etwa 40° (Abb. 72). Durch Gruppenanordnungen mehrerer Einzelstiele lassen sich scharfe Bündelungen in der Antennencharakteristik erzielen. Die Anzahl der Strahlerelemente bleibt infolge der guten Bündelung des Einzelstrahlers klein.

Die Berlin-Antenne hat vier nebeneinanderliegende Einzelstiele und erreicht so eine Bündelung in der Horizontalen von 11° Öffnungswinkel (Abb. 73), während die Bündelung in der Vertikalen die des Einzelstrahlers bleibt (Abb. 72). Die Strahler sind auf einem Antennenteller angebracht, haben davon einen Abstand von λ und unter sich einen Abstand von $1,5 \lambda$ (Abb. 74). Zur Anpassung an den Wellenwiderstand 70Ω des freien Raumes (als Übergangswiderstand) ist es notwendig, durch Parallelschaltung je zweier Strahler den Strahlerwiderstand eines Einzelstrahlers von 140Ω auf den von 70Ω herabzusetzen. Die Speisung der Antenne siehe Abbildung. Durch die $\lambda/2$ -Umwegleitung wird die durch die Parallelschaltung entstandene Phasenverschiebung von 180° wieder ausgeglichen, so dass je zwei zusammengehörige Strahler in der gleichen Phase abstrahlen. Der Übergang des rotierenden zum stehenden Teil der Antennenleitung vollzieht sich durch einen kapazitiven Schleifring.

Ein frei erregter Dipol ist nur für eine feststehende Wellenlänge zu verwenden, damit die Abstrahlung dem Höchstwert der Ausgangsleistung entsprechend erfolgt. Die dielektrische Antenne hat jedoch eine Breitbandwirkung von $f_{\max} : f_{\min} = 2 : 1$. Sie lässt also einen Wellenwechsel, soweit er sendermässig möglich ist, ohne weiteres zu.

Die Stromversorgung

In der Zeichnung "Prinzipschaltbild Berlin" ist die Anordnung der Bauteile so erfolgt, dass die Schaltverbindungen der einzelnen Geräte klar zu erkennen und zu übersehen sind. In der Aufzählung der zur Anlage gehörenden Einzelgeräte wurde die Zusammenfassung in Feld I und Feld II erwähnt.

Die Zusammenfassung der Einzelgeräte in die einzelnen Felder zeigt das Schaltbild "HF-Verkabelung Berlin". Die Buchsenbezeichnung der Kabel ermöglicht die Übertragung aus dem Schaltbild "HF-Verkabelung Einzelgeräte" in das Schaltbild "HF-Verkabelung Berlin". Zu diesen drei Bauelementen Feld I, Feld II und Sichtgerät gehören das Steuergerät mit Koppelrechner und die Stromversorgung, die zusammen die Gesamtanlage Berlin darstellen. Das Arbeiten des Gerätes ist an den Ein- und Ausschaltvorgang durch das Steuergerät gebunden. Die Stromversorgung der "Berlin"-Anlage gibt aber erst den Einblick in die Inbetriebnahme der Anlage, weshalb diese dem Steuergerät vorweggenommen ist.

Das Schaltbild "Verkabelung Stromversorgung" zeigt die Art der Zuführung der benötigten Spannungen zu den einzelnen Bauelementen. Eine Bordbatterie 24 Volt Gleichstrom ist die Spannungsquelle der Berlin-Anlage. Es werden Gleich- und Wechselspannungen benötigt, die über einen Spannungsverteiler weitergeleitet werden.

Zur Wechselspannungs-Versorgung der Anlage dient der aus der Bordbatterie gespeiste Umformer, der 80 V und 500 Hz einphasig liefert. Der Spannungskonstanthalter (Pintschregler) im Spannungsverteiler regelt die Wechselspannung auf $\pm 2\%$ ein.

Das Anlegen der benötigten Gleich- und Wechselspannungen erfolgt über das Steuergerät, mit Hilfe von Relais wird diese Fernschaltung durchgeführt. Art, Aufgaben und Funktionen der Relais sind aus der Relais-Anordnung (S. 56 - 65) des Berlin-Gerätes zu ersehen.

Das Schaltbild "Stromversorgung" zeigt die Anschaltung der Spannungen durch die Kontakte der verschiedenen Relais. Durch den C 1 - Kontakt wird die Gleichspannung vom Spannungsverteiler aus weitergeschaltet, die für die Relais K, B, E, A, I die Heizkörper der Nullode, den Lüftermotor und den Antennenmotor benötigt wird.

Die Wechselspannung g , die durch den $bl,2_{--}$ -Kontakt vom Spannungsverteiler aus weitergeschaltet wird, versorgt die Hoch- und Niederspannungstransformatoren des Feldes I, II und des Sichtgerätes.

An die Niederspannungstransformatoren wird die Wechselspannung direkt angelegt, wie an U_{01} der Impulszentrale, U_{01} , U_{02} im Feld I, U_{01} im Feld II und U_{02} und U_{03} im Sichtgerät.

Die Hochspannung wird durch Kontakte der verschiedenen Relais an die Transformatoren der einzelnen Bauelemente angelegt.

Wir erkennen hieraus, dass die Stromversorgung des Gerätes durch das Ansprechen der einzelnen Relais und das Betätigen der verschiedenen Schalter vom Steuergerät aus einen zeitlichen Ablauf erfährt.

Durch weitere, von dem Anschalten der Wechselspannung abhängige Relais (C, d und G-Relais) und durch das Verzögerungsrohr R_{02} im Feld II wird die Hintereinanderfolge der einzelnen Schaltvorgänge gesteuert.

Das Schaltbild "Relais-Schema Berlin" und die Beschreibung des Steuergerätes geben uns Einblick in die Arten und Aufgaben der Relais und Schalter. Den Einblick in den zeitlichen Ablauf erhalten wir durch den Ein- und Ausschaltvorgang des Berlin-Gerätes.

Das Steuergerät

Das Steuergerät vereinigt alle Schaltelemente - ausser Hauptschalter - zur Inbetriebnahme der Anlage. Die Anordnung der Schaltdruckknöpfe, der Kippschalter und die für die optische Anzeige vorgesehenen Signallampen siehe aus dem Schaltbild "Steuergerät". Die Frontplatte des Steuergerätes enthält Druckschalter zum Einschalten der Nieder- und Hochspannung, einen Bereichsumschalter, je einen Kippschalter zum Ein- und Ausschalten des Senders, der Flugzeugrichtungsmarke und des Antennenmotors, einen Umschalter für Einordnung, die Einstellung "Bildradius", die Höhen- und Entfernungs- Nullkorrektur und die Verstärkungs-

regelung des ZF-Verstärkers. Für die Gesamtausschaltung ist ein weiteres Druckschalter vorhanden. Die Signallampen dienen der Kontrolle der eingeschalteten Spannungen.

Die Aufgaben der Schalter U_1 und U_3 bis U_7 siehe im "Relais-Schema Berlin" und in der Relaisanordnung Berlin. Der Schalter U_2 (Einordnung) ist in Ruhestellung auf automatische Einordnung über die Kurszentrale geschaltet. Bei Betätigung des Hebels nach rechts oder links ist eine Kursnachstimmung über das Patin-Steuergerät möglich. Der Verstärkungsgrad des ZF-Verstärkers wird hier am Steuergerät durch das Potentiometer W22 (Verstärkung) geregelt. Das Potentiometer "Bildradius" W23 ermöglicht die Vorverlegung des Sendeimpulses durch Verschiebung der Vorspannung am Gitter der Röhre O3 der Impulszentrale. Die Entfernungs-Null-Korrektur durch Potentiometer W 20 und die Höhen-Null-Korrektur durch Potentiometer W 21 verändern die Gittervorspannungen des Entfernungs-Multivibrators, bzw. des Höhen-Multivibrators in geringen Grenzen. Die H-Marken und E-Marken-Verschiebung die durch Potentiometer am Koppelrechner vorgenommen wird, ist hiermit nicht identisch. Es handelt sich lediglich um eine Korrektur. Der Schalter U_8 schaltet die Flugzeugrichtungsmarke ein, deren Erzeugung aus der Beschreibung der ZF-Austastung und Eichung zu ersehen ist. Der Koppelrechner wird dem Anwendungszweck der Anlage entsprechend an das Steuergerät angesteckt oder ist durch den Ersatzkasten ersetzt. In dem Ersatzkasten ist eine elektrische Nachbildung eingebaut, die dem Koppelrechner entspricht. Der Koppelrechner ermöglicht Entfernungs- und Höhenmessungen. Die genauen Werte sind geeichten Skalentrommeln, die mit den Potentiometern mechanisch verbunden sind, zu entnehmen. Entfernungs- und Höhenmessungen siehe ZF-Austastung und Eichung.

Die Inbetriebsetzung der Anlage erfolgt vom Steuergerät aus. Durch die Signallampe des jeweils eingeschalteten Bereiches wird die Bereitschaft zum Einschalten angezeigt. Nach einem Druck auf den Schaltkopf "Niederspannung ein" erfolgt die

Heizung sämtlicher in der Anlage befindlicher Röhren und das Anlaufen des Lüftermotors. Dabei hat das Gleichrichterrohr, Ro 01 im Feld II (ersichtlich aus dem Schaltbild "Stromversorgung") die längste Anheizdauer, 45 sec. Nach der Erzeugung der Anodenspannung spricht das D-Relais an, das durch Schalten seiner Kontakte ein Relais für die Hochspannung freigibt. Die Einschaltung des die Hochspannung schaltenden A-Relais geschieht durch den Druckschalter "Hochspannung ein", Signallampe 04 (grün) leuchtet auf. Nach der Anheizdauer der beiden Hochspannungsgleichrichterröhren Rö 06 und 07 im Sichtgerät erhalten die beiden Braunschen Rohre ihre Betriebsspannung und die Zeitschreibung/⁶ⁿdurch den Sägezahn werden sichtbar. Im Feld II wird die Testspannung in den Gleichrichterröhren Rö 03 und 04 in Verdoppler-Schaltung erzeugt. Nach Ablauf der durch das Verzögerungsrohr Rö 02 im Feld II eingeschalteten Verzögerungszeit von 30 sec. tritt die Senderbereitschaft ein, angezeigt durch das Aufleuchten der Signallampe Rö 03 im Steuergerät. Die Verzögerungszeit ist notwendig, um die Betriebsbereitschaft des Sendemagnetrons zu gewährleisten und damit zu verhindern, daß der erste Tastimpuls auf eine unterhitzte Magnetronkathode auftrifft und diese gefährdet. Das D-Relais ist durch Sperrung des Stromflusses in Rohr 02 im Feld II abgefallen. Die an dem Schalter "Sender ein" (U_3) liegende Spannung kann nun an die Zündstufe des Feldes II angelegt werden. Beim Anschalten der Anodenspannung an die Zündimpulserzeugerröhre leuchtet die Signallampe "Sender ein" Rö 05, auf. Nach dem Abfallen des D-Relais, also nach der Verzögerungszeit von 30 sec. vom Moment des Einschaltens der Hochspannung ab, erhält auch das Oszillator-Magnetron des Sichtgerätes Anodenspannung. Sein Arbeiten erkennt man am Zeigerausschlag des Instrumentes "Mischdetektorstrom" auf dem Sichtgerät. Nachdem der Antennenmotor eingeschaltet ist, kann der Sende- und Empfangsbetrieb eröffnet werden.

Durch den Schalter "Niederspannung aus" wird die Gesamtanlage außer dem Umformer abgeschaltet. Die Gleichspannung für den Umformer und die Gleichspannung für die Berlin-Anlage

wird durch Hauptschalter abgeschaltet.

Die Inbetriebsetzung der Anlage gab den Überblick über die zu betätigenden Schalter und die erfolgenden Schaltvorgänge, wie sie nach außen hin durch die Signallampgen angezeigt werden. Das Ansprechen und Abfallen der Relais und die durch ihre Kontakte ausgeführten Schaltungen sind aus dem "Relais-Schema" und "Relais-Schaltdbild Berlin" zu ersehen.

Relais-Anordnung des Berlin Gerätes:

Relais B,C,E und K im Spannungsverteiler
Relais A,D und G im Feld II
Relais I im Sichtgerät
Relais F und H im Feld I

Art, Aufgaben und Funktionen der Relais

B-Relais

b1 Schaltrelais für die Gesamtwechsel-
b2 Arbeitskontakte, spannung 80 V, 500 Hz. 1 Erregerwick-
lung, 2 Arbeitskontakte. schalten die aus dem Umformer kommende
Wechselspannung.

Schaltrelais für die Gleichspannung
24 V und in Verbindung mit dem Über-
stromanzeigetrafo UA Schutzrelais.
1 Erregerwicklung, 1 Gegenwicklung
und 1 Arbeitskontakt.

c1 Arbeitskontakt, legt die aus der Bordbatterie kommende
Gleichspannung an alle Gleichstrom-
verbraucher des Berlin-Gerätes (Lüf-
termotor, Heizkörper der Nullode usw.)
Der Überstromanzeigetrafo erregt die
Gegenwicklung des C-Relais und läßt
dieses bei Überstrom abfallen.

E-Relais

Schaltrelais für den Antennenmotor,

e1 Arbeitskontakt, 1 Erregerwicklung, 1 Arbeitskontakt, schaltet die Gleichspannung der Bord-batterie an den Antennenmotor.

K-Relais

Schaltrelais für die Gleichspannung zum Sichtgerät. 1 Erregerwicklung, 2 Arbeitskontakte.

k1 Arbeitskontakt, legt die Gleichspannung an das Feld II an.

k2 Selbsthaltekontakt für das K-Relais.

A-Relais

Schaltrelais für die Wechselspannung zum Sichtgerät und Feld II. 1 Erregerwicklung, 5 Arbeitskontakte.

a1 Arbeitskontakt, schaltet 80 V, 500 Hz zum Sichtgerät für die Erzeugung der Hochspannung.

a2 Arbeitskontakt, bereitet den Stromkreis für das Relais E.

a3 Selbsthaltekontakt für das A-Relais

a4 Arbeitskontakt, schaltet 80 V, 500 Hz zum Feld II zur Erzeugung der Hochspannung.

a5 Arbeitskontakt, schaltet die Gittervorspannung für das Verzögerungsrohr Rö 02 im Netzteil des Feldes II.

D-Relais

Schaltrelais für das A-Relais und den Sender. In Verbindung mit dem Schutzrelais G, Verzögerungsrelais Verzögerungszeit 45 sec. 1 Erregerwicklung, dessen Strom durch das Verzögerungsrohr Rö 02 im Netzteil des Feldes II gesteuert wird. 1 Ruhekontakt, 1 Wechselkontakt, 3 Arbeitskontakte.

d1 Ruhekontakt, trennt den Stromkreis für die Anodenspannung des Zündimpulserzeugerrohres sichernd zum Schutze des Senders auf.

d2 Wechselkontakt Ruhekontakt d2 entlädt den Verzögerungskondensator des Verzögerungs-

d3

rohres RÖ 02 im Netzteil des Feldes II.

Arbeitskontakt d3 legt den Verzögerungskondensator an das Gitter des Verzögerungsrohres RÖ 02 im Netzteil des Feldes II.

d4 Arbeitskontakt, bereitet den Stromkreis des A-Relais vor.

d5 Arbeitskontakt, schließt den Stromkreis für das I-Relais des Sichtgerätes.

d6 Arbeitskontakt, verhindert das Ansprechen des Schutzrelais G beim Ein- und Ausschalten des Senders.

G-Relais

Schutzrelais des Modulators bei Dauerzündung. 1 Erregerwicklung, 2 Ruhekontakte.

g1 Ruhekontakt, Brücke im Stromkreis 80 V für Hochspannungstrafo im Felde II.

g2 Ruhekontakt, Brücke in dem Stromkreis der Gittervorspannung für das Verzögerungsrohr RÖ 02 im Netzteil des Feldes II.

I-Relais

Schaltrelais der Anodenspannung des Oszillatormagnetrons. 1 Erregerwicklung, 1 Ruhekontakt.

i1 Ruhekontakt, öffnet den Stromkreis für die aus dem Hochspannungstrafo des Sichtgerätes kommende Anodenspannung des Oszillatormagnetrons.

F-Relais

Bereichsumschalterrelais der Impulzentrale schaltet von Bereich I auf Bereich II. 1 Erregerwicklung, 2 Ruhekontakte, 2 Wechselkontakte und 2 Arbeitskontakte. Die Funktion des F-Relais gehört zu den Hochfrequenz-Vorgängen. Der Vollständigkeit der Relais-

Anordnung wegen ist das F-Relais der Impulszentrale und das der gleichen Funktion dienende H-Relais der ZF-Austastung und Eichung in dieser Zusammenfassung aufgenommen.

f1 Arbeitskontakt, schaltet im Bereich II einen zusätzlichen Kathodenkopplungskondensator für den Multivibrator Rö 04 und 05.

f2 Ruhekontakt

f2 schließt einen Kathodenwiderstand der Stromgegenkopplung des Rohres 04 im Bereich I kurz. f3 Wechselkontakt f3 Arbeitskontakt schließt im B-Bereich II einen Kathodenwiderstand der Stromgegenkopplung des Rohres 05 kurz.

f4 Arbeitskontakt, schließt im Bereich II einen Kathodenwiderstand des Rohres 06 kurz.

f5 Wechselkontakt, f5 Arbeitskontakt legt im Bereich II geringere positive Gittervorspannung an das Rohr 06.

f6 Ruhekontakt legt im Bereich I eine positive Gitterspannung an das Rohr 06.

f7 Ruhekontakt, schließt im Bereich I einen Kathodenwiderstand des Rohres 10 der Gegentaktschaltung kurz.

f8 Ruhekontakt, schließt im Bereich I einen Kathodenwiderstand des Rohres 11 der Gegentaktschaltung kurz.

H-Relais

Bereichsumschaltung der ZF-Austastung

und Eichung, Schaltet von Bereich II auf den Bereich I. 1 Erregerwicklung, 1 Wechselkontakt, 2 Arbeitskontakte.

h1 Wechselkontakt h1 Arbeitskontakt schaltet im Bereich I den negativen Anteil des Höhenimpulses

h2

an die Wurzelimpuls-Erzeugerröhre der Entfernungsmarke Rö 09.

h2 Ruhekontakt schaltet im Bereich VII den Kathodenimpuls von der Wurzelimpulserzeugerröhre der Entfernungsmarke Rö 09 ab.

h3 Arbeitskontakt, schließt im Bereich I die Iodenstrecke der Wurzelimpulserzeugerröhre der Entfernungsmarke Rö 09 mit der Kathode kurz, damit im Bereich I die rechte Flanke des Kathodenimpulses der gemeinsame Nullpunkt für die Höhen- und Entfernungsmarke ist.

h4 Arbeitskontakt, schließt im Bereich I einen Teil des Anodenwiderstandes der Impulserzeugerröhre der Entfernungsmarke Rö 09 kurz, um die für den Entfernungswurzelimpuls im Bereich I notwendige steilere Ladekurve der Ladekondensatoren zu erzielen.

Die Fernsteuerung der Relais erfolgt durch Druck- und Kipp-schalter vom Steuergerät aus.

U₁ Bereichsummschalter schaltet in:

Stellung 1 : H-Relais, 18 km-Bereich und 18 km-Entfernungsmarke.

Stellung 2 : 18 km-Bereich und 60 km-Entfernungsmarke.

Stellung 3 : F-Relais, 60 km-Bereich und 60 km-Entfernungsmarke (Bereich II).

U₃ Senderschalter :schaltet Sender ein und aus.

U₄ Antennenschalter:schaltet Antennenrelais.

U₅ Drucktaste :Ausschalter, schaltet B- und K-Relais ab, trennt allgemein den Relaisstromkreis auf.

U₆ Drucktaste : "Niederspannung ein". Schaltet B- und K-Relais ein, gleichzeitig Stellung "Hochspannung aus".

U₇ Drucktaste : "Hochspannung ein" schaltet A-Relais ein.

Das Relais und Schutzsystem

Die Fernschaltung des Relaissystems Berlin über das Steuergerät bedeutet, daß elektrische Verriegelungen nach und nach aufgehoben werden. Mit dem Schaltsystem ist somit gleichzeitig ein Schutzsystem verbunden. Aus dem "Relais-Schema-Berlin" und dem "Relais-Schaltbild-Berlin" sind der Einschaltvorgang zu ersehen sowie die Bereichsumschaltung in den Stellungen 1, 2 und 3. In weiteren Darstellungen ist das Schutzsystem erläutert, wie: das Ansprechen des Überstromanzeigetransformators UA und die Dauerzündung des Senders durch die Zündflasche. Angefügt ist weiterhin der Ausschaltvorgang.

Der Hauptschalter schaltet die Gleichspannung für die Berlin-Anlage und den Umformer. Nach Erzeugung der Wechselspannung erhält die Wicklung I des C-Relais über den Gleichrichter G_1 die Ansprechspannung. Das C-Relais spricht an. Sein Kontakt C_1 schaltet die Gleichspannung weiter zu den einzelnen Relais und bereitet die Stromkreise für den Lüfter und Antennenmotor vor. Die Bereichsanzeigelampe (Signallampe RÖ 01) leuchtet auf, bei der Stellung des Bereichsumschalters in Stellung 1.

Das H-Relais (Bereichsumschalterrelais der ZF-Austastung und Eichung) schaltet von Bereich II auf Bereich I und bedingt das Arbeiten des Gerätes im Bereich I.

Durch den Schalter U_6 "Niederspannung ein" (siehe Ansicht "Steuergerät") werden das B- und K-Relais gleichzeitig an Spannung gelegt, der Stromkreis für das A-Relais (Anschalterrelais für die Hochspannung) wird sichernd aufgetrennt. B und K sprechen an und schalten ihre Kontakte. Die Wechselspannung wird durch den b1, 2-Kontakt für die Niederspannungsversorgung zum Feld I, II und zum Sichtgerät geschaltet. Der k1-Kontakt schaltet den Lüftermotor an und bringt die Spannung für die Heizkörper der Nullode.

Nach der Anheizzeit der Röhre O2 (45 sec.) und dem Anliegen der Anodenspannung über das Gleichrichterrohr RÖ 01 (siehe

Schaltbild "Stromversorgung") kann das D-Relais ansprechen.

Das D-Relais schaltet seine Kontakte. Durch den d5-Kontakt wird das I-Relais zum Ansprechen gebracht.

Die Signallampe R₀ O₃ im Steuergerät (Senderbereitschaft) leuchtet auf, sobald das Gleichrichterrohr R₀ O₁ im Feld II geheizt ist und Anodenspannung liefert, erlischt aber kurz darauf, da durch das Ansprechen des D-Relais der d1-Kontakt geöffnet und damit der Stromkreis "Sender ein" (U₃) aufgetrennt wird. Der d4-Kontakt hat den Stromkreis für das Anschalterrelais A für die Hochspannung vorbereitet.

Der d3-Kontakt legt den Kondensator C₅ an das Gitter der Röhre 2, dieses ist über den Widerstand W₄, einem 2 M-Widerstand, praktisch an das Null-Potential gelegt. An dem Kathoden-Widerstand W₁ entsteht durch den Arbeitszustand der Röhre O₂ eine negative Sperrspannung von 15 V. Der a5-Kontakt hat den Stromkreis für diese Sperrspannung zum Gitter des Rohres O₂ noch aufgetrennt. Es kann nun die Einschaltung der Hochspannung durch den Schalter U₇ erfolgen.

Das A-Relais spricht an, wird durch den Selbsthalte-Kontakt a3 gehalten, wodurch die Signallampe O₄ (grün) aufleuchtet und das Ansprechen des A-Relais angezeigt wird. Die Kontakte des A-Relais werden geschaltet. Der a1-Kontakt legt die Hochspannung für das Sichtgerät an, der a4-Kontakt die Hochspannung für das Feld II. Der Stromkreis für das E-Relais wird durch den a2-Kontakt vorbereitet.

Der a5-Kontakt legt nun die 15 V-Sperrspannung an das Gitter des Rohres O₂. Diese Spannung erreicht jedoch nicht sofort die volle Sperrspannung, sondern wird exponentiell angelegt, da der Kondensator C₅ erst auf diese Spannungshöhe aufgeladen werden muß. Durch die große Zeitkonstante des RC-Gliedes (Kondensator C₅ und Widerstand W₅) verläuft dieser Vorgang der Anlegung der vollen Sperrspannung sehr langsam. Die Verzögerungszeit bis zum Abfall des D-Relais, die durch die Sperrung des Stromflusses in Röhre O₂ hervorgerufen wird, beträgt 30 sec.

Das D-Relais fällt ab. Der d2-Kontakt schließt den Kondensator C_5 über den Widerstand W_6 kurz und bedingt dessen Entladung, die nach 45 sec. erfolgt ist. Der d1-Kontakt ist wieder in Ruhestellung gegangen, die Anodenspannung für die Anode der Röhre O3 der Zündstufe liegt an dem Schalter U_3 "liegende Signallampe Senderbereitschaft" Röhre O3 leuchtet auf. Der d5-Kontakt trennt den Stromkreis für das I-Relais auf. Dieses fällt ab, der i1-Kontakt legt die Anodenspannung für das Oszillatormagnetron an, die durch das vorhergehende Ansprechen des I-Relais sichernd abgeschaltet war, um das Durchheizen des Oszillatormagnetron zu gewährleisten. Die Sperrung des Verzögerungsrohres O2 wird durch die über den a5-Kontakt anliegende Spannung aufrecht erhalten. Durch den Schalter U_3 "Sender ein" kann nunmehr die Einschaltung des Senders erfolgen. Die Anzeigelampe, Rö O5, "Sender ein" leuchtet auf.

Durch den Schalter U_4 "Antenne ein" spricht das E-Relais an, dessen e1-Kontakt den Antennenmotor einschaltet.

Die Berlin-Anlage arbeitet im Bereich I, die Sende-Empfangsvorgänge finden statt.

Die Bereichsumschaltung wird durch den Schalter U_1 vorgenommen. In der Stellung 1 spricht das H-Relais an, die 18 km-Entfernungsmarke wurde erzeugt, das Panoramabild ist im 18 km-Bereich angezeigt.

Beim Umlegen des Bereichsumschalters U_1 auf Stellung 2 leuchtet die Bereichsanzeigelampe Rö O2 auf. Durch das Abfallen des H-Relais wird in dieser Stellung die 60 km-Entfernungsmarke erzeugt, das Panoramabild bleibt jedoch im 18-km-Maßstab erhalten.

In der Stellung 3 des Bereichsumschalters ist der Bereich II eingeschaltet. Das F-Relais in der Impulszentrale spricht an, die Bereichsanzeigelampe Rö O6 leuchtet auf. Durch das Ansprechen des F-Relais wird das Panoramabild im 60 km-Maßstab dargestellt, in der ZF-Austast- und Eichstufe wird die 60 km Entfernungsmarke erzeugt.

Diese drei Stellungen des Bereichsumschalters sind vorgesehen, um beim Übergang von dem einen Bereich in den anderen mit der Entfernungsmarke jeweils das Ziel festhalten zu können.

Die weiteren Schaltzustände der Relais sind Schutzschaltungen. Es ist dabei immer von dem ersten Schaltzustand ausgegangen worden.

Der Überstromtrafo ist ein Anzeigetrafo für das Auftreten eines Überstromes im Wechselstromkreis. Wir wissen, daß die Gleichspannung durch einen Kontakt des C-Relais geschaltet wird. Das C-Relais kann jedoch erst ansprechen, wenn die Wechselfspannung erzeugt ist. Die Wicklung 2 ist der Wicklung 1 des C-Relais entgegengeschaltet. Tritt ein Überstrom oder eine Überspannung in dem Wechselstromkreis ein, so wird die Wicklung 2 erregt, da diese Wicklung der Wicklung 1 entgegengeschaltet ist, wird das C-Relais abfallen. Durch das Schalten des c1-Kontaktes wird der Gleichstromkreis des Berlin-Gerätes unterbrochen. Sämtliche Relais schalten ab, die Anlage wird stromlos. Das Abfallen des C-Relais tritt auch dann ein, wenn die Umformerspannung ausfällt. Der c1-Kontakt macht auch in diesem Falle beim Ausfallen der Wechselfspannung das Gerät stromlos.

Im Rhythmus der Tastfrequenz zündet die Zündflasche. Es finden also 1500 Entladungen der Laufzeitkette des Senders über die Zündflasche in der Sekunde statt. Bei einer Dauerzündung der Zündflasche sind die Sende- und Modulatororgane gefährdet, ebenso sind Rückwirkungen auf das Oszillatormagnetron über den Mischkopf möglich.

Tritt eine Störung dieser Art im Modulationskreis des Senders auf, so vergrößert sich der Strom im G-Relais, und bringt dieses zum Ansprechen. Dadurch wird durch g1-Kontakt die Hochspannung abgeschaltet. Da das G-Relais in diesem Hochspannungstromkreis liegt, würde es sofort wieder abfallen, und der g1-Kontakt würde die Hochspannung wieder anschalten. Es würde somit ein

Pendelzustand eintreten, da aber gleichzeitig der g2-Kontakt die Gittersperrspannung des Verzögerungsrohres R_ö 02 unterbricht, spricht das D-Relais durch den einsetzenden Stromfluß im R_ö 02 an.

Die Kontakte des D-Relais werden durch das Ansprechen des G-Relais geschaltet. Der d1-Kontakt nimmt die Anodenspannung von der Zündimpulserzeugerröhre R_ö 03 der Zündstufe. Die Signallampen "Sender ein" und "Senderbereitschaft", R_ö 05 und R_ö 03 erlöschen. Durch den d5-Kontakt wird das I-Relais zum Ansprechen gebracht, dessen i1-Kontakt die Anodenspannung des Oszillatormagnetrons abschaltet.

Nach dem Abfallen des G-Relais durch das Fehlen der Hochspannung an Feld II legt der g2-Kontakt die Sperrspannung 15 V, die durch den Arbeitszustand von R_ö 02 an dem Widerstand W1 abgegriffen wird, wieder an das Gitter des Verzögerungsrohres. Durch den geschalteten d3-Kontakt liegt der Kondensator C₅ wieder im Stromkreis und muß erst aufgeladen werden, weshalb die Gittersperrspannung am Gitter exponentiell ansteigt. Die Sperrung des Rohres 02 tritt nach der Verzögerungszeit von 30 sec. ein, die damit in den Pendelvorgang des G-Relais eingeschaltet ist. Der Stromfluß im Rohre 02 hört auf, das D-Relais fällt wieder ab.

Bei erneuter Dauerzündung wiederholt sich der Absicherungsvorgang des Hochspannungsteiles durch das G-Relais. Das D-Relais schaltet nur die Verzögerungszeit in den Pendelvorgang des G-Relais ein.

