

Die Chronik des Nachrichtenmittelversuchskommandos
der Kriegsmarine
von 1918 bis 1945.

Mutterbehörde des Nachrichtenmittelversuchskommandos der Kriegsmarine (N.V.K.) ist die Inspektion des Torpedo- und Minenwesens in Kiel.

Bereits zu Beginn des 19. Jahrhunderts wurden auf dem zum Torpedoversuchskommando (T.V.K.) gehörenden Versuchsschiff Großer Kreuzer "Friedrich Karl" die ersten Erprobungen auf dem Gebiete der Funkentelegraphie durchgeführt.

Etwa ab 1918 wurde die Weiterführung dieser Versuchsaufgaben von der ebenfalls der T.M.J. unterstellten Versuchsabteilung VFK und VKU auf wissenschaftlicher Basis unter der militärischen Leitung eines Seeoffiziers und technischen Leitung eines Wissenschaftlers übernommen.

Erster Sitz dieser Versuchsabteilung war die Villa des Schuhmachermeisters Hamer in Kiel, Düsternbroker Weg, unmittelbar neben der früheren Marine-Akademie. Ende 1918 erfolgte die Verlegung in die Barackenräume an der Südostecke des Marine-Akademie-Geländes und zwar dienten eine Baracke als Labor- und Bürogebäude, eine Baracke als Werkstatt, eine Baracke als Röhrenlager und die frühere Turnhalle der Akademie als Maschinen-, Batterie- und Lagerraum.

Gekrönt wurde die Gesamtanlage von ~~zwei~~ ca. 25 m hohen Holzgittermasten für Funkversuchszwecke.

Als Außenstelle befand sich in Pelzerhaken bei Neustadt in Holstein eine mittlere Versuchsbaracke mit zwei Holzgittermasten.

Etwa 1919/1920 erfolgte die Umbenennung der bisherigen Abteilung VKF und VKU in "Abteilung N" mit den technischen Unterabteilungen Z (Zentrale), F (Funkwesen), U (Unterwasserschallwesen), H später P (Peilwesen), W (Werkstatt) und V (Verwaltung).

Die stürmische Entwicklung auf dem Gebiete der Hochfrequenztechnik und die militärischen Forderungen an das Versuchsprogramm machten aber bald wieder neue organisatorische Maßnahmen erforderlich. An der Nordostecke des Akademiegeländes wurde ein neuer Gebäudetrakt, bestehend aus einem zweistöckigen Labor- und Bürogebäude und einem Werkstattgebäude errichtet und Anfang der 20iger Jahre bezogen. Teile der Verwaltung waren im sog. "grauen Esel" - einem Barackengebäude - untergebracht.

Als schwimmende Einheit wurde das Versuchsboot "Grille" (später umbenannt in "Welle"), mit einer Wasserverdrängung von 400 BRT, der Abteilung "N" unterstellt. Dazu kamen die kleineren Motorfahrzeuge "Askari", "Nauticus" und "Vulkan".

Sowohl die militärische, als auch die technische Führung des Kommandos, oblag besonders befähigten Seeoffizieren bzw. Wissenschaftlern. Die personelle Gesamtstärke des Kommandos wuchs mit dem zu bewältigenden Versuchsprogramm. Spitzenkräfte auf dem Gebiet der Hochfrequenztechnik, Wissenschaftler, Ingenieure, Techniker und Handwerker bildeten ein festes und vorzüglich eingearbeitetes Team in der Hand der Kommandoführung.

Zu den bisherigen Entwicklungs- und Erprobungsaufgaben kamen Versuche mit dcm-Wellen, für die eine besondere Erprobungsgruppe unter der Bezeichnung "O" in Pelzerhaken aufgestellt wurde.

Die Abteilung "N" drohte aus den Nähten zu platzen. Pelzerhaken erweiterte sich zu einem riesigen Versuchsgelände, auf dem, neben der Gruppe "O", auch die übrigen Versuchsgruppen in teilweise Spezialversuchsbauten ihre Arbeiten durchführten.

Weitere Landversuchsstellen wurden eingerichtet in Bokel, Kahlberg, Baabe/Rügen, Dassover See und Kreßbronn/Bodensee. Als schwimmende Einheiten wurden die Versuchsboote "Welle", "Strahl", "Störtebeker", "Freiherr von Stein", "Wullenweber", "Andros", "Strom", "Laboe", "Klaus Groth", und "Siegfried" zu dem NVK-Versuchsverband unter Führung von Fregattenkapitän Friedrich Rath zusammengeschlossen und dem N, V, K. unterstellt.

Die Größe der zu erfüllenden Aufgaben, die Verantwortlichkeit der Führungsspitze, der ständige Personalzuwachs und alle organisatorischen Maßnahmen zur ungehinderten Durchführung des umfangreichen Versuchsprogramms machten eine Umwandlung der bisherigen Abteilung "N", bzw. der daraus entstandenen Nachrichtenmittelversuchsabteilung (NVA) zu einem selbstständigen Kommando unter der Führung eines Staboffiziers erforderlich.

In diesem Zusammenhang erfolgte im Jahre 1938 die Umwandlung in das Nachrichtenmittelversuchskommando der Kriegsmarine (NVK). Auf dem Ostufer der Kieler Förde in Kiel-Dietrichsdorf entstand ein neuer, gewaltiger, den Bedürfnissen des NVK angepaßter Gebäude-
trakt, der Anfang 1939 bezogen wurde.

Das Versuchsgelände in Pelzerhaken dehnte sich aus bis nach Rettin. Neue große Bauten für die Versuchsgruppen "O" und "U" entstanden auch hier.

Weitere Außendienststellen entstanden in der Folgezeit in Apenrade, Sonderburg-Höruphaff und Boulogne.

Je eine Funkbetriebs- und Funkversuchskompanie wurde aus Rüfunk-Urlaubern in Pelzerhaken gebildet und zusätzlich zu dem vorhandenen militärischen und zivilen Personal eingesetzt.

Das NVK machte sich durch gute Erfolge auf allen Gebieten der Ortung, des Funkpeilens, der Abhöranlagen unter Wasser, der Torpedoselbststeuerung u. a. in wissenschaftlichen und maritimen Kreisen einen besonderen Namen.

1943 wurde ein großer Teil der NVK-Gebäude in Kiel-Dietrichsdorf durch Feindeinwirkung zerstört, Die Weiterführung des Betriebes erfolgte ab diesem Zeitpunkt von der als Ausweichplatz beschlagnahmten Gendarmerie-Kaserne in Wolfenbüttel.

Die militärische Wende im Kriege 1939/45 trat ein. Trotz Aufbietung zahlreicher wissenschaftlicher Kapazitäten und eines vorzüglich geschulten Mitarbeiterstabes, gelang es dem NVK jedoch nicht mehr, ein wirksames Gegenmittel gegen die für Deutschland lebensbedrohliche Entwicklung der U-Bootortung durch den Gegner zu finden.

Im April 1945 kam auch das bittere Ende für das NVK. In seiner materiellen Substanz zerbrach es an der militärischen Übermacht des Gegners, und alle Uniformträger des Kommandos mußten zum Schluß noch das bittere Los der Kriegsgefangenschaft über sich ergehen lassen.

Was trotz allem nicht zerbrach, war der Schaffensgeist unserer Wissenschaftler und Ingenieure, die sich nach Überwindung der durch die Nachkriegszeit zunächst bedingten Schwierigkeiten bald wieder in Front schoben und in bevorzugten Stellungen am Wiederaufbau unseres Geisteslebens mitwirkten.

Nicht zerbrochen ist auch der Geist der kameradschaftlichen Zusammengehörigkeit aller alten NVKer und der Wille, wieder mitzuarbeiten an der Neuentstehung eines in sich gefestigten, gesunden und stärkeren Vaterlandes.

Physik und Praxis

des Funkmesswesens

dargestellt nach den Arbeiten des
Nachrichtennittelversuchskommandos

B. Die Peilung mit unlaufendem defekussier-
tem Dipol = Direktpeilung wird hier als
AN-Peilung bezeichnet!

1945

Inhaltsübersicht

	Seite
I. Grundlagenforschung	1
a) Ausbreitungsfragen	3
b) Rückstrahleigenschaften	17
c) Laufzeitausgleich	37
d) Zentimetertechnik	40
e) Langwellenortung	58
f) Hochleistungssender	61
g) Antennen	65
II. Verfahrenstechnik	69
a) Messtechnik	70
b) Anwendungen	75
III. Aktives Funkmeßwesen	87
a) Luftwarnung	88
b) Seewarnung und Kennung	94
c) Schießgeräte	122
d) Aufschlagmessungen	145
e) Minenortung	146
IV. Passives Funkmeßwesen	149
a) Tarnung	151
b) Täuschung	160
c) Verdüppelung	167

gesamt
deckt

gesamt
deckt

Anhang CMK-Technik

gesamt

I. Grundlagenforschung

a) Ausbreitungsfragen

- 1.) Die Ausbreitung über der glatten, ebenen und erdgebogenen, Seeoberfläche
- 2.) Der Einfluß des Wetters auf die Ortung
- 3.) Die Rückstrahlung der Seeoberfläche
- 4.) Der Einfluß der Welligkeit der Seeoberfläche auf den Reflexionsfaktor und das Reichweitengesetz

b) Rückstrahleigenschaften

- 1.) Rückstrahleigenschaften bestimmter einfacher Ziele
 - a) Dipole und Dipolhaufen
 - b) Quasioptische Reflektoren (spiegelnde, weiße, schwarze u. dielektr. Flächen)
 - c) Ionisierte Wolken
- 2.) Rückstrahleigenschaften allgemeiner Ziele (Begriffsbestimmungen und Definitionen)
 - a) Maximalwert, mittl. Wert u. wahrscheinl. Wert
 - b) Dipolzahl und Ersatzdipolzahl
 - c) Ersatzfläche
 - d) Rückstrahlquerschnitt und Streuquerschnitt
- 3.) Rückstrahleigenschaften von Seezielen
 - a) Die Unmöglichkeit der Trennung von Seeziel und Seeoberfläche bei der Kennzeichnung des Rückstrahlverhaltens
 - b) Die Wellenlängenabhängigkeit der Rückstrahlung von Seezielen
- 4.) Die Schwerpunktbildung bei der Ortung
 - a) Die Ortung nahe zusammenliegender Punktziele
 - b) Die Schwerpunktbildung bei der Schiffsortung

c) Laufzeitausgleich (Theorie)

