

Richtantennen-Anlagen mit Antennenverstärkern.

H. Rindfléisch, Pelzerhaken.

Ausgehend von den militärischen Forderungen werden die bei der Kriegsmarine entwickelten Empfangsanlagen für feste Funkstellen im Wellenbereich 12 - 200 m erläutert. Die Forderung nach höchster Empfindlichkeit und Erfassung breiter Wellenbänder führte zur Verwendung von Breitband-Richtantennen (Breitbanddipole einzeln oder in Gruppen, Rhombusantennen und Langdrahtantennen).

Aus der Forderung nach Betrieb einer grossen Zahl von Empfängern an einer Antennengruppe ergab sich die Notwendigkeit von Antennenverstärkern. Eine Unterteilung in mehrere Frequenzbänder erwies sich zur Erzielung höchster Empfindlichkeit und Kombinationsfrequenz-Freiheit als erforderlich.

Die weitere Forderung nach wahlweisem Richtempfang aus beliebigen Sektoren führte zur Schaffung von Antennengruppen mit beliebig einstellbarer Richtcharakteristik. Derartige Anlagen können sowohl für Richtempfang, wie auch für Störerausblendung und Peilung benutzt werden. Entwickelt wurde eine Sektorenpeilanlage aus 2 Langdrahtantennen mit Phasendrehgerät für den Wellenbereich 100 - 200 m, ferner für den Bereich 20 - 40 m eine Breitband-Kreisgruppe. Bei der Kreisgruppe wird entweder die Richtcharakteristik durch einen Laufzeitkompensator stetig geschwenkt, oder eine "ruhende" Sichtanzeige der Peilung für beliebig einstellbare Sektoren durchgeführt. Für beide Typen sind zwecks Mehrfach-Ausnutzung amplituden- und phasentreu arbeitende Antennenverstärker entwickelt worden bzw. in Entwicklung begriffen.

Nach ähnlichen Grundlinien läuft die Entwicklung im UK- und Dezimeterwellengebiet; auf die entsprechenden Antennenanordnungen wird kurz hingewiesen.

I. Grundlegende Forderungen und Entwicklungslinien.

Im Folgenden werden feste Funk-Empfangsanlagen für den Wellenbereich 12 - 200 m behandelt, mit einigen Ausblicken auf den Wellenbereich unter 12 m.

Die grundlegenden militärischen Forderungen der Kriegsmarine an derartigen Anlagen sind folgende :

1. Höchste Empfindlichkeit und Störungsfreiheit, da es sich um Empfang kleiner Leistungen aus sehr grossen Entfernungen handelt (insbesondere bei Empfang von U-Boots-Sendungen und beim B-Dienst (Beobachtungsdienst)).
2. Empfang auf breiten Frequenzbändern.
3. Empfang aus beliebigen geographischen Sektoren.
4. Erfassung und Peilung sehr kurzer Signale.
5. Betrieb vieler Empfänger an einer Antennenanlage.

Alle diese Forderungen gehen vielfach über die an übliche kommerzielle Anlagen zu stellenden Bedingungen erheblich hinaus, so dass dort bereits vorhandene Entwicklungen nicht übernommen werden konnten.

Im Kurzwellenbereich sind bei der technischen Verwirklichung der militärischen Forderungen als grundlegende Tatsachen zu beachten, dass die Verwendung von Antennengruppen in der Grössenordnung von mehreren Wellenlängen möglich ist, und ferner, dass der atmosphärische Störpegel so niedrig ist, dass eine volle Ausnutzung der im Antennensystem empfangenen Energie gefordert werden muss. Daraus ergeben sich folgende Entwicklungs-Richtlinien :

1. Verwendung des Bündelungsprinzips zur Verringerung des allgemeinen Störpegels und zur Ausblendung von Störsendern.
2. Verwendung von Breitband-Richtantennen.
3. Entwicklung von Antennenanlagen, die für Richtempfang aus verschiedenen Sektoren ausgenutzt werden können.
4. Verwendung von elektrisch schwenkbaren Empfangscharakteristiken bzw. von Sichtanzeigeverfahren.
5. Entwicklung von Antennenverstärkern höchster Empfindlichkeit, die ausserdem für einen Teil der Aufgaben definierten Amplituden- und Phasengang besitzen müssen.

II. Empfangsanlagen ohne Schwenkung des Strahlungsdiagramms.

a) Breitband-Antennen.

Die Entwicklung der Antennenanlagen und der zugehörigen Antennenverstärker für Empfang aus festen Sektoren ist seit geraumer Zeit abgeschlossen; eine grosse Anzahl derartiger Anlagen wird seit Jahren an der Front benutzt.

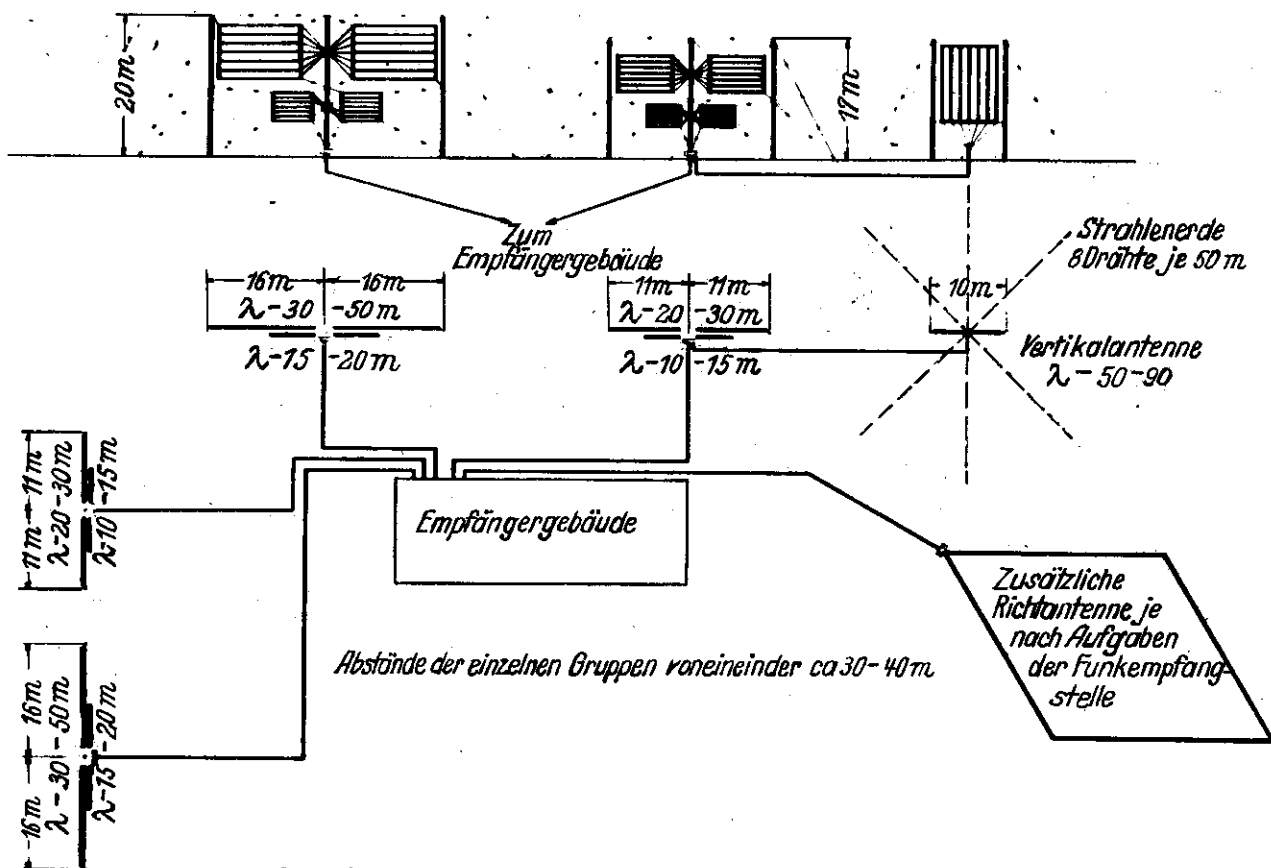


Abb. 1 Marine-Empfangsanlage 42.

Eine normalisierte Empfangsanlage dieser Art ist in Abb. 1 dargestellt. Als Antennen werden, soweit keine scharfe Bündelung erforderlich ist, horizontale Breitbanddipole benutzt. Die Vorteile der horizontalen Anordnung liegen in folgenden Punkten :

1. Die horizontale Komponente überwiegt im allgemeinen beim Raumwellen-Empfang.
2. Für eine weitgehende Unabhängigkeit des Antennenwiderstandes von den Erdbodeneigenschaften und zur Ermöglichung der Anordnung in bestimmten Höhen über dem Erdboden sind symmetrische Antennen erforderlich. Konstruktiv lassen sich dabei horizontale Dipole wesentlich besser verwenden als vertikale.

Ein gewisser Nachteil liegt in der Notwendigkeit, für einen allseitigen Empfang jeweils 2 Antennen zu verwenden. Für den Kurzwellenbereich über 50 m sind daher, da hier die Empfindlichkeit nicht mehr von so ausschlaggebender Bedeutung ist, einseitig geerdete vertikale Breitband-Strahler vorgesehen.