Das Gerät wird ausgeschaltet durch den Niederspannungsaus-
schalter U5, der die Stromkreise zu den Relais auftrennt. Nur das durch die Wechselspannung erregte Relais C bleibt im geschalteten Zustand.

Die Einnordnung des Gerätes Berlin

(Nur für Luftwaffengeräte)

Um das auf dem Panoramaröhr entstehende Bild der Landschaft möglichst gut mit der Karte vergleichen zu können, ist es notwendig, daß "Norden" am Panoramaröhr, unabhängig vom Kurs, immer oben ist. Das Bild muß demnach automatisch eingenordet werden, d.h., das Goniometer muß bei Kursänderungen einmal schneller, einmal langsamer laufen.

Man erreicht dies durch Nachdrehen der Statorachse im Goniometer. Hierzu dient ein Nachdrehmotor, der über ein Relais von einem Tochterkompaß der Bordanlage betätigt wird, Dieser wiederum wird von einem Mutterkompaß (Magnetkompaß mit magnetischer Stellungszuordnung durch Elektromagnete, System Patin) gesteuert.

Der Mutterkompaß befindet sich im Heckteil des Flugzeuges. Die Stellung desselben zum magnetischen Nordpol wird mit Hilfe von drei um 120° versetzten Abgreifern an einem Vollpotentiometer abgenommen. Dieses wiederum wird gespeist mit 24 V. Die drei Abgreifer führen auf Diagonalleitungen zu einer Drehspulengruppe im Tochterkompaß und werden hier wiederum über drei Abgreifer und ein Vollpotentiometer gespeist. Die Gesamtschaltung entspricht der einer Wheaststone'schen Brücke. Wird die Brücke durch Verdrehen des Mutterkompasses aus dem Gleichgewicht gebracht, so wird in einer der drei Spulen ein Magnetfeld erzeugt, welches das Spulensystem solange um einen permanenten Magneten drehen läßt, bis das Gleichgewicht wiederhergestellt ist. Auf diese Weise folgt die Tochter dem Mutterkompaß. Es muß nun die Übertragung auf den Nachdrehmotor erfolgen.

In dem Falle, wenn genau Nordkurs eingehalten wird, stimmen Panoramabild und Steuerstrich überein. Dann steht auch ein Abgreifer eines weiteren Potentiometers in der Tochter, ebenfalls von beiden Seiten gespeist mit 24 V, auf Stellung Mitte. (Siehe Abb.).

Ändert sich die Flugzeugrichtung um 1° , so wird der Abgreifer aus seiner Mittelstellung gebracht, die Abnahme einer verschieden hohen Spannung bewirkt und damit vom Potentiometer ein Impuls an das Steuerrelais des Nachdrehmotors gegeben, der nun entsprechend anläuft.

Der Einsatz des Steuerimpulses erfolgt in einem Bereich von $\pm 30^\circ$ abweichend vom Steuerstrich und erreicht nach 2° eine Spannung von 5 V. Diese Spannung bleibt bestehen bis zu den Grenzstrichen, die bei 30° nach jeder Seite gezogen sind. Darüber hinaus muß die Nachdrehung mit Hand erfolgen, da der Nachdrehmotor bei größeren Kurven der Auswanderung des Flugzeuges durch "Nachdrehen" nicht folgen kann. Aus diesem Grunde befinden sich zwei einstellbare Widerstände am Steuerkasten des Nachdrehmotors, die eine Variierung der Drehgeschwindigkeit zwischen 2 und $6^\circ/\text{sec}$. ermöglichen.

Kommt man mit der Handnachdrehung wieder in den durch die Grenzstriche gekennzeichneten Bereiche, so entsteht wiederum der Impuls von 5 V, der das Steuerrelais zum Ansprechen bringt und den Motor nachdreht.

Mit dem Einsatz des Nachdrehens wird das ganze Potentiometer dem Abgreifer nachgedreht, solange, bis es die Nullstellung erreicht hat und somit der Impuls aufgehoben wird, der das Steuerrelais zum Ansprechen brachte. Damit ist auch gleichzeitig wiederum der Tochterkompaß in Stellung "Nord". Dies läßt somit stets eine Kontrolle der richtigen Lage des Panoramabildes zu.

Das Einnordungsgerät ist mit der Patiq'schen Kurszentrale ein selbständiges Gerät, welches aus der 24 V Bordbatterie gespeist wird, verbunden mit dem Berlin-Gerät lediglich dadurch, daß der Nachdrehmotor auf die Statorachse des Goniometers arbeitet. Fernerhin durch den Schalter U_2 am Steuergerät, welcher in Ruhestellung auf automatische Einnordung schaltet. Durch Betätigen des Schalters ist die oben beschriebene Kursnachstimmung von Hand über das Patin-Steuergerät möglich.

T e i l III

Die Bezeichnung der Röhren, die Kondensatoren und Widerstände decken sich mit den Nummern und Positionen in den Schaltplänen der Firma Telefunken.

Der Aufbau des Gerätes ist so gehalten, daß eine Höhenfestigkeit von 12 km sichergestellt ist. Die Verbindung der einzelnen Baugruppen erfolgt durch flexible Steckerverbindungen, wobei das Rahmengehäuse nicht als Leitungsträger benutzt wird.

Die Impulszentrale

Der Impulszentrale fällt die Aufgabe der Erzeugung verschiedenartiger Impulse und Sägezähne zu. Die Herleitung sämtlicher Impulsformen erfolgt aus dem Mutterimpuls mit der Frequenz 1500 Hz. Der Mutterimpuls wird in einem Multivibrator erzeugt, der zur Veränderung der Teilzeiten besonders geschaltet ist. Er besteht aus 2 Röhren der Type EF 14 (Röhren O4 und O5), die in der Kathode über einen Kondensator C15 gekoppelt sind. Jedes Rohr hat einen eigenen Kathodenwiderstand (W 24, 25, 26, 27) der über das Relais F teilweise kurzgeschlossen wird. Mit diesem Relais läßt sich eine Meßbereichänderung durchführen. Die Frequenz des Multivibrators ist von den Schaltgliedern in der Kathode sowie im Gitter abhängig. Der Kippvorgang des jeweilig arbeitenden Rohres wird durch Kathodensteuerung ausgelöst. Befindet sich in einem Zeitmoment das Rohr O4 im stromführenden Zustand, so entsteht am Anodenwiderstand W 23 dieses Rohres eine negative Spannung (Spannungsabfall). Diese Spannung gelangt an das Gitter des 2. Rohres RÖ O5 über den Kondensator C 13. Der Gitterableitwiderstand W 30 des Rohres O5 ist sehr groß (1 M Ω). Durch die Sperrung des Rohres O5 erfolgt die Entladung von C 13 über den Gitterableitwiderstand von 1 M Ω . Dieser Spannung überlagert sich die Spannung des Kathodenwiderstandes (W26 und 27) als Entladespannung des Kondensators C15 vom vorhergegangenen Ar-

beitszustand des Rohres 05. Der Kathodenpunkt des Rohres 05 hatte einen positiven Wert und sinkt nun der Zeitkonstanten entsprechend langsam auf Null ab. Die Zeitkonstante des Kathodenkreises setzt sich aus C 15 und der Summe der beiden Kathodenwiderstände zusammen. In beiden Meßbereichen ist diese Zeitkonstante annähernd gleich (ca. 1 000 μ sec.) d.h. die Spannung ist während dieses Zeitabschnittes praktisch konstant. Die Summe vorgenannter Spannungen ergibt die eigentliche Gitterspannung der Röhre 05. Ist der Entladevorgang von C15 soweit vorgeschritten, daß die Gitterspannung schon einen Anodenstrom zuläßt, so beginnt der Stromfluß in Röhre 05, wodurch sich an deren Kathodenwiderstand eine Gegenspannung ausbildet, die die Röhre 04 entgegengesetzt steuert und den Strom darin vermindert. Diese Stromverminderung ruft einen kleineren Spannungsabfall am Anodenwiderstand W 23 des Rohres 04 hervor, der sich wiederum über C 13 auf das Gitter der Röhre 05 überträgt und dort die negative Spannung nach der positiven Seite hin aussteuert. Der Kippvorgang vollzieht sich. Rohr 05 zieht nun Strom, während das Rohr 04 gesperrt ist. Durch die ungleichmäßige Verteilung der Kathodenwiderstände braucht in jedem der beiden Kreise die Kathodenspannung eine verschieden lange Zeit zur Erreichung der stromzulassenden Gitterspannung.

Nach Ablauf des Ausgleichsvorganges am Rohr 04 setzt der Rückkipfvorgang ein, womit der Ausgangszustand wieder erreicht ist. Die Kippfrequenz dieses Generator ist 1500 Hz. Die Meßbereichumschaltung erfolgt über Schaltkontakte des Relais F, das vom Steuergerät aus betätigt wird. Das Dach der Rechteckspannung ist nicht horizontal, sondern schwachgeneigt. Dies rührt von der Kennlinie bzw. vom exponentiellen Ablauf der einzelnen Spannung her. Zur Vermeidung der Spannungsempfindlichkeit wird die Anodenspannung durch eine Regelröhre 09 konstant gehalten. Die Rechteckspannung, die am Rohre 05 abgenommen wird, verzweigt sich einerseits zum Rohre 06, andererseits zum Rohre 01. Im Ersteren wird der Sägezahn geformt, während im Letzteren der Hellstimpuls verarbeitet wird.

Über die Kopplungskapazität C 17 gelangt der abgegriffene Mutterimpuls an das Gitter der Röhre 06.

In der Röhre 06 bzw. 07 wird ein Sägezahn erzeugt, der im ersten Rohr durch die exponentiellen Lade- und Entladevorgänge nicht brauchbar ist und daher im zweiten Rohr 07 linearisiert wird. Die Umformung des Mutterimpulses in einen Sägezahn erfolgt nicht in einer reellen Kapazität, sondern ist an das Vorhandensein der Röhren 06 und 07 gebunden. Die Schaltkapazitäten der Anodenleitungen von Röhre 06 in Verbindung mit der als kapazitivem Blindwiderstand geschalteten Röhre 07 liefern die Ladekapazität. Um einen geradlinigen Anstieg und Abstieg des Sägezahnes zu erhalten, wird Röhre 07 gegengekoppelt.

Nachdem die Ablenkung am Panoramarohr elektromagnetisch erfolgt, muß ein Stromsägezahn für die Spulen vorhanden sein. Der in Röhre 07 erzeugte Sägezahn ist ein reiner Spannungssägezahn und wird in Röhre 08 bis 11 in einen Stromsägezahn umgewandelt. Der Anodenwiderstand von Röhre 07 ist geteilt und besteht aus einem festen Widerstand W 46 und einem Potentiometer W 47. Teilung der Spannung muß vorgenommen werden, um eine Übersteuerung der Röhre 08 zu vermeiden, da der Sägezahn an Röhre 07 eine Spannungshöhe von ca. 150 V aufweist. Mit der Einstellung am Potentiometer W 47 wird auch der Zeitmaßstab der Bereiche festgelegt. Die Spannung gelangt über C 25 an das Gitter von Röhre 08 und wird in dieser Stufe, die auch gegengekoppelt ist, verstärkt. Die Endstufe besteht aus zwei im Gegentakt geschalteten Hochleistungsröhren der Type EL 12 spez. (Röhre 10 und 11). Dies sind zwei 18 W Endpentoden, die mit oben herausgeführter Anode versehen sind und außerdem eine erhöhte Spannungsfestigkeit aufweisen. Um einen Eingangstransformator für die Gegentaktstufen zu vermeiden, wird die gegenphasige Spannung gleichfalls an der Vorröhre abgegriffen und auf diese Art eine Schaltungsvereinfachung erzielt.

Eine an der Kathode abgegriffene Spannung ist gegenüber der

am Anodenwiderstand abgegriffenen um 180° gedreht. Dadurch läßt sich die Steuerung einer Gegentaktstufe durchführen. Es muß durch entsprechende Dimensionierung von $R_k = W 50$ und $R_a = W 52$ beachtet werden, daß die Steuerspannungen für beide Gegentaktröhren denselben Wert aufweisen. Um eine Verzerrungssicherheit zu erhalten, wird die Vorröhre nicht voll angesteuert. Wegen der großen Steilheit und Verstärkung der EL 12 spez. wird den Gittern beider Röhren ein kleiner Widerstand ($W 59$ und $W 60$) vorgeschaltet, der sich etwa erregende Ultraschwingungen abdämpft. Die Widerstände $W 54$ bzw. $W 58$ dienen zur Gegenkopplung, während $W 55$ und $W 56$ zur Einstellung der Amplitudengleichheit herangezogen werden. Letztere beiden Widerstände werden bei der Bereichsumschaltung kurzgeschlossen. Im Anodenkreis beider Endröhren liegt der Sägezahn-Ausgangstransformator, an den äußerst hohe Anforderungen gestellt werden. Bei der Induktivitätsbestimmung müssen die Grenzfrequenzen berücksichtigt werden, die für die einwandfreie Übertragung des Sägezahnes ausschlaggebend sind.

Parallel zum Ausgangstransformator liegt das Goniometer und die Ablenkspulen der Braunschen Röhren.

Eine Sägezahnspannung hat neben der Grundfrequenz sehr viele und sehr hohe Oberschwingungen. Infolgedessen muß die obere Grenzfrequenz sehr hoch liegen.

Der Hellstimpuls wird in der Impulszentrale erzeugt. Von der Anode der Röhre O5 gelangt der Mutterimpuls über den Kondensator C 01 an das Gitter der Röhre O1. Vor diesem befindet sich ein hochohmiger Widerstand W 03, dem die Aufgabe der Unterdrückung der positiven Rechteckspannungsanteile zufällt. Dies geschieht derart, daß durch den bei positiver Spannung entstehenden Gitterstrom eine Spannungsteilung durch den Vorwiderstand auftritt. Die Spannung wird im Verhältnis dieser Widerstände geteilt und ist in unserem Falle, da der Vorwiderstand $150 \text{ k}\Omega$ beträgt, am Gitter-Kathodenwiderstand gleich Null. Die negativen Impulsanteile (die Mutterimpulse) gelangen

am Gitter voll zur Wirkung und übersteuern das Rohr, so daß eine bessere Flankensteilheit erreicht wird. Die Impulsspannung ist in ihrer Amplitude größer als die Sperrspannung der Röhre. Von der Anode des Rohres bzw. von der Kathode werden die Impulse abgenommen und dem Sichtgerät zugeführt; an der Kathode erscheint der Impuls negativ, an der Anode positiv. In die Anode der Röhre O1 wird außerdem der Bildinhalt bzw. die Höhen- und Entfernungsmarke sowie die Richtungsmarke eingekoppelt. Diese Impulse kommen aus dem ZF-Austastgerät.

In der Impulszentrale wird der Steuerimpuls für den Multivibrator der Zündstufe erzeugt. Hierzu sind die Röhren O2 und O3 vorhanden. Das Gitter der Röhre O2 erhält über C 05 den Sägezahn aus der Röhre O7 zugeführt. Der Kathodenwiderstand ist unterteilt und zur Gegenkopplung nicht überbrückt. Am Teilwiderstand W 61 wird der Sägezahn zur Zeitablenkung des Höhenrohres abgenommen. An der Anode von Röhre O2 tritt der umgekehrte Sägezahn auf, der zur Aussteuerung der Synchronisier-Impulserzeugerröhre (Röhre O3) herangezogen wird. Dieses Rohr erhält die Spannung über einen relativ großen Kondensator C 07 (0,1 μ F) und führt über W 13 (1 M Ω) zum Gitter von Röhre O3. Dieses Rohr hat eine besondere Schaltung, um aus dem Sägezahn einen scharfen Impuls zu machen. Das Schirmgitter dieser Röhre liegt an einem hochohmigen Spannungsteiler, so daß die Spannung halbgleitend wird. Der Schirmgitter-Überbrückungsblock C 10 hat nur eine Größe von 1 000 pF. Der zur Masse gehende Spannungsteilerwiderstand W 15 hat einen Wert von 100 k Ω . Der zur Spannung gehende Widerstand weist 200 k Ω auf. Die Zeitkonstante dieses RC-Gliedes ist daher klein. Nun ist das Bremsgitter mit dem Schirmgitter durch einen Block von 50 000 pF verbunden (C 04), außerdem führt ein 2 M Ω -Widerstand vom Bremsgitter aus zur Masse. Über den Widerstand W 14 gelangt an das Gitter der Röhre O3 eine einstellbare Gittervorspannung (W 24). Diese braucht man zur Nullpunkteinstellung des abgeleiteten Impulses.

Zum Ausgleich schneller Schwankungen des Netzes oder Störun-

gen dient das Rohr R0 09. Die Anodenspannung an Röhre 09 teilt sich über W 21 und W 22. Ein Teil derselben an W 22 wird über W 20 und C 11 (große Zeitkonstante $2 \text{ MA}/6 \mu\text{F}$) auf das Gitter gegeben. Bei irgendwelchen schnellen Spannungsschwankungen kommt die Spannung an C 11 nur sehr langsam nach, so daß an der Kathode eine von schnellen Schwankungen gesäuberte Gleichspannung abgenommen wird, die an die besonders gefährdeten Röhren R0 03, 04, 05, 06, 07 und 08 geliefert wird.

Die Zündstufe

Der Sender erhält seine Energie aus einer offenen Laufzeitkette als Energiespeicher. Die Schaltung dieses Energiespeichers erfolgt über eine Gasentladungsröhre, die ihrerseits wiederum zur Zündung eine Hilfsspannung benötigt. Letztere wird der Zündstufe entnommen. Diese besteht aus 2 Gruppen:

1. dem fremdgesteuerten (synchronisierten) Multivibrator, R0 01 und 02 und
2. der Impulserzeugerstufe R0 03.

Der Multivibrator wird in einer gegenüber den anderen Geräten abwägigen Schaltungen verwendet, die in einer Rückkopplung über einen Teilkathodenwiderstand besteht. Die Funktion dieses Multivibrators ist wie folgt.

Dem Gitter der R0 01 wird der Steuer (Synchronisier-) -Impuls aus der Impulszentrale aufgedrückt, er ist negativ. Dieser negative Impuls unterbindet den Anodenstrom Ia, so daß die Spannung an der Anode der Röhre 01 steigt. Es entsteht ein positiver Anodenspannungs-Impuls. Dieser wird ans Gitter der Röhre 02 übertragen. Ia 2 nimmt einen bestimmten Wert an und ruft an W 7 einen Spannungsabfall hervor, der richtungsmäßig U_{g1} entgegen liegt, die Spannung daher weniger negativ werden läßt, als dem Ursprungsimpuls entspräche. Ebenso ergibt der Anodenstrom Ia 2 einen Spannungsabfall an W 7 und W 8, wodurch über W 5 das Gitter der Röhre 02 durch den Anodenimpuls

von Röhre O1 nicht soweit ins Positive angesteuert wird. Nach diesem Schaltzustand beginnt die Entladung von C 2 über W 3. Die Gitterspannung Ug1 nimmt also exponentiell ab. Ebenso entlädt sich W 3 über W 5, wodurch die positive Gitterspannung abnimmt. Ist die Entladung von C 2 beendet, so beginnt Ia 1 zu fließen, der Strom nimmt einen bestimmten konstanten Wert an ebenso auch die Anodenspannung Ua 1. Der Impuls über C 3 an das Gitter von Rö 02 übertragen, geht ins Negative, solange der Anodenstrom sich ändert. In dem Zeitmoment, da Ia 2 den Kleinstwert, der konstant eingehalten wird, erreicht hat, setzt die Entladung von C 3 über W 5 wieder ein, bis die Gitterspannung Ug2 annähernd den Nullwert erreicht hat. Bei Beginn eines neuen Synchronisierimpulses wiederholt sich der Vorgang periodisch.

Nach dem Multivibrator folgt, über einen Übertrager gekoppelt, die eigentliche Zündspannungserzeugungsstufe. Der rechteckige Stromimpuls des Rohres Rö 02 ruft in der Primärwicklung des Übertragers an seinen Flanken Einschwingvorgänge hervor. Nachdem die erste Flanke nicht so steil wie die zweite verläuft, wird an erster Stelle der Impuls (Einschwingvorgang) eine bedeutend kleinere Amplitude aufweisen als an letzter Stelle. Die ausgelösten Einschwingvorgänge klingen nach einigen Perioden auf Null aus. Die erste Halbwelle ist sehr hoch und besitzt steile Flanken. Der Schwingkreis wird durch die Übertragerselbstinduktion sowie Eigenkapazität gebildet. Das Übersetzungsverhältnis ist 1 : 1, und es wird ein positiver Impuls an das Gitter übertragen, welches sich durch Audionwirkung am Potential absenkt. Es werden daher die unerwünschten Einschwingvorgänge unterdrückt und das Gitter der Röhre O3 mit sehr steilen Flanken gesteuert. Im Anodenkreis der Röhre O3 liegt eine Selbstinduktion L2, an der durch die rasche Stromänderung eine hohe Selbstinduktionsspannung gebildet wird. An der Anode ist der Impuls negativ und weist eine Spitze von etwa 7 kV auf. Diese Spannung wird über den Kondensator C 7 der Schaltröhre (Gasentladeröhre) zugeführt. Zur Stabilisierung des Rohres und zur Verstärkung während der

kurzen Impulszeit wird das Schirmgitter über einen Schwingkreis gespeist (C9 - L4). Dieser ist auf ca. 40 kHz. abgestimmt und ist annähernd ein ganzes Vielfaches der Tastfrequenz. Während der Impulserzeugung ist daher die Schirmgitterspannung abhängig von der Amplitude des Schwingkreises und konstant. Die Anodenspannung für die Röhren beträgt 300 V, die Zündstufe wird über das Steuergerät geschaltet.

Sender- und Deziteil

Das Magnetron braucht zur einwandfreien Leistungsaussteuerung und zur Erreichung der hohen Sendefrequenz sehr hohe Gleichspannungen. Beim impulsförmigen Ansteigen der rechteckigen Anodenspannung wird ein Frequenzband überstrichen, in dem die Sendefrequenz liegt. Die Höhe der Sendefrequenz und die Leistung des Magnetrons werden durch die anliegende Anodenspannung mit bestimmt. Wie bereits im Teil II beschrieben, benutzt man Energiespeicher um die hohe Spannung mit der benötigten Leistung an den Arbeitswiderstand der Röhre anzulegen. Auf diese Art wird auch eine Leistungstransformation erreicht. Wichtig ist die Erreichung eines rechteckigen Tastimpulses. Mit den üblichen C- oder L-Speichern läßt sich diese Forderung nicht verwirklichen. Die Lade- und Entladekurven sind bei diesen Teilen stets exponentiell. Ganz anders verhalten sich Leitungsnachbildungen in Form von Laufzeitketten. Eine Laufzeitkette stellt die Nachbildung eines elektrischen Leitungszuges dar und enthält konzentrierte Selbstinduktionen und Kapazitäten.

Je nach Schaltung unterscheidet man:

C- oder offene Kette

L- oder geschlossene Kette (Stromschleife).

Bei dem Arbeiten mit den Laufzeitketten ist folgendes zu beachten:

1. Impulsdauer einer Laufzeitkette=der doppelten Laufzeit.
2. Kette gibt rechteckige Spannungs- und Stromimpulse ab.

3. Der Wellenwiderstand Z (Innenwiderstand der Laufzeitkette) muß mit dem Arbeitswiderstand R_a (Widerstand des Magnetrons) abgeglichen werden, damit keine oszillatorischen Entladungen zustande kommen.
4. Bei Serienschaltung von Verbraucher und Laufzeitkette bricht die Spannung an ersterem auf die Hälfte zusammen.
5. Die Laufzeit a = Wellenwiderstand mal Gesamtkapazität der Laufzeitkette bzw. Gesamtselbstinduktion durch Wellenwiderstand ($a = C \cdot Z = L/Z$). Die Energie bei offener Laufzeitkette ist gleich $\frac{C \cdot U^2}{2}$, während die Leistung $U^2/4z$ ist.
6. Bei der Ladung der offenen Kette muß die Widerstandsanpassung $R_a = Z$ vermieden werden, damit eine Leistungs-
transformation eintritt.
7. Ist $R_a = Z$, wird der Impuls rechteckig ohne Einschwingvorgänge übertragen. Ist R_a größer als Z , so tritt eine Reflektion am Anfang ein, d.h. die Spannung bricht nicht auf Null, sondern auf den durch Z/R_a bedingten Wert zusammen. Wird R_a kleiner als Z , so tritt ein negatives Überschwingen des Impulses ein, mit dem Vorteil, daß die absteigende Impulsflanke auf jeden Fall senkrecht durch Null hindurch geht.

Von dieser Anpassung wird Gebrauch gemacht, weil dadurch eine 100%ige Sicherheit der rechteckigen Impulsflanken gegeben ist. Das positive Überschwingen wird durch eine Diode beseitigt. Am Magnetron entsteht an der Kathode ein rein negativer Impuls in der Höhe von ca. 18 kV.

Die Frequenz des Fu G 224 wird einzig und allein durch das Magnetron bestimmt. Eine Frequenzänderung ist auf einfache Art daher nicht möglich. In einen der Hohlräume ragt eine kleine Auskoppelschleife hinein, mittels der die Energie an die Abstimmleitung weitergegeben wird. Diese Leitung (Ltg 1)

muß an den Magnetronwiderstand einerseits, an den Kabelwiderstand andererseits angepaßt werden können. Zu diesem Zwecke ist innerhalb der Leitung ein Metallring mit verengtem Querschnitt angebracht, der sich durch einen Querschlitzz in der Achsenrichtung der Leitung verschieben läßt. Man erreicht dadurch eine Anpassung des Widerstandes. Das freie Ende der Leitung 1 führt an die Buchse B 4, an die das Antennenkabel angeschlossen wird, An die Leitung 1 ist die Leitung 2 angeschlossen, die zum Empfangsteil führt. Zwischen dem Mischkopf und der Anzapfung von Leitung 1 liegt eine Sperrröhre RÖ 02. Diese arbeitet nach Art einer Nullode mit Hilfszündung. Ihr Zweck ist die Sperrung des Empfangsteiles während der Ausstrahlung des Sendeimpulses. Die Sperrröhre besteht aus 2 in bestimmtem Abstände gegenüber liegenden Kupferblechen, die auf allen Seiten luftdicht in 3 Glaskörper eingeschmolzen sind. Ein fester Metallring kapselt den Mittelteil vollkommen ein, so daß dieser einen Topfkreis bildet; zwischen der Kapazität des Topfkreises (Kupfertrichter) springt der Zündfunke über und bildet daher einen Kurzschluß im Spannungsbauch und Stromknoten. Der Topfkreis kann durch eine Kondensatorplatte abgestimmt werden, die seitlich in den Hohlraum hineinragt. Die Zündung wird durch eine Hilfsstrecke eingeleitet und von der - 4 kV -Leitung abgenommen. Zur Herstellung stets gleichbleibender Zündverhältnisse wird die Röhre durch die Widerstände W 5, W 6 vorgeheizt. In den Topfkreis ragt einerseits die Leitung 2, andererseits führt aus dem Topfkreis zum Mischkopf die Leitung 3. Beide Leitungen sind mit verdrehbaren Koppelschleifen ausgestattet, welche wiederum eine genaue Widerstandsanpassung ermöglichen. Auf der Leitung 3 ist eine verschiebbare Hülse angebracht, welche den Detektor trägt, der kapazitiv mit dem Mittelleiter von Leitung 3 verbunden ist. Durch seine Verschiebung auf Leitung 3 wird sein Widerstand an die Röhre angepaßt und durch einen Kurzschlußschieber in Leitung 3 eine Anpassung sowie Kompensieren der Blindwiderstände erreicht. Die Anpassung des zum ZF-Verstärker führenden Leiters, der gleichfalls kapazitiv an den Mittelleiter von Leitung 3 angekoppelt ist, geschieht durch Änderung der Koppelkapazität,

also durch Nähern oder Entfernen vom Mittelleiter, Der Detektor ist ein Kristalldetektor, im Vakuum eingeschmolzen. Die Rückführung erfolgt auf kürzestem Wege über einen Klatschkondensator.

ZF-Austast- und Eichgerät

(Markenteil)

Das ZF-Austast- und Eichgerät hat folgende Aufgaben zu erfüllen:

1. Die Erzeugung einer Höhenmarke bis zu 12 km Höhe.
2. Die Erzeugung einer Entfernungsmarke.
3. Die Bildung einer Flugzeugrichtungsmarke.
4. Die Mischung der Reflektionsimpulse mit der Höhen-,
Entfernungs- und Richtungsmarke.
5. Die Erzeugung eines Austastimpulses zur Sperrung des
ZF-Verstärkers während der Sendezeit.

Der Kathodenimpuls wird einem Spannungsteiler des Multivibrators der Zündstufe entnommen. Seine Höhe beträgt ca. 20 V, die Breite ca. 12 μ sec. Der Impuls gelangt über ein Abschirmkabel zur Buchse I /4. Von hier teilt sich der Stromkreis in zwei Wege:

1. Gelangt er zur Laufzeitverzögerungskette des ZF-Austastimpulses,
2. zu einem Übertrager U 01 führt die Erzeugung der Höhenmarke und Entfernungsmarke.

An die Höhenmarke ist die Anforderung gestellt, diese zwischen 0 und 12 km einstellen zu können. Die Maximale Verschiebedauer beträgt 85 μ sec. Als Ursprungsimpuls wird der dem Multivibrator der Zündstufe entnommene Kathodenimpuls verwendet. Er gelangt über den zweiten Weg, das ist der Übertrager U 01, als in der Amplitude auf ein Drittel verminderte negativer Impuls an die Kathode der Röhre 01 über C 01. In diesem Rohr

wird der Impuls in einen Wurzelimpuls umgeformt und in seiner Größe geändert. Die Größenänderung erfolgt durch Änderung einer Gleichvorspannung, wodurch der Arbeitspunkt auf der schrägen Flanke des Wurzelimpulses verschoben werden kann. Die Umformung des Impulses erfolgt durch einen Ladevorgang an einem RC-Glied mit großer Zeitkonstante. Als Arbeitsrohr ist eine EBC 11 vorgesehen, der parallel die Kondensatoranordnung C 04 bis C 06 sowie die beiden Widerstände W 05 und 03 liegen. Die Verbindungsstelle der Kondensatoranordnung mit den vorgenannten Widerständen führt zu den beiden parallel geschalteten Dioden des Rohres.