- 1.) Laufzeitausgleich im Kurzwellengebiet
- 2.) Laufzeitausgleich im Meter- und Dezimeterwellengebiet
- 3.) Laufzeitausgleich im Zentimeterwellengebiet

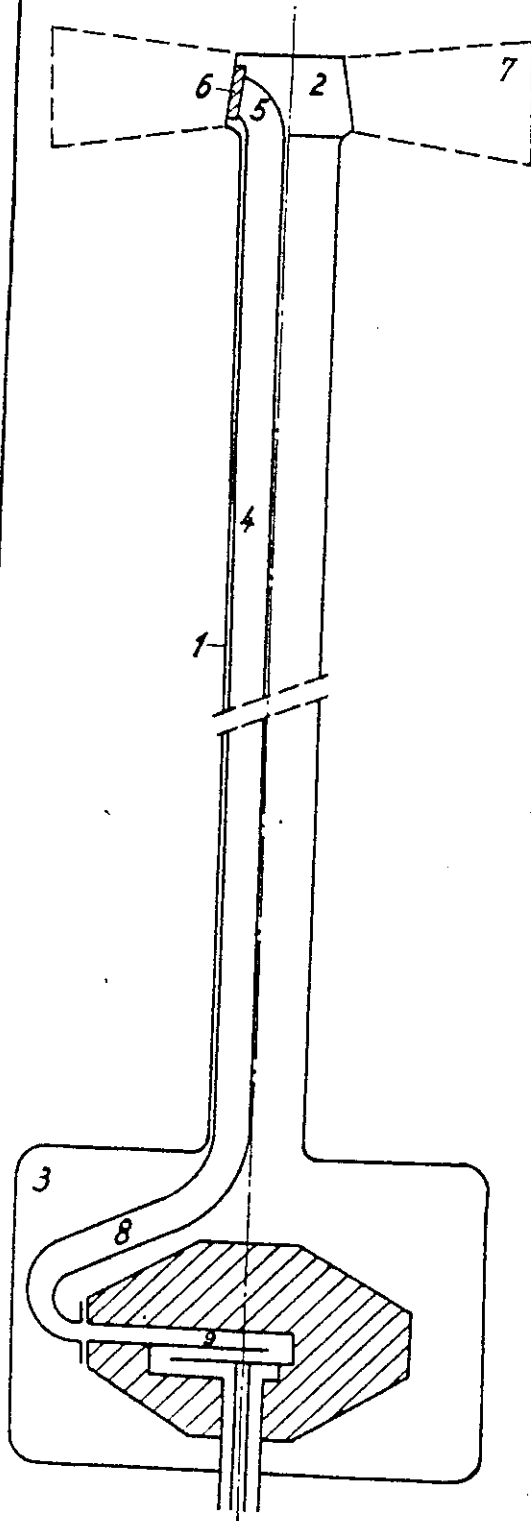
b) Lösung für U-Boot. In Nachfolge der vorbeschriebenen Versuchsausführung war der Bau eines Kompensators für ein Panoramagerät im U-Boot geplant. Es war dabei in Aussicht genommen worden, die Panorama-Antenne am oberen Rande eines Ausfahrrohres, wie es für optische Zwecke üblich ist, anzubringen. Zwei Forderungen stehen im Vordergrund:

1. Die Anordnung muß bei hohem Wasserdruck dicht sein, 2. die Anordnung muß möglichst geringe Kopflast aufweisen.

Die erste Forderung läßt sich dadurch erreichen, daß die Antenne selbst druckdicht ausgeführt wird. Dieser Weg wurde auch in der Entwicklung von Stielstrahleranordnungen in druckdichter Ausführung besprochen und ist im Kapitel III. b. 4.) näher erläutert. Eine weitere Möglichkeit bestand darin, auf eine druckdichte Ausführung der Antenne selbst zu verzichten und die Antenne mit einer für die abstrahlende und zu empfangende Energie durchlässigen druckdichten Haube zu umgeben. Im Bereich der Zentimeterwellen erscheint dieser Weg durchaus gangbar, wurde von der Entwicklung besprochen und in einem ersten Versuchsmuster erfolgreich erprobt. Eine Antenne in der Anordnung von vier dielektrischen Strahlern wird allseitig von einem oben mit einer Kugelkalotte abgeschlossenen Zylinder aus Stahl umgeben. Der Mantel des Zylinders ist dicht mit dielektrischen Strahlern besetzt, deren Eigenfrequenz bei der Betriebswellenlänge der umschlossenen Antenne liegt. Die dielektrischen Hohlraumresonatoren sind längs des Umfanges des Zylinders in mehreren übereinanderliegenden Reihen so verteilt, daß sich die in ihnen angeregte Sekundärstrahlung zu einer Gesamtamplitude geeigneter, der Charakteristik der umschlossenen Antenne entsprechender Bündelung überlagert. In dem Versuchsmuster waren die dielektrischen Sekundärstrahler durch druckdicht in die Haube eingelötete keramische Formteile hergestellt. Die Durchlässigkeit dieser Haube war gut, sofern die Arbeitsfrequenz genügend nahe bei der Resonanzfrequenz der dielektrischen Hohlraumresonatoren lag.

Die Versöhnung der beiden obengenannten sich widersprechenden Forderungen kann der Kompensator bringen, denn er erlaubt es, alle Einrichtungen, welche nicht direkt elektrodynamisch der Abstrahlung dienen, z.B. diejenigen Einrichtungen, welche die Strahlschwenkung besorgen, an das untere Ende des Ausfahrrohres zu legen. In Figur 6 ist die geplante Anlage skizziert.

Fig. 6



Am oberen Ende des Ausfahrrohre befindet sich ein Verschlussstück 2 mit kegeligem Mantel, am unteren Ende des Ausfahrrohr befindet sich der Kompensator 3. Durch den lichten Querschnitt des Ausfahrrohres 1 führt ein Leitungsbündel die Hochfrequenzenergie aus 3 nach 2. Dieses Leitungsbündel besteht beispielsweise aus 24 Hohlprofilen nach Figur 3b, welche sternförmig aneinandergelegt sind und insgesamt den lichten Querschnitt des Ausfahrrohres ausfüllen. Jedes dieser 24 Profile 4 endet mit einem Krümmer 5, welcher seinerseits durch eine in das Verschlussstück 2 eingelassene Keramikscheibe 6 druckdicht abgeschlossen wird. Über den Kopf 2 wird eine Trichteranordnung 7 gestülpt, welche geflutet werden kann. Während bei normalen Anordnungen (rotierende Antenne) ein Volumen der Größe 7 druckdicht verschlossen werden muß, entfällt dieses hier. Damit konnte die Kopflast der Anordnung um ein Vielfaches herabgesetzt werden. Die Verwendung von Hohlprofilen anstelle der konzentrischen Leitungen der ersten Versuchsausführung führt zu beträchtlichen Vereinfachungen. Die schmalbandige Abstimmereinrichtung 7 der

Figur 5 entfällt, da nunmehr die Profile 4 durch entsprechende Krümmer 8 so an den Flachraum 9 herangeführt werden können, daß dessen Ohm'scher Abschluß, bis auf geringere Korrekturen, von vornherein schon herbeigeführt wird.

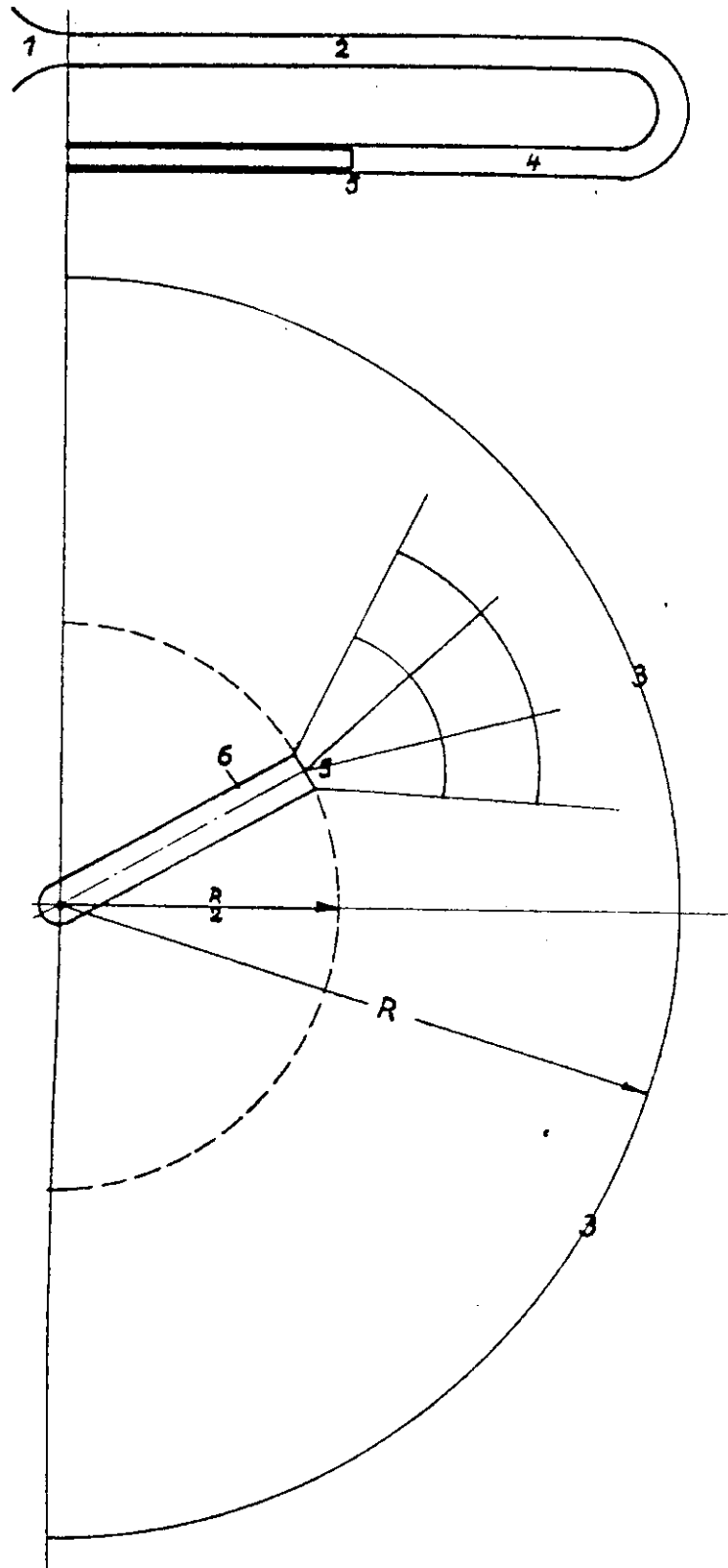
Es sei besonders darauf hingewiesen, daß vom Flachraum 9 ab bis zu der Trichteranordnung 7 die Energie über Flachräume läuft, welche man in ihrer Folge als ein elektrisch-homogenes Gebilde ansprechen kann. Übergänge beispielsweise zwischen konzentrischer Leitung und Hohlleiter und dergleichen gibt es nicht. Viel Arbeit muß auf die Durchbildung der Krümmer 8 und 5 verwendet werden. Es wird sorgfältig vermieden, die Anpassung durch punktförmige Kapazitäten oder Selbstinduktionen herbeizuführen, sondern die Krümmer sind so gebaut, daß ein gleichmäßiger Übergang beispielsweise vom Profil 4 auf das Keramikstück 6 erfolgt. "Gleichmäßig" ist dabei ein Begriff, welcher bis jetzt keiner strengen Definition zugänglich ist. Es blieb dem Gefühl des experimentierenden Technikers überlassen, eine solche Form herauszufinden, daß die Leitung gut (Breitbandanpassung) wurde. Es wurde gelegentlich von einer "Stromlinienform" für die elektrische Welle gesprochen. Die experimentelle Technik eilt hier wie bei der Flachraumanregung der Theorie voraus.