Die Aufteilung in Frequenzbänder, die aus Abb. 1 zu ersehen ist, ergibt sich aus den zugehörigen Antennenverstärkern und wird weiter unten behandelt.

Der Aufbau eines Breitbanddipols und die gemessene Scheinwiderstandskurve sind in Abb. 2 wiedergegeben.

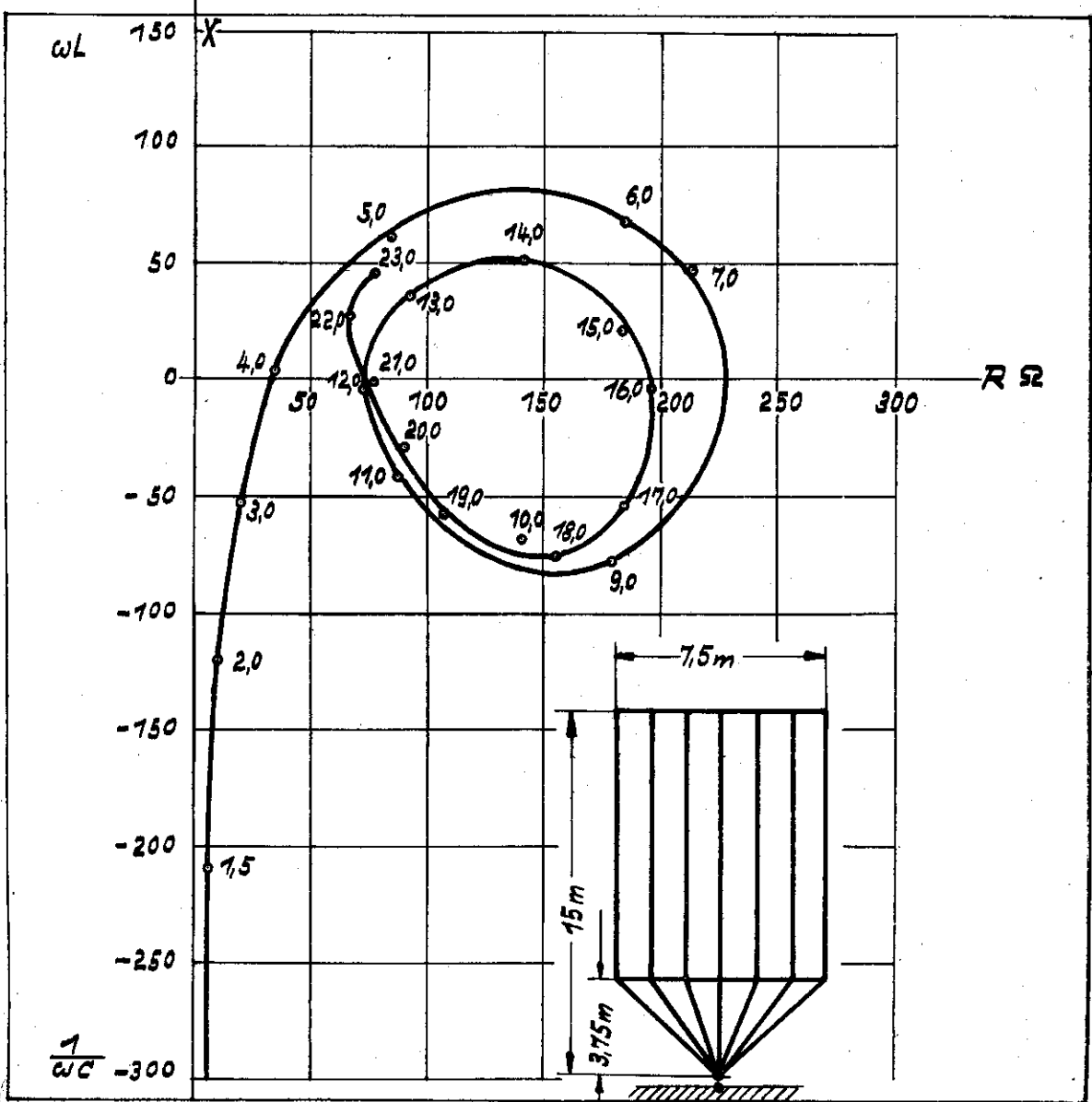


Abb.2 Kurzwellen-Breitband-Dipol
Scheinwiderstandskurve

im Eingang wirksame Kapazität). Die Wahl fiel auf die Röhre EF 14, die noch dazu wegen ihres Aufbaues eine grosse Betriebssicherheit erwarten liess. Bei der Verwendung dieser Röhre lässt sich eine Bandbreite von 5 MHz erreichen, wobei das Röhrenrauschen einen Anteil von 30 % am Gesamtrauschen darstellt, also praktisch unerheblich bleibt. Die Verstärkung ist dabei so gross, dass nur das Rauschen der ersten Röhre von Bedeutung ist.

Die andere entscheidende Anforderung an Antennenverstärker betrifft die Kombinationsfrequenzfreiheit. Bei der Erfassung breiter Bänder treten durch Nichtlinearität der Verstärkerkennlinien Kombinationsfrequenzen auf, die für Rundfunkzwecke zwar unerheblich sind, jedoch, wo es sich um Empfang gerade der schwächsten Sender handelt, sehr unangenehm werden können. Es zeigt sich, dass diese Kombinationsfrequenzen, selbst wenn sie von sehr hohen Feldstärken verursacht sind, genügend klein bleiben, falls die Bandbreite des Antennenverstärkers kleiner ist als eine Oktave. Die nutzbare Bandbreite wurde daher zu etwa 0,9 Oktaven festgelegt. Zur Erzielung ausreichender Flankensteilheit war es erforderlich, Bandpässe statt der üblichen Bandfilter zu benutzen. Prinzipschaltbild und Filterkurve eines nach diesem Prinzip aufgebauten A.V.-Bandes sind in Abb.3 dargestellt.

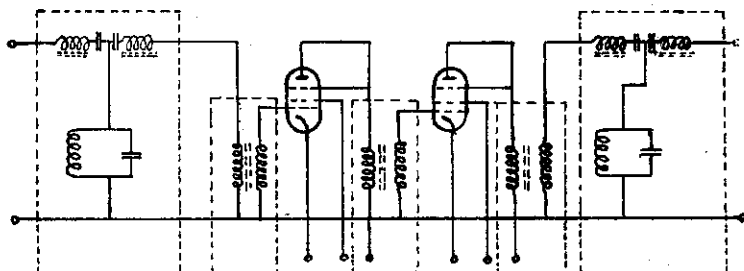
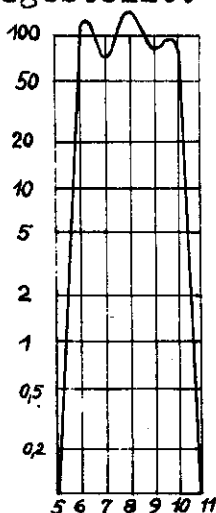


Abb.3 Antennenverstärker

Der Frequenzbereich eines A.V.-Bandes darf also einerseits nicht grösser sein als 5 MHz, andererseits nicht grösser als etwa 0,9 Oktaven. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit einer weitgehenden Unterteilung in Einzelbänder. Die Aufteilung wurde in Anpassung an die bei der Kriegsmarine interessierenden Wellenbereiche folgendermaßen vorgenommen

12 - 15 m	20 - 25	MHz
15 - 20 m	15 - 20	MHz
20 - 30 m	10 - 15	MHz
30 - 50 m	6 - 10	MHz
50 - 90 m	3,3 - 6	MHz
90 - 160 m	1,9 - 3,3	MHz
160 - 300 m	1,0 - 1,9	MHz

Ausserdem wurden Antennenverstärker für einige Spezialbänder zur Verwendung an bestimmten Rhombus- und Langdrahtantennen geschaffen.

An Hand der Abb.1 soll nun nochmals der gesamte Aufbau einer Antennenanlage mit Antennenverstärker betrachtet werden. Die Wellenbereich-Aufteilung ist in der Abbildung angegeben. Es ist nicht erforderlich, jeden Wellenbereich über ein besonderes Kabel zu führen, sondern es können mehrere Bereiche, sofern sie nicht unmittelbar aneinander anschliessen und somit zu Ueberschneidungen führen würden, auf ein Kabel geschaltet werden.

Die Verstärkung der Antennenverstärker wird je nach Bedarf eingestellt und kann bis auf den Wert 100 - 200 heraufgesetzt werden, so dass eine lange Antennenzuleitung sowie eine grosse Zahl von Empfängern angeschlossen werden kann. Durch entsprechende Ausgestaltung der Ankopplung ist dafür gesorgt, dass eine gegenseitige Beeinflussung der Empfänger nicht eintritt.

Der Betrieb ist so eingerichtet, dass der Wachgänger in der Nähe seines Empfängers eine Reihe von Anschlussdosen für A.V.-Ringleitungen besitzt, denen er die Hochfrequenzenergie wahlweise durch Umstecken entnehmen kann. Von besonderer Bedeutung ist hierbei noch, dass infolge der hohen Vorverstärkung selbst relativ unempfindliche Empfänger verwendet werden können, da die Empfindlichkeit durch den Eingang des A.V. bestimmt wird.

Mit einer derartigen Anlage wird der Nutzempfang im Verhältnis zum Störpegel gegenüber den früher üblichen Anlagen um durchschnittlich 2 Lautstärken gehoben. Die Empfindlichkeit des A.V. kommt dem physikalischen Optimum sehr nahe und ist besser als die der empfindlichsten z. Zt. verwendeten Serienempfänger.