Durch diese Anordnung soll folgendes bewirkt werden:

Beim Einsetzen des negativen Steuerimpulses wird das Gitter positiv, das Rohr geöffnet. Es entsteht ein negativer Anodenimpuls mit annähernd derselben Flankendauer. Während der Impulsbreite ist der während der Flankendauer einsetzende Entladevorgang der Kondensatoren C 04 - C 06 konstant. Beim Aufhören des Steuerimpulses beginnt die Ladung der Kondensatorgruppe über den hochohmigen Anodenwiderstand W 04 von 0,5 M Ω . Da die Anodenspannung ca. 290 V beträgt, ist der Endzustand bei dieser Spannung erreicht. Die Anoden-Impulsamplitude beträgt ca. 270 V, so daß 20 V Restspannung verbleiben. Parallel zu vorgenannter Kondensator- und Widerstandsanordnung liegt die Röhre 02 (EBC 11), deren Diodenstrecken zur Abschneidung der krummlinigen Ladekurventeile herangezogen werden. Es ist also die eine Diodenstrecke mit der Anode der Röhre 01 verbunden, während der Kathodenwiderstand W 6 der Röhre 02 an Masse liegt. Der Kathodenpunkt der Röhre 02 liegt an einer positiven Spannung von ca. 150 V. Dadurch sind die Dioden der Röhre um denselben Betrag negativ vorgespannt, so daß erst nach Überwindung der Spannung (bei Positivwerden) ein Strom fließen kann. D.h. es wird von dem Anodenimpuls nach einer Ansteigespannung von 150 V der krummlinige Kurventeil vernichtet. Es besteht die Forderung, eine Veränderung der Impulsbreite vorzunehmen. Dies läßt sich an der schrägen Flanke leicht durchführen, wenn in die Kathode der Röhre 01 eine variable positive Spannung

eingebraucht wird. Die Verschiebespannung ist an einem Potentiometer einstellbar (W 25 am Steuergerät) und läßt eine Regelung zwischen plus 145 V zu. Diese Verschiebespannung wirkt als Gegenspannung zur Anodenspannung der Röhre O1. Ist die Verschiebespannung klein, so wird die volle Anodenspannung als Ladespannung für C 04 herangezogen, ist sie groß, so vermindert sich die Ladespannung des Kondensators um diesen eingestellten Betrag. Hierdurch wird der Aussteuerbereich (Ladebereich des Kondensators) eingeengt, die Nulllinie scheinbar angehoben und eine kürzere Impulsdauer erzielt. Die Spannung des Kondensators C 04 wird zur Steuerung des Höhenmarkenerzeuger-Multivibrators benötigt. Da im Grenzfall bei voller Gegenspannung das Arbeiten des Multivibrators nicht 100 %ig sichergestellt ist, (durch die kleine Restspannung) wird an den Anfang der Exponentialkurve ein etwa 5 V hoher Spannungsbetrag angefügt. Seine Breite ist gleich der des Steuerimpulses. Dieser Rechteckimpuls wird am Widerstand W 5 erzeugt, der an der Diodenstrecke liegt. Durch diese ist das obere Ende des Widerstandes negativ, so daß sich seine Spannung sinngemäß der Exponentialkurve überlagert. Dieser Restspannungsbetrag stellt das Arbeiten des Multivibrators bei der Zeit $t = 0$ sicher. Zur Sperrung des Gitters der Röhre O1 während der impulslosen Zeiten wird eine Art Audionschaltung benutzt, die aus dem Kondensator C 02 und aus den Widerständen W 02 und W 03 besteht. Der Gitterstrom, hervorgerufen durch den positiven Gitterimpuls, lädt den Kondensator gitterseitig negativ auf, so daß das Gitterpotential abfällt. Die Zeitkonstante ist so bemessen, daß während der impulslosen Zeiten fast keine Änderung des Gitterpotentials auftritt. Erst der folgende positive Impuls steuert das Gitter wieder durch. Von der Anode der Röhre O1 wird die Spannung an das Gitter des Multivibrators (Röhre O3 und Röhre O4) übertragen. Röhre O3 ist die Steuerröhre, die von vorgehauener Spannung synchronisiert wird. Die Schaltung des Multivibrators ist so aufgebaut, daß die Rückkopplung über den gemeinsamen Kathodenwiderstand W 08 erfolgt. Das Gitter der Röhre O4 erhält seine

Spannung von der Anode der Röhre O3 über C 07. Als Arbeitswiderstand verwenden wir einen Transformator. Der rechteckige Anodenstrom ruft im Transformator Einschwingvorgänge hervor. Durch Parallelschaltung einer Laufzeitkette werden die beiden Einschwingvorgänge rechteckig gefprmt. Die Impulsbreite entspricht der Arbeitszeit der Laufzeitkette und ist 1 μ sec. Die Eigenfrequenz des Übertragers Ü 02 ist die der doppelten Laufzeit. Die beiden abgeleiteten Impulse haben verschiedene Höhe, bedingt durch den bei beiden Flanken verschiedenen Innenwiderstand der Röhren. Die Sekundärwicklung des Übertragers O2 liefert nach Umkehrung die Steuerspannung für die Röhre 05. Diese erhält eine so große negative Vorspannung (ca. -13 V), daß nur die obere Hälfte des positiven Impulses die Röhre aussteuert. Alle unter der Sperrspannung liegenden Impulsanteile werden durch diese weggeschnitten. Im Kathodenkreis der Röhre 05 liegt eine Verzögerungskette. Ihr Eigenwert beträgt 1 μ sec. und gleicht die Zündverzögerung aus. Ein induktiver Abgriff an dieser Kette führt über Buchse 1/5 zum Sichtgerät, wo er über den Verstärker an die Meßplatte geführt wird. Die Röhre 05 arbeitet als reiner Kathodenverstärker ohne Anodenwiderstand, d.h., der Verstärkungsfaktor ist 1, bzw. kleiner als 1.

Die Erzeugung der Entfernungsmarke geht identisch mit der Höhenmarkenerzeugung und wird in den Röhren 09, 10 und 11 vorgenommen. In der Röhre 09 wird durch eine große Zeitkonstante die Verschleifung des Rechteckimpulses vorgenommen, jedoch unterschiedlich zur Röhre 01 mit größerer Zeitkonstante. Diese muß entsprechend der maximalen Reichweite von 60 km bemessen werden. Die Arbeitsweise der Röhre 09 ist physikalisch identisch mit Röhre 01, nur sind einige Umschaltvorrichtungen wegen der Meßbereichumschaltungen angebracht. Beim großen Meßbereich wird der Steuerimpuls für Röhre 09 dem Übertrager Ü 01 entnommen und einem Kontakte des H-Relais zugeführt. Der zweite Kontakt des Umschaltkontaktsatzes erhält den negativen Höhenimpuls der Röhre 04, der als Steuerimpuls für Röhre 09 zur Wirkung kommt, wenn auf den kleinen

Bereich umgeschaltet wird. Diese Steuerung erweist sich als notwendig, um die Meßgenauigkeit bei kleinen Entfernungen zu erhöhen. Man zieht daher im Nahbereich von der Schrägentfernung die Höhe über Grund ab, und mißt nur die Differenz beider Strecken in Kartenentfernung.

Von der Anode der Röhre 09 gelangt der Steuerimpuls an das Gitter des Multivibratorrohres Rö 10 (Entfernungsmarkentivibrator Rö 10 und 11) Die beiden Einzelkontakte des H-Relais dienen zur richtigen Einstellung des Arbeitspunktes bei umgeschaltetem Meßbereich. Die Multivibratoranordnung von Rö 10 und 11 ist identisch mit der von Röhre 03 und 04. Im Anodenkreis von Röhre 11 ist eine Entfernungsmarken-Laufzeitkette geschaltet, an der die Entfernungsmarke induktiv abgenommen (Anzapfung) und über den Kondensator C 08 an das Gitter der Röhre 06 geführt wird, Die Röhre 06 arbeitet ohne Anodenwiderstand (Trennröhre) und hat in der Kathode einen Widerstand eingefügt, an dem die Spannung der Entfernungsmarke abfällt. Über C 09 wird die Spannung weitergeleitet, und der Kathode einer Duodiodenstrecke zugeführt. Vor der Kathode liegt ein Spannungsteiler, dessen Frequenzabhängigkeit den Impuls noch korrigiert.

Die Flugzeugrichtungsmarke wird mit der einen Diodenstrecke der Röhre 07 auf das Bremsgitter der ZF-Verstärkerstufen-Endröhre gebracht. Ein Schalter, der vom Antennendrehgerät betätigt wird, schließt den Kondensator C 13 über einen $1\text{ k}\Omega$ -Widerstand an Masse. Im offenen Zustand dieses Schalters wird über W 25 ($1\text{ M}\Omega$) C 13 bis zur vollen Anodenspannungshöhe aufgeladen. Gleichzeitig lädt sich auch C 12 ($40\ 000\text{ pF}$) auf diese Spannung auf. Der Widerstand W 24 von $0,1\text{ M}\Omega$ liegt an der Anode der zweiten Duodiodenstrecke und ruft in ihr einen Ruhestrom hervor, der durch den Widerstand begrenzt wird. Das Bremsgitter, das gleichfalls an die Anode dieser Duodiodenstrecke angeschlossen ist, liegt im Falle des offenen Schalters an Masse. Im Moment des Schalterschließens wird C 13 über den $1\text{ k}\Omega$ -Widerstand entladen und der früher positive

Belag des Kondensators C 12 plötzlich an Masse gelegt, wodurch der zweite Belag negativ hochgeleitet. Die Diode ist gesperrt, und Der Stromverlauf prägt sich impulsartig am Bremsgitter ab.

An dem Punkt vor dem Spannungsteiler vor der Endröhre O8 wird aus dem Zf-Verstärker der Bildinhalt eingeblendet. Die Anode der zweiten Duodiodenstrecke Röhre O7 erhält eine Vorspannung und liegt an Masse. Die zu dieser Anode gehörige Kathode ist mit dem Gitter des Endverstärkers für dieses Gerät verbunden. (Röhre O8). Schaltungsmäßig liegt daher Kathode am Gitter und Anode der Duodiodenstrecke an Masse. Hierdurch wird eine Erhöhung des Kontrastes erreicht (Kontrastautomatik). Am Kathodenwiderstand der Röhre O8 fällt die Spannung sämtlicher Impulse ab und wird der ersten Röhre im Impulsgenerator zugeleitet.

Auf dem zweiten Wege gelangt der Kathodenimpuls über eine Verzögerungskette L O2 an das Gitter der Röhre 13. Die einzelnen Abgriffe der Verzögerungskette sind so bemessen, daß pro Stufe die Verzögerung von 1 μ sec. erreicht wird. Die gesamte Verzögerungsdauer der Kette beträgt 8 μ sec. Die Notwendigkeit dieser Verzögerung ergibt sich aus dem Umstand der Laufzeitunterschiede innerhalb des Gerätes sowie der Zündverzögerung des Senders. Damit eine oszillatorische Entladung der Kette vermieden wird, muß eine Anpassung an den Wellenwiderstand derselben vorgenommen werden. Der verzögerte Impuls gelangt an das Gitter von Röhre 13, wird in diesem Rohr verstärkt, durch W 54 aller positiven Anteile entledigt und gelangt, vom Anodenwiderstand abgenommen, zum Schirmgitter zweier Röhren im ZF-Verstärker (Röhre O1 und O3) und sperrt dieselben. In der Leitung vom Anodenwiderstand zu den Schirmgittern liegt ein RC-Glied mit großer Zeitkonstante, dem die Aufgabe der Erzeugung des negativen Sperrimpulses zufällt. Die Röhren O1 und O3 im ZF-Verstärker führen einen Schirmgitterstrom von 2 mA. Dieser ruft im Widerstand des vorgeschalteten RC-Gliedes mit den Werten $R = 10 \text{ k}\Omega$, $C = 0,1 \mu\text{F}$ einen Spannungsabfall von 20 Volt hervor. Die Anodenspannung von Röhre 13 beträgt im unge-

tasteten Zustand 60 V, die Schirmgitterspannung der Röhren O1 und O3 hat daher eine Höhe von $60 - 20 = 40$ V. Die Zeitkonstante des RC-Gliedes beträgt ca 1000 μ sec., so daß die Impulsdauer demgegenüber verschwindet. Die Spannung ist daher während der Impulsdauer an dem RC-Glied konstant. Setzt der Impuls im Rohr 13 ein, so bricht die Anodenspannung an diesem Rohr durch den hohen Anodenstrom zusammen und sinkt auf 10 V ab. Das Zeitglied hält jedoch die Spannung von 20 V aufrecht und das den Schirmgittern zugekehrte Ende von C 13 ist negativ. Die Schirmgitterspannung bildet sich aus der Summe beider Spannungen und beträgt $+10 - 20 = -10$ V. Diese Spannung ist die Sperrspannung der Röhren im ZF-Verstärker.

Die Regelstufe Röhre 12 dient zur Konstanthaltung der Anoden und Schirmgitterspannung einiger Röhren. Sie ist als Zusatzbelastung nach einem Widerstand W 49 geschaltet und regelt durch den ihrem jeweiligen Strom entsprechenden Spannungsabfall die Gesamtspannung. Die Gitterseite dieses Rohres liegt an der unregelmäßigen Spannung. Die Anodenspannung wird nach dem Widerstand W 49 abgenommen. Zur Verschleifung von Spannungsschößen und Unregelmäßigkeiten der Regelung wird die Röhre gegengekoppelt. Der Ausgleich der Spannungsschwankungen erfolgt daher nicht 100 %ig, sondern verbleibt innerhalb praktisch zulässiger Grenzen.

Der ZF-Verstärker

Nach der an den Mischteil angeschlossenen Vorstufe folgt als eigenes Gerät der ZF-Verstärker, in acht Stufen aufgebaut. Röhre O1 bis O6 und Röhre O8 sind EF 14, Röhre O7 eine EB 11. Die Forderungen, die an einen ZF-Verstärker hohen Verstärkungsfaktors gestellt werden, sind: entsprechende Bandbreite zur möglichst verzerrungsfreien Wiedergabe des Impulses, Schwingfreiheit und Regelung der Empfindlichkeit. Die Bandbreite eines ZF-Verstärkers wird entweder durch Schwingkreise, durch Koppelfilter oder durch entsprechend dimensionierte RC-Glieder hergestellt. Bei ZF-Verstärkern mit RC-Kopplung ist die Bandbreite

abhängig von den beiden Grenzfrequenzen. Bei der Anordnung mit Koppelfiltern wird die Bandbreite in erster Linie durch die Kopplung beider Kreise bedingt, ist aber auch in bedingtem Maße von der Dämpfung abhängig. Koppelfilter, die meist in induktiver Anordnung verwendet werden, haben den Nachteil, daß sie räumlich relativ groß sind und daher, da die Abschirmung dieser Elemente ausgezeichnet sein muß, von der Röhrenanordnung getrennt aufgebaut werden. Außerdem führen in die Abschirmung vier Leitungen. Bei entsprechend hoher Stufenzahl ist die Schwingneigung eines Verstärkers wegen der vorhandenen Streumöglichkeiten groß. Für hoch verstärkende Geräte wird daher von der Methode der einzelverstimmten Schwingkreise Gebrauch gemacht, bei welcher ein organischer Zusammenbau von Schwingkreis und zugehöriger Röhre möglich ist. Die Abschirmung umfaßt die ganze Stufe, so daß nur eine einzige Leitung als Kopplung von einer Stufe zur Nächsten führt. Auf diese Art lassen sich schädliche Streuungen auf ein Mindestmaß herabdrücken. Während bei der Methode der Koppelkreise die Bandfilterwirkung durch Ausnutzung der Zweiwelligkeit erzielt wird, ist bei den einzelverstimmten Schwingkreisen jeder Kreis auf Resonanz abgestimmt, jedoch in der Frequenz einzeln etwas verschoben. Die Verschiebung liegt in Abhängigkeit von der gewünschten Bandbreite rechts bzw. links von der gewünschten Grundfrequenz. Diese beträgt bei unserem Verstärker etwa 13,5 MHz. Die Bandbreite ist ca. 5 MHz. Da die Bandfilterkurve aus den Resonanzkurven der einzelnen Kreise gebildet wird, müssen diese, zur Erreichung einer möglichst rechteckigen Kurve, verschiedene elektrische Werte aufweisen. So baut man die Kreise, die von der Grundfrequenz weit abliegen, mit geringer Dämpfung, während jene, die in der Nähe oder auf der Grundfrequenz liegen, stärker gedämpft sind. Man erreicht daher, daß die außenliegenden Kreise für die Flankensteilheit maßgeblich sind, während die inneren Kreise durch ihre größere Dämpfung das Dach der Bandfilterkurve möglichst geradlinig gestalten. Die einzelnen Schwingkreise werden daher immer in Gruppen zusammengefaßt. Es liegen die Schwingkreise 3 und 5 unter der

Resonanzfrequenz, 4 und 6 darüber, während 1, 2 und 7 in ihrer Eigenresonanz eng um die Grundfrequenz gelegt sind. Die Kreise sind als Trafos mit dem Übersetzungsverhältnis 1 : 1 ausgebildet, so daß sie als einzelner Schwingkreis aufgefaßt werden können. Zur inneren Entkopplung dienen die mit Kondensatoren überbrückten Entkopplungswiderstände in Anoden- und Schirmgitterleitungen, bzw. die Verdrosselung und kapazitive Mittelung der Heizleitung.

Zur Regelung des Verstärkungsgrades wird die 2. und 4. Stufe herangezogen. Die Kathoden werden positiv über einen Spannungsteiler W 34, W 25 vorgespannt, wobei ein Potentiometer im Steuergerät, W 22, parallel zu dem an Masse liegenden Spannungsteilerwiderstand liegt. Die Stufen 1 und 3 erhalten im Schirmgitter den ZF-Austastimpuls, der die Sperrung des Verstärkers im Sendeaugenblick durchführt. Das Zeitglied für die Erzeugung der negativen Schirmgitterspannung ist der Kondensator C 13 mit dem Widerstand W 18. Die Stufen 1 - 6 sind unter einander verstärkungsmäßig gleichartig aufgebaut. An Röhre 6 über Übertrager O7 schließt sich die Gleichrichtung im Rohr O7 an. Es wird nur eine Diodenstrecke zur Gleichrichtung herangezogen, die zweite ist in sich geschlossen und an Masse gelegt. Eine Filteranordnung verhindert das Eindringen der ZF in den NF-Teil. Die Röhre O8 ist die erste NF-Verstärkungsstufe, die im Bremsgitter zur Erzielung der Flugrichtungsmarke getastet wird. Von der Anode führt die Leitung zum ZF-Austast- und Eichgerät, in dessen Einblendteil der Anodenwiderstand dieser Röhre liegt.

Sichtgerät

Im Sichtgerät sind außer den beiden Braunschens Röhren die Einstellgriffe für das Panorama- und Höhenmeßrohr, sowie zur Einstellung der Verstärkung der beiden Endverstärker noch das Netzgerät zur Speisung oben genannter Röhren und der Überlagerer zur Erzeugung der ZF vorhanden. Die Braunschens Rohre zergliedern sich in das Panorama- und das Höhenmeßrohr. Das

Panoramarohr ist für eine magnetische Ablenkung gebaut und hat um den Hals herumgelegt zwei Eisenkernanordnungen, welche zwei Spulengruppen tragen. Die eine Spulengruppe bestehend aus L1 und L2, umfaßt die Ablenkung im Kreis durch zwei um 90° phasenverschobene Sinusspannungen sowie zwei Spulen (L5 und L6) zur Zentrierung des Sägezahnbildes. Die zwei um 90° phasenverschobenen Sinusspannungen werden einem Zweiphasen-Generator entnommen, dessen Rotoren zur phasenrichtigen Einstellung wegen der Verschiebung innerhalb der Spulen gegeneinander verdrehbar sind. Parallel zu den Kreisablenkspulen liegen zwei Widerstände zur Amplitudeneinstellung W 57, W 59. Die Spulen L5 und L6 erhalten regelbare Gleichspannungen aufgedrückt, die einem Gleichrichter, der vom Trafo U3 gespeist wird, entnommen werden. Der Gleichrichter arbeitet in Graetz-Schaltung und liefert ca. 30 V. Eine Spannungsteiler, parallel zu den Klemmen dieses Gleichrichters ist symmetrisch aufgebaut und mittelgeerdet. Diesem Spannungsteiler parallel liegen zwei Potentiometer, deren Schleifen zu einem Ende der Spulen L 5, bzw. L 6 führen. Das zweite Ende dieser Spulen liegt an Masse. Durch diese Anordnung läßt sich, auf die Mittelstellung der Potentiometer bezogen, eine Regelung nach beiden Seiten entgegengesetzter Phase durchführen. Die Zeitablenkung am Panoramarohr erfolgt mittels eines radial abwandernden Sägezahn durch die Spulen L3 und L4. Das Panoramarohr ist eine LB9 mit 12,6 V Heizung. Der Innenaufbau des Panoramarohres bezüglich der Strahlerzeugung ist normal. Die Anodenspannung beträgt 4 kV und wird einem Gleichrichter in Delon-Schaltung (Spannungsverdopplung) mit den Röhren 06 und 07 entnommen. Da der Mittelpunkt der zwei hinter einander geschalteten Siebkondensatoren geerdet ist, so weist jeder Gleichrichterpol gegen Masse 2 kV auf. Der Übertrager, der diese Spannung an die Röhren abgibt, ist U1 und trägt ausser genannter Sekundärwicklung zwei Heizwicklungen für die beiden Gleichrichter-röhren LG 3 (Röhren 06 und 07) von 12 V. Ferner ist eine Zweiweg-Sekundärwicklung enthalten, welche über eine AZ 12 (Rö 08) mit 4 V Heizung eine Gleichspannung von 350 V abgibt.

Diese Spannung dient zur Versorgung der beiden Endstufen im Sichtgerät.

Die H-Meßröhre O1 ist eine LB 1 und arbeitet mit elektrostat-
ischer Ablenkung. Die Zeitablenkung in diesem Rohr erfolgt
über den Transformator U 04 mit symmetrischer Sekundärwicklung
und wird horizontal geschrieben, die Primärwicklung erhält
einen Sägezahn, der an der Kathode der Röhre O2 im Impulsgene-
rator angenommen wird. Zur Messung wird die H-Marke mit dem
Bildimpuls in Deckung gebracht und auf der Skala des Poten-
tiometers im Steuergerät der betreffende Wert abgelesen. Zur
Einstellung des Bildes auf Röhrenmitte dienen die Potentio-
meter W 23 und W 22. W 12 ist der Schärfe- und Helligkeitsregler,
während mit W 11 die Helligkeit eingestellt wird. Da die Anode von dem an
Masse liegenden Spannungsteiler abgenommen wird, beträgt die
Anodenspannung 2 kV. Das Potentiometer W 13 dient zur Schär-
feneinstellung für das Panoramrohr, während die Helligkeit
mit W 14 geregelt wird. Die LB 1 weist eine Heizspannung von
12,6 V auf. Die Heizspannungen für Höhen- und Panoramrohr
werden gesonderten Wicklungen eines Heiztransformators U 02
entnommen, der eine dritte Wicklung von 6,3 V für die Heizung
der Vorverstärkerrohre trägt. Die primäre Spannung für U 02
und U 03 beträgt 80 V und wird unverzögert geschaltet, während
die Primärspannung für U 01 verzögert angelegt wird. Die Perio-
denzahl beträgt 500 Hz. Der Endverstärker, der aus den Röhren
O4 und O5 aufgebaut ist, und eine Bandbreite von 0,5 MHz aufweist,
erhält gitterseitig seine Spannung aus einem Doppelstecker
(Buchse 2), dessen Spannung vom Impulsgenerator kommt. Die
Seele des Kabels überträgt den Bildinhalt und die anderen
Impulse, während der isolierte Mantel den Hellstimpuls für die
LB 1 führt. Dieser ist negativ und wird an die Kathode gelegt.
Die zweite Stufe, durch die Röhre O3 dargestellt, verstärkt
die Höhenmarke, die der ZF-Austast- und Eichstufe entnommen
wird. Von der Anode der Röhre O3 (EL 11) gelangt der Impuls
kapazitiv über C 04 an eine Platte des Ablenkensystems. Die ge-
genüber liegende Platte erhält die Spannung über C 27 von der
Anode der Röhre O5 (EL 11). Ebenso geht diese Spannung kapazitiv

an den Wehnelt-Zylinder des Panoramarohres. Mit dem Potentiometer W 04, bzw. W 37 werden die negativen Vorspannungen für die beiden Verstärkerstufen eingestellt, die somit den Verstärkungsgrad regeln.

Das Magnetron für die Erzeugung der Überlagererfrequenz (Röhre 09) ist eine Röhre der Type Rd 2 Md. Die Energie wird an einen Topfkreis abgegeben (TK 1), dessen Kapazität regelbar ist. Eine Koppelschleife koppelt die Energie nach dem Dezi- teil im Sender aus. Das Magnetfeld liefert ein Permanentmag- net. Die Heizung beträgt 2 V und darf nur eine Plustoleranz von maximal 10% aufweisen. Die Anodenspannung, die über einen Kontakt des I-Relais zugeführt wird, beträgt 350 V und wird vorgenanntem Gleichrichter entnommen. Die Heizwicklung des Mag- netrons ist auf dem Übertrager Ü 03 angebracht, ebenso wie die Heizwicklung für die Regelröhre des Magnetrons Röhre 10 (EL 11). Die Stabilisierung im Rohr 10, dessen Anode an die Mitte der Heizwicklung führt, erfolgt auf konstantem Strom. Die Stromhöhe wird mit einem Spannungsteiler, der über eine Glimmstrecke (Röhre 12) stabilisiert wird, eingestellt. Das Potentiometer W 53 ist zwischen 2 Widerständen W 52 und W 54 geschaltet, so daß eine Spannungsbegrenzung eintritt. Ein zweiter Stabilisator, Röhre 11, der mit dem ersten in Serie geschaltet ist, und über W 55 an der Anodenspannung liegt, sorgt für die Konstanthaltung der Schirmgitterspannung. Beide Stabilisatoren sind von der Type St 75/15. Ein Instrument I1 kennzeichnet das Arbeiten des Mischdetektors (Kristalldetektor im Deziteil).

Die Zeitablenkung am Panoramarohr erfolgt mittels einer li- near geschriebenen radial abwandernden Sägezahnspannung. Um das Bild im ganzen Umfang zu bestreichen, wird der Radius in Rotation versetzt und erzeugt auf dem Panoramarohr eine stern- förmige Leuchtrossette, die von den dunklen Stellen, welche der Rücklaufzeit des Sägezahnes entsprechen, unterbrochen ist. Die Drehkraft wird durch ein Drehfeld erzeugt, das durch die schon im Sichtgerät vorher besprochenen Spulen hergestellt wird.

Die hierzu notwendigen in der Amplitude gleichen und um 90° phasenverschobenen Ströme erzeugt ein Zweiphasen-Generator, der vom Antennenmotor über ein Getriebe betätigt wird. Die Rotoren des Zweiphasen-Generators sind zur phasenrichtigen Einstellung wegen der Verschiebung innerhalb der Spulen gegeneinander verdrehbar.

Das Meßrohr ist ein normales Orthogonalkoordinatenrohr mit 2 Ablenkplattenpaaren, die einerseits für die Zeitablenkung, andererseits für die Bildübertragung herangezogen werden. Die Zeitablenkung erfolgt horizontal in Form eines Striches durch einen Sägezahn. Dieser Grundlinie überschreibt sich der Hellstimpuls, dem die einzelnen Marken, sowie der Bildinhalt überlagert sind. Zur Messung werden die Marken (Höhen-, Entfernungs- und Flugrichtungsmarke) mit dem Bildinhalt (Reflektionsimpulse) zur Deckung gebracht und auf der Skala der Potentiometer des Koppelrechners die betreffenden Werte abgelesen.

Verzerrung und Entzerrung einer Ebene
mit geometrischen Figuren in der Darstellung
auf dem Panoramarohr
(siehe Bilddarstellung)

Geometrische Figuren einer Ebene (Abb. 1a) ergeben unentzerrt das in Abb. 1b dargestellte Bild. Der Geländepunkt direkt unter dem Flugzeug ist durch den Innenrand der Kreisringfläche auf der Braunschen Röhre wiedergegeben und entspricht der Höhe. Ist die Flughöhe h gering im Verhältnis zum Bildradius R , so sind die Verzerrungen geringer (großer Meßbereich, Abb. 2a und 2b). Das Verhältnis der Bildradien zur Flughöhe ist durch den jeweils eingestellten Bereich gegeben. Im kleinen Meßbereich $R = 18$ km sind die Verzerrungen größer als im großen Meßbereich $R = 60$ km. Durch Vorverlegung des Sendimpulses werden die geometrischen Verzerrungen verringert (Abb. 1c). (Impulsvorverlegung siehe Teil II). Für die Gesamtdar-

stellung des Bildes ist eine geringere Impulsvorverlegung jedoch günstiger. (Abb. 1d). Beim großen Meßbereich $R = 60 \text{ km}$ ist eine Entzerrung durch Impulsvorverlegung nicht mehr nötig.

Das Auflösungsvermögen des Gerätes

Das Erkennen einzelner Ziele von einander ist abhängig von dem Auflösungsvermögen. Parallel zur Ebene betrachtet ergibt sich das Auflösungsvermögen aus der halben Impulsbreite: gleich 150 m . (Die Impulsbreite von $1 \text{ } \mu\text{sec}$. entspricht einer Entfernungsmessung von 300 m). Das erste Ziel, das uns das Nahaufklärungsvermögen gestattet aufzunehmen, folgt nach der Zeit der halben Impulsbreite, die als kürzeste Entfernung die kleinste Laufzeit hat. Parallel zur Ebene ist auch dieses Auflösungsvermögen gleich 150 m . Jedoch die Sperrung des ZF-Verstärkers durch den ZF-Austastimpuls bis zu einer maximalen Zeit von $8 \text{ } \mu\text{sec}$. vom Zeitpunkt des Sendevorganges aus, bedingt ein Nahaufklärungsvermögen, das sich zu etwa 1200 m ergibt. Die ersten Ziele, die uns das Auflösungsvermögen in Abhängigkeit von der Höhe h gestattet aufzunehmen, folgen nach der Zeit einer halben Impulsbreite der Höhe (siehe Abbildung).