Diese Arbeit konnte nicht abgeschlossen werden.

c 7.) Schwenkspiegel.

Anschließend soll eine Abart des Kompensators besprochen werden. Diese ist vorwiegend für eine kontinuierliche lineare Gruppe gedacht. Steht man vor der Aufgabe, Bündelungsschärfen herzustellen, welche diejenigen der Meterwellentechnik um eine Größenordnung übertreffen, dann muß eine Aufteilung der Energie in einzelne Leitungszüge entfallen. Man denke an folgendes Beispiel: Gefordert wird eine Halbwertsbreite $\Delta\varphi = 1/4^\circ$ bei $\lambda = 10$ cm. Das fordert einen Spiegel der Breite $100\lambda = 10$ m. Will man diese lineare Gruppe in Einzelstrahler aufteilen, benötigt man davon 200 Stück. Das bedeutet 200 Leitungen, die von den Strahlern zum Kompensator führen und einen Kompensator, man denke an eine Füllkurve mit $\epsilon = 64$, vom Durchmesser 1,25 m. Die folgende Lösung, welche auf eine Aufteilung der Antenne verzichtet, und dieselbe als kontinuierliche Strahlergruppe auffaßt, ist vorzuziehen.

Fig 7



Die Antenne besteht nach diesem Vorschlag aus einem Exponentialtrichter 1 der Figur 7. Dieser Exponentialtrichter wird aus dem Flachraum 2 gespeist, dieser wiederum über die Umlenkung 3 aus dem Flachraum 4, in welchem bei 5 ein Einzelstrahler angebracht ist. Dieser Einzelstrahler kann mechanisch auf einen Kreisbogen vom Radius $\frac{R}{2}$ bewegt werden, wenn R der Radius der Kreisbogenumlenkung 3 ist. Für kleine Öffnungswinkel der aus 5 austretenden Strahlung tritt an der Umlenkung 3 eine Brechung ein derart, daß in 2 eine ebene Welle entsteht, welche über 1 in der Richtung abgestrahlt wird, die durch den Arm 6 angezeigt ist.

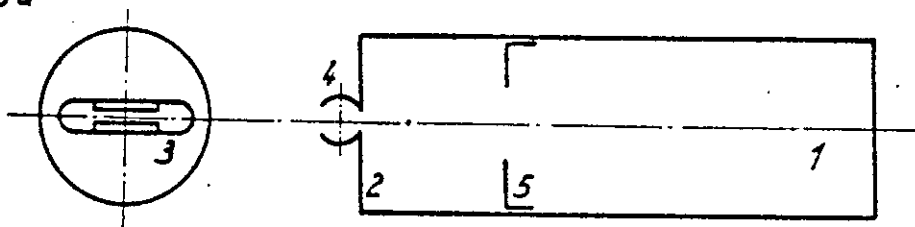
Hätte man für 3 einen Parabelbogen gewählt, würde man auch für große Öffnungen der von 5 ausgehenden Strahlung eine exakte Parallelrichtung erzielen, aber nur dann, wenn 5 sich im Brennpunkt der Parabel befindet. Durch die Wahl des Kreisbogens anstelle des Parabelbogens führt man sphärische Fehler ein, welche jedoch für jede Stellung des Armes 6 dieselben sind. Die Korrektur der sphärischen Fehler wurde im ersten Versuchsmuster mit Hilfe einer zwischen 1 und 2 angebrachten dielektrischen Flachlinse herbeigeführt. Beim ersten Muster ($R = 0,5$ m) war die Charakteristik abhängig von der Stellung des Armes 6 und nicht überall von derselben Güte. Das wird auf die mechanischen Fehler der Flachräume 2 und 4 zurückgeführt, welche aus Blechplatten zusammgebaut waren. Für das nächste Versuchsstück ist Folgendes geplant: Es muß möglich sein, bei 5 den Einzelstrahler durch eine kleine Antenne zu ersetzen, welche gerade die Strahlung aussendet, die eine exakte Parallelrichtung in der Umlenkung erfährt (Nachbildung der Kaustik). Dieses wird im Gegensatz zur dielektrischen Linse zu einer absoluten Korrektur der Anordnung führen. Dieses Stück soll mehrere Meter breit werden. Die Hauptschwierigkeit sieht man im Augenblick in der Herstellung der die Flachräume begrenzenden großen Planflächen. Die Berechnung der Umlenkung 3 führt auf die Frage nach den geodätischen Linien derselben.

d.) Elektronenröhren zur Anregung von Hohlleitern.

Die cm-Technik fördert, wie aus dem Vorhergehenden ersichtlich wird, umfangreiche Messungen. Die Bereitstellung der Sender für diesen Zweck spielt im Laboratorium eine große Rolle, kann es doch sein, daß die ganze Arbeit einer Meßreihe verloren geht, weil vor der Beendigung der Messungen das Rohr zur Schwingungserzeugung ausfiel. Es wurde deshalb die Aufgabe gestellt, Elektronenröhren zu entwickeln, welche einerseits einfach herzustellen sind, andererseits mit einem geringsten Aufwand an Transformationsstücken in die Hohlleiter-Apparaturen eingeführt werden können.

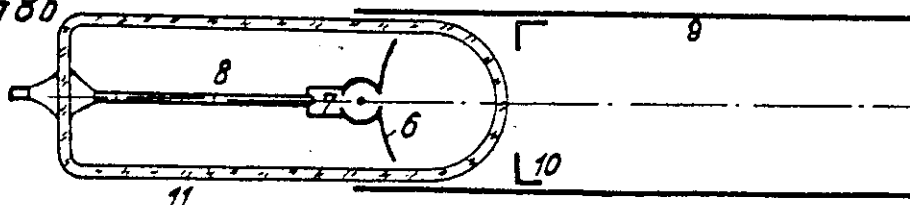
Nach mehreren Versuchen, die Röhren, welche mit Lecherleitung ausgerüstet sind und eine direkte Fortsetzung der Meterwellentechnik darstellen, durch solche Röhren zu ersetzen, die der Hohlleitertechnik entsprechen, wurde folgendes Muster für mehrere Wellenlängen des cm-Gebietes hergestellt:

Fig. 8a

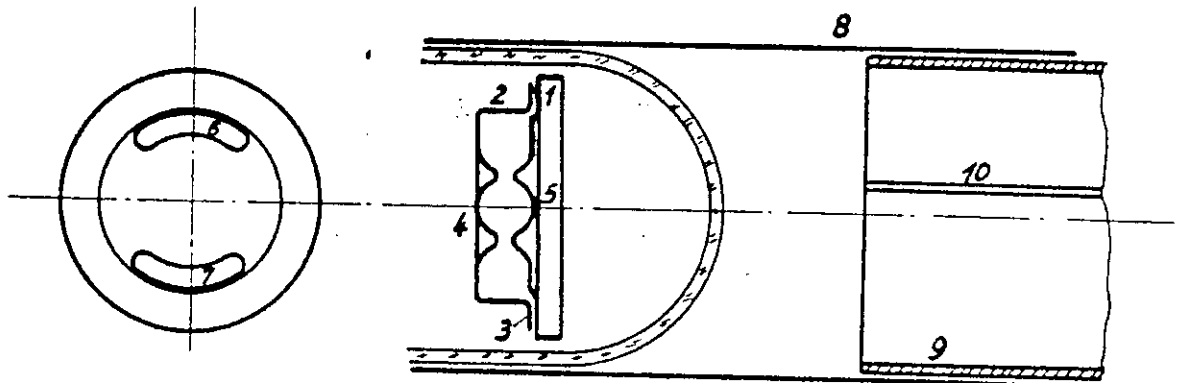


Man denke sich das Ende eines Hohlrohres 1, Figur 8a, mit einem Boden 2 abgeschlossen. Dieser Boden trägt einen Schlitz 3, an welchen sich zwei Segmente 4 anschließen. Diese beiden Segmente bilden zusammen die Anode einer Zweischlitzmagnetfeldröhre. Sie sind gleichzeitig eine kapazitive Beschwerung des Schlitzes 3 und bestimmen mit diesem zusammen die Eigenfrequenz des Systems. Diese kann mit Hilfe der Blende 5 in engeren Grenzen verändert werden; Die Blende 5 besorgt zugleich die Anpassung des schwingenden Systems auf das Hohlrohr 1, welches man sich ohmisch abgeschlossen denken kann. In der Praxis besteht ein solches Rohr aus einem aus Festigkeitsgründen leicht gewölbten Teller 6, den

Fig 8b



beiden Segmenten 7 und den Halterungen 8. Dieses Rohr wird in den Hohlleiter 9 eingeschoben, die Abstimmung erfolgt mit Hilfe der Blende 10.- Nachdem diese Röhren einige Zeit im Laboratorium verwendet worden waren, trat der Wunsch auf, es möchte die Kopplung zwischen Anodensystem und dem Sockelraum 1 beseitigt werden. Dieses geschah durch folgende Maßnahme:



Anstelle des Tellers 6 wurden zwei Teller 1 und 2 in das Innenteil des Rohres gelegt, Figur 9. Diese beiden Teller sind längs der Ringnaht 3 miteinander verschweißt. Die Anodensegmente 4 und 5 sind in die Teller in einem Arbeitsgang miteingezogen. Diese Bauart erlaubt es, mit zwei Ziehwerkzeugen Ober- und Unterteller im Tiefziehverfahren herzustellen, wonach sie ohne Justierarbeit zusammengesetzt werden können, ein beträchtlicher Vorteil gegenüber den Röhren nach Figur 8, bei welchen das Anschweißen der Anodensegmente einige Geschicklichkeit voraussetzte. Im Teller 1 sind 2 Schlitz 6 und 7 angebracht, welche so bemessen sind, daß der vom Elektronenmechanismus benötigte Widerstand an der Stelle 4/5 richtig auf den Ohm'schen Widerstand im Hohlrohr 8 transformiert wird. Man braucht dann höchstens eine schwach wirkende Blende in 8 zur Feinabstimmung und ein Blendestück, welches die vom Rohr ausgehende H_{21} -Welle in eine H_{11} -Welle transformiert, falls diese gefordert wird. Eine Blende, welche Feinabstimmung und Transformation H_{12} nach H_{11} in sich vereinigt, besteht aus einem Tubus 9 mit unsymmetrischer Scheidewand 10, das Ganze von solcher Länge, daß ein Gangunterschied von $\frac{\lambda}{2}$ zwischen Oberteil und Unterteil auftritt. Von der Herstellung von Röhren mit nur einem Schlitz 6 wurde abgesehen um auf jeden Fall die Symmetrie der Anordnung innerhalb des Glaskolbens zu wahren.