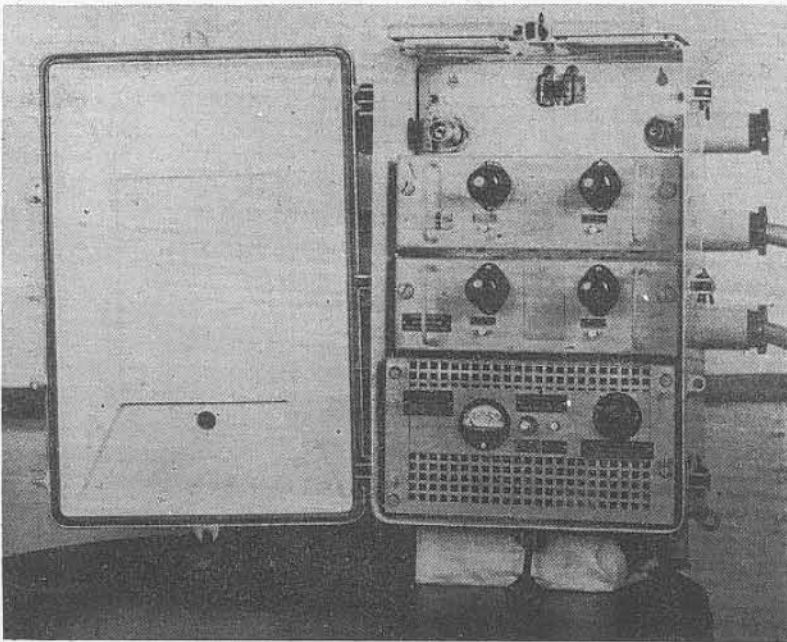


Abb.4 Antennenverstärker
(Konstruktive Entwicklung und Fertigung
durch Firma Hagenuk)

Das Gerät ist für Aussenmontage und in tropenfester Ausführung gebaut. Man erkennt über einem Netzteil die über Messerkontakte auswechselbaren Bänder, die je nach dem zu erfassenden Wellenbereich eingesetzt werden. Das eingebaute Instrument ermöglicht eine Kontrolle der Netzspannung und der Anodenströme. (Ein Antennenverstärker wurde auf der Antennenausstellung gezeigt.)

Derartige Anlagen sind bereits seit 2 Jahren an der Front im 24-Stundenbetrieb, ohne dass überraschenderweise bisher ein Röhrenwechsel erforderlich wurde. Inzwischen ist der überwiegende Teil aller Empfangsstellen der Marine in dieser Art ausgerüstet worden. Bezüglich näherer Einzelheiten wird auf die ausführliche Beschreibung der Marine-Antennenverstärkeranlagen verwiesen.

Die Entwicklung der Empfangsanlagen mit fester Strahlungscharakteristik kann hiermit als weitgehend abgeschlossen gelten.

c) Entwicklungen auf dem Ultrakurzwellen-Bereich.

Gleiche Grundsätze wie für die Antennenentwicklung auf dem Ultrakurzwellengebiet waren auch für die Entwicklung von Beobachtungsanlagen (Fu.M.-B.) auf dem Ultrakurz- und Dezimeterwellengebiet massgebend. Die Entwicklung auf diesem Gebiet kann hier nur kurz gestreift werden. Es wurden Breitband-Antennen in Gruppenanordnungen, vor allem als mechanisch drehbare Richtantennen für Peilzwecke geschaffen. Dabei wurden stets zwei grundlegende Massnahmen vorgesehen :

1. Verwendung von möglichst gut angepassten Breitband-Elementen.
2. Gruppenanordnungen mit elektrisch genau gleich langen Zuleitungen zu jedem Einzelelement.

Durch diese Massnahmen wurden hohe Empfindlichkeit und sauberes frequenzunabhängiges Peilminimum über breite Frequenzbänder erreicht.

Die Abbildungen 5, 6, 7, 8 zeigen einige Beispiele derartiger Antennen; nähere Einzelheiten sind aus den Abbildungen selbst ersichtlich. Ein sogenanntes Einheitsfeld für Fu.M.B.-Antennen wurde auf der Ausstellung gezeigt. (Ueber die für diesen Zweck vorgenommenen Entwicklungen von Breitband-Antennen wurde näheres in dem Referat von Prof. Pungs berichtet.)

Die Entwicklung von Antennenverstärkern läuft auch auf diesem Gebiet.