Man erhält die Kartenaufklärung x_K . Die funktionelle Darstellung der Kartenaufklärung in Abhängigkeit von der Höhe h siehe in Anlage 1. Wir entnehmen der Kurve, daß z.B. bei einer Höhe von 2000 m das Kartenaufklärungsvermögen etwa 800 m beträgt, d.h., wir können aus dieser Höhe erst dann Ziele ausmachen, wenn sie mehr als 800 m von der Senkrechten h entfernt liegen. Für größere Entfernungen und verschiedene Höhen ist die Kartenaufklärung in einer Anzahl von Kurven in Anhang 2 festgehalten. Die Kartenaufklärung x_K ist als Funktion der Kartenentfernung e für verschiedene Höhen h dargestellt. Wir entnehmen den Kurvenscharen, daß die Auflösung der einzelnen Ziele mit der Entfernung besser wird. Bei einer Höhe von 10000 m z.B. ist das Auflösungsvermögen:

in 20 km Entfernung etwa	170 m
in 10 km Entfernung etwa	1000 m
in 1 km Entfernung etwa	1800 m .

Die Antenne

Das Antennengebilde besteht aus den dielektrischen Strahlern und dem Antennenblock. Das für die dielektrischen Strahler verwendete Material ist für das Luftwaffengerät Trolitul mit der Dielektrizitätskonstante $E = 2,5$. Die vier neben einander liegenden Strahler haben je einen Abstand von $1,5 \lambda$. Ihr Widerstand ist 140Ω je Strahler. Durch Parallelschaltung zweier Strahler wird dieser auf 70Ω gebracht und damit dem Wellenwiderstand des freien Raumes angepaßt. Bei einer Bündelung in der Horizontalen von 11° und in der Vertikalen von $30 - 40^\circ$ wird mit dieser Strahleranordnung eine Sendeleistung von 20 kW erreicht. Zum Antennenblock gehören der Antriebsmotor, das Goniometer, der Zweiphasen-Generator, der Nachdrehmotor des Patinschen Steuergerätes sowie die nötigen Übersetzungsgetriebe. Der Antriebsmotor ist ein Verbundmotor, aus dem Bordnetz mit 24 V Gleichstrom gespeist. Seine Drehzahl beträgt 4060 U/min. Zwei Kondensatoren am Kollektor verhindern Unterbrecherfunken. Das Goniometer für den Ablenksägezahn ist mechanisch gekuppelt, ebenso wird der zur Erzeugung des Drehfeldes benötigte Zweiphasen-Generator durch den Antennenmotor angetrieben. Der Stator des Goniometers wird zum Einnorden des Bildes vom Nachdrehmotor verdreht (Kurssteuerung von Patin). Dieser Motor wird ebenfalls aus dem Bordnetz gespeist. Auf der Rotorwelle des Goniometers sitzt die Nocke zur Erzeugung der Flugzeugrichtungsmarke.

Die Stromversorgung

Die Stromversorgung erfolgt aus einer 24 V Gleichstrom Bordbatterie. In einem Umformer werden diese 24 V umgewandelt in eine Wechselspannung 80 V 500 Hz. Für die Berlin-Anlage werden die 24 V Gleichspannung und die aus dem Umformer gelieferte Wechselspannung von 80 V benötigt.

Die Gesamtstromaufnahme von der 24 V Seite gesehen, beträgt etwa 85 Amp.

Bei 80 V, 500 Hz nimmt Feld I 3,4 Amp.,
Feld II 6 Amp.,
Sichtgerät 1,1 Amp. auf.

Der Antennenmotor allein nimmt bei 24 V Betriebsspannung etwa 10 Amp. auf. Dieser Wert ist in der Gesamtstromaufnahme von 85 Amp. enthalten.

Der Spannungskonstanthalter im Spannungsverteiler regelt die Wechselspannung 80 V auf $\pm 2\%$. Die Regelung selbst erfolgt durch veränderliche Erregerspannung, welche durch einen von Wechselstrom, über einen Gleichrichter durchflossenen Elektromagneten auf den richtigen Wert eingeregelt wird. Die Einschaltung des Generators geschieht durch einen Ein-Ausschalter, welcher in der Gleichstromleitung zwischen 24 V Gleichstrom und Umformer, sowie Spannungsverteiler liegt.

Die Konstanthaltung der Wechselspannung wird herbeigeführt durch den Elektromagneten EM, an den über den Gleichrichter G 13 im Pintsch-Regler die Umformerspannung angelegt wird. Der veränderliche Elektromagnet wirkt der mechanischen Federkraft entgegen, die die beiden Kohleplattensäulen KR zusammendrückt, die den Widerstand der Erregerleitung darstellen. Bei steigender oder fallender Last, sowie Veränderungen in der Gleichspannung ändert sich somit der Widerstand in der Erregerleitung und bewirkt dadurch die Konstanthaltung. Um ein Pendeln des Reglers zu vermeiden, sind mechanische und elektrische Dämpfungsglieder eingebaut. Zur Einregulierung der Grundwechselspannung sind Kurzschlußschieber am Regler vorgehen.

Die Anschlüsse (Leitungen) sind durch Potentialzahlen gekennzeichnet, die Verbindung mit den weiteren Bausteinen ist aus dem Verkabelungsplan zu entnehmen.

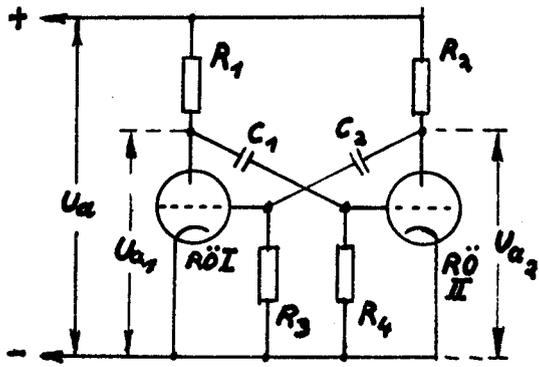


Abb. 1

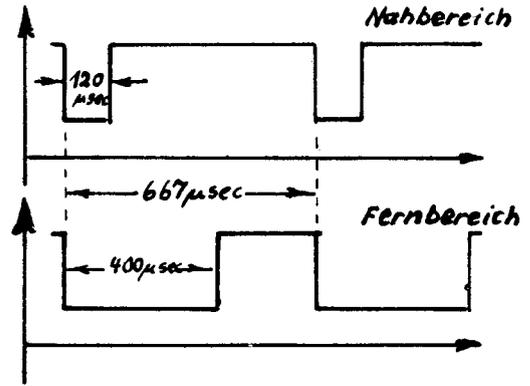


Abb. 4

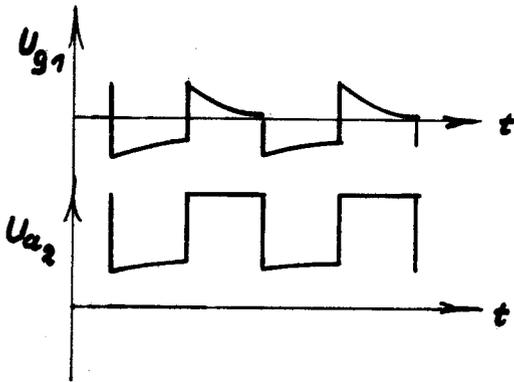


Abb. 2

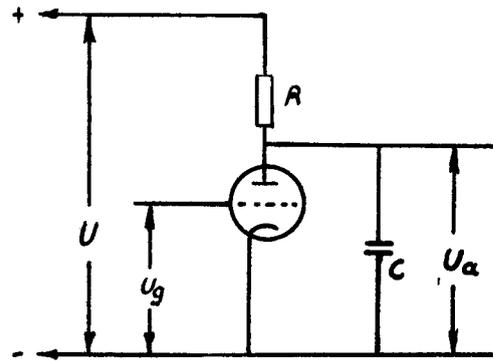


Abb. 5

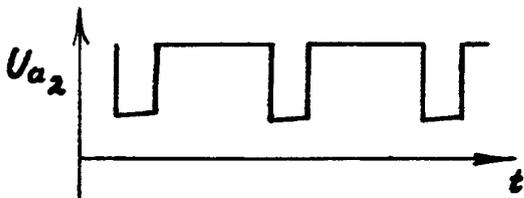


Abb. 3

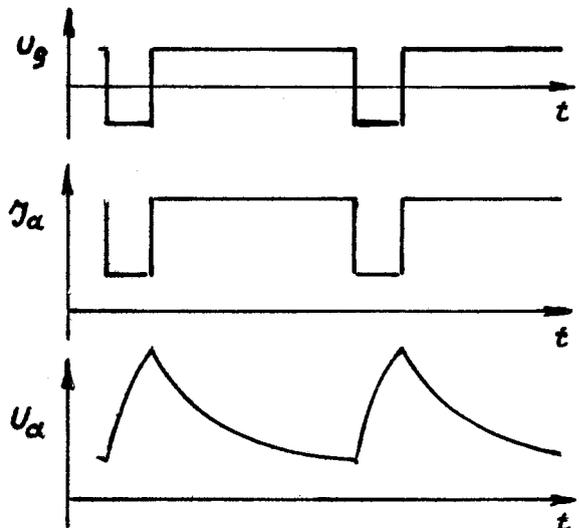


Abb. 6

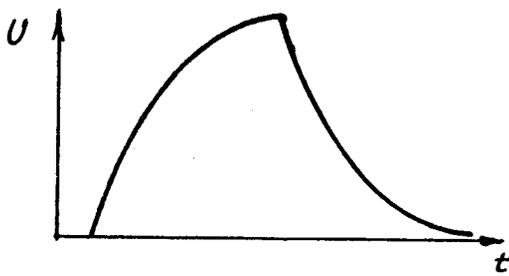
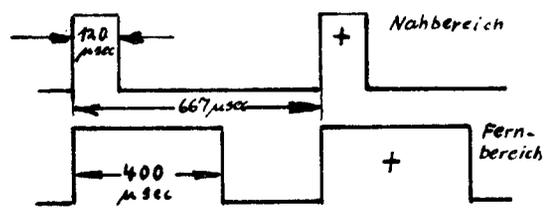