Der Durchmesser des Glaskolbens ist so groß, daß das Rohr gerade in ein für die Fortleitung der H_{11} -Welle geeignetes Hohlrohr hineinpaßt. Das Rohr leistet im Laboratoriumsbetrieb brauchbare Dienste, durch den eingebauten Schwingungskreis besitzt es eine erhebliche Stabilität. Die Herstellung ist so einfach, daß Rohrausfälle keinen Schaden darstellen.

Der Wirkungsgrad des Rohres liegt bei ca. 1%. Es sind Untersuchungen im Gange, festzustellen, welche Ursache dieser geringe Wirkungsgrad hat, der allen Magnetfeldröhren im gleichen Frequenzgebiet eigen ist. Es wird erwartet, daß der Wirkungsgrad beträchtlich erhöht werden kann.

•) Langwellenortung.

Zum Zwecke der Ortung von Zielen, die sich entweder auf dem Erdboden bzw. der Wasserfläche oder unmittelbar darüber befinden, erscheint, zur Erzielung von grösseren Reichweiten über die optische Sicht hinaus, die Verwendung von längeren Wellen zweckmässig. Besonders bei Aufstellung der Ortungsgeräte in kleiner und kleinster Höhe über dem Wasserspiegel ist der Einsatz von dm- und cm-Geräten durch die optische Sicht begrenzt. Es ist notwendig, eine gute Ausbreitung der Bodenwelle zu erreichen, die bei Meterwellen wesentlich begünstigt ist. Ausserdem findet bei Meterwellen bei kleinerer Bodenabsorption eine bereits beachtliche Beugung statt, sodass das Feld sich sowohl der Erdkrümmung anschmiegt, als auch sich hinter Hindernissen, Erhebungen und dgl. ausbildet.

Ein Ortungsgerät bei einer Wellenlänge von ca. 36 m, das zu orientierenden Versuchen aufgebaut war, dessen Antennenanlage senderseitig aus einem Richtstrahlssystem von 4, empfangsseitig aus einem solchen von 6 $\lambda/4$ langen und unsymmetrisch betriebenen Antennen mit strahlungserregten Reflektoren bestand, und dessen Hochfrequenzleistung 600 kW erreichte, zeigte nicht den erwarteten Erfolg, da in diesem Frequenzgebiet die Empfängerempfindlichkeit infolge von Störungen durch Telefonie- und Telegrafiesender sowie durch atmosphärische Erscheinungen bei Weitem nicht ausgenutzt werden kann.

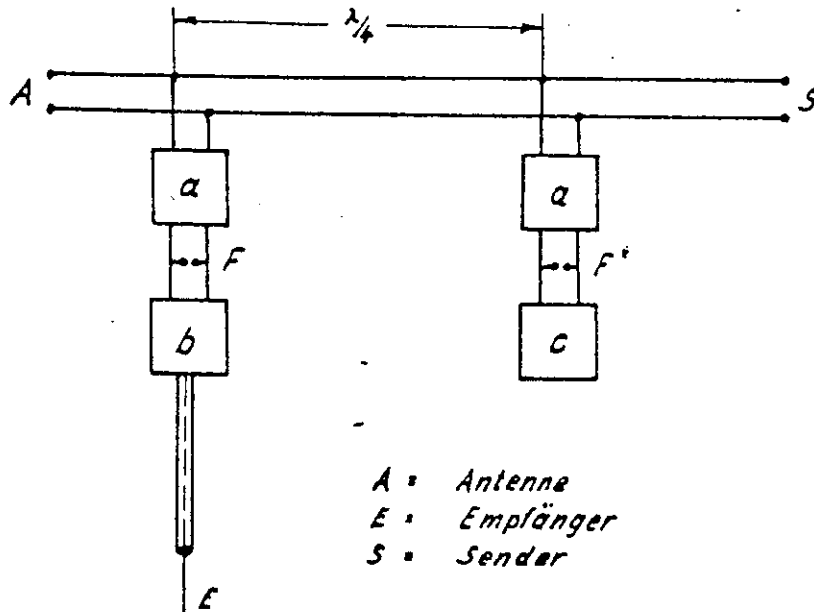
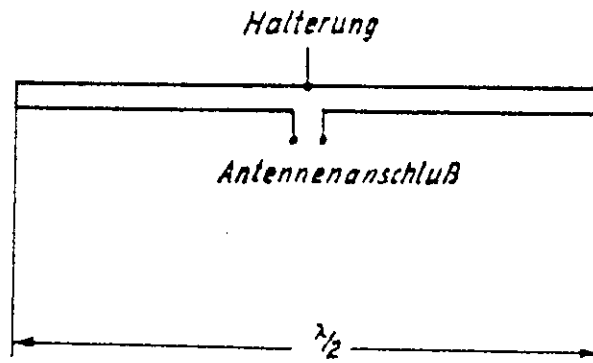
Es ergaben sich jedoch einige interessante Entdeckungen bezügl. des Aufbaues der Ionosphäre, die noch nicht weiter ausgewertet wurden.

Weiterhin wurde eine Anlage im 10 m-Bereich gebaut. Für Versuche kam ein Drehstand zur Verwendung, auf dessen Träger ein Richtstrahlssystem mit 8 Dipolen befestigt war (Anlage Rundblick). Die $\lambda/4$ Dipole hatten, um eine gute Speisung und Anpassung zu ermöglichen, die in nebenstehender oberer Abbildung gezeigte Form. Ein Dipol gemäss Abbildung hat einen Anschlusswiderstand von einigen 100 Ohm, sodass mittels symmetrischer Doppelleitung eine stoßstellenfreie Speisung möglich war.

Die Antennenanlage wurde im Simultanbetrieb gemäss nebenstehender unterer Abbildung verwendet. Es bedeuten:

a). Symmetrisch ausgeführte $\lambda/4$ - Transformationsstücke, als Schwingkreise ausgebildet.

b). Boucherot-Brücke zur Transformation und zum Übergang von



symmetrischer zu unsymmetrischer Energieführung.

e). Symmetrisch ausgeführtes $\lambda/4$ Transformationsstück;
am Ende kurz geschlossen.

F) Luftfunkenstrecken mit speziell kurzer Entionisierungszeit.

Der Sender war als Gegentaktsender mit Hochleistungstrioden mit forciertem Luftkühlung aufgebaut. Er wurde mit ca. 30 kV anodentastet und hatte eine Leistung von 400 kW. Die Fastfrequenz betrug 50 Hz.

Der Empfänger war als Überlagerungsempfänger gebaut und durch Bandfilter mit einer Bandbreite von 2 MHz ausgestattet.

Das Antennensystem befand sich etwa 1λ über der Wasseroberfläche.

Die Anlage erfasste Luftziele bis zur Entfernung von 90 km. Es war auch eine Erfassung und Verfolgung möglich, wenn das Ziel hinter Erhebungen ausserhalb der optischen Sicht lag. Innerhalb der optischen Sicht war eine Verfolgung bis 200 km möglich. Auch zufällig in den von der Strahlung der Anlage erfüllten Raum einfliegende V-Waffen konnten bis zu Entfernungen von 200 km verfolgt werden.

Gegen Seeziele war eine Ortung bis 30 km, in besonderen Fällen eine solche bis 40 km möglich, wobei im letzten Fall Schnellboote, die sich hinter einer Landzunge mit ca. 100 m Erhebung befanden, erfasst wurden.

In Fortsetzung dieser Arbeiten wurden sowohl Richtstrahlssysteme als auch rundstrahlende Einzelantennen unmittelbar auf die Wasseroberfläche gesetzt, sodass die Bodenwelle besonders begünstigt wurde. Die Nahreflexionen von der Wasseroberfläche selbst gingen hierbei erheblich zurück, und erste Ortungsversuche waren erfolgreich.

Die Arbeiten hieran, sowie auch die weitere systematische Erprobung der Anlage "Rundblick" mussten abgebrochen werden.

f.) Hochleistungssender.

Der Forderung nach Erhöhung der Reichweite der aktiven Funkmeßgeräte kann durch die Erhöhung der Senderleistung entsprochen werden. Das Bestreben, bei dem aktiven Funkmeßbetrieb die Funkstille möglichst wenig zu beeinträchtigen, führt zu einer radikalen Einschränkung der ausgesandten Impulsfolge bis herab zum Einimpulsbetrieb, als deren Konsequenz sich zur Erhaltung der notwendigen Reichweite gleichfalls eine Heraufsetzung der Senderleistung ergibt, um den mit abnehmender Impulszahl ansteigenden Mindestsignalspannungsbedarf des Empfängers zur Erzielung einer Anzeige zu befriedigen.

Für den Betrieb von Hochleistungssendern ist die Bereitstellung einer ausreichenden Tastleistung erforderlich, während die Entwicklung der Sender selbst durch das Vorhandensein genügend leistungsfähiger Senderöhre bestimmt wird.