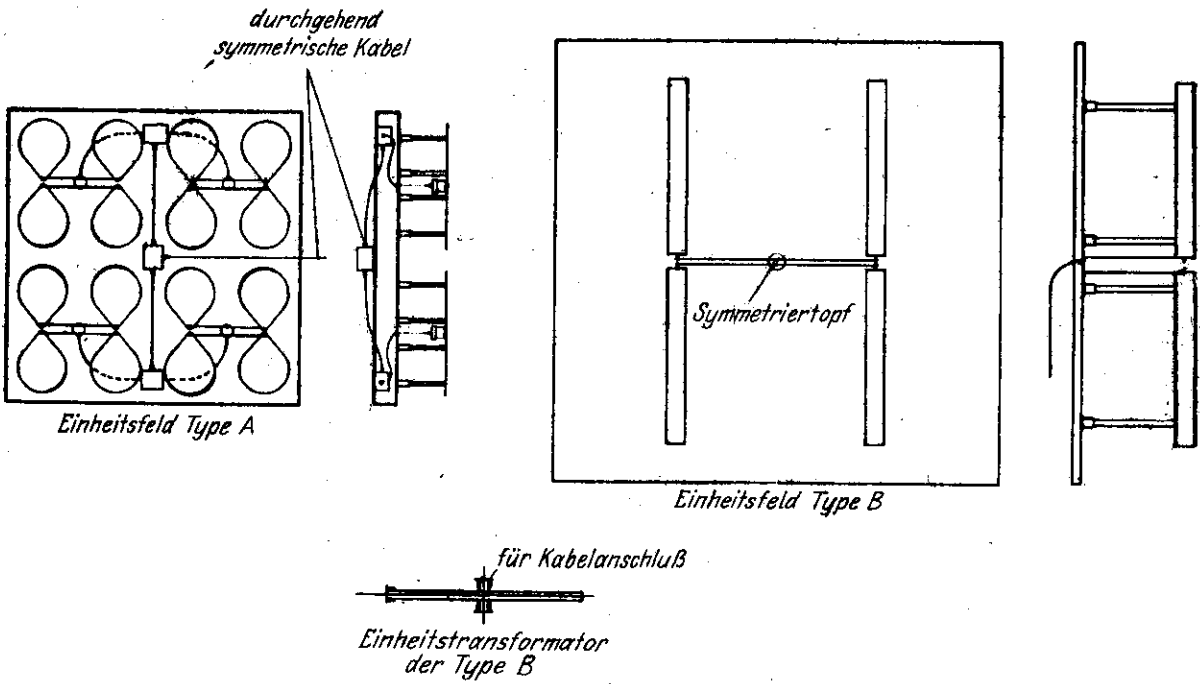


Abb. 5 Antennen-Einheitsfeld

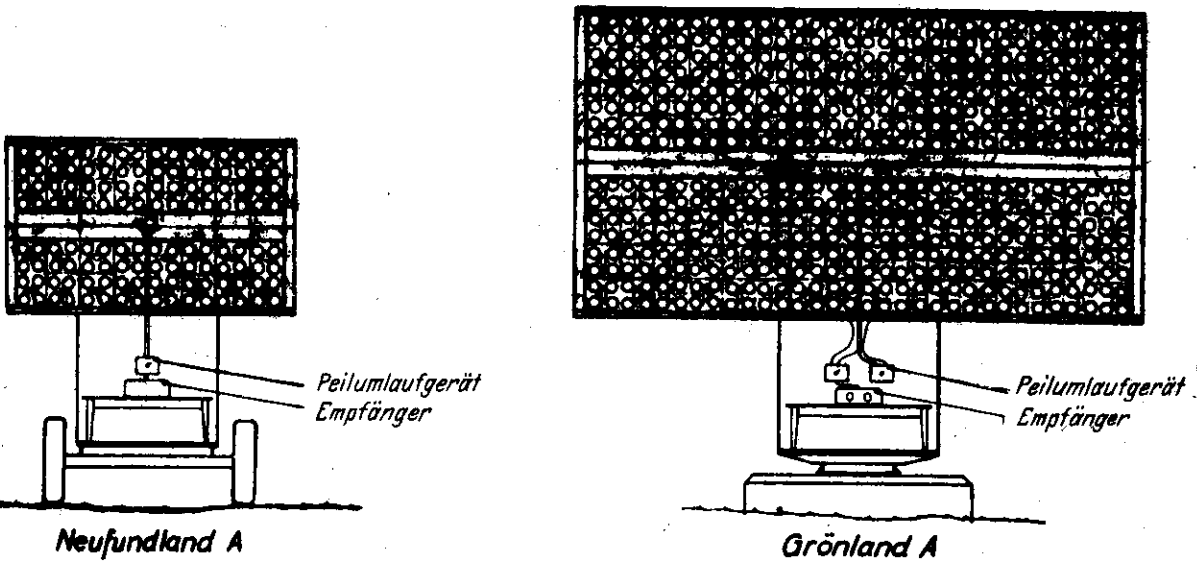


Abb. 6 Antennenfeld der Anlagen Neufundland und Grönland

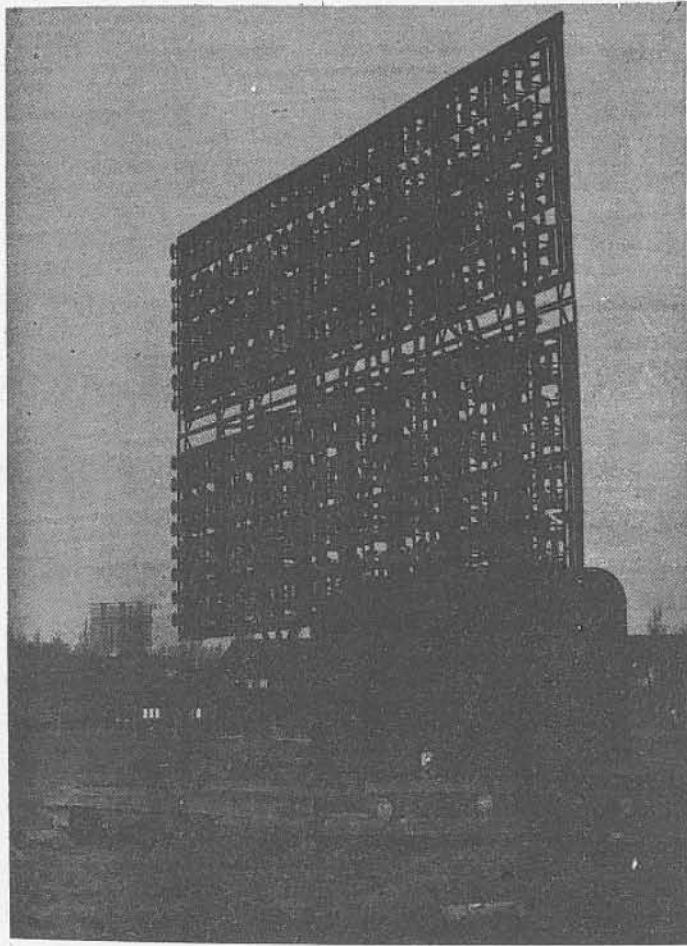


Abb.7 Ansicht einer ausgeführten Anlage Grönland A.

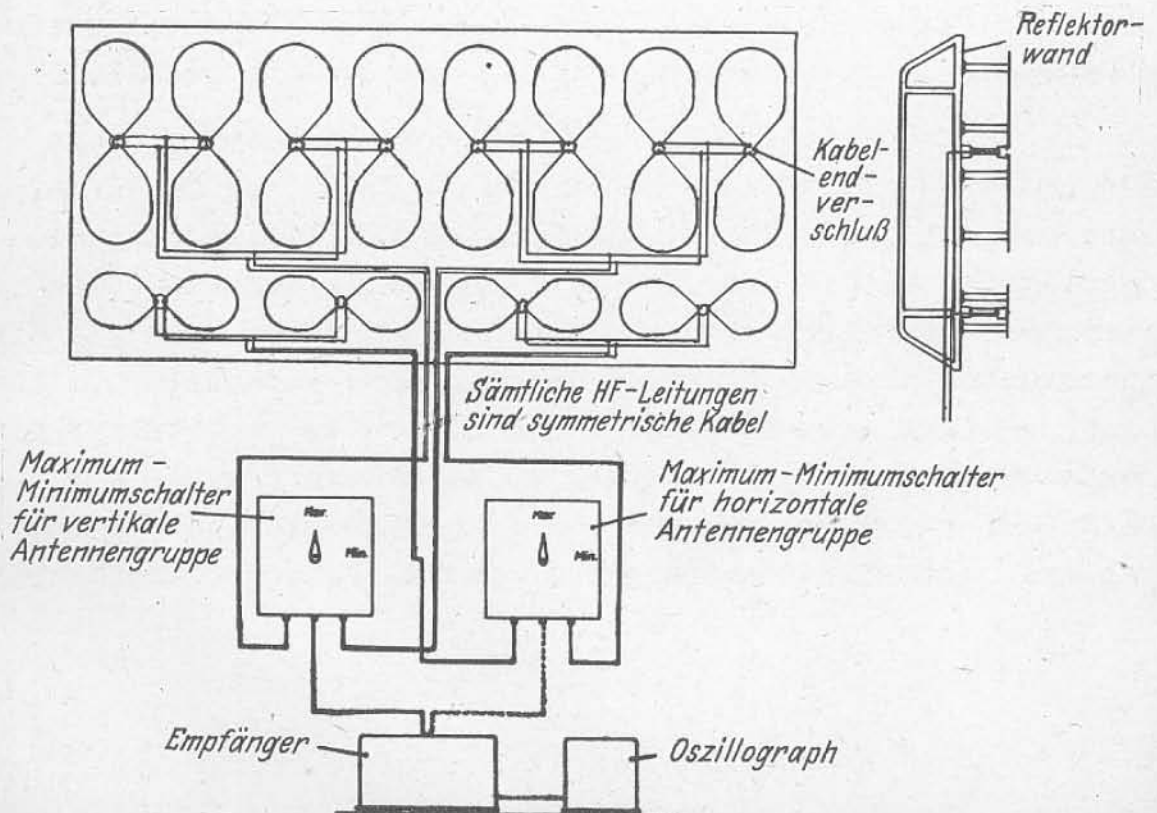


Abb.8 Reflektor-Peilanlage für horizontale und vertikale Polarisation.

III. Empfangsanlagen mit Schwenkung des Strahlungsdiagramms.

a) Allgemeine Aufgabenstellung.

Mit der Einführung des Richtempfangs tauchte sofort auch die Aufgabe der Entwicklung von Anlagen mit schwenkbarem Strahlungsdiagramm auf. Denn der militärische Funkempfang ist nur selten an bestimmte Linien gebunden; in der Regel wird Empfang aus beliebigen Richtungen gefordert. Andererseits treten gewisse Aufgabenstellungen des kommerziellen Verkehrs im militärischen Betrieb zurück. So besitzt z.B. die Forderung nach höchstmöglicher Unterdrückung des Fadings zur Erzielung bester Telephoniequalität der Uebertragung normalerweise keine Bedeutung, da es sich im militärischen Betrieb ganz überwiegend um die Erfassung normaler Morse-Telegraphie handelt. Hinreichende Fading-Unterdrückung lässt sich dabei durch Anwendung des Mehrfach-Empfangs (diversity-Empfang) erzielen.

Anlagen nach Art des "Musa"-Systems mit vertikaler Schwenkung der Charakteristik zur Schwundbeseitigung werden daher in den seltensten Fällen zur Anwendung kommen; die Aufgabe besteht vielmehr in der Entwicklung von Antennenanlagen mit horizontaler Schwenkung eines gebündelten Strahlungsdiagramms über grosse Sektoren. Mit einer derartigen Anlage können drei wesentliche Forderungen erfüllt werden; Erfassung maximaler Empfangsenergie, Ausblendung von Störsendern und Peilung.

Antennenanlagen dieser Art erfordern naturgemäss einen grossen Aufwand an Gelände und Material. Es ist daher ebenso wie bei den Anlagen mit räumlich festliegendem Strahlungsdiagramm eine Vielfach-Ausnutzung zu fordern und zwar derart, dass für Empfang aus verschiedenen Richtungen mit ein und derselben Antennenanlage Richtdiagramme beliebiger Orientierung erzeugt werden, wobei stets die volle Empfindlichkeit erhalten bleibt. Diese Forderung bedeutet die phasen- und amplitudentreue Verstärkung der Empfangsenergie jedes Einzelstrahlers, also die Schaffung von Spezial-Antennenverstärkern.