Abb 7

a.) für Panoramarohr



b.) für Höhenmessrohr

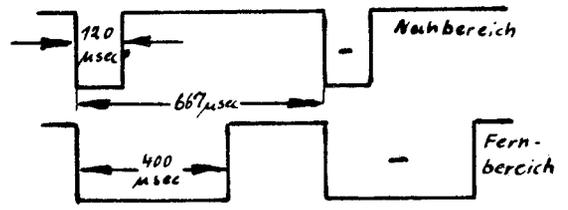


Abb. 10

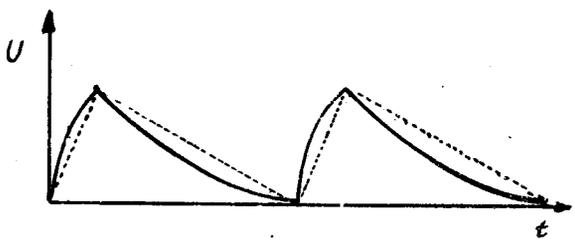


Abb. 8

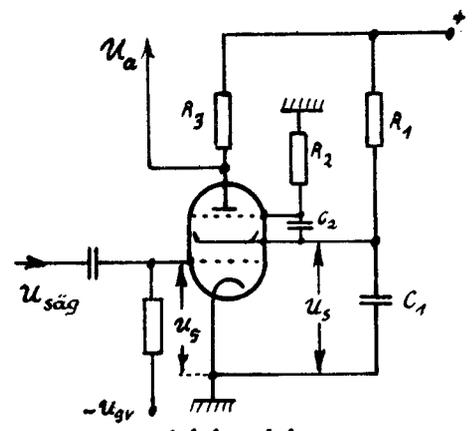


Abb. 11

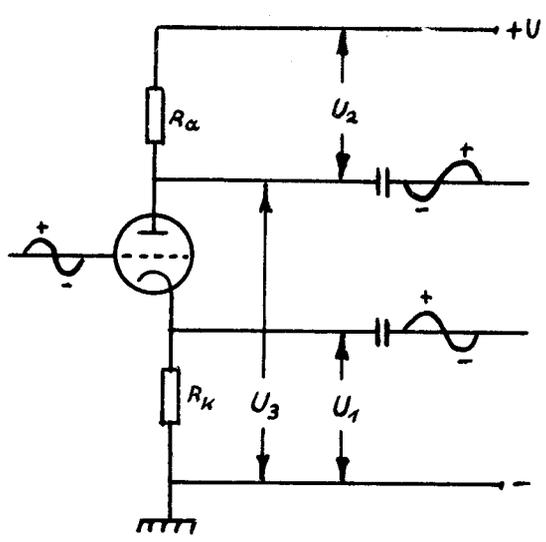


Abb. 9

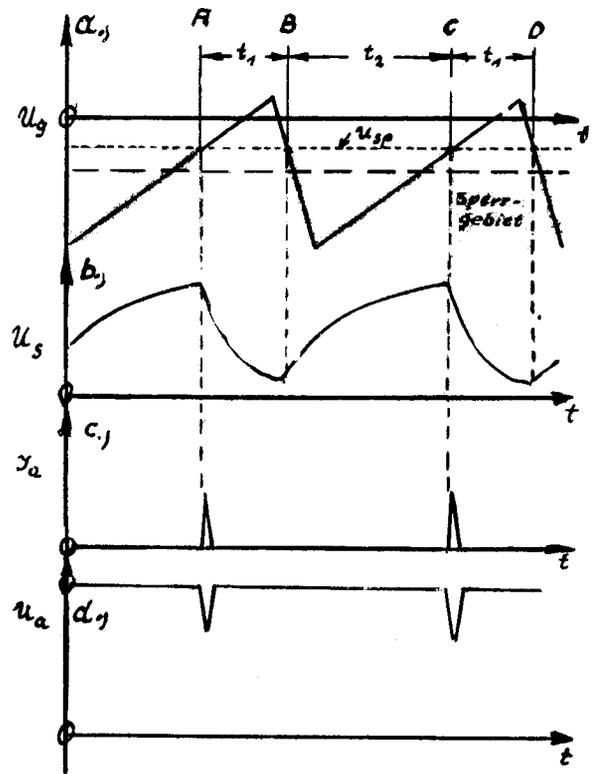


Abb. 12

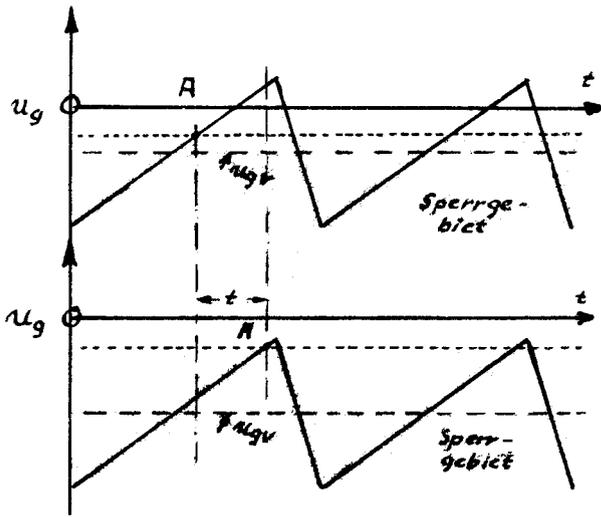


Abb. 13

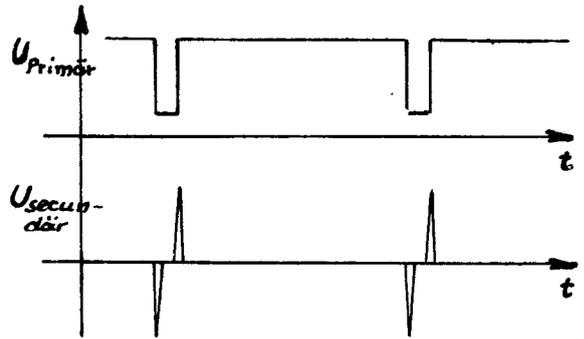


Abb. 16

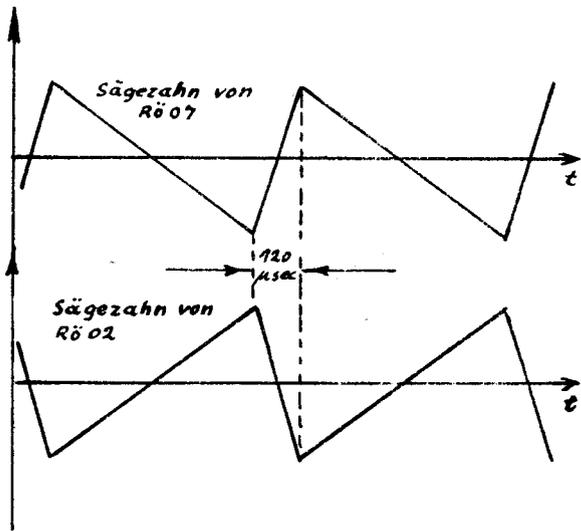


Abb. 14

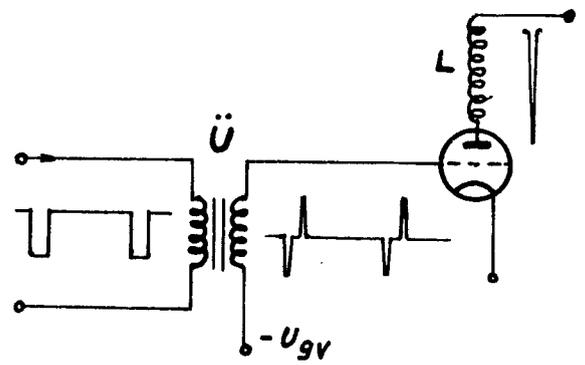


Abb. 17

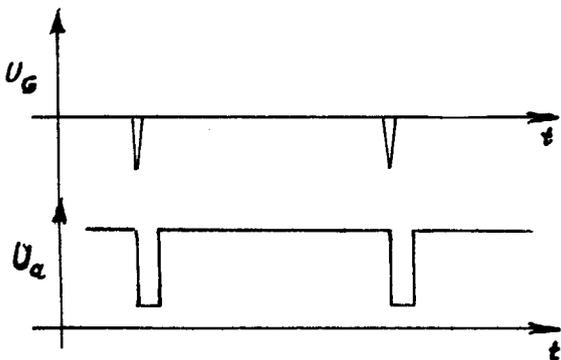


Abb. 15

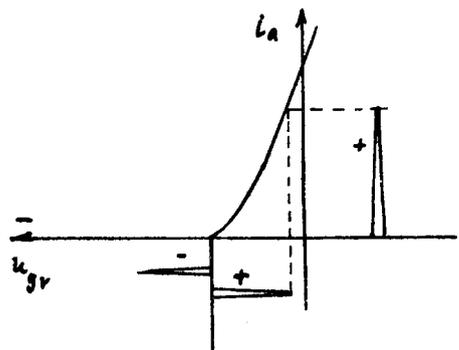


Abb. 18

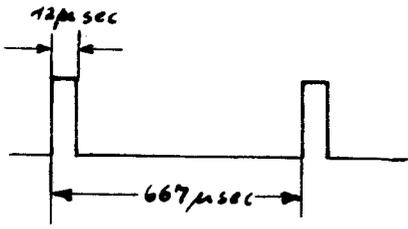


Abb. 19

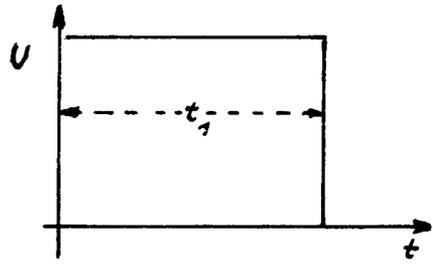


Abb. 24

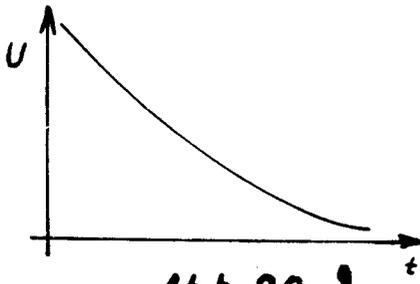


Abb. 20

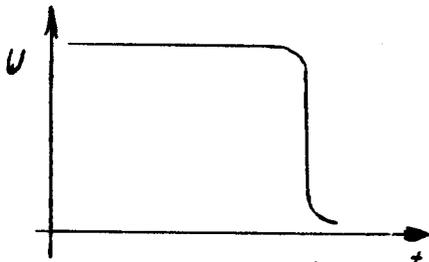


Abb. 21

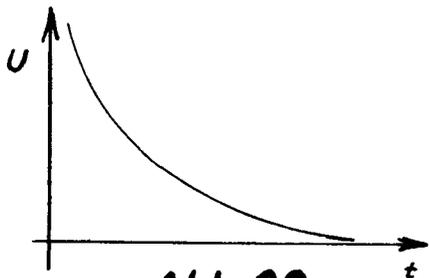


Abb. 22

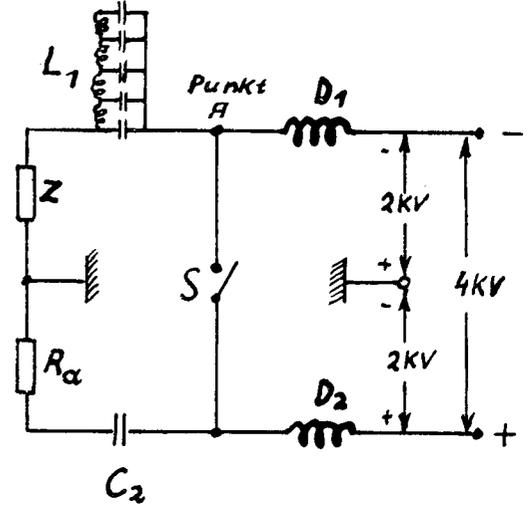


Abb. 25

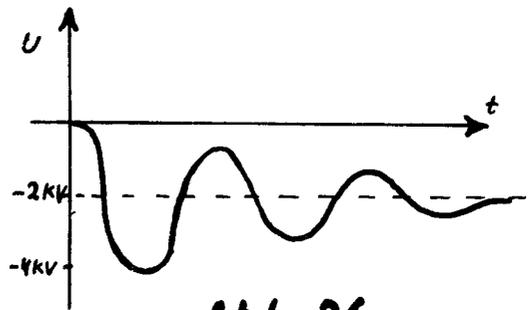


Abb. 26

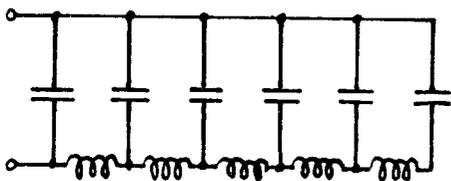


Abb. 23

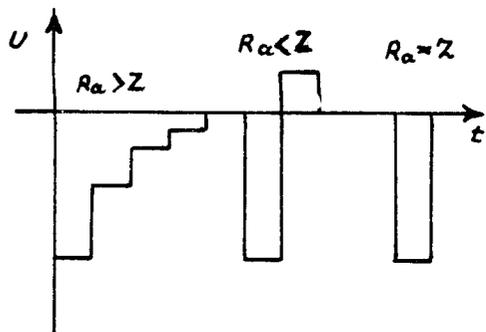


Abb. 27

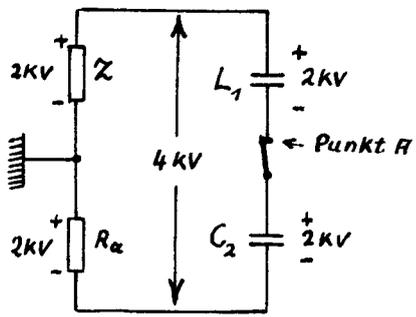


Abb. 28

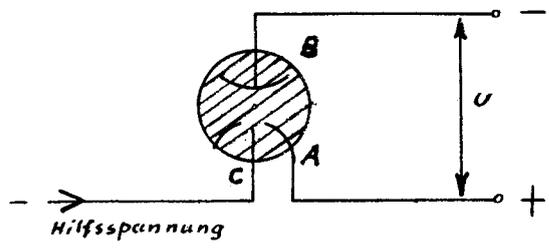


Abb. 32

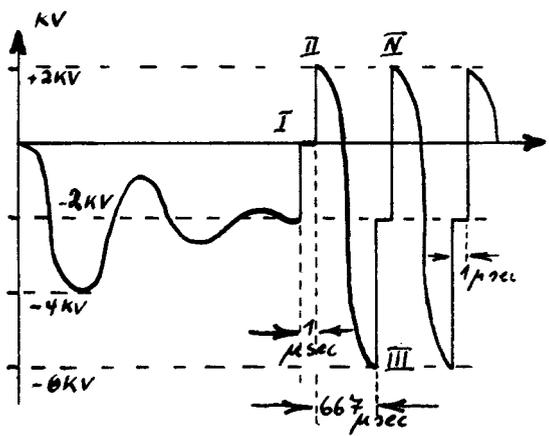


Abb. 29

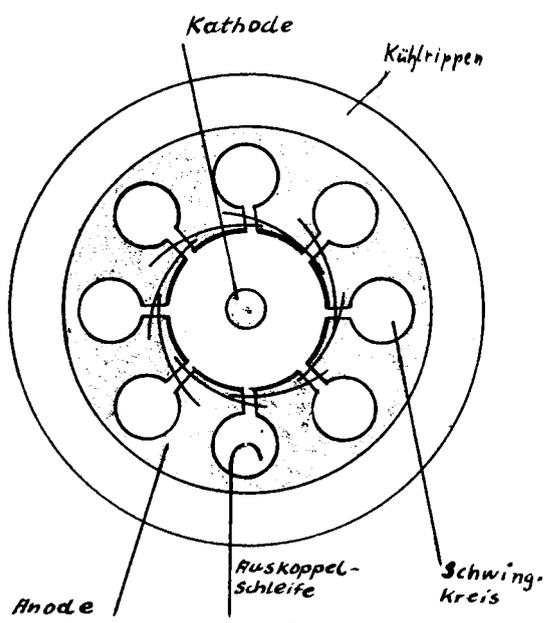


Abb. 33

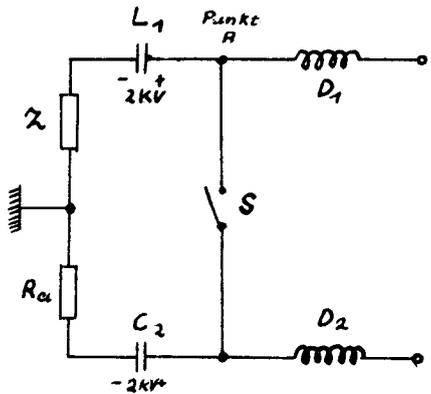


Abb. 30

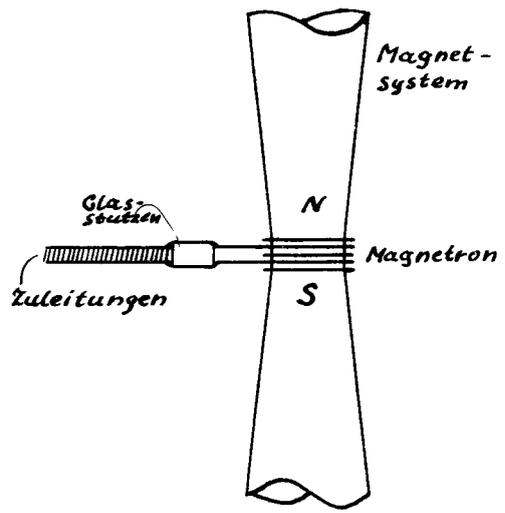


Abb. 34

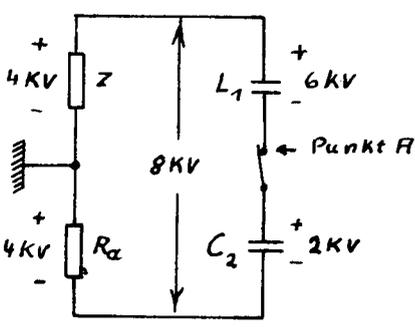


Abb. 31

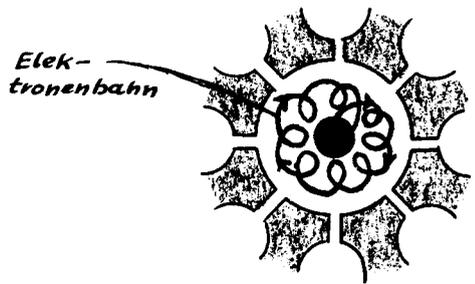


Abb. 35

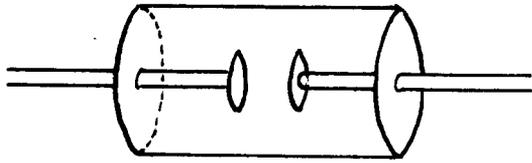


Abb. 36

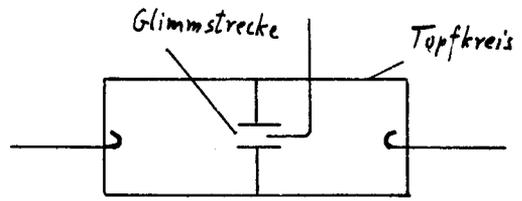


Abb. 40

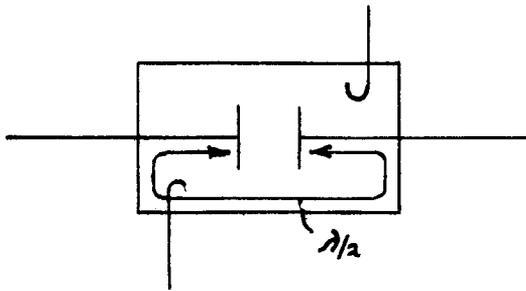


Abb. 37

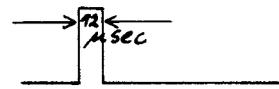


Abb. 41

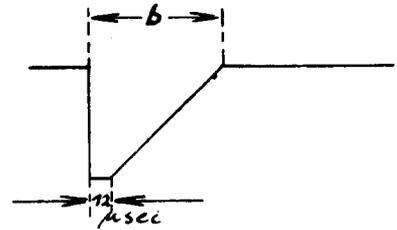


Abb. 42

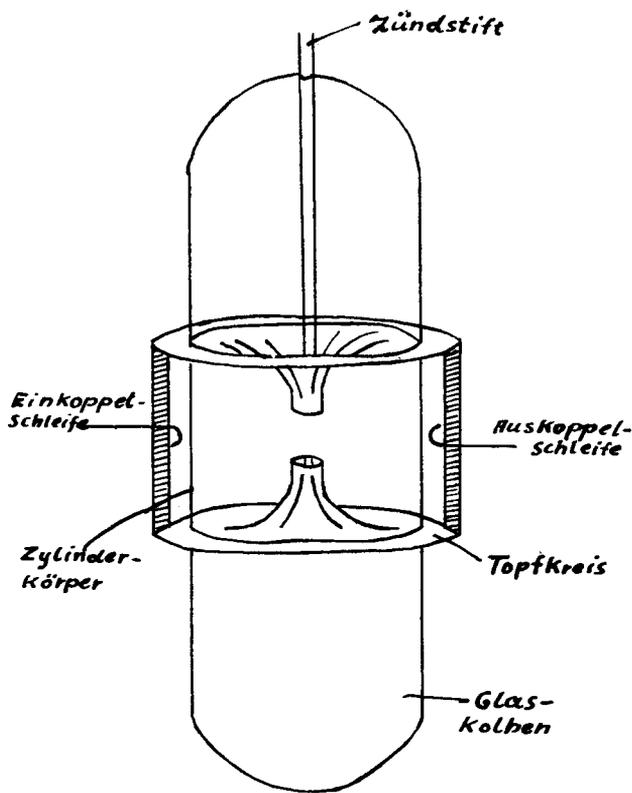


Abb. 38

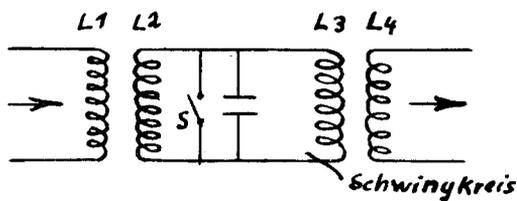


Abb. 39

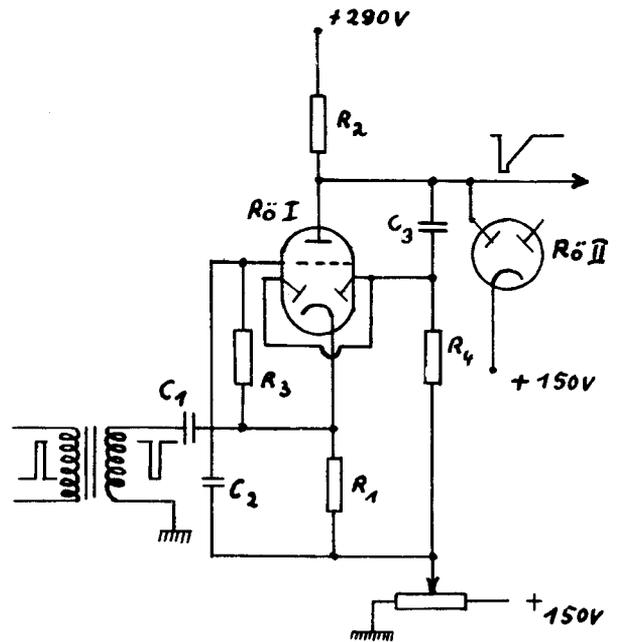


Abb. 43

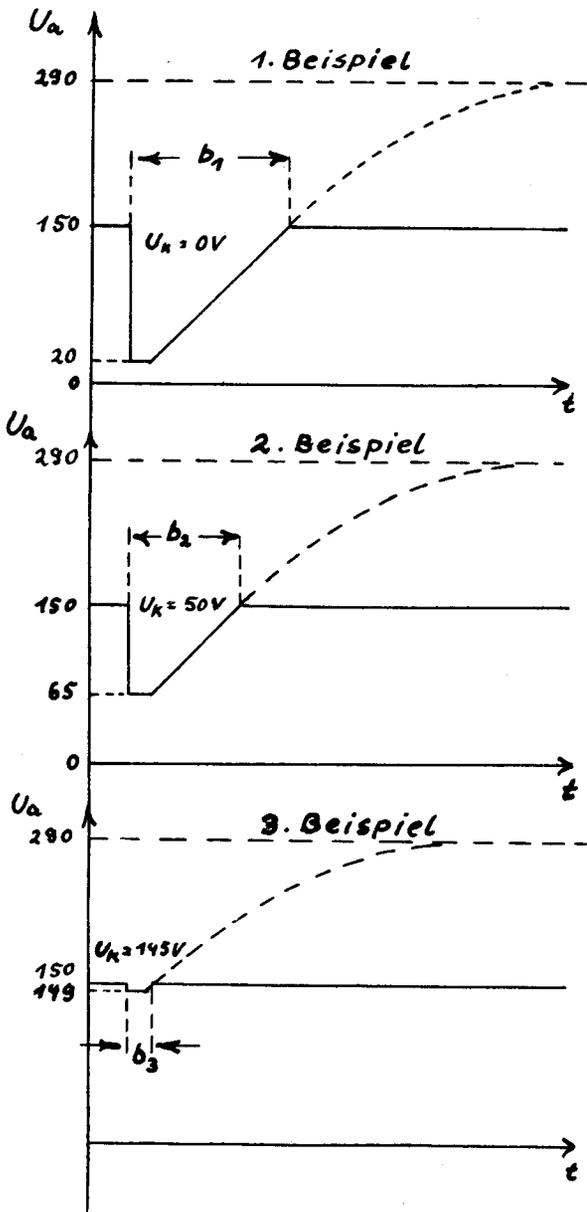


Abb. 44

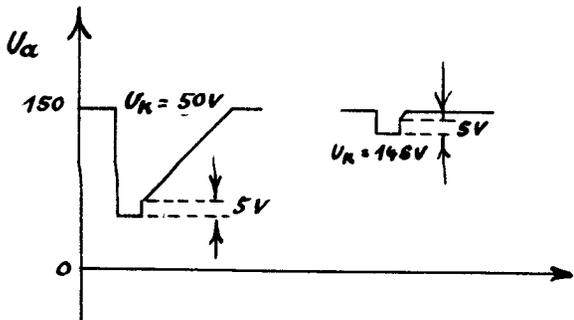


Abb. 45

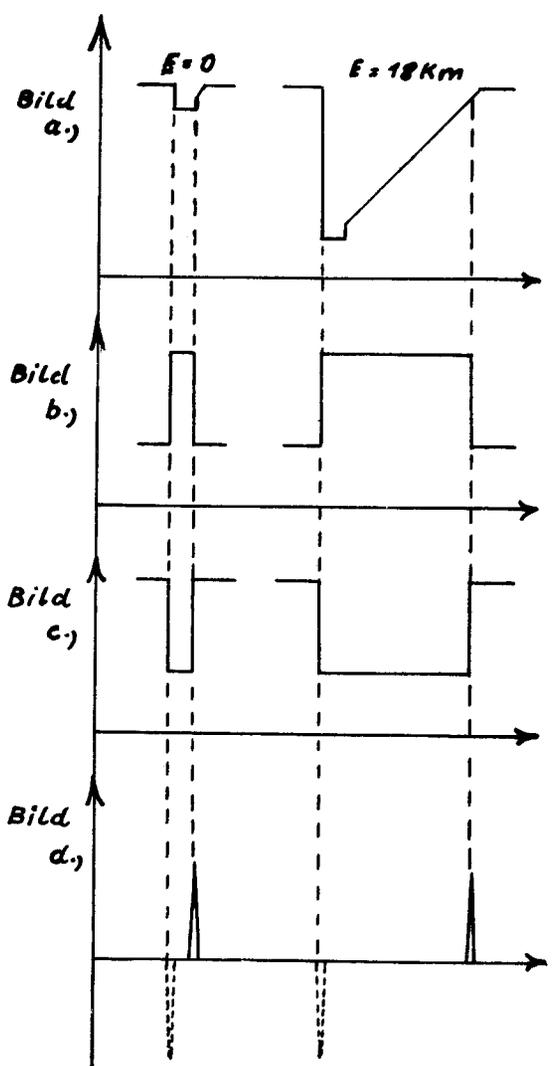


Abb. 46

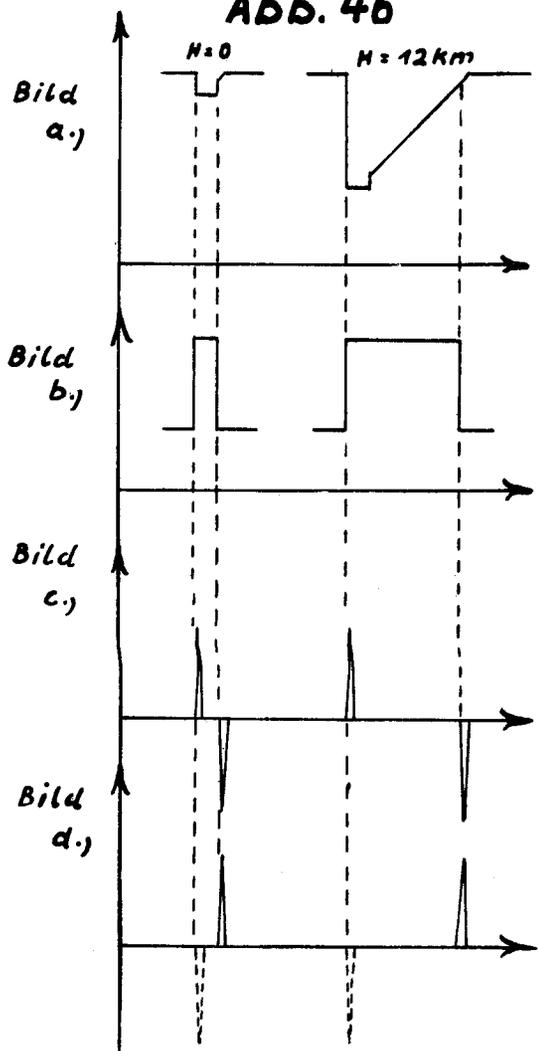


Abb. 47

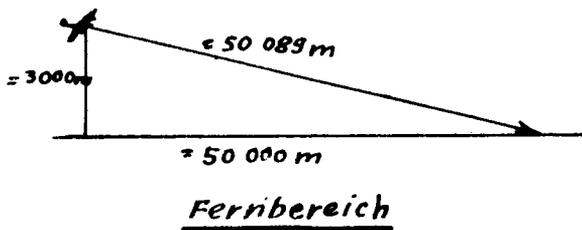
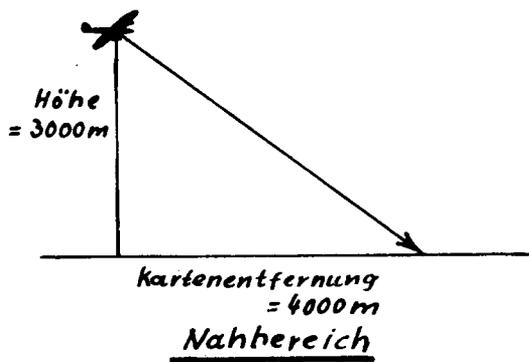


Abb. 48

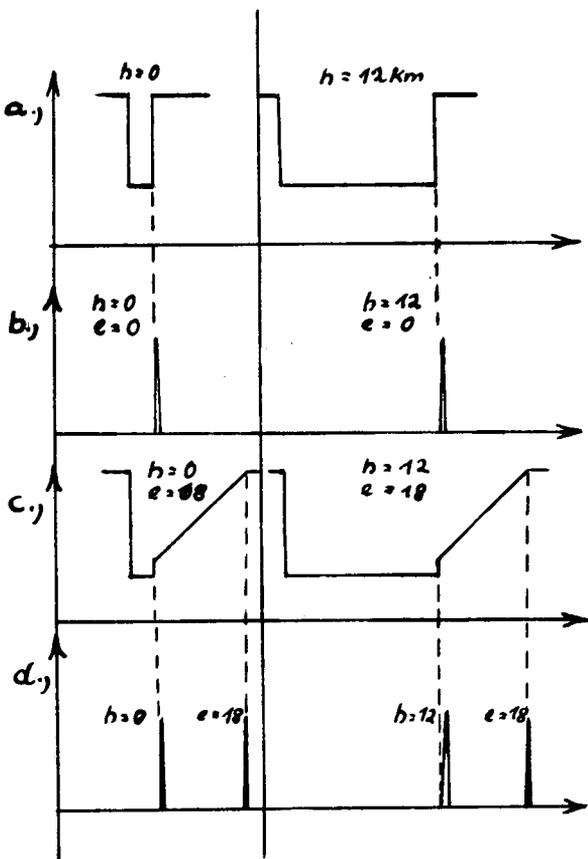


Abb. 49

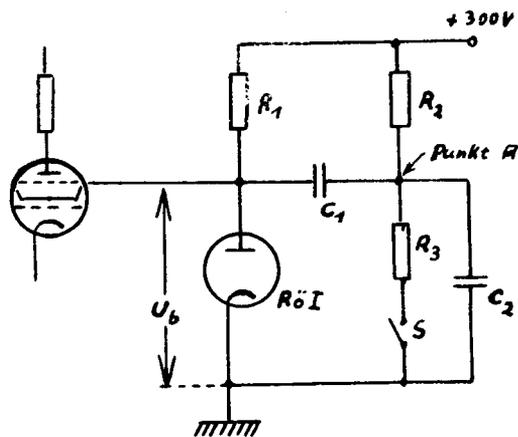


Abb. 50

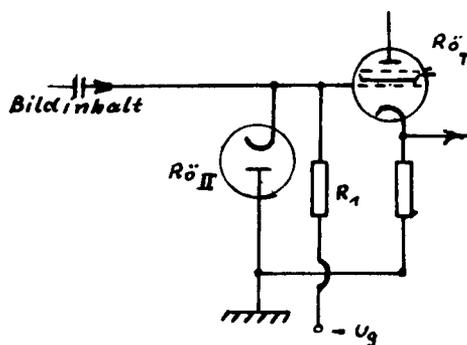


Abb. 51

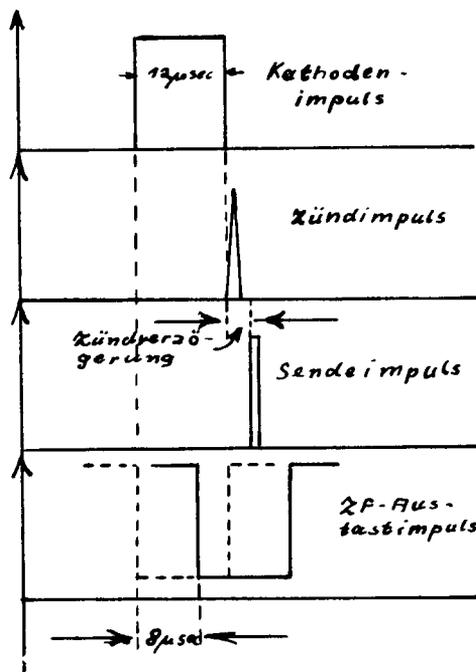


Abb. 52

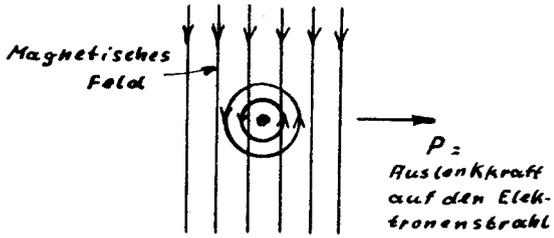


Abb. 53

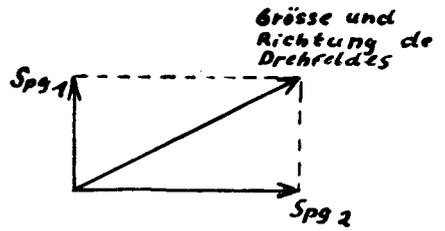


Abb. 58

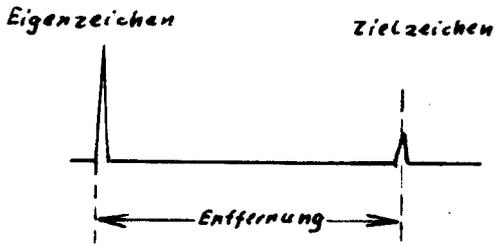


Abb. 54

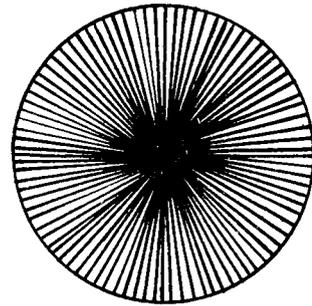


Abb. 59

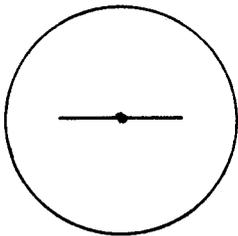


Abb. 55

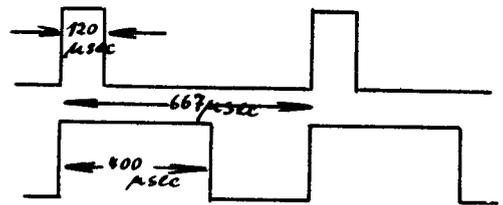


Abb. 60

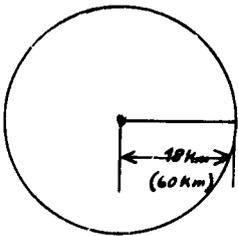


Abb. 56

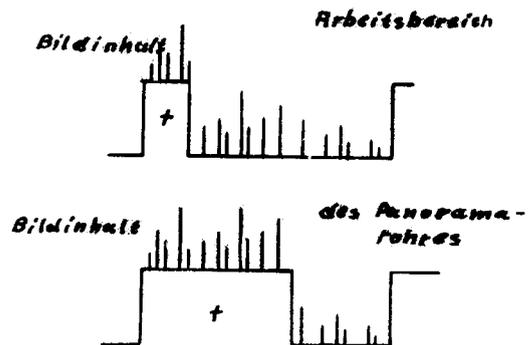


Abb. 61

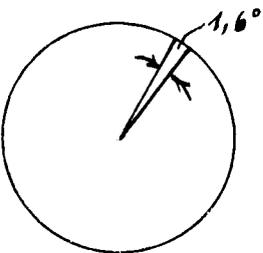


Abb. 57



Abb. 62

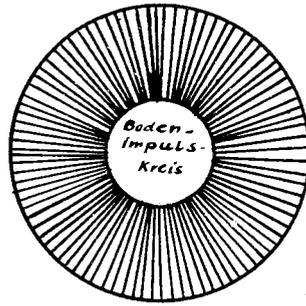


Abb. 66

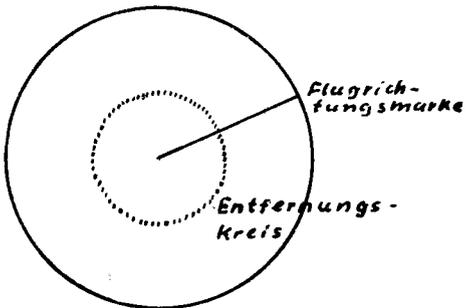


Abb. 63

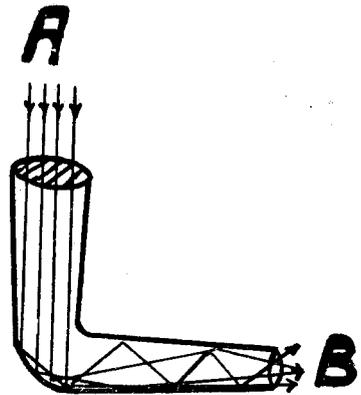


Abb. 67

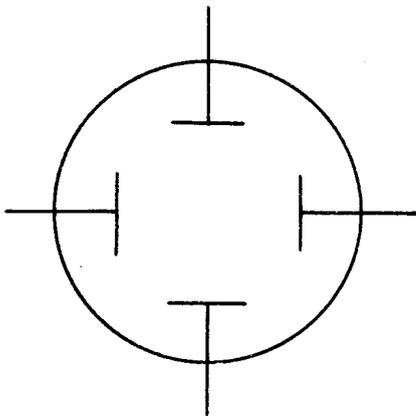


Abb. 64

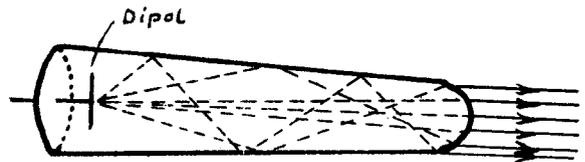


Abb. 68

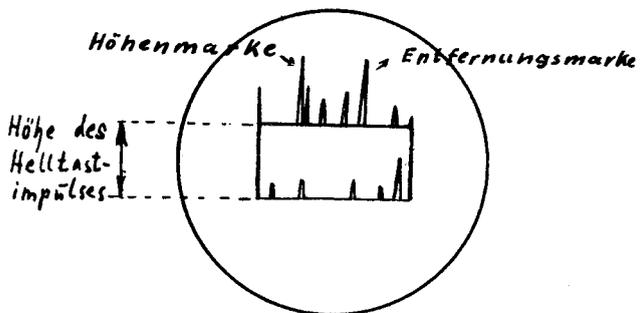


Abb. 65

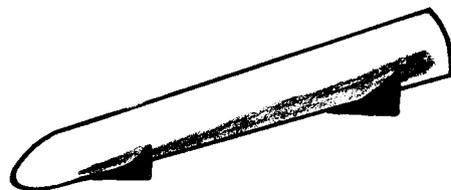


Abb. 69

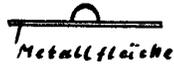
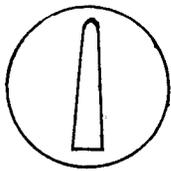


Abb. 70

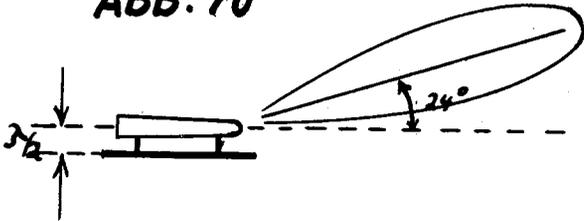


Abb. 71

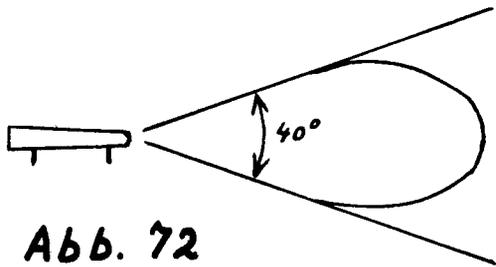


Abb. 72

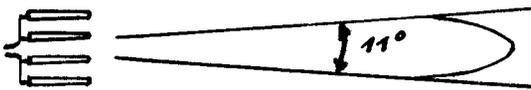


Abb. 73

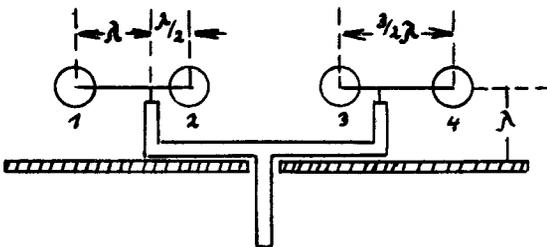


Abb. 74

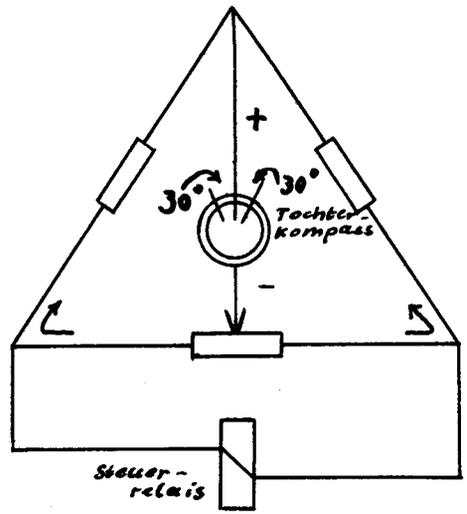


Abbildung 75

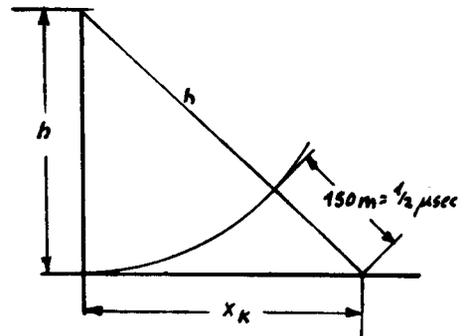
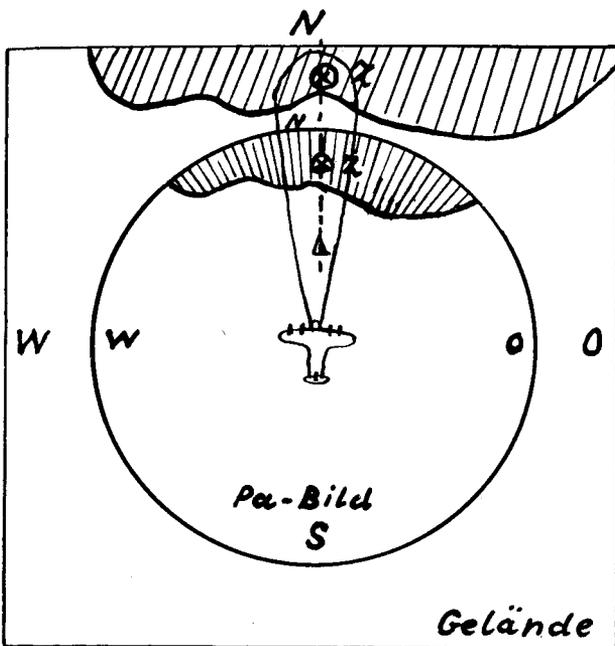
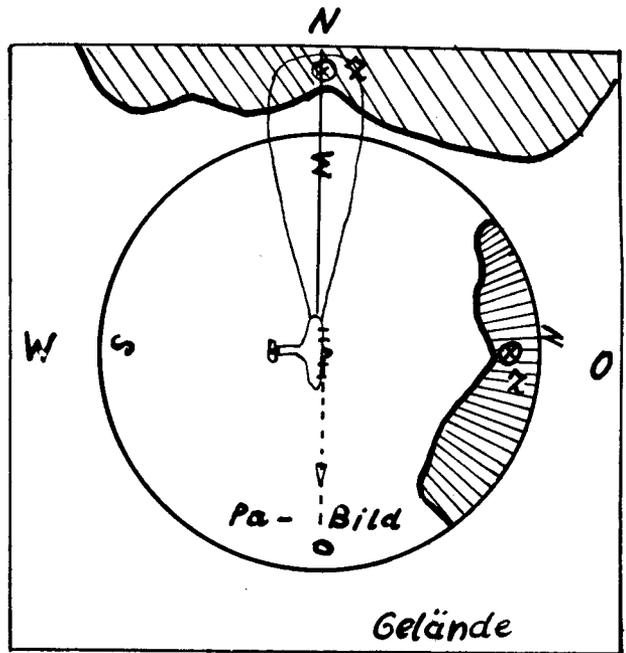