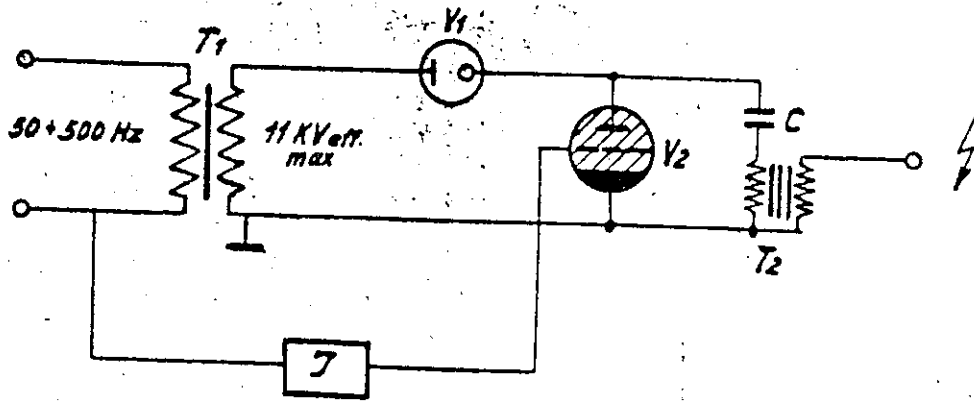
Als Tastart kommt für Hochleistungssender ausschließlich die Anodentastung in Betracht. Um für jeden Verwendungszweck ein Tastgerät genügender Leistungsfähigkeit zur Verfügung zu haben, wurde ein Hochleistungstastgerät gemäß der beigelegten Schaltung entwickelt.

Der Transformator T_1 transformiert die Netzspannung auf ca. 11 kV effektiv, von der der Kondensator C über das Ventil V_1 auf 15 kV aufgeladen wird und in der Sperrphase des Ventils über das Quecksilberdampfentladungsgefäß mit flüssiger Kathode V_2 und den Impulstransformator T_2 entladen wird. Auf der Sekundärseite des Impulstransformators entsteht ein Spannungstoß von maximal 50 kV. Die Impulsspannung wird durch Regelung der Netzspannung eingestellt, die Zündung des Quecksilberdampfentladungsgefäßes erfolgt durch ein vom speisenden Netz betriebenes Gitterzündgerät J. Das Gerät leistet bei Betrieb mit 500 Hz 2 MW, bei Betrieb mit 50 Hz 20 MW niederfrequente Tastleistung.

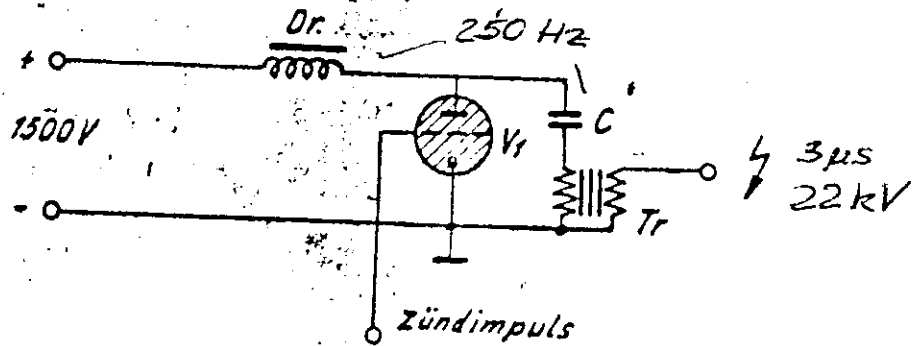
Ein Tastgerät kleinerer Leistung ("Eber") für betriebsmäßige Funkmeßgeräte arbeitet nach dem in der nächsten Abbildung angegebenen Prinzip. Der Kondensator C wird über die Drossel Dr auf nahezu den doppelten Betrag der speisenden Gleichspannung aufgeladen und im Augenblick der höchsten Spannung von dem durch einen Zündimpuls gezündeten Thyatron V_1 entladen. Der Entladestrom durchfließt die Primärspule des Impulstransformators Tr, auf dessen sekundärer Seite die Tastspannung abgenommen wird. Die Impulsfolgefrequenz beträgt 500 Hz; zur Erreichung der

Tastgeräte

Labor-Tastgerät



Eber



Spannungsüberhöhung am Stoßkondensator ist es dabei erforderlich, dass der Schwingkreis Dr - C auf 250 Hz abgestimmt ist. Als Thyatron wird eine Edelgasröhre genügender Kathodenergiebigkeit verwendet. Das Gerät hat eine Tastleistung von 500 kW bei Spannungen bis zu 50 kV. In Verbindung mit dem vorstehend beschriebenen Tastgerät wurden die Sender der Geräte Freya und Lessing betrieben. Der Sender wurde dabei bei einer Impulsdauer von etwa 3 μ sec. mit 22 kV an der Anode getastet. Als Senderrohre gelangten 2 Trioden der Type TS 41 im Gegentakt zur Anwendung. Die Hochfrequenzleistung des so getasteten Senders betrug 100 kW bei einer Frequenz um 125 MHz. Bei Umstellung der Freya-Anlagen auf diesen Hochleistungssender waren Änderungen der Schaltelemente am Sender nicht erforderlich.

Bedingt durch die Forderungen des Wenigimpulsbetriebes war die Entwicklung eines Senders mit weit höherer Leistung notwendig. Aus theoretischen Überlegungen ergibt sich, dass zur Erhaltung der Reichweite gegen Luftziele beim Übergang von 500 Hz-Betrieb zum Einimpulsbetrieb eine etwa zehnfache Heraufsetzung der Senderleistung erforderlich ist. Dementsprechend sollten Hochfrequenzleistungen von 1,5 MW bei einer Wellenlänge von 2,4 m erreicht werden. Zur Lösung dieser Aufgabe wurde die Versuchsausführung eines Senders mit zwei Röhren der Type TS 100 b in Angriff genommen. Um den erforderlichen hohen Emissionsstrom der Senderrohre zu gewährleisten, war die Heizleistung jedes Rohres mit etwa 1 kW bemessen. Die Rohre waren spannungsfest für Tastspannungen bis etwa 60 kV. Zur Vermeidung von Überschlägen der Anodenspannung auf das Energiekabel infolge der hohen Tastspannung erfolgte die Energieabnahme von der abstimmbaren Kathodenleitung. Alle Hochspannung führenden Teile wurden verrundet, um der hier besonders grossen Gefahr des Sprühens wirksam zu begegnen. Abschliessende Ergebnisse über die Leistungsfähigkeit dieses Senders liegen noch nicht vor.

Für die seetaktischen und seeartilleristischen Funkmeßgeräte im Wellengebiet um 80 cm wurde ein Hochleistungssender erstellt, der als Ersatz für den bisher mit zwei Trioden der Type TS 6 bestückten gittergetasteten Sender diente. Um zu der geforderten Leistung von mindestens 100 kW auch in diesem Frequenzband zu gelangen, wurden zwei wesentlich leistungsfähigere Senderrohre der Type TS 60 benutzt und mit Spannungen von 16 bis 18 kV bei 500 Hz getastet. Die Rohre TS 60 nahmen je Rohr eine Heizleistung von 375 Watt auf. Die Kathoden waren toriiert. Der Sender gab eine Hochfrequenzleistung von 150 kW an die Antenne ab.

Auch im Zentimetergebiet hat die Heraufsetzung der Senderleistung für den Einsatz der Funkmeßgeräte entscheidende Bedeutung. In der bekannten Schaltung des Meddo-Gerätes wurde das Magnetron LMS 10 bei einer Wellenlänge von 9 cm mit Spannungen von 16 bis 18 kV getestet und dabei hochfrequente Impulsleistungen, abhängig vom Rohr, von 25 bis 45 kW erzielt.

Um in dem Wellengebiet von 9 cm zu noch höheren Leistungen zu gelangen, wurde mit einem Magnetron der Type LMS 100 die Entwicklung eines Hochleistungssenders in Angriff genommen, der bei einer Tastspannung von 30 kV die hochfrequente Impulsleistung 100 kW abgeben sollte. Diese Entwicklung wurde nicht abgeschlossen.

Ein für die Wellenlänge von 1,6 cm bestimmtes Rohr wurde in der gleichen Tastanordnung wie die LMS 10 mit Spannungen von ca. 14 kV betrieben. Eine sichere quantitative Feststellung der von diesem Rohr abgegebenen Hochfrequenzleistung konnte noch nicht erfolgen, da eine geeignete Meßtechnik für diesen Frequenzbereich noch nicht zur Verfügung stand.

g) Antennen.

Die Antennenformen, welche für die einzelnen Geräte benutzt wurden, sind außerordentlich mannigfaltig und werden jeweils in Verbindung mit der zugehörigen Anlage beschrieben. Hier sollen nur grundsätzliche Gesichtspunkte herausgestellt werden.

1) Allgemeines über Antennen. In diesem Abschnitt wird ein kurzer Überblick gegeben, welche Eigenschaften eine gute Antenne besitzen soll. Die an sie zu stellenden Forderungen sind:

- a) Vollkommene Abstrahlung der vom Sender gelieferten Energie
- b) Erzielung der gewünschten Charakteristik.

a) Die erste Forderung ist leicht zu erfüllen, wenn es sich um einen Strahler der Gesamtlänge einer halben Wellenlänge handelt, der einen Anschlußwiderstand von 70 Ohm reell besitzt, und der über ein 70 Ohm-Kabel gespeist wird; für vertikale Rundstrahler wird zweckmäßigerweise diese Art der Speisung ohne Anpassungsglieder angewendet. Erst bei Zusammenschalten von Einzeldipol zu Gruppen treten Anpassungsschwierigkeiten auf. Doch kommt man oftmals auch bei spannungsgespeisten Dipolgruppen ohne zusätzliche Anpassungsglieder aus, indem man den Wellenwiderstand des Einzelstrahler, also ihre Dicke, und den Wellenwiderstand der verbindenden Doppeldrahtleitung, also das Verhältnis von Drahtabstand zu Drahtdurchmesser, zweckentsprechend dimensioniert. Ist diese Dimensionierung nicht möglich, so kann man sich durch Anpassungsglieder helfen; es sei hier vor allem der Stichelleitungstransformator erwähnt, der aus zwei im Abstand $\lambda/4$ an der Energieleitung angebrachten Blindwiderständen besteht, und gestattet, komplexe Widerstände in reelle zu transformieren.

Zur Anpassung des reellen Widerstandes R_1 an den reellen Widerstand R_2 genügt ein $\lambda/4$ langes Stück mit dem Wellenwiderstand $Z = \sqrt{R_1 \cdot R_2}$.

b) Die Forderungen an die Charakteristik erstehen aus den Forderungen an die Methode und Genauigkeit der Bestimmung des Ortungswinkels, sowie aus der Notwendigkeit der Unterdrückung von Störeinstrahlungen. Es läßt sich bei entsprechendem Aufwand jede gewünschte Bündelung erzielen. Dagegen ist das Problem der Unterdrückung von Störeinstrahlungen in vielen Fällen noch nicht gelöst.