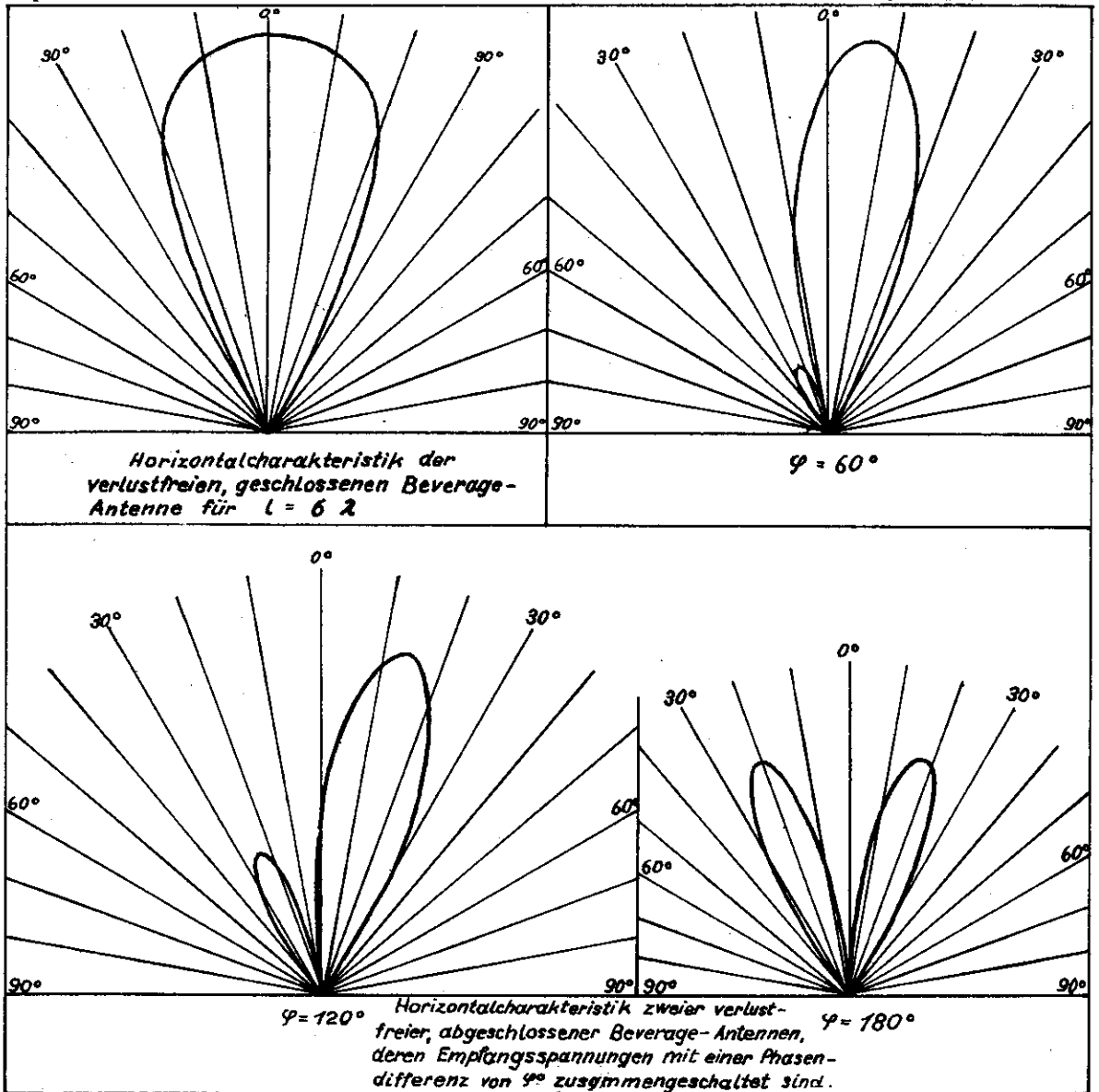


Abb.11 Diagramme einer Gruppe aus 2 Langdraht-Antennen für verschiedene Phasenwinkel.

Abb.11 gibt die Strahlungsdiagramme für verschiedene Phasenbeziehungen wieder. Ausgangspunkt ist hierbei das bekannte Strahlungsdiagramm der Langdrahtantenne für vertikale Polarisation (die Nebenzipfel sind der Uebersicht halber fortgelassen). Man erkennt z.B., dass für eine mittlere Welle eine Minimumpeilung innerhalb eines Sektors von etwa 20° möglich ist. Der grosse Abstand der Antennen untereinander ergibt eine scharfe Nullstelle; die grundsätzlich mögliche Mehrdeutigkeit bildet hier keine Gefahr, da bekannt ist, dass nur Sender innerhalb des genannten Sektors auftreten. Es ist selbstverständlich dass die Anlage nur bei reiner Bodenfeldstärke einwandfreie Ergebnisse liefert.

Eine derartige Musteranlage ist fertiggestellt und hat grundsätzlich die Brauchbarkeit des Verfahrens erwiesen. Da das vorhandene Gelände durchaus nicht ideal war, trat eine Funkbeschickung innerhalb gewisser Sektoren auf, die jedoch zeitlich konstant ist und rechnerisch berücksichtigt werden kann. Die Frage der Herstellung von Antennenverstärkern mit unter sich gleichem Amplituden- und Phasengang für beide Frequenzbänder ist damit als prinzipiell gelöst zu betrachten. Erfahrungen über die Bewährung im Dauerbetrieb müssen noch gesammelt werden. Auch die Phasendrehgeräte haben sich grundsätzlich bewährt; sie sind in ihrer Konstruktion einfach und können als Zusatzgerät zu jedem Empfänger benutzt werden (vgl. Abb.12, ein Gerät dieser Art wurde auf der Ausstellung gezeigt). Es zeigte sich, dass mit einer derartigen Anlage noch sehr kleine Feldstärken, die mit üblichen Vertikalantennen kaum empfangbar sind, mit einer Genauigkeit von etwa $\pm 1^\circ$ gepeilt werden können.

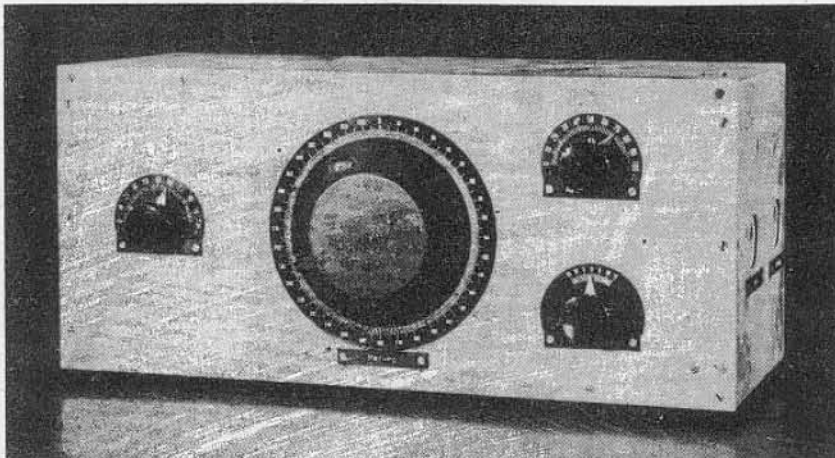


Abb.12 Ansicht des Phasennessgerätes "Pharao" (Telefunken)

c) Breitband-Kreisgruppen für Mehrfach-Richtempfang.

Für den allgemeinen Zweck kommen, wie bereits eingangs erwähnt, nur Anordnungen in Frage, mit denen beliebige geographische Sektoren erfasst werden können. Hierfür sind bereits von anderen Stellen umfangreiche Antennenanordnungen ausgeführt worden, z.B. solche, die aus einer grossen Zahl umschaltbarer Rhombusantennen bestehen. Abgesehen von dem grossen Geländebedarf haben derartige Anordnungen den Nachteil, dass sie nur Verlagerungen der Strahlungscharakteristik um bestimmte feste Winkel zulassen; dadurch ist zwar eine hinreichend gute Einstellung auf maximale Empfangsenergie möglich, jedoch fehlt die Möglichkeit der Störerausblendung und der Peilung.

Es wurde daher - in Weiterentwicklung der bei der Marine laufenden Arbeiten auf dem Funkmessgerät-Gebiet - der Gedanke einer Kreisgruppenanordnung von Antennen verfolgt, von denen der jeweils benötigte Teil unter Zwischenschaltung von Laufzeitkompensatoren zusammengefasst wird.

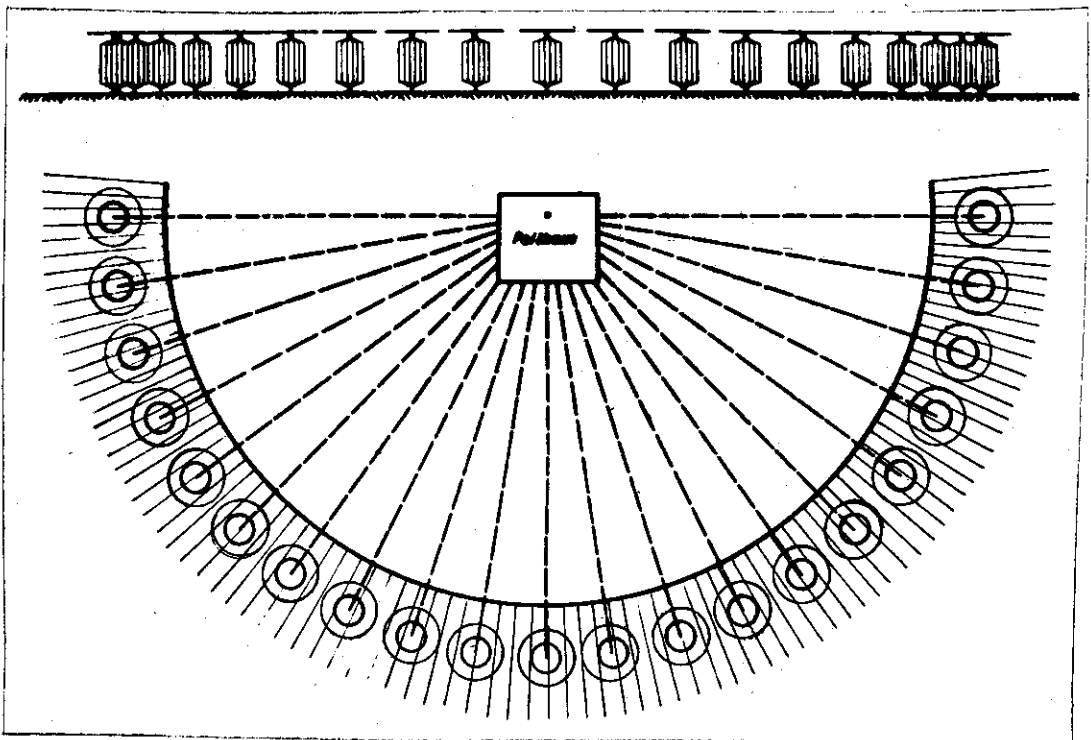


Abb.13 Breitband-Kreisgruppe mit Vielfachausnützung.