Abbildung 76



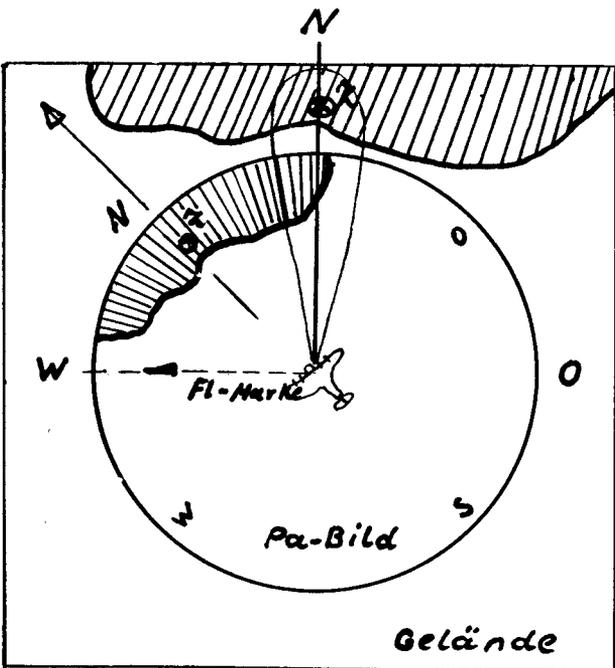
S

Kurs: Süd - Nord
 Verdrehungs α : Keule Goniometer 0°



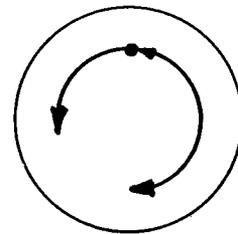
S

Kurs: West - Ost
 Verdrehungs α : Keule Goniometer 90°

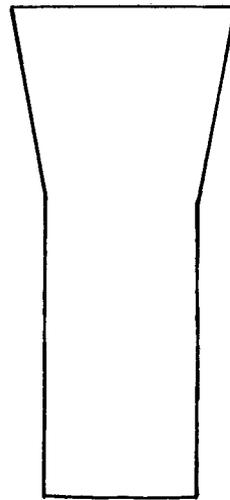


S

Kurs: Süd-Ost - Nord-West
 Verdrehungs α 45°



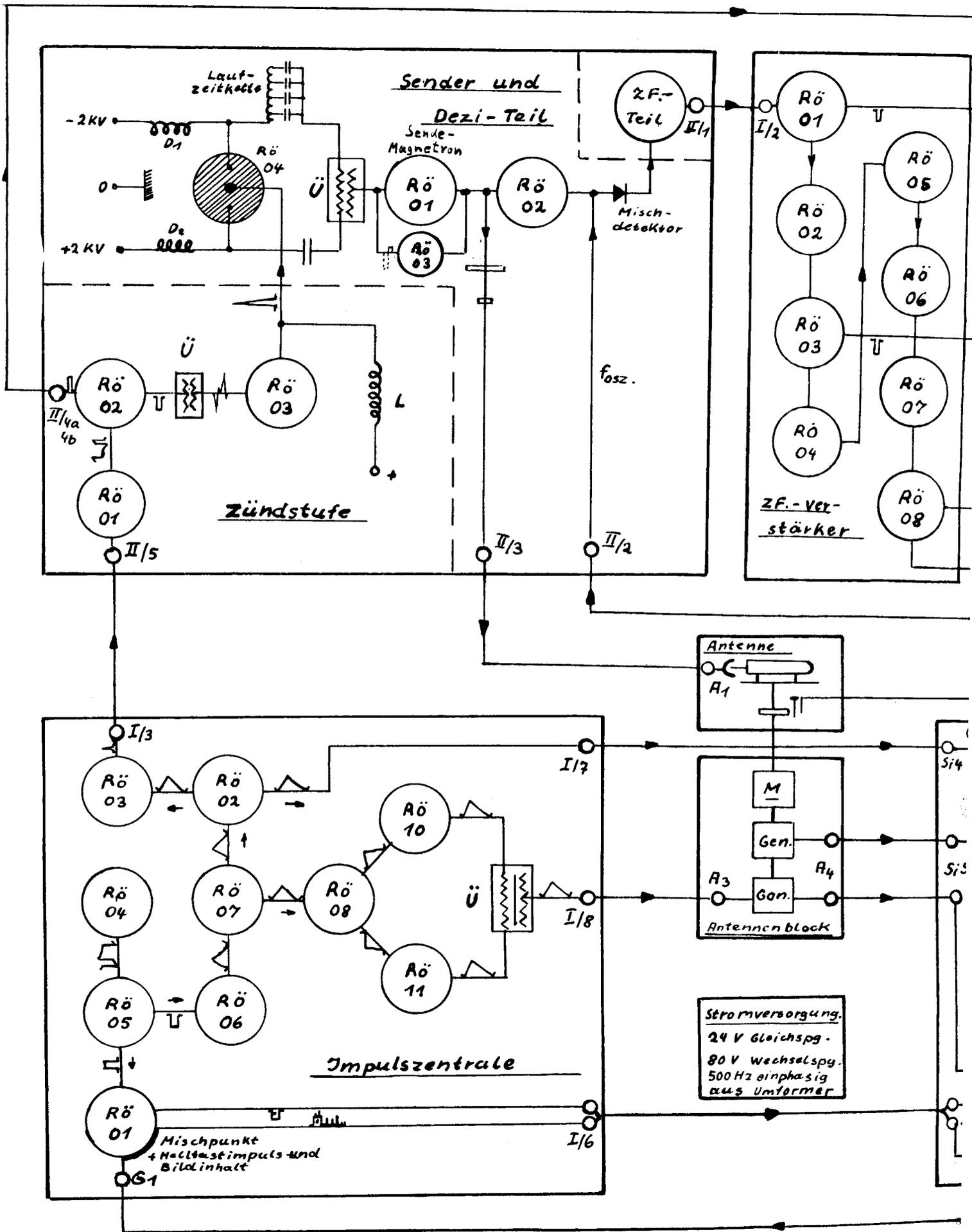
Weg der
 Fl-Markie

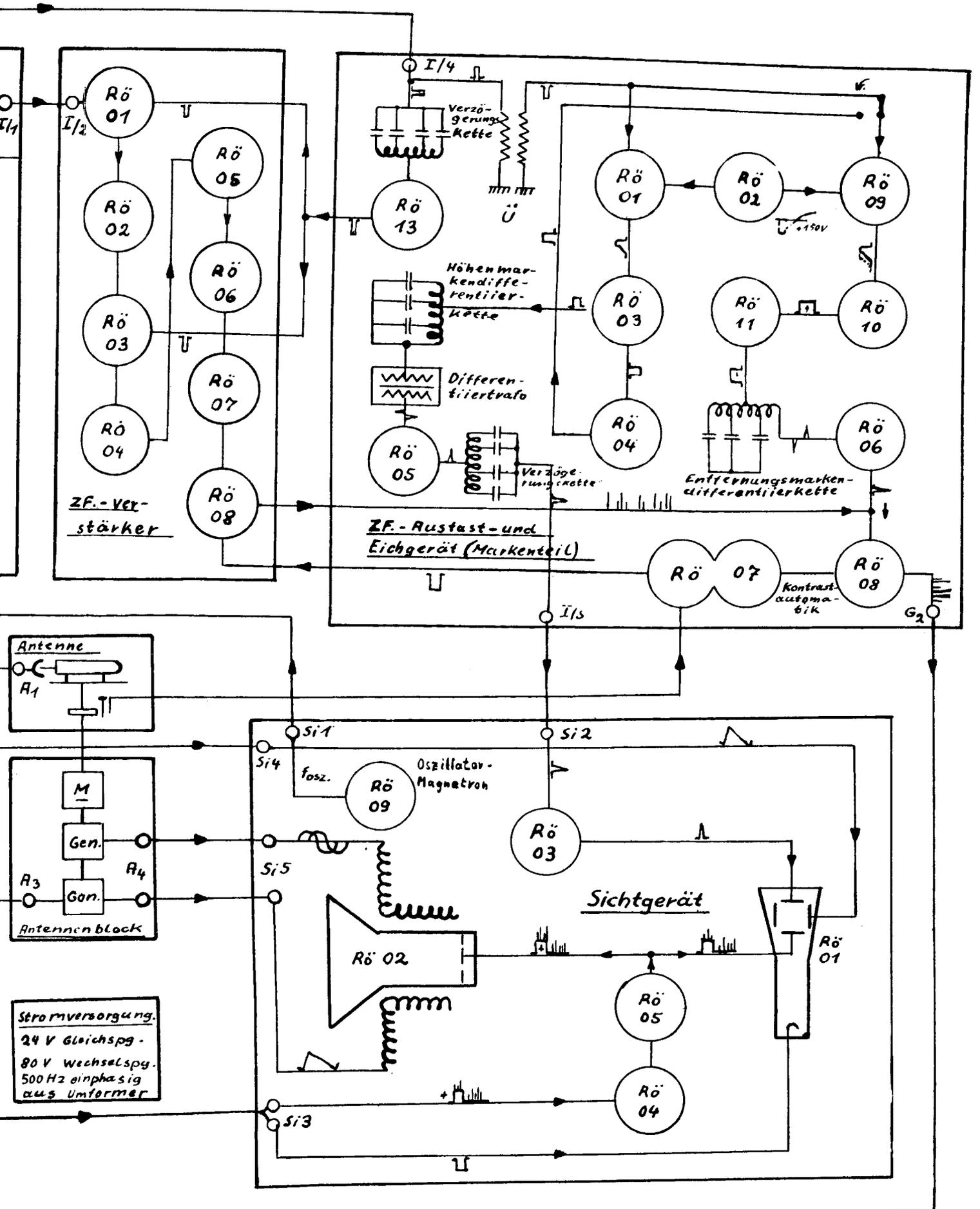


Die raumfeste Lage des Panorama-bildes ergibt sich, wenn man sich als Beobachter in das Flugzeug hineinversetzt denkt.

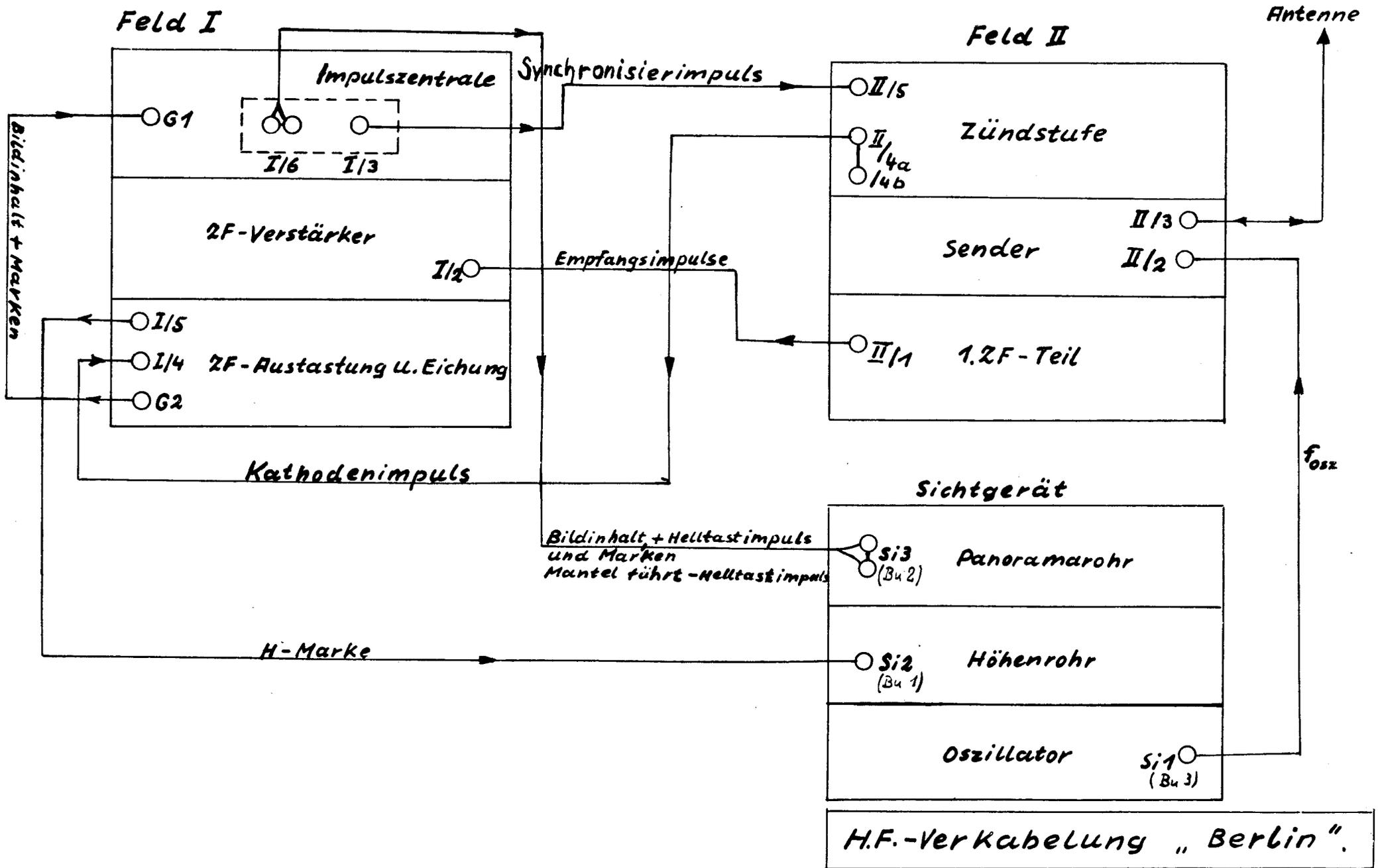
Lage des Panorama - und Landschafts -
 bildes.

(Nur für Luftwaffengerät)

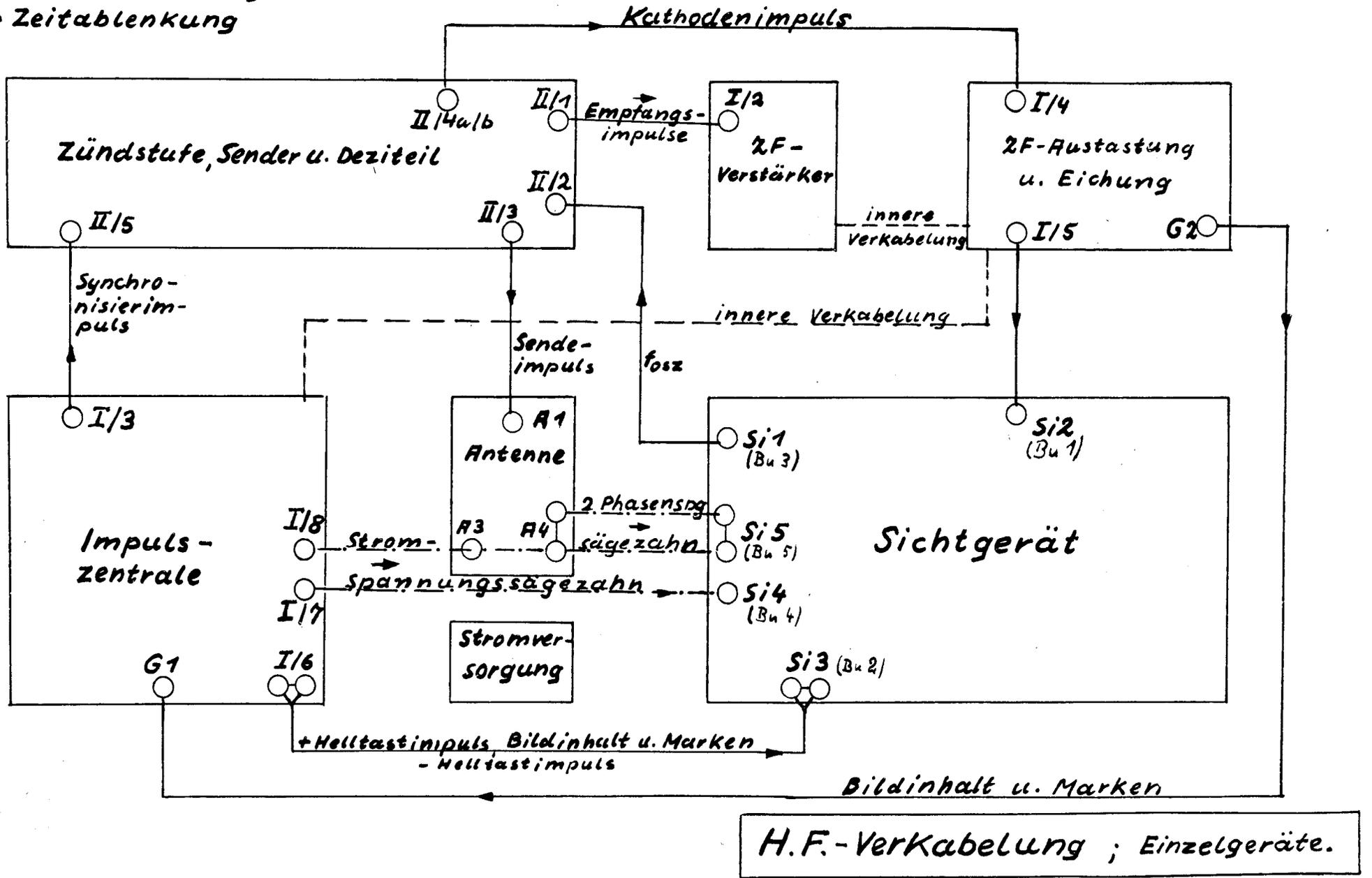


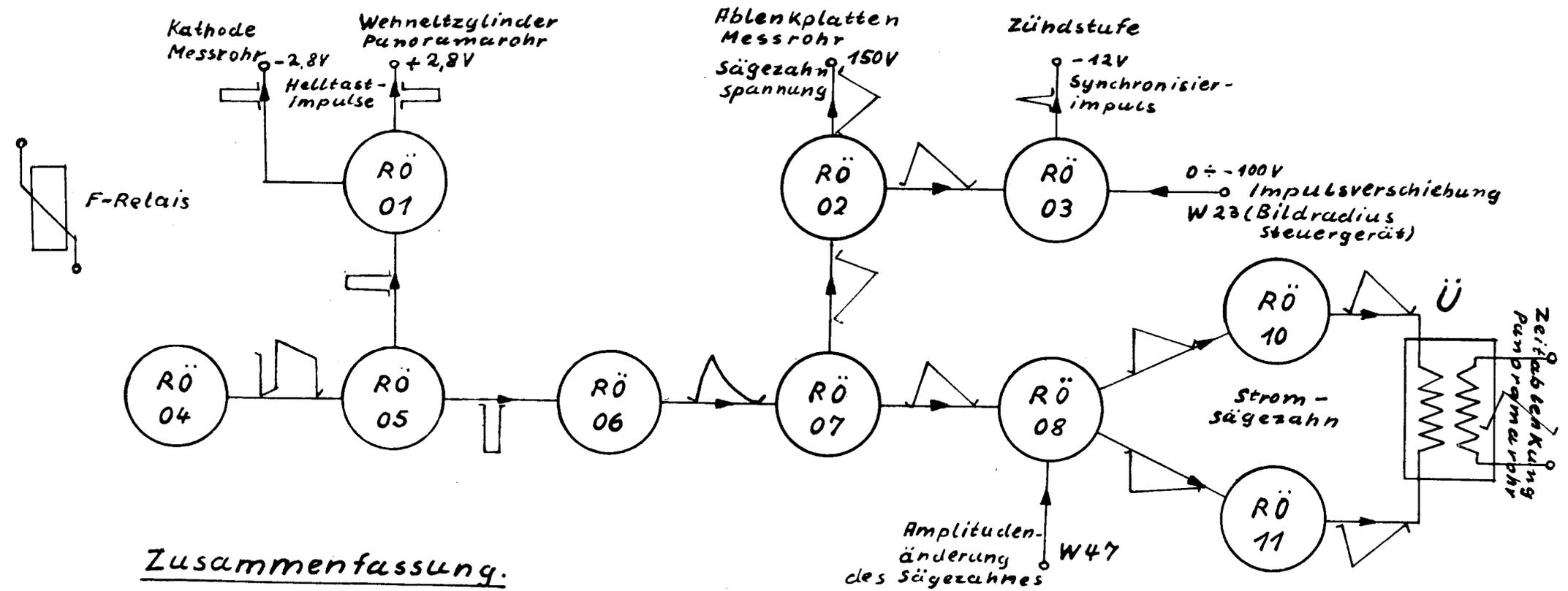


Prinzipschaltbild „Berlin“



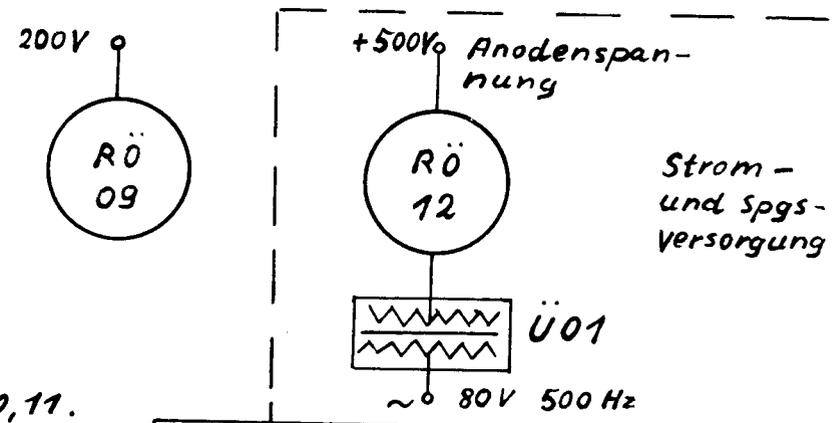
— H.F. Verkabelung
 - - - Zeitablenkung



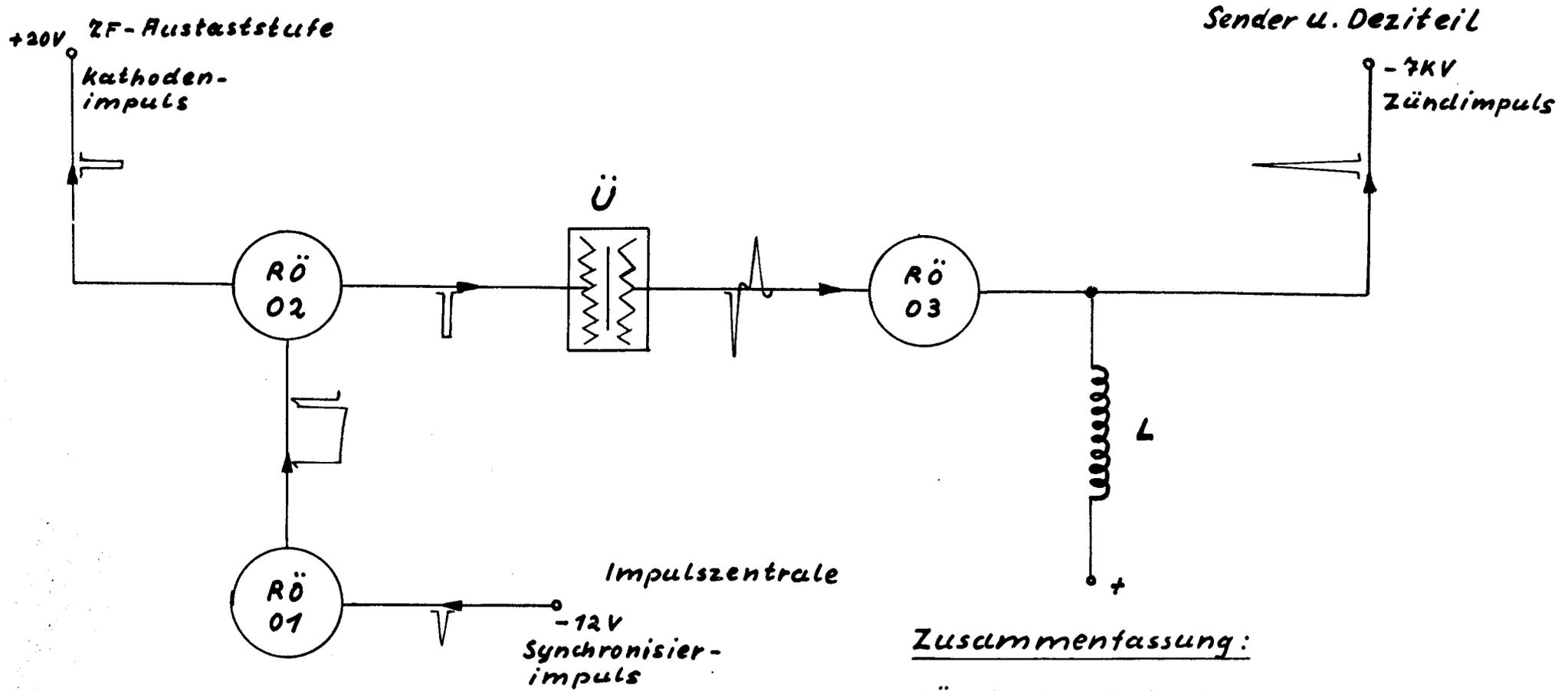


Zusammenfassung.

- RÖ 04, 05 Multivibrator (Rechteckspannung)
- RÖ 06, 07 Umformung in Spannungssägezahn
- RÖ 08, 10, 11 Umformung in Stromsägezahn
- RÖ 01 positive und negative Hellstastimpulse
- RÖ 02, 03 Erzeugung des Synchronisierimpulses
- RÖ 02 Abgriff eines Spannungssägezahnes
- RÖ 09 Regelröhre für RÖ 03, 04, 05, 06, 07, 08.
- RÖ 12 Gleichrichterröhre. Anodenspannung RÖ 10, 11.
- F-Relais siehe „Relais - Schema“ Berlin.



Impulszentrale.



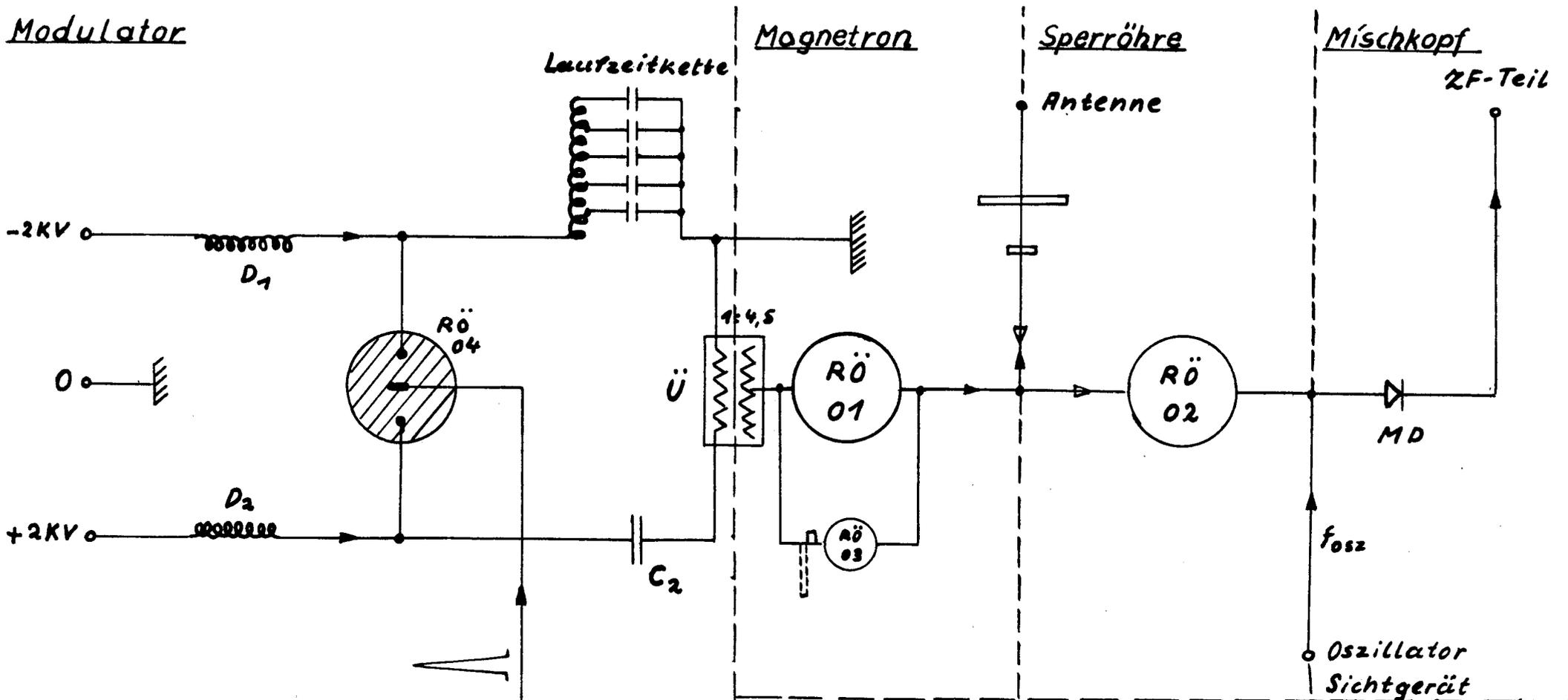
Zusammenfassung:

- RÖ 01, 02 Multivibrator
- RÖ 03 Erzeugung des Zündimpulses

L = Selbstinduktion zur Erzeugung des -7KV Zündimpulses

Zündstufe.

Modulator



Zusammenfassung:

- $R\ddot{O} 01$ sendemagnetron
- $R\ddot{O} 02$ Sperröhre
- $R\ddot{O} 03$ Begrenzungsröhre
- $R\ddot{O} 04$ Zündflasche

- C_2 Ladekondensator
- MD Mischdetektor

Sender u. Deziteil.

ZF-Austastimpuls

ZF-Verstärker

-10V

Rö 13

ZF-Austastverzögerungskette

+20V Kathodenimpuls

Höhenmarkenerzeugung

H-Marken-Differenzierkette

Ü02

Verstärker H-Messrohr

Rö 05

H-Marken-Differenziertrafo

H-Marken-Verzögerungskette

Rö 03

„Höhe Null“ W21 (Steuergerät)

Rö 01

Rö 04

Kontakt des H-Relais

H-Marken-Verschiebung (Koppelrechner)

Rö 02

+150V

Entfernungsmarkenerzeugung

H-Relais

Rö 10

Rö 11

Rö 06

E-Marken-Differenzierkette

Entfernung „Null“ W20 (Steuergerät)

Rö 09

Anodenspg für Rö01-11 +300V

E-Marken-Verschiebung (Koppelrechner)

Rö 12

Fl-Marken Erzeugung

Z.F.-Verstärker

Bildliniale

Rö 08

Rö 07

Rö 08

Kontrastautomatik

Kontakt für Flugrichtungsmarke

Endverstärker

Verstärker Sichtgerät

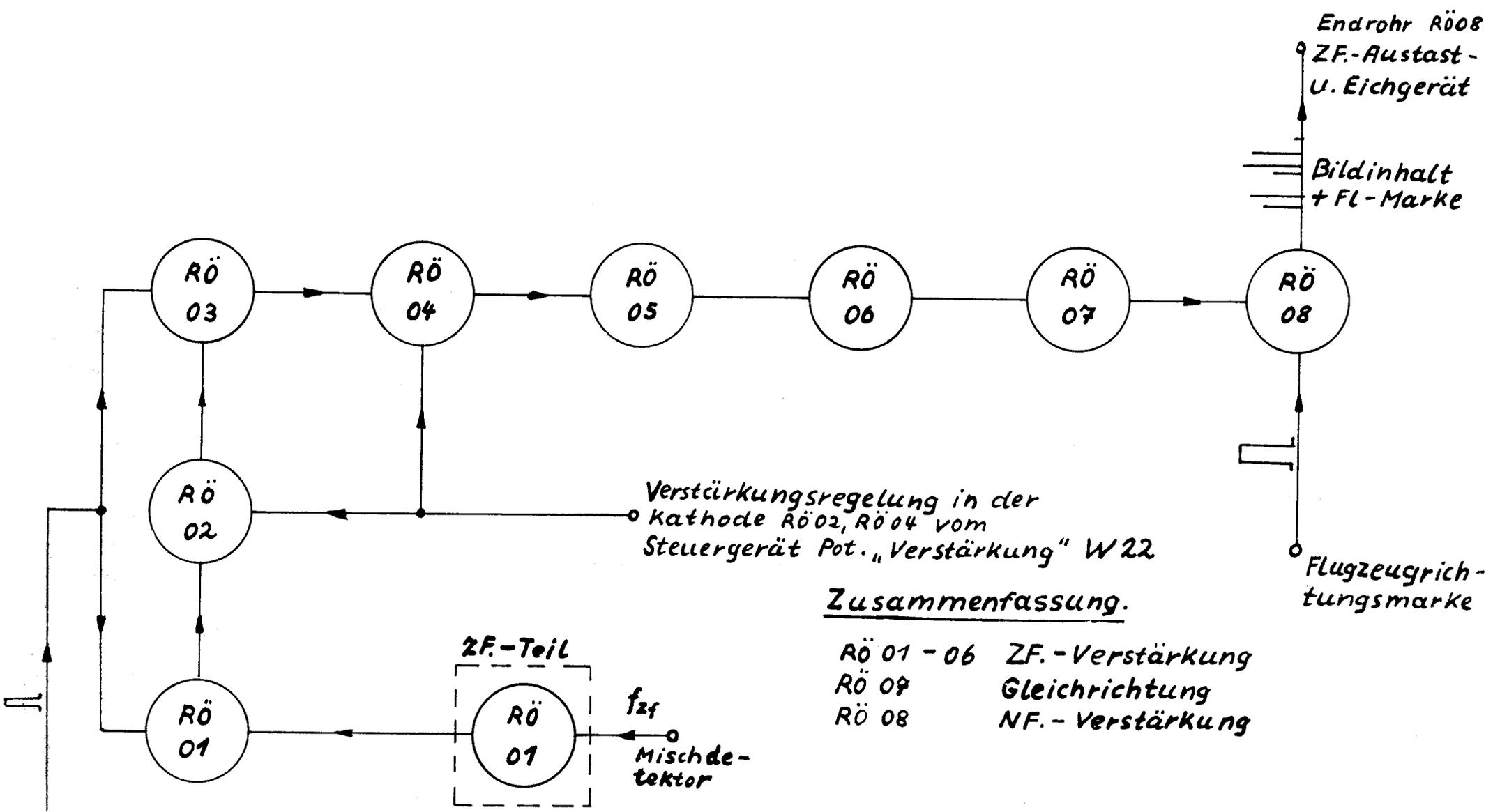
Bildinhalt + E-Markke

Zusammenfassung.