2) Besondere Antennen.

a) Die nebenmaximumfreie Antenne. Zur Unterdrückung der Nebenmaxima ist eine ungleichmäßige Strahlung der Antennenfläche

notwendig, so, daß die Mitte der Fläche stärker strahlt als die Ränder. Die theoretisch unschwer errechenbare Amplitudenverteilung läßt sich bei Dipolgruppen jedoch nur sehr schwer realisieren, sumal sich die Dipole zusätzlich gegenseitig beeinflussen und man nicht ohne weiteres in der Lage ist, die Energieabgabe des einzelnen Dipole meßtechnisch zu verfolgen; die Dosierung der Energie wird bei Dipolflächen durch Widerstandstransformation der einzelnen Speiseleitungen am Verteiler bewirkt.

Bei Parabeln hat man die verschiedene Beaufschlagung der Reflektorfläche schon ohne zusätzliche Eingriffe, sodaß hier das Problem der nebenmaximumfreien Antenne leichter realisierbar ist.

b) Ringantennen. Spezielle Anwendungszwecke erfordern die Verwendung von Antennen, deren Linsardimensionen klein gegen die Wellenlängen sind. Die Lösung dieses Problems gelingt durch Anwendung von Rahmenantennen, die im Gebiet der Ultrakurzwellen die Form von Ringkreisen annehmen. Entsprechend der geringen Fläche derartiger Ringkreise haben solche Antennen einen sehr niedrigen Strahlungswiderstand, sodaß ein solcher Strahler nur dann einen erträglichen Wirkungsgrad erhalten wird, wenn sein Verlustwiderstand klein gegenüber dem Strahlungswiderstand gehalten werden kann. Dieser Forderung hat die Entwicklung solcher Antennen dadurch entsprochen, daß der eigentliche Ring als breiter Wulst ausgeführt wurde, dessen Querschnitt und Oberfläche so gestaltet wurden, daß die Verluste auf ein Minimum herabgedrückt werden konnten.

Der geringe Strahlungswiderstand der Ringkreise hat zur Folge, daß derartige Antennen extrem niederohmig sind und über besondere Anpassungsvorrichtungen den Verbrauchern angepaßt werden müssen. An die Anpassungsvorrichtungen sind bezüglich der Verlustfreiheit die gleichen Anforderungen zu stellen wie an die Kreise selbst. Da der Ringkreis seiner Natur nach ein symmetrischer Strahler ist, wird die einfachste Form einer Anpassungseinrichtung symmetrisch ausgeführt. Dies kann durch Anwendung von kapazitiven Spannungsteilern geschehen. Eine weitere Möglichkeit der Anpassung eines Ringkreises an einen gegenüber seinem Strahlungswiderstand hochohmigen Verbraucher bei gleichzeitigem Übergang auf unsymmetrische Speisung ist

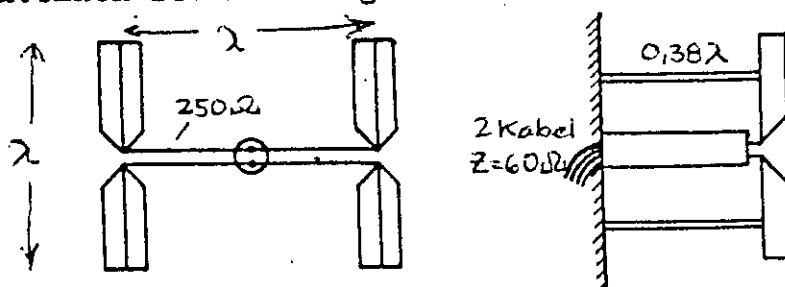
in der Anwendung einer Symmetrierschleife gegeben, an deren symmetrischem Ausgang der Ringstrahler angeschlossen ist, während die Speisung der Antenne an dem unsymmetrischen Eingang der Schleife erfolgt. Dabei wird der Speisepunkt der Schleife so gewählt, daß in Verbindung mit dem Anschlußwiderstand des Ringkreises Anpassung erzielt wird. Die Forderung der Verlustfreiheit eines solchen Anpassungs- und Symmetriergliedes führt dazu, daß auch sämtliche Strahlungsverluste dieser Anordnung durch entsprechende Abschirmung verhindert werden müssen.

Ein weiterer Weg der Anpassung und unsymmetrischen Speisung einer Ringkreisantenne ist dadurch gegeben, daß der Ringkreis selbst als Symmetrieelement herangezogen wird und der Speisepunkt längs des Umfanges des Ringes so gewählt wird, daß dadurch zusammen mit dem Anschlußwiderstand des Kreises Anpassung erzielt wird.

Solche Ringantennen haben sowohl als Einzelstrahler als auch in Gruppenanordnungen als Empfangsantennen ihre Eignung erwiesen und standen in ihrer Wirksamkeit Linearantennen nicht nach. Bei Verwendung von Reflektorebenen bei Gruppenanordnungen mußte jedoch berücksichtigt werden, daß der Ringkreis primär ein magnetischer Strahler ist und somit zur Erfüllung der Stetigkeitsbedingungen des elektromagnetischen Feldes die Strahler direkt auf die Reflektorwand zu setzen sind.

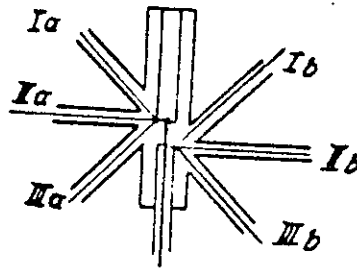
Durch Resonanzschärfe dieser hochwertigen, nur durch ihren geringen Strahlungswiderstand gedämpften Kreise bedingt, sind solche Antennen extrem schmalbandig und können nur für eine feste Arbeitsfrequenz benutzt werden.

c) Breitbandantennen. Die Entwicklung von Richtantennen mit Breitbandcharakter ergab sich aus dem Bedürfnis, auf Meßstrecken Frequenzbänder ohne Nachstimmung der Anpassglieder abstrahlen zu können. Hierfür war die Entwicklung einer Antennenform ausreichend, und die serienmäßige Herstellung durch Firmen überflüssig. Das Grundelement der Breitbandantennen ist aus folgender Skizze zu ersehen.



Die Eckfrequenzen des Bandes sind gegeben durch den Abstand Dipol-Reflektor und die zugelassene Welligkeit auf der Zuleitung. Bei einer zugelassenen Welligkeit von 1:2 kann ein Frequenzband von $3/4$ Oktave bestrichen werden, wobei die eine Eckfrequenz durch den Abstand Dipol-Reflektor = $0,38 \cdot \lambda$ gegeben ist. Wie aus der Skizze ersichtlich ist, besteht ein Element des Breitbandspiegels aus zwei Dipolen, die über eine Doppeldrahtleitung von 250 Ohm verbunden sind. Die Energiezufuhr erfolgt symmetrisch in der Mitte über zwei Kabel mit einem Wellenwiderstand von je 60 Ohm.

Die aus diesem Grundelement erbauten Richtantennen haben drei bzw. fünf solche Elemente und sind ausgelegt für den Wellenlängenbereich von $\lambda = 1,20$ m bis $1,80$ m, $\lambda = 0,80$ m bis $1,20$ m und $\lambda = 0,50$ m bis $0,80$ m. Der Übergang von symmetrischer zu unsymmetrischer Speisung erfolgt im Punkt des Zusammenschlusses der Einzelelemente über eine Symmetrieranordnung, deren Prinzip in nachstehender Skizze gezeigt ist.



Beim Zusammenschalten solcher Elemente eines Breitbandspiegels ist der Einfluß der gegenseitigen Strahlungskopplung dieser Elemente auf den Breitbandcharakter der Gesamtantenne nicht feststellbar.

S. 69-87

II Verfahrenstechnik

a) Meßtechnik

b) Auswendungen

beschreibt Meßleitungen etc.

mit zugehöriger Mathematik

III. Aktives Funkmesswesen.

a) Luftwarnung.

a 1.) Freya-Geräte.

Die zeitlich an erster Stelle zu nennenden Geräte des aktiven Funkmesswesens dienten der Luftwarnung. Sie haben den Namen "Dete"- oder "Freya"-Anlagen. Die zuerst mit den Wellenlänge $f = 240$ cm und $c = 150$ cm erstellten Anlagen wurden später auch auf Streuwellen von 220 cm bis 260 cm bzw. von 120 cm bis 180 cm jedoch jeweils auf fester Wellenlänge betrieben. Die Tastfrequenz betrug 500 Hz, die Impulsleistung des Senders in der Spitze 15 kW. Die Sender waren gittergetastet. Die Geräte sind teilweise mit einem unter dem Abschnitt c) 1.) weiter unten beschriebenen Feinpeilverfahren ausgerüstet. Zum Senden und Empfangen wurden getrennte Antennen benutzt und zwar je eine Sechsergruppe von Ganzwellendipolen bei dem Wellenlängenbereich um 2,40 m, je eine Achtergruppe von Ganzwellendipolen bei dem Bereich um 1,50 m in vertikaler Polarisation. Die Beschreibung des elektrischen Aufbaus sowie des transportablen Drehstandes (Lafette), der der Aufnahme der meisten elektrischen Geräte und des Bedienungspersonales diene, und die Seitenpeilung durch mechanische Drehung des ganzen Standes ermöglichte, erübrigt sich, da sich bereits seit langem Freya-Geräte in englischer Hand befinden. Konkrete Angaben der Reichweite dieser Geräte gegen Einzelflugzeuge sind wegen der Abhängigkeit von Aufstellungs- und Flughöhe nicht möglich. Reichweiten von ca. 130 km gegen Einzelflugzeuge waren nicht selten, jedoch lag die "sichere" Reichweite wesentlich niedriger.

Die Forderung nach Erhöhung dieser "sicheren Reichweite" der Freya-Geräte führte zur Umstellung einiger dieser Anlagen auf Simultan-Betrieb durch Vereinigung des Sendespiegels und Empfangsspiegels zu einer Antenne sowie zum Austausch des Freya-Senders gegen einen anodengetasteten Hochleistungssender von ca. 120 kW Spitzenleistung. Die hierdurch erzielte Verbesserung war erheblich. Nahezu die optische Sicht konnte als sichere Reichweite erzielt werden. Eine Serienherstellung der so verbesserten Freya-Geräte erfolgte nicht.

a 2.) Suchanlagen "Mammut". ^{Cäsar" F C 8} (25 MHz), 200 MHz (368 MHz)

?