Das Aufbauprinzip einer derartigen Antennenanordnung sei an Hand von Abb.13 erläutert. Die Abbildung stellt eine

Kreisgruppe für einen Wellenbereich von etwa 20...40 m dar. In einem gegenseitigen Abstand, der etwa gleich der Halfte der kürzesten erfassten Wellenlänge ist, sind auf den Umfang eines Kreises 40 Breitbandantennen aufgestellt. Im Innern des Antennenkreises verläuft in einem Abstand von etwa einem Viertel der kürzesten Wellenlänge eine zylindrische Reflektorwand.

Für die Bildung der Richtcharakteristik wird jeweils nur ein gewisser Teil der Antennen herangezogen - stets weniger als einem Viertel des Kreisumfangs entspricht -, so dass bei Kompensation der Laufzeitunterschiede noch annähernd die Eigenschaften einer geraden Gruppe vorhanden sind.

Eine derartige Reflektor-Kreisgruppe, bei der ein kontinuierlich schwenkbarer Sektor ausgenutzt wird, hat folgende Vorteile :

- a) Im Gegensatz zur geraden Gruppe mit elektrischer Schwenkung der Charakteristik (vgl. z.B. Abb.11) bleibt bei der elektrischen Schwenkung der Kreissektorgruppe die Diagrammform unverändert; insbesondere bleibt eine Peilnullstelle auch bei der Schwenkung unabhängig vom Höhenwinkel der einfallenden Welle.
- b) Im Gegensatz zur normalen Kreisgruppe ohne Reflektor mit Ausnutzung sämtlicher Antennen treten sehr viel kleinere Nebenmaxima auf; es fehlt ferner die dort vorhandene starke Aufspaltung des Vertikaldiagramms.

Von unbedeutenden Abweichungen abgesehen, ermöglicht also eine Kreisgruppe mit elektrischer Schwenkung eines Sektors ein Diagramm, das dem einer mechanischen drehbaren geraden Gruppe entspricht.

Die technische Ausführung dieser Kreisgruppen ist in zwei verschiedenen Formen vorgesehen. In der ersten Form wird ein Strahlungsdiagramm (Maximum- oder Minimum-Diagramm) mittels eines Laufzeitkompensators stetig geschwenkt (Anlage "Wullenwever") (vgl. Abb.14). In der zweiten Ausführungsform (Anlage "Brommy") wird ein aus gewissen Antennengruppen gebildetes feststehendes Richtdiagramm für ein Sichtpeil-Verfahren benutzt. Die Anzahl der möglichen Diagramme ist ebenfalls in Abb.14 angedeutet.

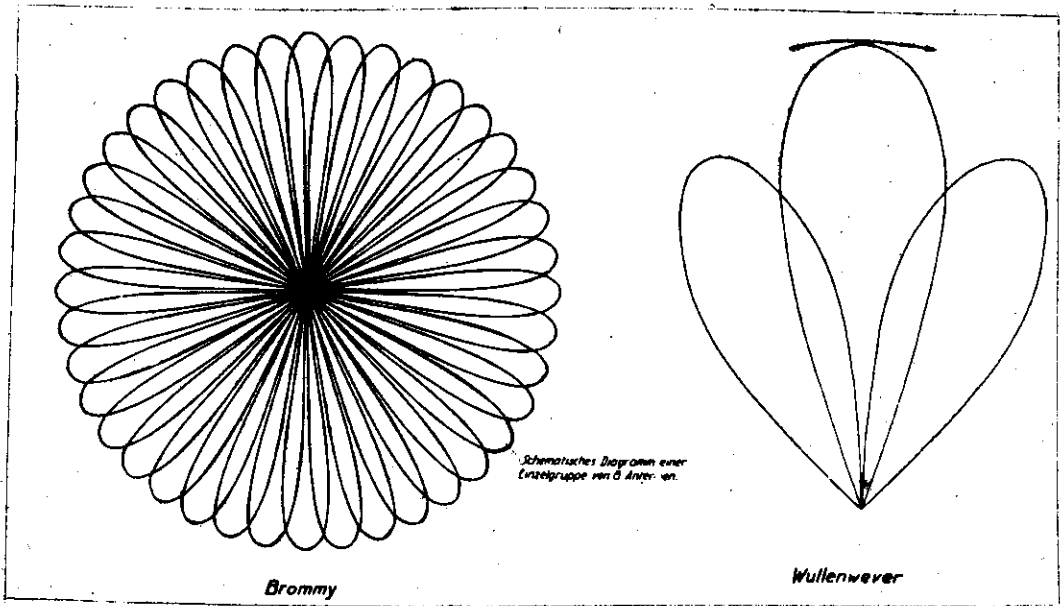


Abb. 14 Breitband-Kreisgruppe zur Vielfachausnutzung "Brommy" bzw. "Wullenwever"

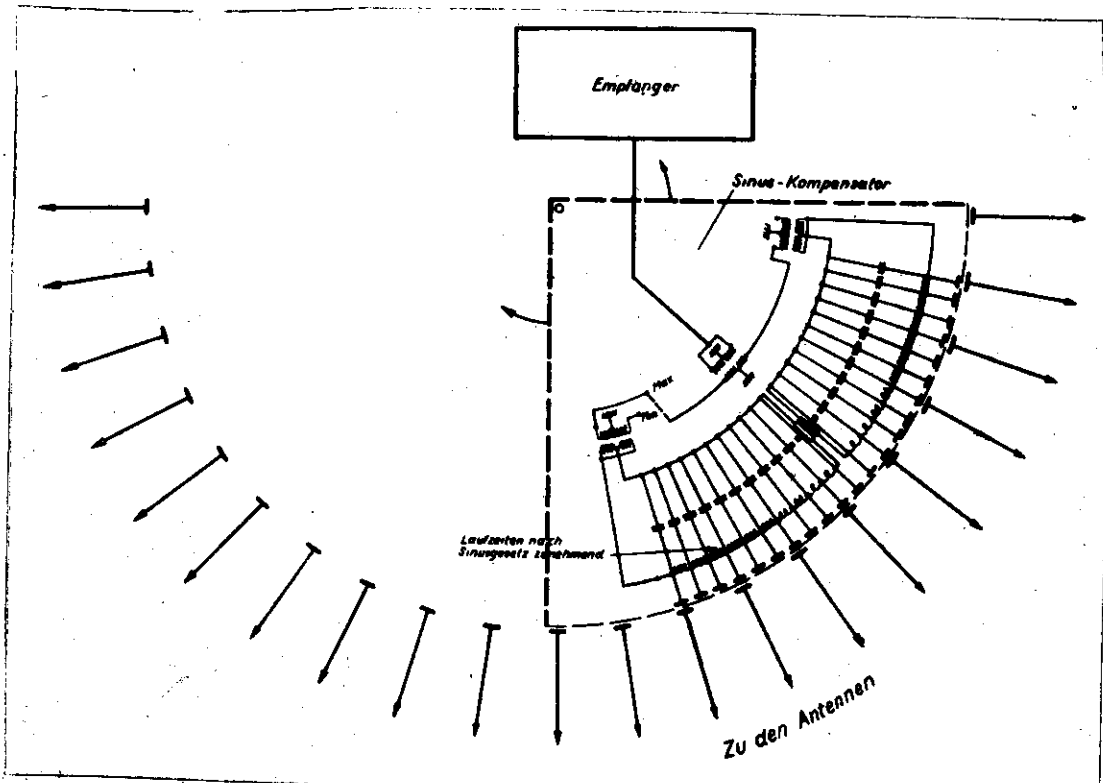


Abb. 15 Blockschema der Wullenwever-Anlage

Der für die Anlage "Wullenwever" verwendete Kompensator ist in Abb.15 dargestellt. Es handelt sich um einen sogenannten Sinuskompensator nach Stenzel. Die Laufzeiten der Kettenglieder nehmen, entsprechend der kreisförmigen Anordnung, nach einem Sinusgesetz derart zu, dass die Eingangsspannungen aller erfassten Antennen für Sender, die in der Symmetrielinie einfallen, die gleiche Phase besitzen. (Streng gilt diese Kompensation nur für die Horizontalebene, jedoch sind die Abweichungen bei Welleneinfall schräg von oben unbedeutend). Für die Bildung der Richtcharakteristik wird in diesem Fall eine Gruppe von 2 x 4 Antennen benutzt. Mit dem Kompensator kann je nach Verwendungszweck eine Maximum- oder Minimum-Charakteristik eingestellt werden. Besonders wichtig ist die Tatsache, dass infolge der Anwendung der Laufzeitkompensation die Anlage - im Gegensatz zu Phasenschieber-Anordnungen - frequenzunabhängig arbeitet.

Durch Anordnung von Antennenverstärkern an jedem Einzelstrahler, die unter sich gleichen Amplituden- und Phasengang der Verstärkung besitzen, lässt sich erreichen, dass die Antennenanlage ohne Einbusse an Empfindlichkeit von mehreren unabhängig voneinander arbeitenden Kompensatoren ausgenutzt werden kann.