- Rö 13, Erzeugung des Z.F.-Austastimpulses
- Rö 01, Erzeugung des Höhenmarkenwurzelimpulses
- Rö 03, 04, Höhenmarkenmultivibrator
- Rö 05, Höhenmarkenverstärker
- Rö 09, Erzeugung des Entfernungsmarkenwurzelimpulses
- Rö 10, 11, Entfernungsmarkenmultivibrator
- Rö 06, Entfernungsmarkenverstärker
- Rö 02, Wurzelimpulsbegrenzeröhre

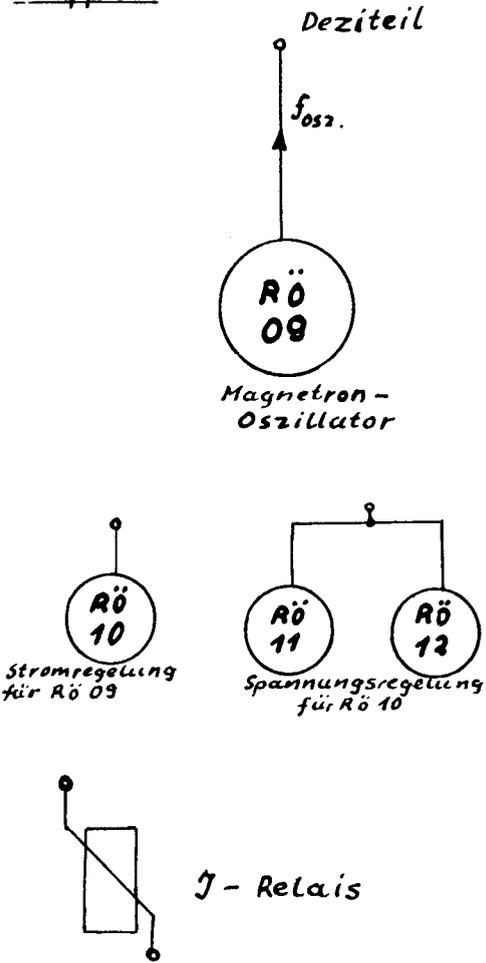
- {Rö 07} Erzeugung der Flugrichtungsmarke
- {Rö 07} Kontrastautomatik
- Rö 08 Endröhre
- Rö 12 Regelröhre für Anodenspannung

Z.F.-Austastung und Eichung.

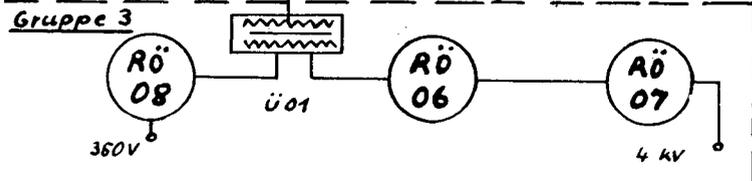
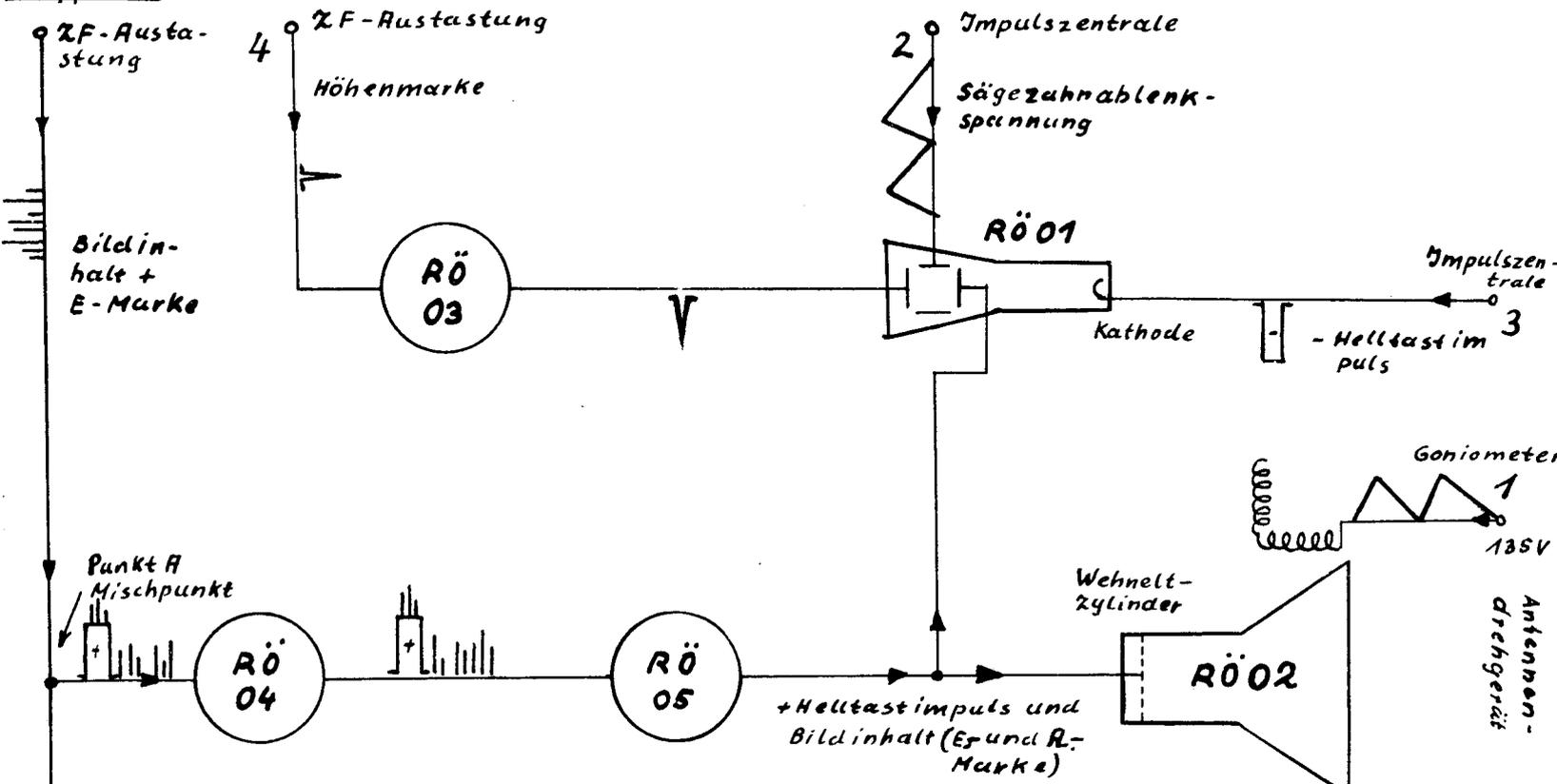


ZF.-Teil und Z.F.-Verstärker.

Gruppe 2



Gruppe 1



Zusammenfassung

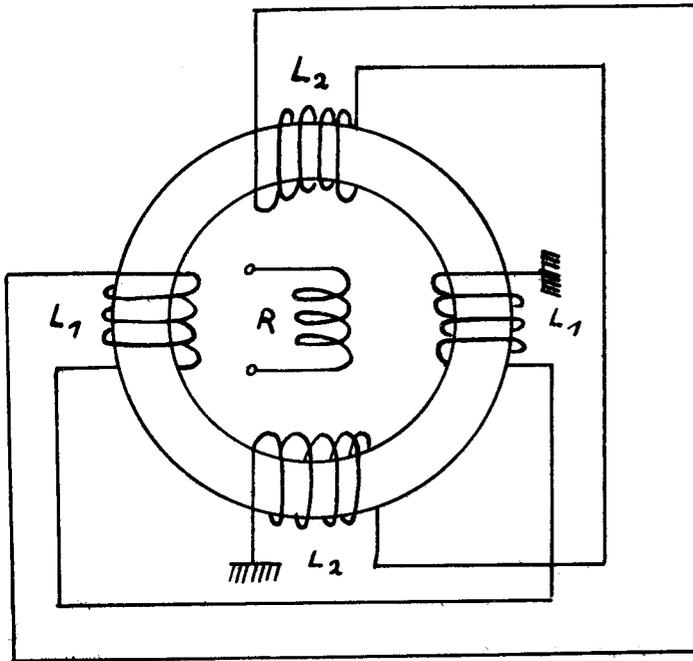
- Rö 01 Höhenmessrohr
- Rö 02 Panoramarohr
- Rö 03 Verstärker für Höhenmarke
- Rö 04 ÷ 05 Verstärker für Bildinhalt
- Rö 06 ÷ 07 Gleichrichterröhren, Anodenspannung Rö 01, 02
- Rö 08 Gleichrichterröhren, Anodenspannung Rö 03 ÷ 05, 09
- Rö 09 Oszillator-Magnetron
- Rö 10 Stromregelröhre
- Rö 11 ÷ 12 Stabilisatoren für Rö 10

Die Bedeutung der Zahlen 1 - 5 siehe Text

Sichtgerät.

Goniometer - Prinzip.

Goniometer - Spulen



Ablenksystem des Panoramarohres

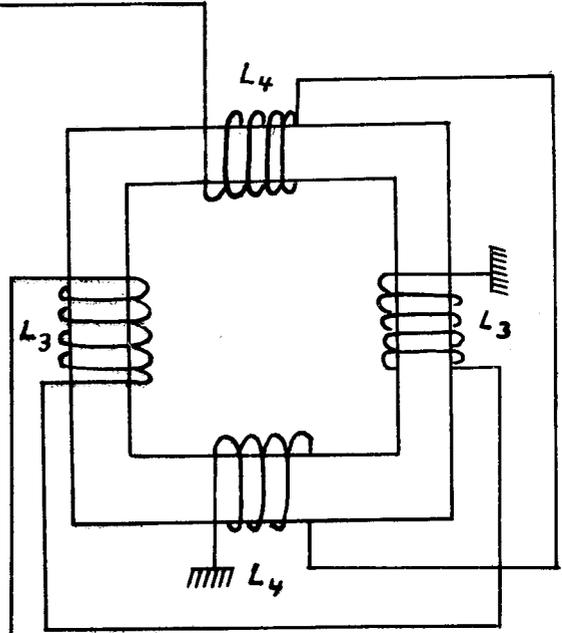
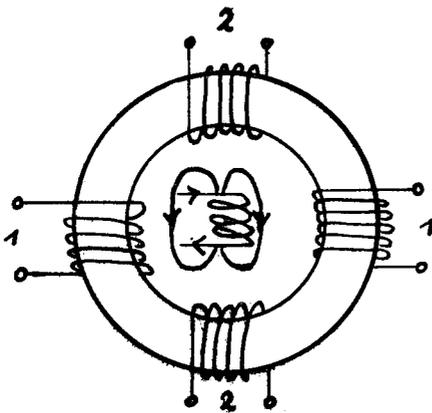
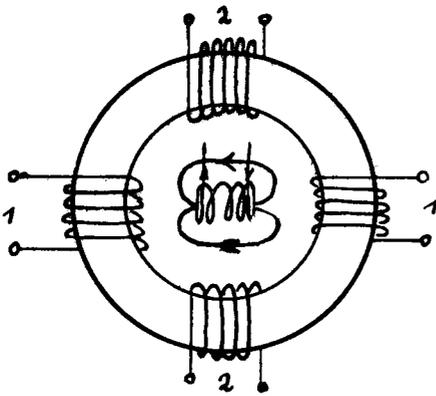


Bild:

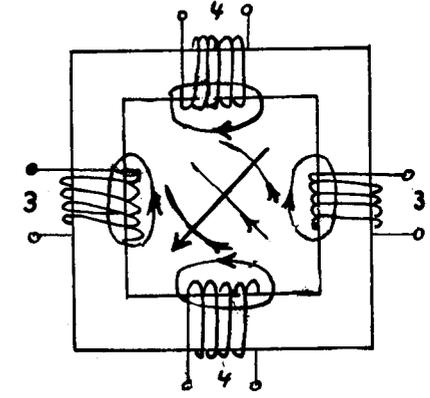
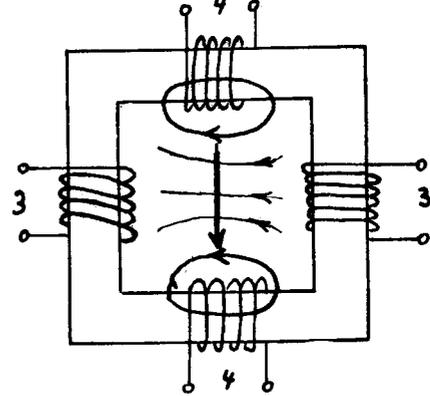
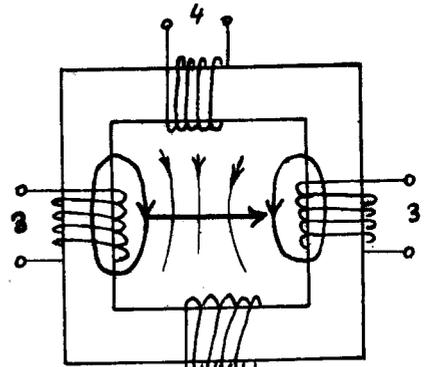
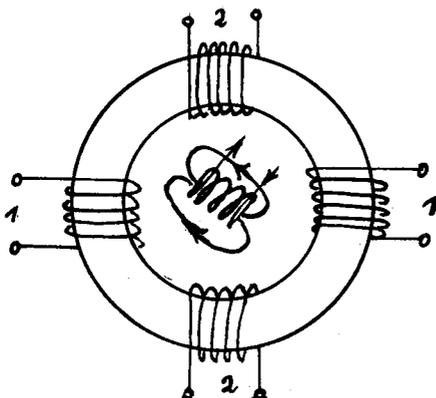
1

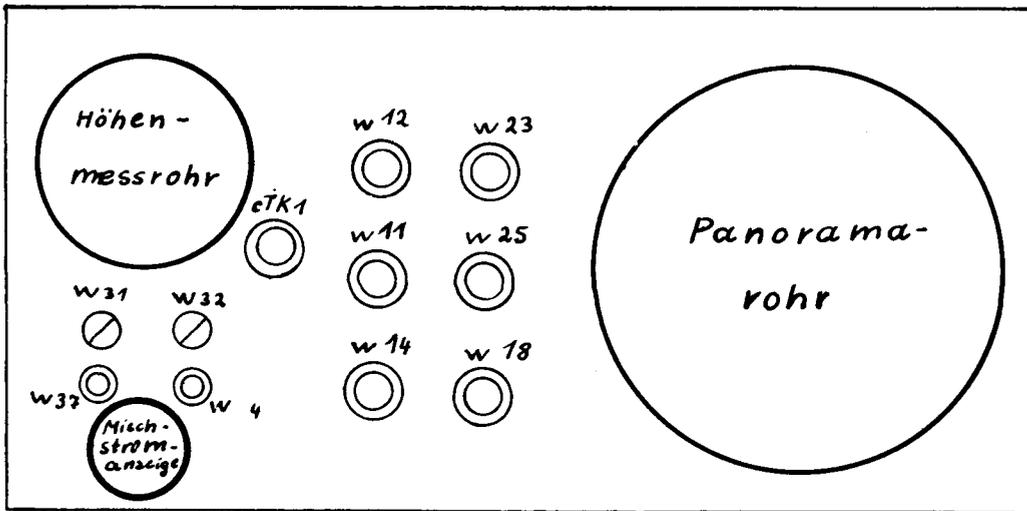


2



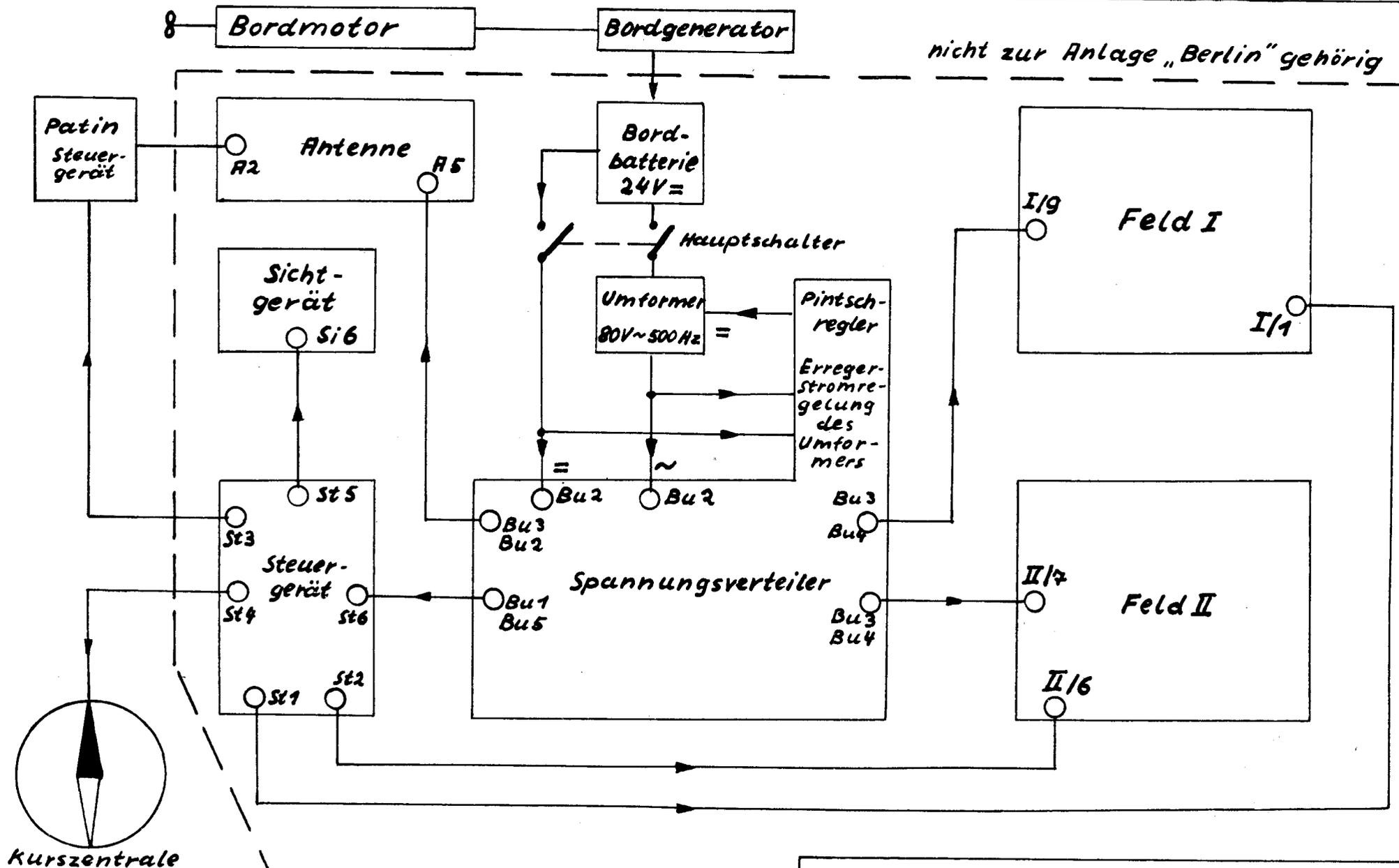
3





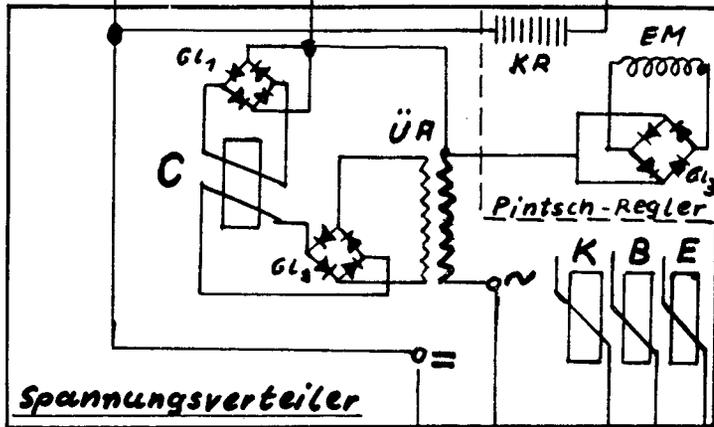
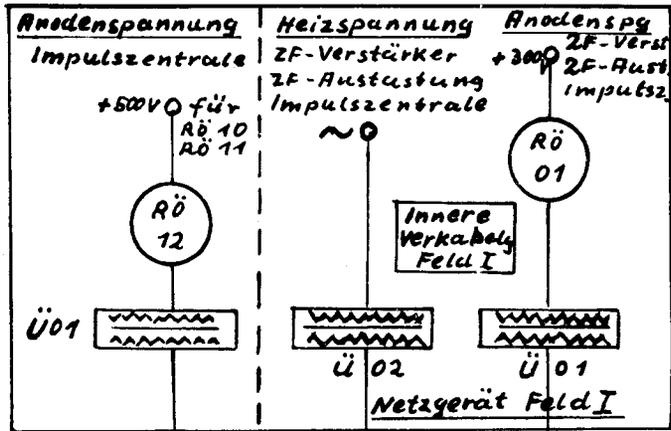
	Panoramarohr	Höhenmessrohr
Schärfe	w 18	w 12
Helligkeit	w 14	w 11
Amplitude	w 37 (Bildinhalt)	w 4 (Höhenmarke)
Bildverschiebung	w 31 w 32	w 23 w 25
Kreisdurchmesser	w 57 w 59	
cTk ₁ Abstimmung des Oszillatortopfkreises		

Einstellungen am Sichtgerät „Berlin“.

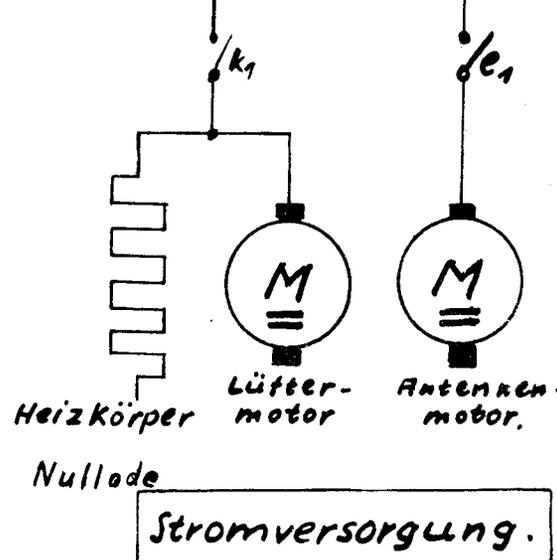
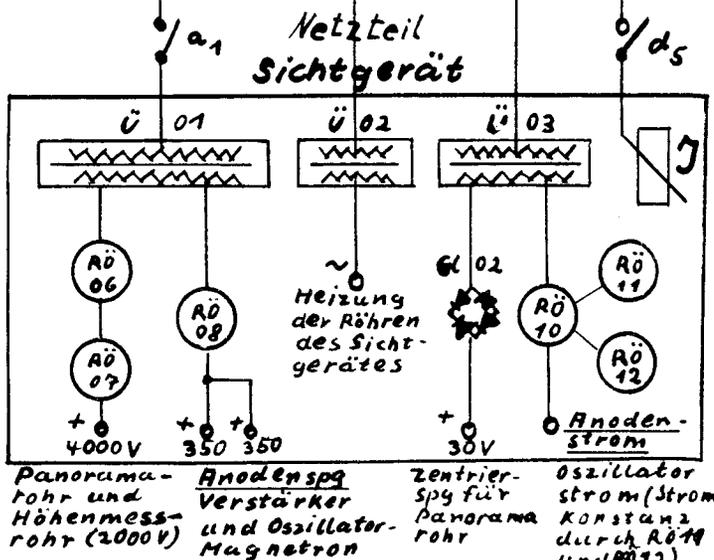
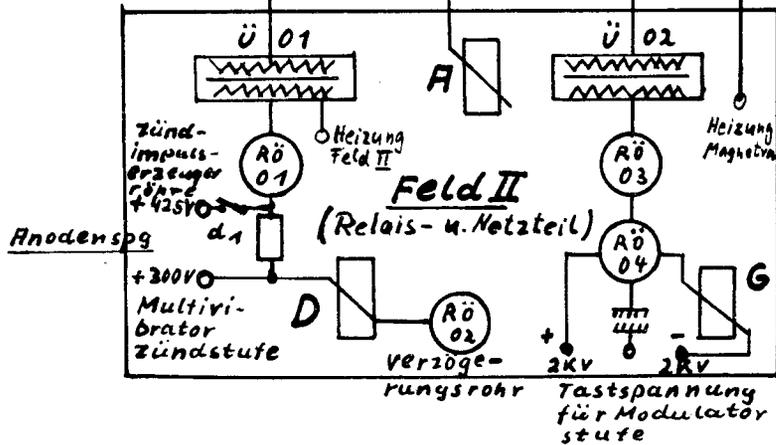
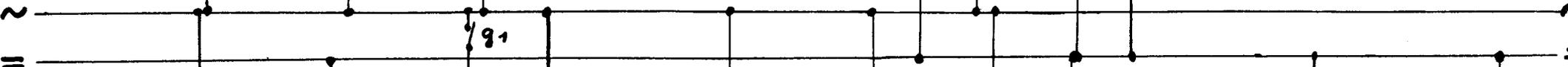
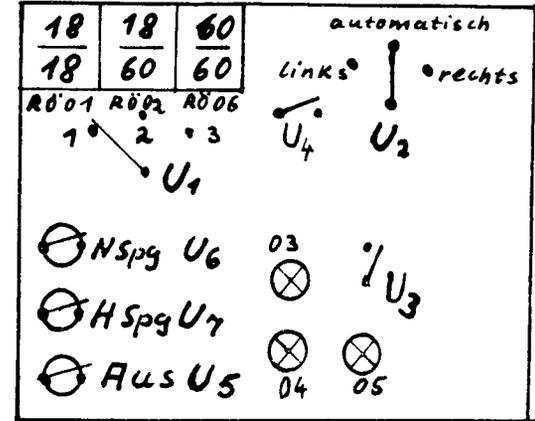


Verkabelung - Stromversorgung.

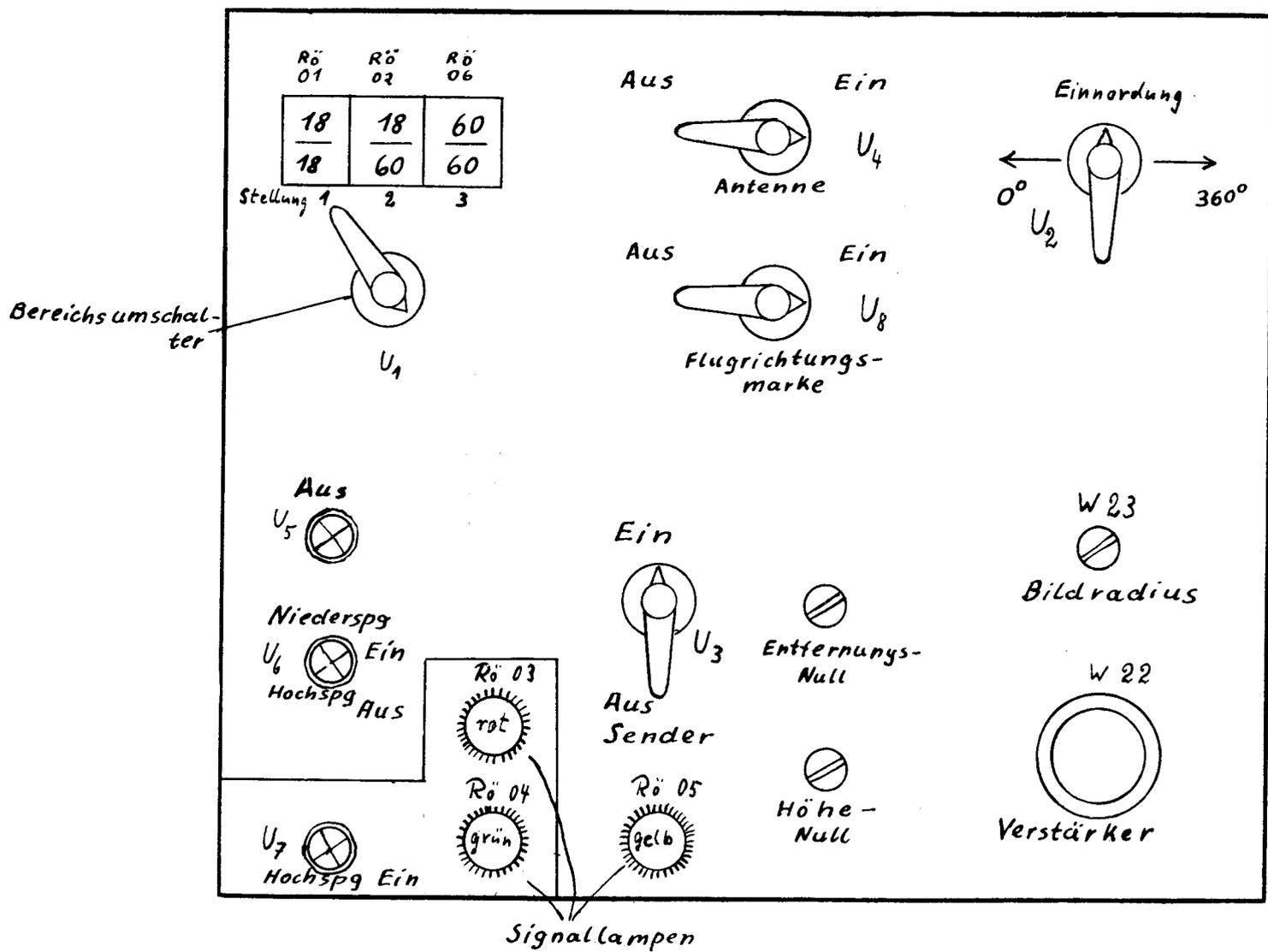
Netzteil Feld I



Steuergerät

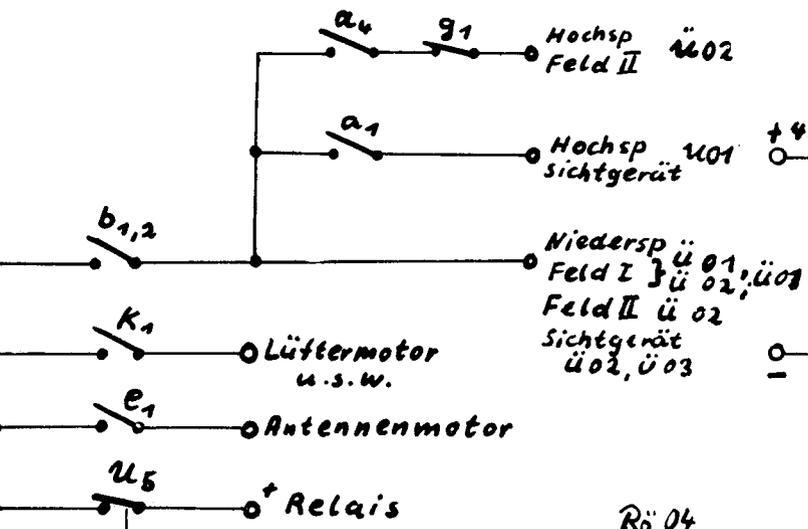
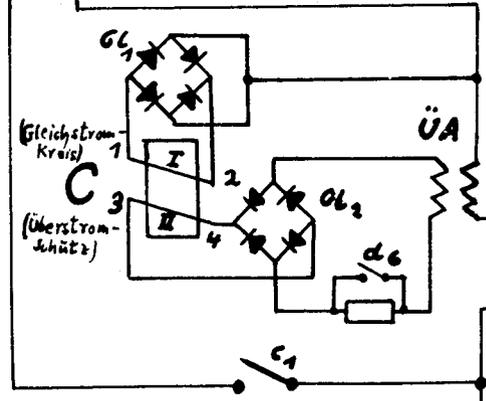


Stromversorgung.