Einem älteren Stand der Technik entsprachen die Suchanlagen "Mammut". Als solche wurden jene stationären und fest verbunkerten Anlagen bezeichnet, die längs oder unweit der Küste von Norwegen bis Südfrankreich errichtet wurden und deren Antenne mechanisch feststeht. Die Schwenkung der Charakteristik der Antenne erfolgte elektrisch um ± 50 Grad asymmetrisch zur Spiegelnormalen mit Hilfe eines Kompensators, der sich aus Wendelschienen zusammensetzte und nach dem unter I. c) erläuterten Prinzip arbeitete. Diese Anlagen verdankten ihre grosse Reichweite, die der optischen Sichtweite gleichzusetzen war, der sehr scharfen Bündelung in der Horizontalen: die Antenne war eine Dipolfläche mit 24 Dipolen im Abstand von $\lambda/2$ in der Horizontalen in vertikaler Polarisation. Bei der ersten Serie dieser Anlagen mit getrennten Sende- und Empfangsspiegeln war die Bündelung in der Vertikalen 4 mal $\lambda/2$, bei der zweiten Serie, die mit Funkensimultanbetrieb ausgerüstet wurde, erhöhte sich die Bündelung in der Vertikalen um den Faktor 2. Sender, Empfänger und Niederfrequenzgeräte dieser Anlagen waren mit denen der Freya-Geräte identisch. Die Anlagen wurden mit festen Wellenlängen und zwar mit Streuwellen im 150 cm- 240 cm-Band errichtet.

An dieser Stelle sind die Suchanlagen "Wassermann" ^(S&H) zu erwähnen, die unabhängig von der Arbeit des NVK erstellt wurden. Auch diese Anlagen verdankten ihre grosse Reichweite der scharfen Bündelung, die jedoch im Gegensatz zu den Suchanlagen Mammut in der Vertikalen erfolgte. Die Seitenpeilung erfolgte durch mechanische Drehung des Spiegels unter Verwendung des Schnittpeilverfahrens (A-N Peilung). Die Charakteristik in der Vertikalen war mit Hilfe eines Kompensators in geringen Grenzen schwenkbar. Die Antenne arbeitete im Simultanbetrieb und war breitbandig, sodass eine Änderung der Wellenlänge im 2,40 m Band um $\pm 15\%$ bei konstant bleibendem Fusspunktswiderstand möglich war.

a 3.) Suchanlagen "Leibnis".

"Lange Welle"?

200 MHz

Die Suchanlagen "Leibnis" werden kurz erwähnt. Sie entstanden als Provisorium unmittelbar nach dem Abwurf der ersten Staniolstreifen zur Trübung des von Funkmessstrahlen erfüllten Raumes (Düppel). Der Planung der Anlagen lag die Vorstellung zu Grunde, durch sehr scharfe Bündelung Flugzeuge zwischen den Düppelwolken orten zu können. Um trotz des bei 1,50 m Wellenlänge grossen Antennengebildes im ganzen Azimut rasch suchen und peilen zu können, wurde hier die elektrische und mechanische Charakteristikschenkung kombiniert. Die Schwenkung erfolgt elektrisch mit fast beliebiger Geschwindigkeit um ± 45 Grad symmetrisch zur Spiegelnormalen. In den Endlagen des Kompensators wurde der Spiegel automatisch mit wählbarer Geschwindigkeit nachgedreht.

a 4.) Luftwarngerät "Lessing".

125 MHz

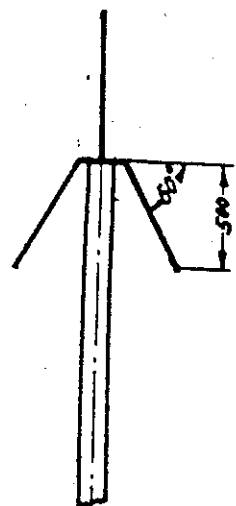
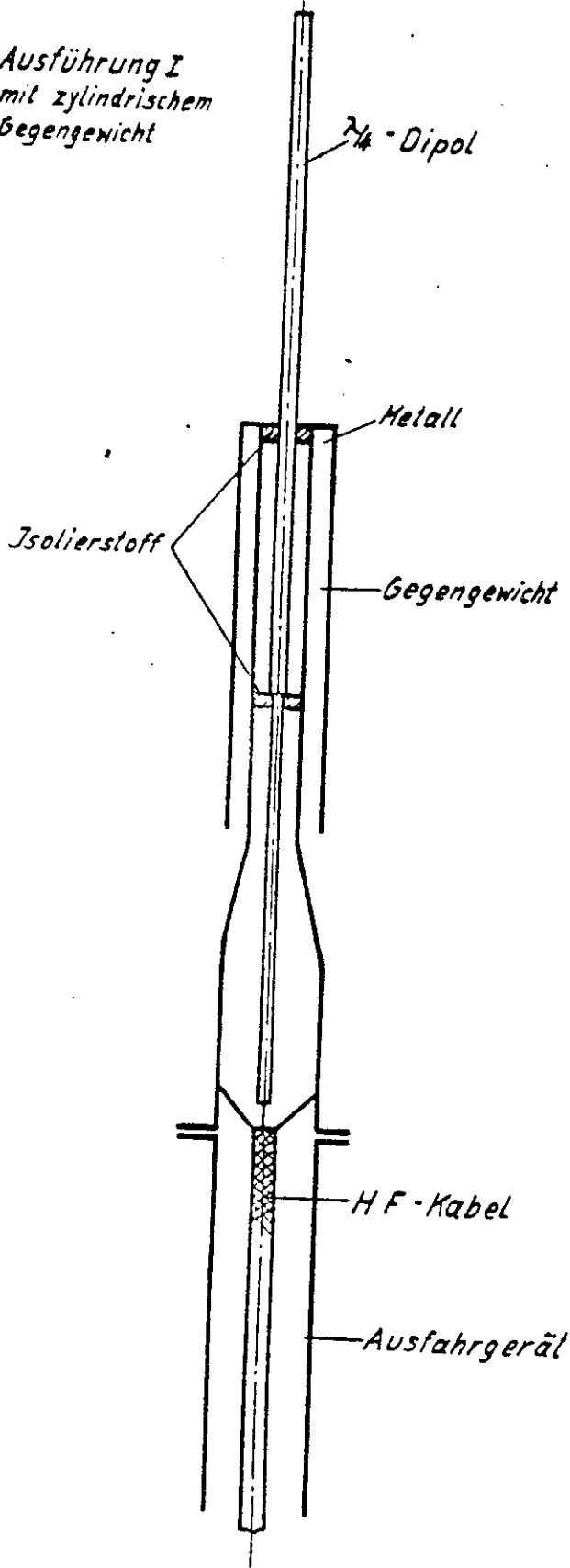
Das Gerät "Lessing" war ein Rundblickortungsgerät für U-Boote gegen Luftziele. Das Gerät sollte es ermöglichen, jedes Flugzeug in einer Entfernung von 15 - 20 km sowohl vom aufgetauchten wie auch vom getauchten Boot aus zu erfassen. Auf eine Anzeige der Zielrichtung wurde mit Rücksicht auf die Einfachheit der Antenne verzichtet. Zur Vermeidung einer starken Auffiederung der Vertikalcharakteristik der Antenne wurde eine möglichst lange Welle gewählt und zwar aus fertigungstechnischen Gründen die Wellenlänge der Freya-Geräte. Die Bestandteile des zu dieser Anlage gehörenden Funkmessgerätes entsprachen im wesentlichen der Ausrüstung des Freya-Gerätes unter Beschränkung auf unbedingt notwendige Bestandteile. Der Sender des Freya-Gerätes wurde hier durch Anwendung der Anodentastung (vgl. Geräte "Eber" I. f)) auf eine Leistung von 100 kW gebracht. Der Empfänger war der Freya-Empfänger. Empfänger und Sender arbeiteten über eine Simultananordnung auf die gleiche Antenne. Die Simultaneinrichtung war von der üblichen Bauart, als Schaltelemente wurden Funkenstrecken in einer Schutzgasatmosphäre benutzt.

Die Antenne bestand aus einem vertikalen $\lambda/4$ -Strahler, der auf einem Ausfahrgerät befestigt war (vgl. Abbildung). Als Gegengewicht des Strahlers diente eine ca. $\lambda/4$ lange zylindrische oder konische Manschette, die das Ausfahrgerät umgab. Die Verbindungsleitung von der Antenne zum Gerät bestand aus einem konzentrischen flexiblen Kabel, das durch

Lessing-Antenne

M 1:10

Ausführung I
mit zylindrischem
Gegengewicht



Ausführung II
mit konischem
Gegengewicht

den hohlen Schaft des Ausfahrgerätes in das Boot geführt wurde. Der Innenleiter war mit dem $\lambda/4$ -Strahler, der Aussenleiter mit dem Gegengewicht verbunden. Um ein Abstimmen des Gerätes auch bei getauchtem Boot zu ermöglichen, konnte durch einen Hochfrequenzumschalter eine künstliche Antenne, die durch einen 70 Ohm-Widerstand realisiert wurde, eingeschaltet werden. Die Abstimmung erfolgte dann nach künstlichen Zielzeichen, die in dem Gerät "Nixe" erzeugt wurden. Das Gerät "Nixe" arbeitete nach dem gleichen Prinzip der Laufzeitverzögerung des direkten Impulses wie der Zusatz "künstliches Ziel" des Hohentwiel-Empfängers, der unter b) 4.) näher beschrieben wird.

Die Erprobung eines ersten Funktionsmusters der Anlage "Lessing" ergab folgende Werte gegen ein Flugzeug.

Flughöhe	2000 m	1000 m	500 m
Reichweite bei 1,5-m Aufstellungshöhe	16 km	15 km	8 km
Reichweite bei 12 m Aufstellungshöhe	30 km	25 km	15 km

a 5.) Luftwarngerät "Hohentwiel-Lang".