Die zweite Ausführungsform (Anlage "Brommy") besitzt genau das gleiche Antennensystem (vgl. Abb.13), jedoch eine "ruhende" Anzeige des Peilwinkels. Hierfür wird je nach dem benötigten Sektor eine bestimmte Antennengruppe aus dem gesamten Antennensystem herausgegriffen. Für die Anzeige des Peilwinkels werden die in eine Zwischenfrequenz transponierten und verstärkten Empfangsspannungen unmittelbar benutzt. Die Anzeige selbst erfolgt auf dem Braunschen Rohr unter Benutzung eines der bekannten Verfahren.

Die geplante Ausführung ist schematisch in Abb.16 dargestellt. Für die Anzeige ist hier das sogenannte Summe-Differenz-Verfahren verwendet, das bei der Marine für andere Zwecke bereits in grossem Umfang eingeführt ist. Die Empfangsspannungen werden zunächst wieder durch Antennenverstärker der beschriebenen Art verstärkt. Für die Peilung in einem gewissen

Sektor wird eine Gruppe von 7 nebeneinander liegenden Antennen in zwei Untergruppen - z.B. Antennen 1 bis 6 und 2 bis 7 - aufgeteilt. Die Richtcharakteristik der Antennenuntergruppen wird durch Zusammenfassungsgeräte mit festen Laufzeitstrecken in den einzelnen Antennenzuleitungen so geformt, dass beide Untergruppen gleichartige Strahlungsdiagramme in der gleichen Richtung ergeben. Durch den Abstand der Antennengruppen, der eine Teilung beträgt, entstehen bei seitlich einfallender Strahlung Laufzeitunterschiede, die eine Bestimmung des Einfallwinkels ermöglichen. Zur Sichtanzeige dieses Winkels wird dabei folgendermaßen verfahren :

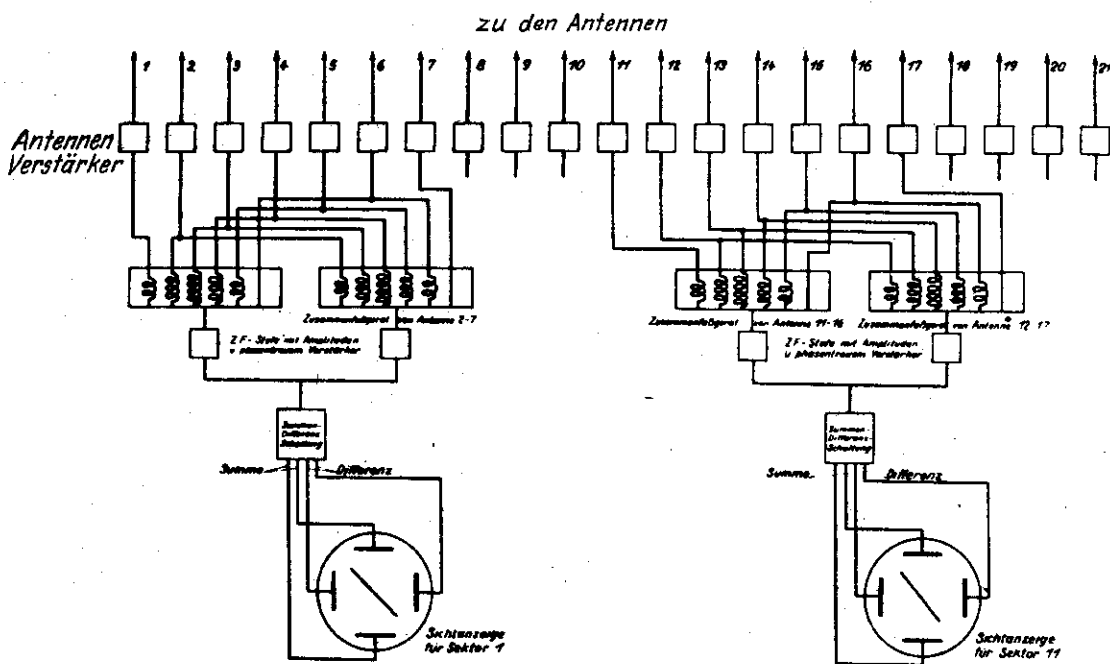


Abb.16 Blockschema der "Bronny"-Anlage

Die resultierenden Spannungen der Antennenuntergruppen werden zwischenfrequent verstärkt und einer Schaltung zugeführt, die einerseits die Summe, andererseits die Differenz der - gleichgrossen! - Spannungsvektoren bildet (Abb.17). Beide Vektoren stehen phasenmässig aufeinander senkrecht. Dieses Diagramm wird auf dem Schirm der Braunschen Röhre dargestellt. Hierzu wird die Phase des einen Vektors um 90° gedreht; sodann werden die beiden nunmehr gleichphasigen Spannungen den Plattenpaaren zugeführt. Auf dem Schirm entsteht

dann ein Strich, dessen Winkel gegen die Senkrechte gleich dem Phasenwinkel der von den Untergruppen kommenden Spannungen ist.

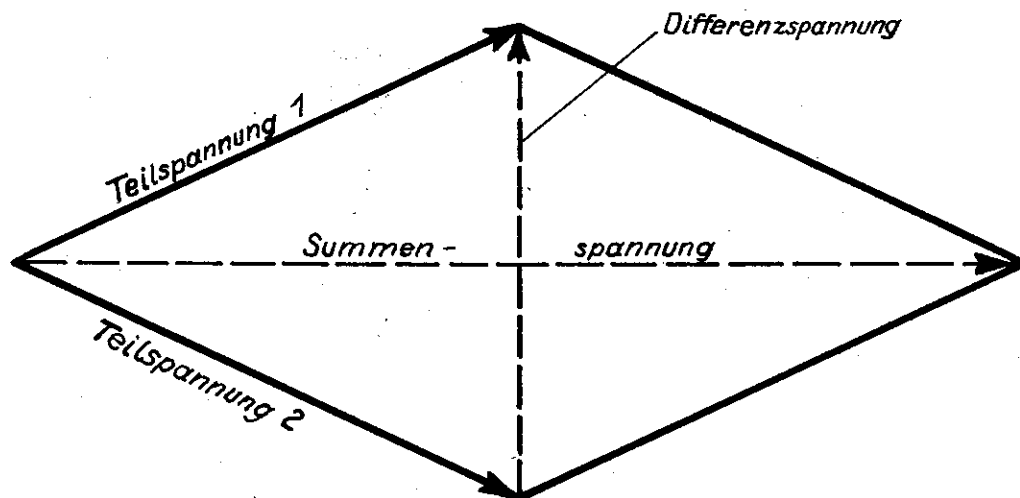


Abb.17 Prinzip der Summen-Differenz-Schaltung
(zum Verfahren Brommy)

In der gleichen Art wie für den einen Sektor lässt sich das Verfahren für beliebige andere Sektoren durchführen. Dabei können wiederum die Antennen wegen der vorgeschalteten Antennenverstärker mehrfach ausgenutzt werden.

Die Entwicklung wurde zusammen mit der Firma Telefunken, bei der bereits ähnliche Entwicklungsgedanken vorlagen, durchgeführt. An einigen Bildern sei der Stand der Entwicklung dargelegt. Als Breitband-Antennen wurden besonders sorgfältig durchentwickelte Reusen benutzt. Abb.18 gibt die Abmessungen und die Schaltung nebst der gemessenen Scheinwiderstandskurve, Abb.19 zwei verschiedene konstruktive Ausführungsarten. (Ein Modell der gesamten Antennenanlage wurde auf der Antennen-Ausstellung des GBN gezeigt.) Einige Anlagen befinden sich im Bau; es wurde eine Anordnung von 40 Reusen auf einem Kreis von 120 m Durchmesser gewählt. Der Betrieb ist zunächst nach dem Verfahren "Wullenwever", d.h. mit Diagrammschwenkung durch Kompensator, vorgesehen. Der weitere Ausbau für das Verfahren "Brommy" erfolgt nach Fertigstellung der Sichtanzeigeräte.