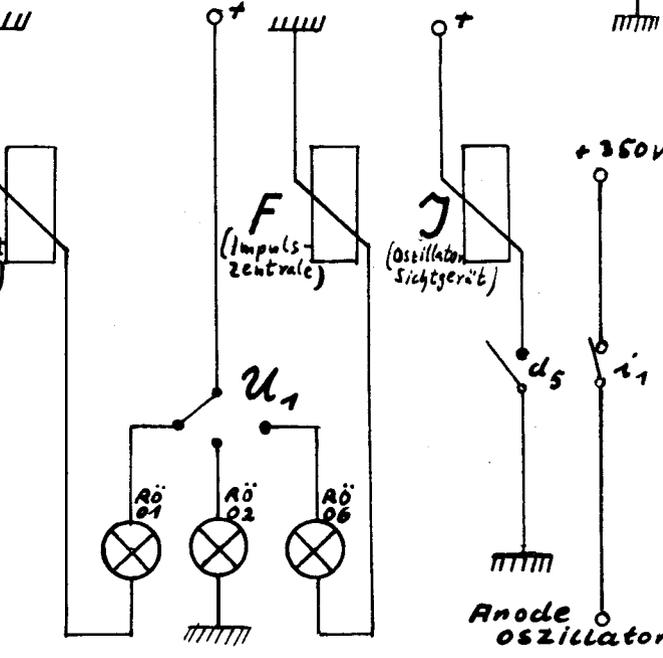
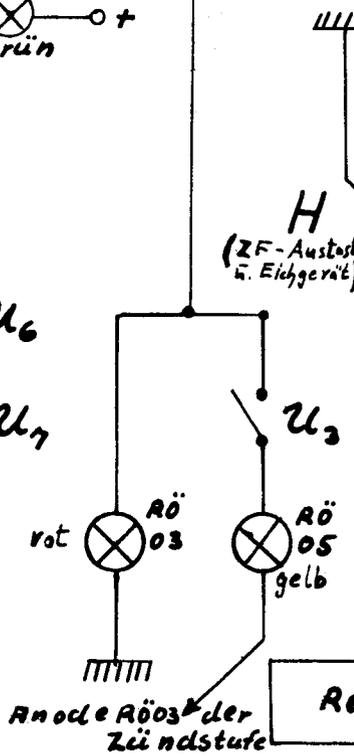
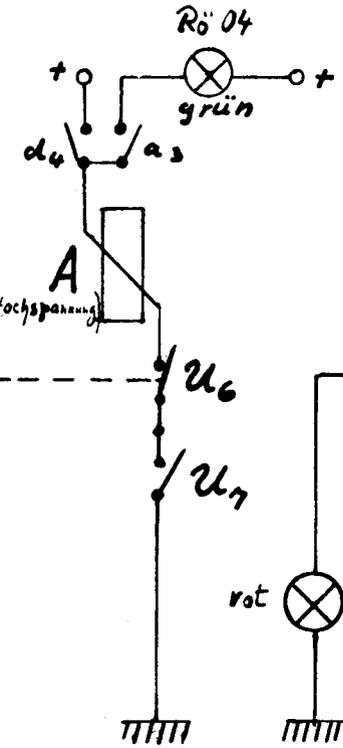
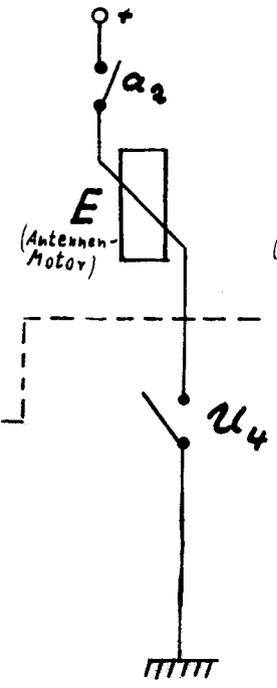
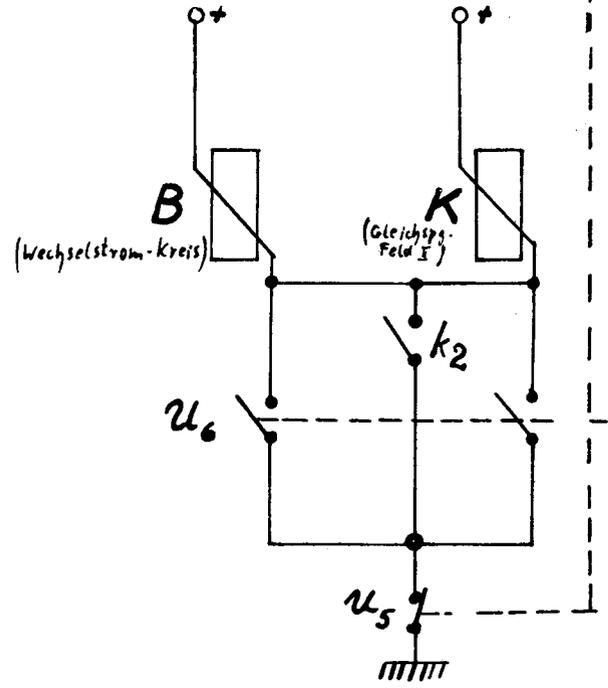
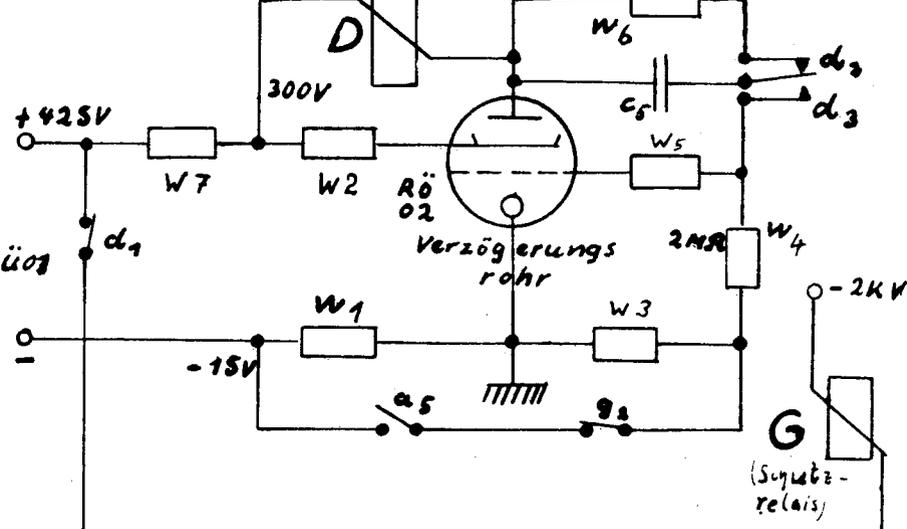


Steuergerät.

Hauptschalter



(Verzögerungsrelais)



Relais-Schema "Berlin".

Helltastung

Steuerimpuls

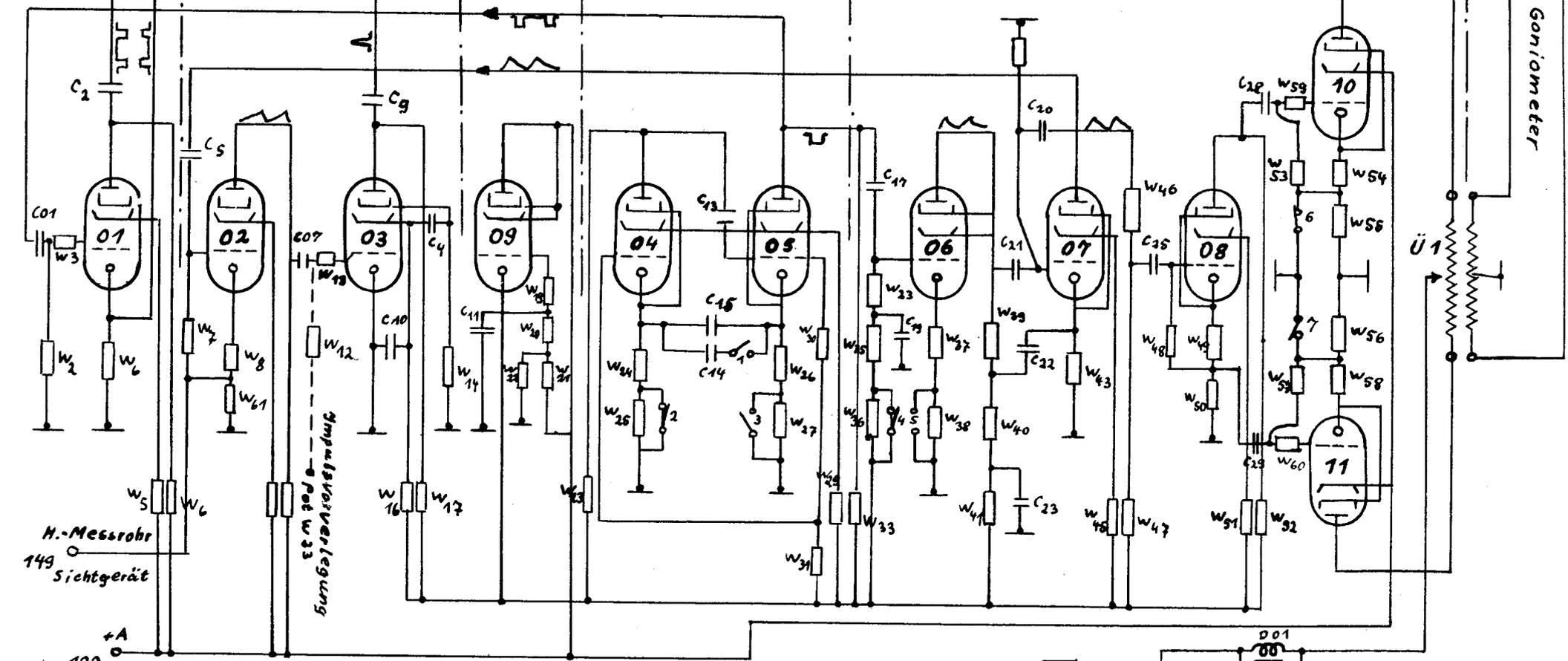
Stabilisa-
tor

Multivibrator

Sägezahn

Vom Marken-
teil zum
Sichtgerät S13
I/6
Mischung
des Hellta-
stimpulses
mit Bildinhalt

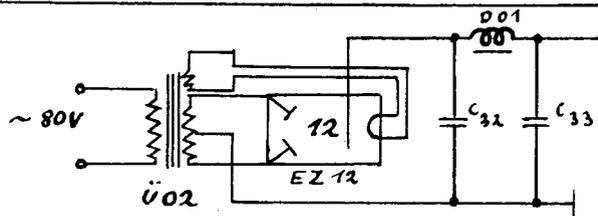
zur
Zündstufe
II/5
I/3



H.-Messrohr
149
Sichtgerät

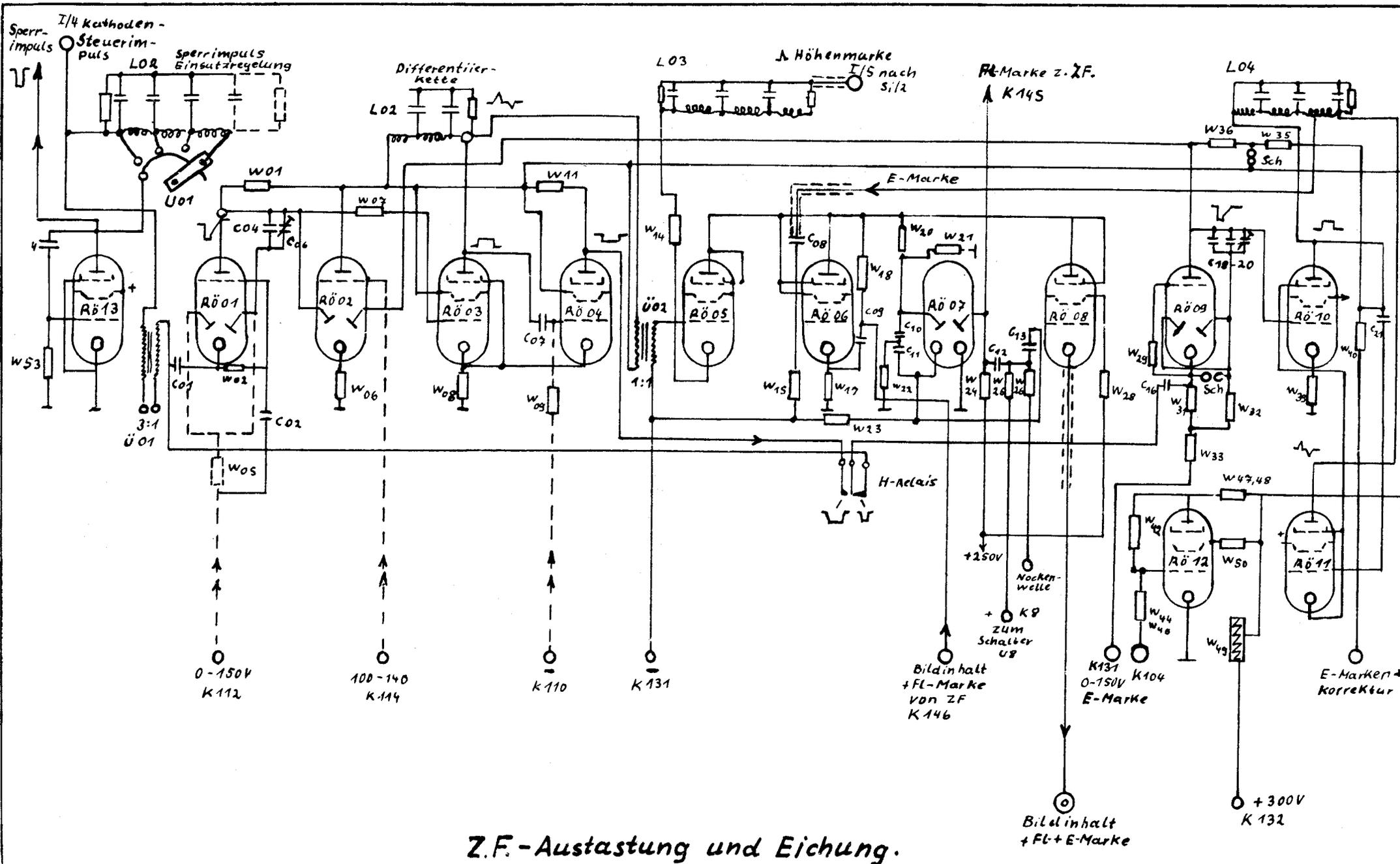
Impulsverteilung
Pot w 13

Zum Goniometer

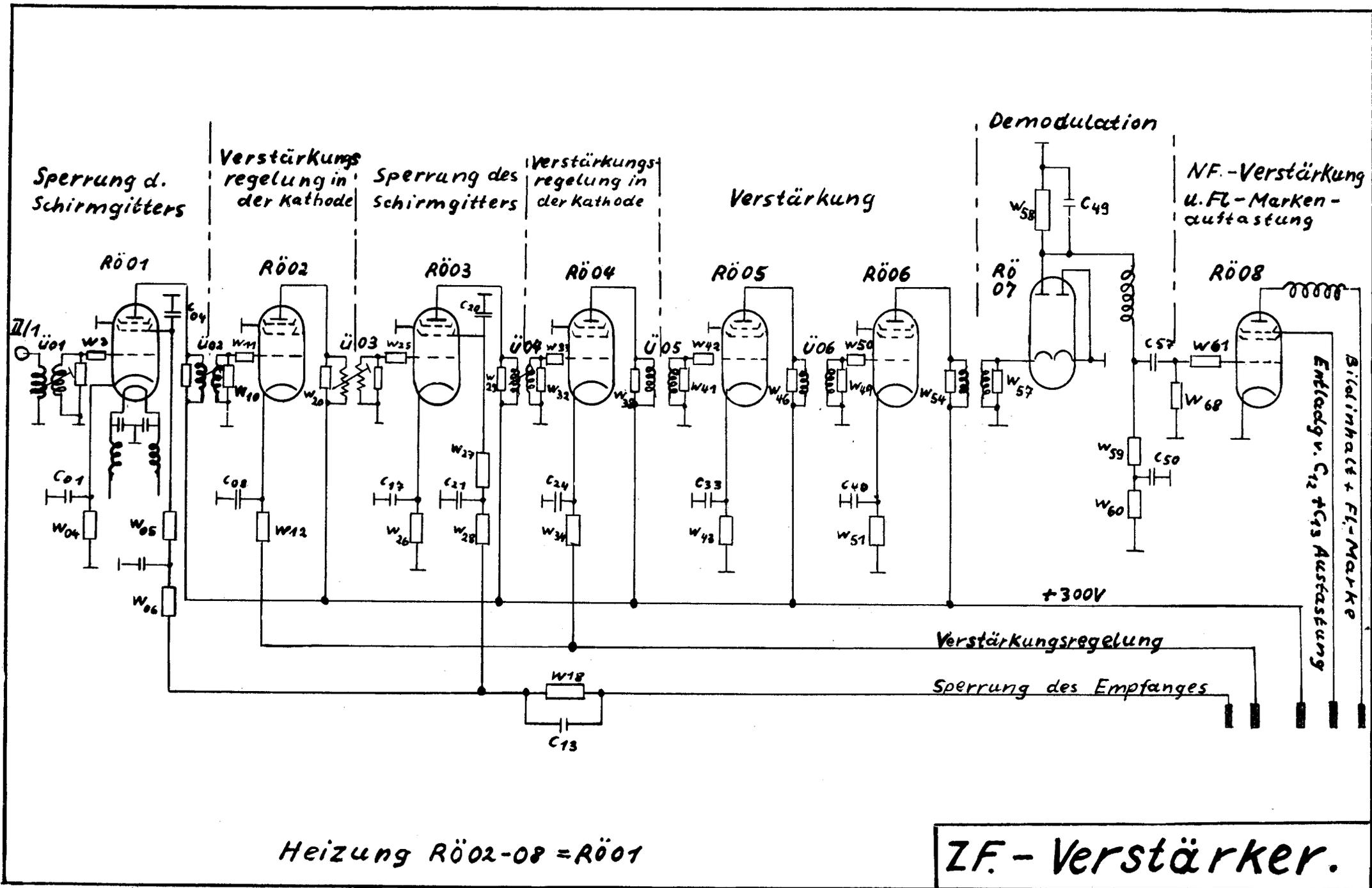


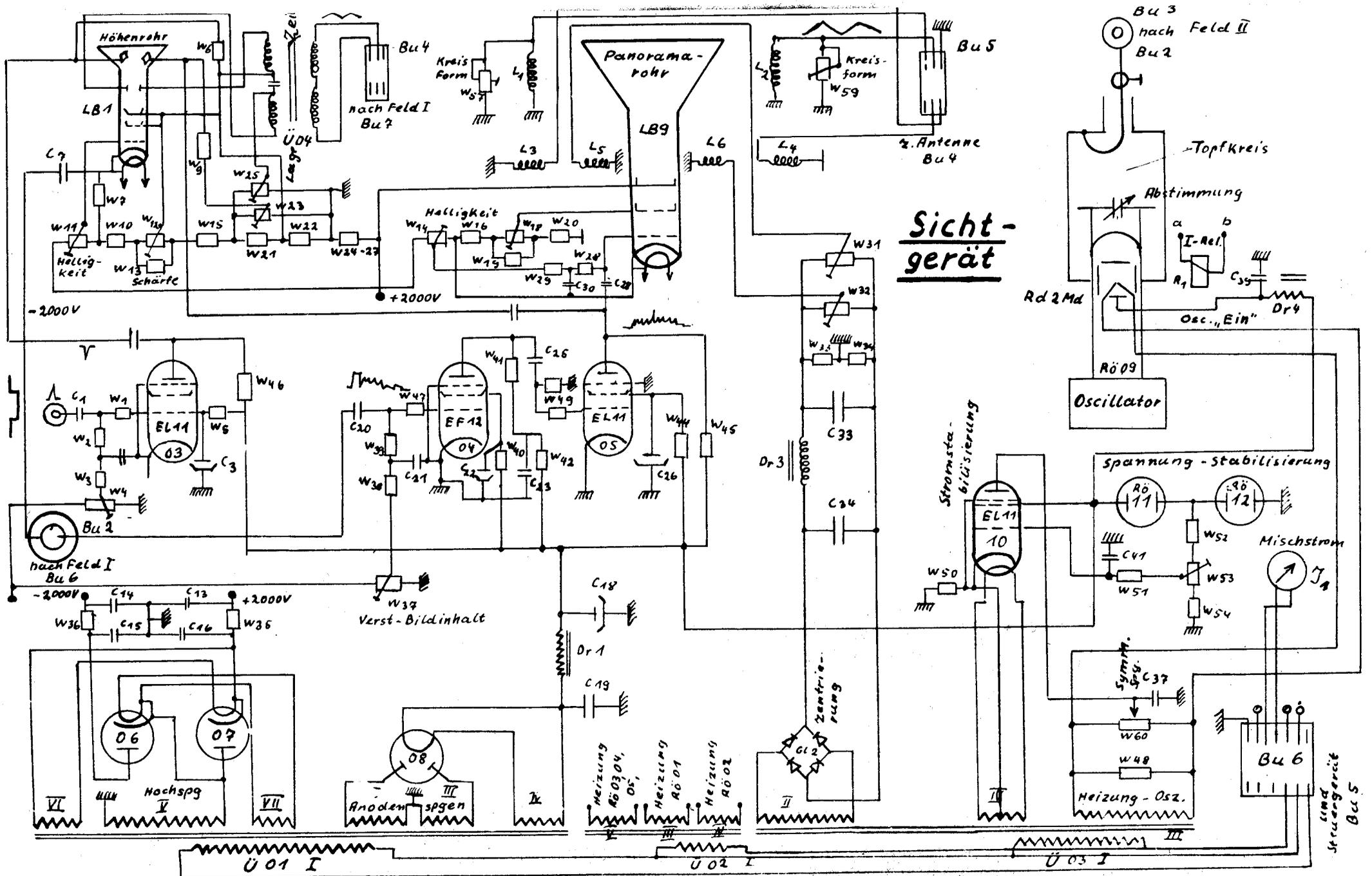
Schalter 1-7 in Schaltstellung „Bereich I“
„Stellung 1“ gezeichnet

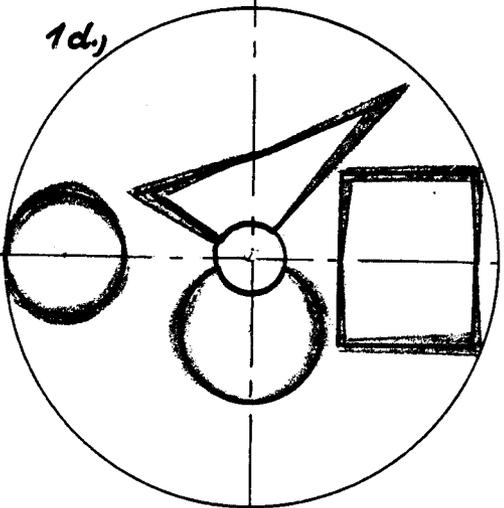
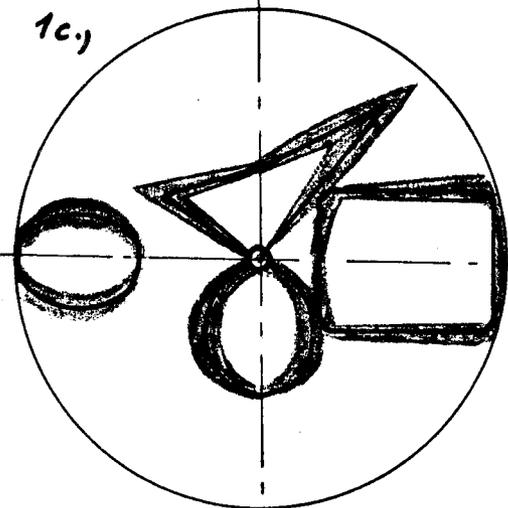
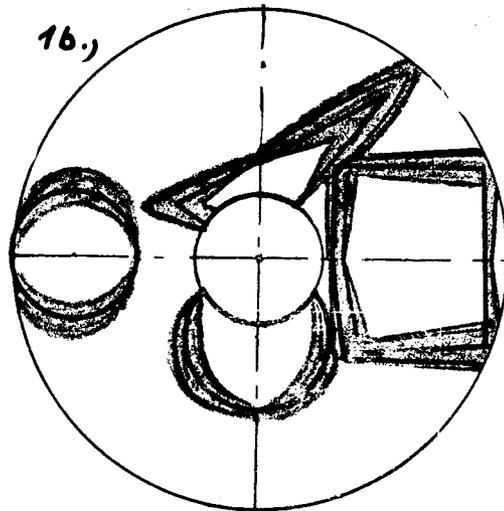
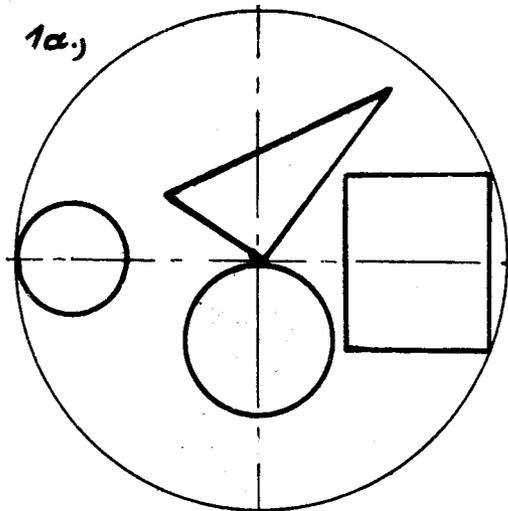
Impulszentrale.



Z.F.-Austastung und Eichung.

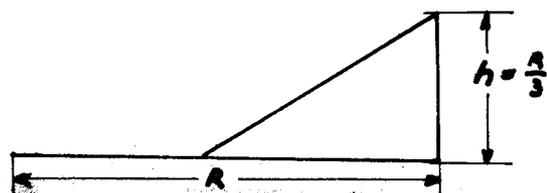




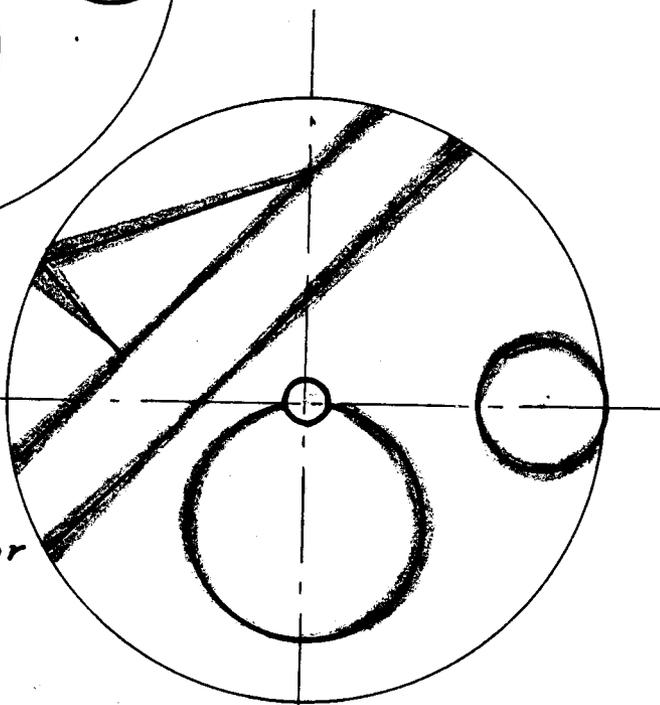
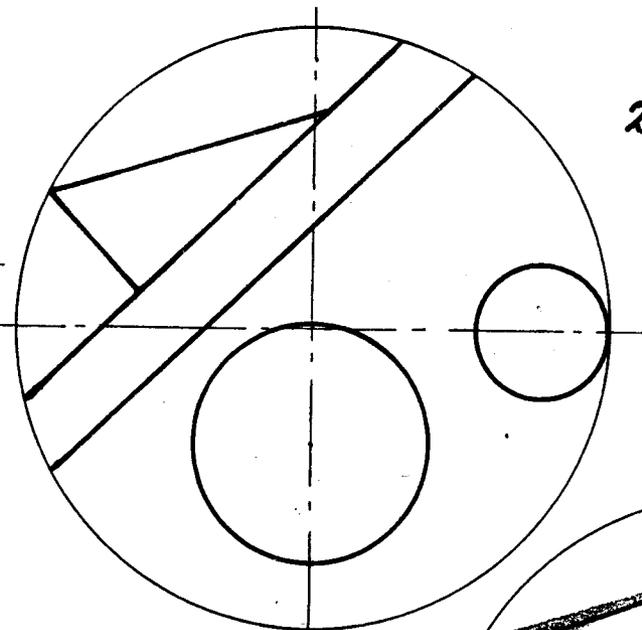


1a.) Original
1c.) stark entzerzt

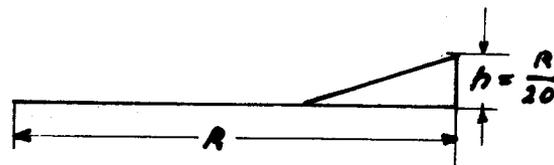
1b.) unentzerzt
1d.) mittel entzerzt



Kleiner Messbereich
 $R = 18 \text{ Km}$



2b.) Abbildung auf dem Braunschens Rohr



Grosser Messbereich
 $R = 60 \text{ Km}$

Verzerrungen einer Ebene mit geometrischen Figuren.

Die Kartenauflösung x_k als Funktion
der Höhe h