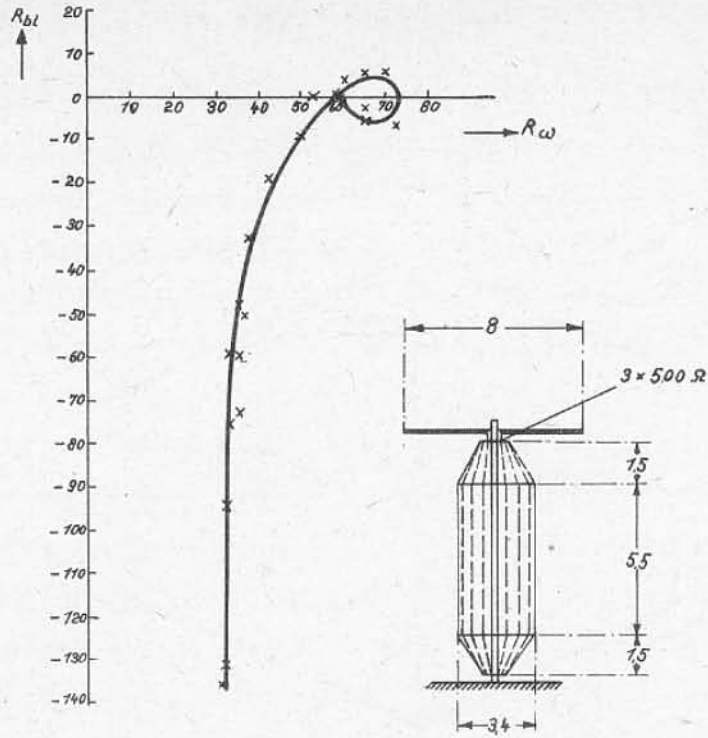


Abb.18 Festreuse (Telefunken)

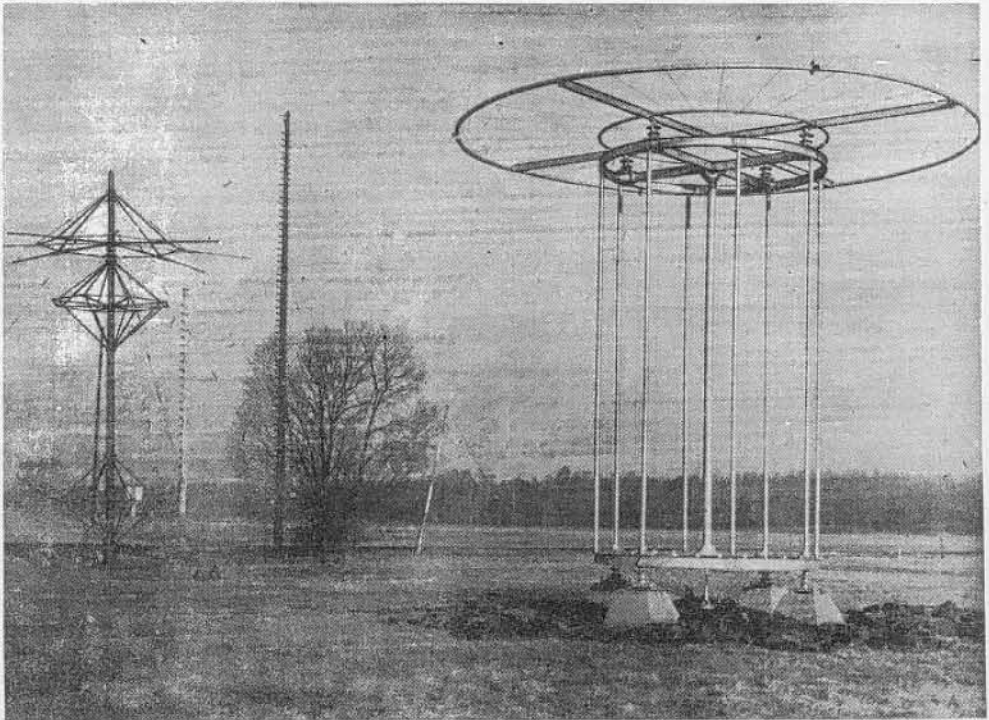


Abb.19 Zwei verschiedene konstruktive Ausführungen der Festreuse für den Bereich von 20...40 m (Telefunken)

d) Entwicklungen auf dem Ultrakurzwellen-Bereich.

Die Entwicklung von Empfangsanlagen mit elektrisch schwenkbarer Charakteristik bzw. Sichtanzeige des Peilwinkels führte im Ultrakurzwellengebiet zu einigen Speziallösungen. Mehrere dieser Lösungen sind unmittelbar aus der Fu.M.G.-Entwicklung hervorgegangen, so z.B. die Sichtanzeigeverfahren, die ähnlich der bei der "Brommy"-Anlage beschriebenen Schaltanordnung geplant sind.

Für eine Anordnung mit elektrisch schwenkbarer Charakteristik wurde hier ein etwas anderes Prinzip als bei der "Wallenwever"-Anlage benutzt. Den Ausgangspunkt bildete die Notwendigkeit, über so breite Bänder (bis zu 2 Oktaven) zu empfangen und zu peilen, dass die für den Kompensatorbetrieb erforderlichlich gute Anpassung nur schwer erreichbar war.

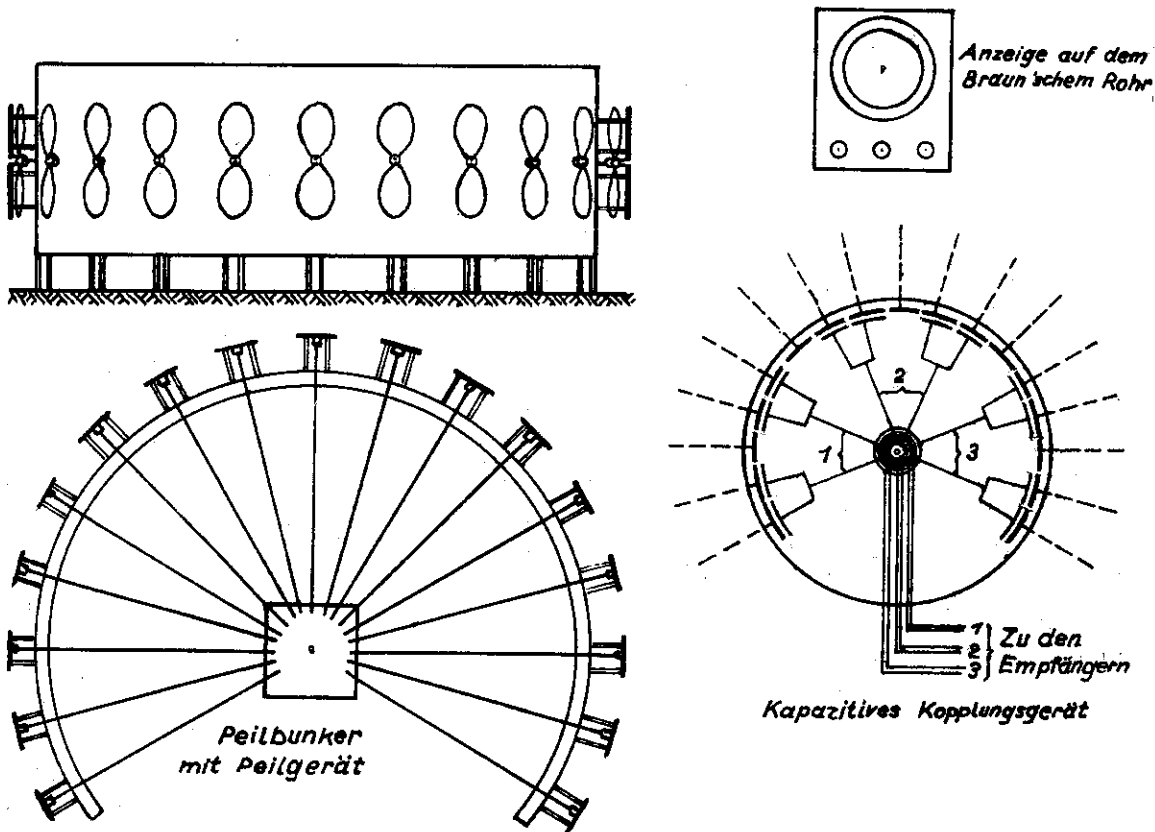


Abb.20 Breitband-Kreisgruppenpeiler (Kreta) für Ultrakurzwellen.

Die in Abb.20 dargestellte Anordnung ist demgegenüber gegen Anpassung in weiten Grenzen unempfindlich. Die Antennenanordnung ist wieder eine Kreisgruppe. Es wurden keine Laufzeiten kompensiert, der Spannungsverlauf auf den Energie-

leitungen ist daher gleichgültig. Jede einzelne Antenne ist zu einem Beleg des Stators eines Vielfachkondensators geführt. Innerhalb des Stators befindet sich ein ähnlich aufgebauter Rotor. Da die einzelnen Belege des Stators nur durch einen sehr kleinen Zwischenraum voneinander getrennt sind, ergibt sich bei Drehung des Rotors eine stetige Änderung der Ankopplung der einzelnen Antennen und damit eine stetige Schwenkung des Strahlungsdiagramms. Die Form des Strahlungsdiagramms erleidet dabei periodisch gewisse Veränderungen, die jedoch genügend klein gehalten werden können. Für die Breite des Rotor-Sektors und damit die erzielbare Bündelung ist die Forderung massgebend, dass die Laufzeitunterschiede zwischen den äusseren Grenzen des Sektors klein gegen eine Viertelwellenlänge bleiben.

Der konstruktive Aufbau des kapazitiven Kopplungsgerätes ist aus Abb.21 ersichtlich. Wesentlich ist die Tatsache, dass Rotor und Stator einfache zylindrische Drehkörper sind.

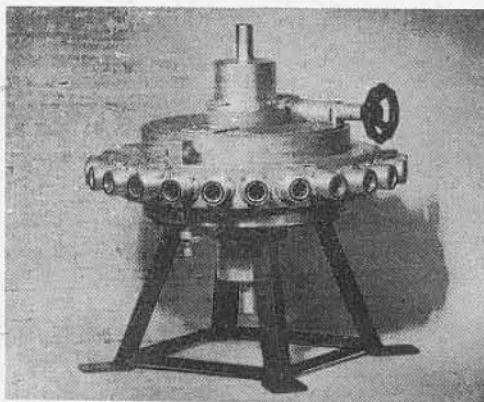


Abb.21 Kapazitives Kopplungsgerät für die Kreta - Anlage.

Die ersten Empfangsanlagen dieses Systems werden zur Zeit gebaut.