Im Abschnitt b) 4.) wird das Hohentwielgerät, das seine hauptsächlichste Anwendung neben dem Einsatz als Luftwaffenbordgerät in der Seewarnung fand, näher erläutert werden. Es wird vorweggenommen, dass dieses Gerät in zwei Ausführungsformen auch zur Luftwarnung diene. Das im vorigen Abschnitt beschriebene Gerät "Lessing" hatte als Luftwarngerät für U-Boote vor allem dem Nachteil, dass die Ergebnisse mit einem hohen Aufwand an Raumbedarf, Gewicht und Leistung erkauft werden mussten. Aus diesem Grunde wurde für den gleichen Zweck, dem das Gerät "Lessing" diene, das wesentlich kleinere Hohentwielgerät versuchsweise herangezogen. Die Wellenlänge des Hohentwiel in seiner ursprünglichen Ausführungsform lag bei 54 cm. Der Wert dieser Wellenlänge war für den Anwendungsbereich als Luftwarngerät mit Runddipol für U-Boote zu klein, sodass das Gerät Hohentwiel für diesen Zweck auf die längere Welle von 1,80 m durch Änderung des Senders und des Empfängers umgestellt wurde.

166 MHz

Die sonstigen Einrichtungen des Gerätes blieben erhalten. Die Senderleistung des so umgestellten Gerätes lag in der Spitze bei etwa 30 kW. Die Tastfrequenz betrug ungefähr 50 Hz. Daraus folgt, dass die Ergebnisse des Gerätes Hohentwiel-Lang gegen Luftziele unter Verwendung eines Rundstrahlers die für das Gerät Lessing genannten Werte nicht erreichen konnten. Mit Rücksicht darauf, dass die durch das Gerät realisierten Warnreichweiten gerade noch die an diese Anlage gestellte Anforderung erfüllen konnten, erschien das Gerät Hohentwiel-Lang in der geschilderten Ausführungsform trotz der erwähnten Vorzüge für den vorgesehenen Anwendungszweck nicht geeignet, so dass dieser Plan über die Erstellung eines Versuchsmusters hinaus nicht weiter verfolgt wurde.

a 6.) Luftwarngerät "Hohentwiel" für U- und S-Boote.

Das Gerät "Hohentwiel" mit einer Wellenlänge von 54 cm wurde neben seinem im nächsten Abschnitt beschriebenen hauptsächlichsten Anwendungszweck als Seewarngerät auch für Luftwarnzwecke bei den genannten Schiffseinheiten herangezogen. Aus diesem Grunde seien hier die dabei erhaltenen Ergebnisse vorweggenommen, darüber hinaus aber auf die Beschreibung der Anlage unter b) 4.) hingewiesen.

Die Reichweiten des Hohentwielgerätes bei seinem Einsatz gegen Luftziele auf U- und S-Booten in Verbindung mit einer Antenne von 2 mal 4 λ -Dipolen mit Reflektorwand (S-Boot) und 2 mal 6 λ -Dipolen (U-Boot) bewegten sich bei Aufstellungshöhen von 8 m (S-Boot) und 6,5 m (U-Boot) bei 25 km gegen hoch fliegende Maschinen (1000 bis 2000 m Flughöhe) und gegen tief fliegende Maschinen (200 bis 300 m Flughöhe) bei etwa 10 km.

b) Seewarnung und Kennung.

b 1.) Die seetaktische Funkmessanlage.

Die seetaktischen Funkmessgeräte, die auf Überwasserschiffen von Vorpostenboot aufwärts Verwendung fanden, waren unter dem Namen "Gema-Anlagen" bekannt. Das Prinzipschaltbild gibt den elektrischen Teil der Anlage wieder. Die Geräte waren mit einem Peilumlaufgerät ausgerüstet, das im Abschnitt c) 1.) beschrieben wird.

Die Anlagen wurden mit einer Impulsfrequenz von 500 Hz getastet. Der Muttersummer war im Z-Gerät enthalten, das die folgenden Spannungen erzeugte:

1. Die phasenverschiebbare Ablenkspannung von 1 Volt für den Feinphasenschieber OK, das Beobachtungsggerät OB und das Feinpeilbeobachtungsggerät PB.
2. Die mit der Ablenkspannung synchrone Steuerspannung von 17 Volt, die im Steuergerät zu einem positiven Auftastimpuls von 2000 Volt umgeformt wurde. Die Impulsdauer betrug etwa 2,5 μ sec.

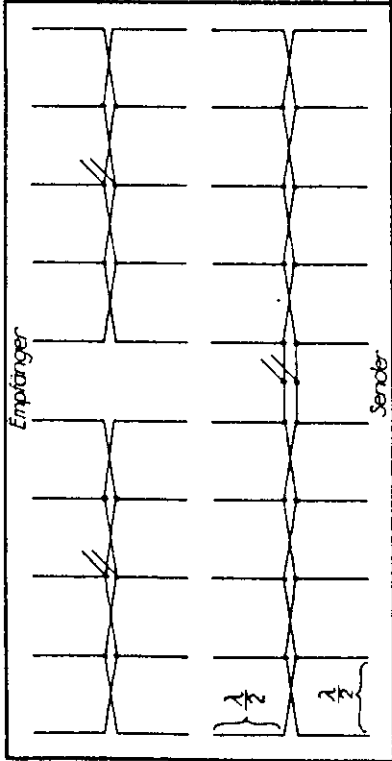
Der Sender war mit zwei Trioden der Type TS 6 bestückt und wurde gittergetastet. Zu diesem Zweck lag eine konstante negative Gittergleichspannung von minus 2000 Volt an den Gittern der Senderöhre, die nur für die kurze Zeitdauer des positiven Steuerimpulses zum Schwingen kamen.

Vom Z-Gerät ausgehend durchlief die phasenverschobene Ablenkspannung die als OK-Geräte bezeichnete Messkette und erzeugte die horizontale Ablenkspannung des Beobachtungsrohres des Gerätes OB sowie die horizontale Ablenkspannung des einen Strahlensystemes des Peilbeobachtungsggerätes PB.

Auf dem Braunschen Rohr des Gerätes OB wurde die Entfernungsmessung vorgenommen, indem an die vertikalen Ablenkplatten des Braunschen Rohres die im Empfänger verstärkte und gleichgerichtete Reflexionspannung des Zieles gelegt wurde und so zusammen mit der horizontalen Ablenkung durch die Tastfrequenz eine Abbildung des Reflexionsraumes nach Amplitude und Entfernung erfolgte. Dabei war die Verstärkung der horizontalen Ablenkspannung so gewählt, dass eine Übersicht über den Bereich von 25 km gewährleistet war.

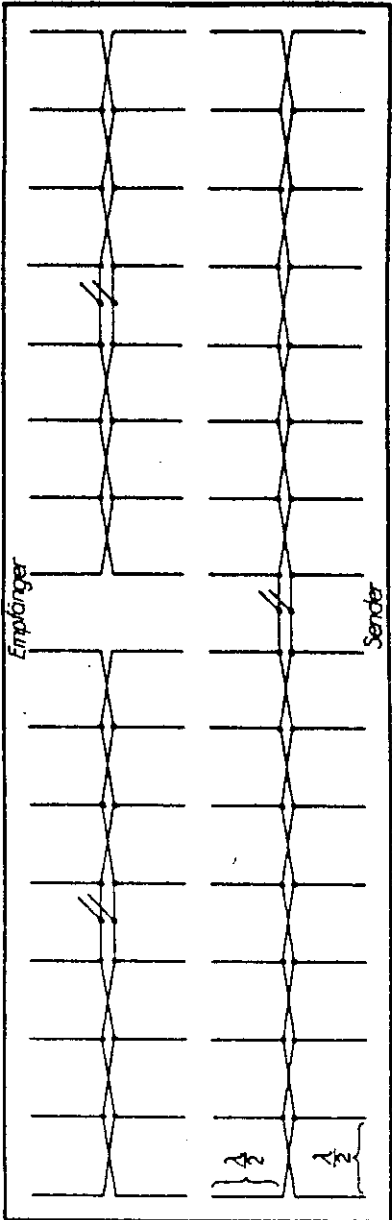
Antennen für 80 cm

Seetakt - Antenne
2 x 4 m



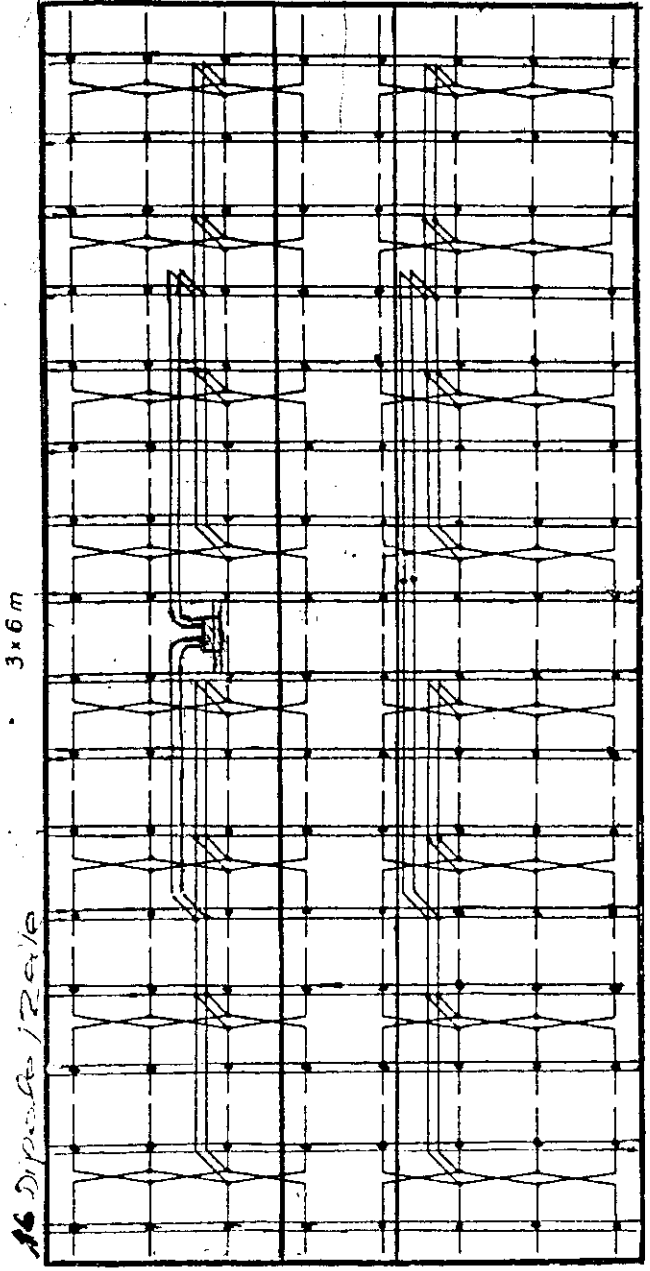
10 Dipole / Zeile

Calais - Antenne
2 x 6 m

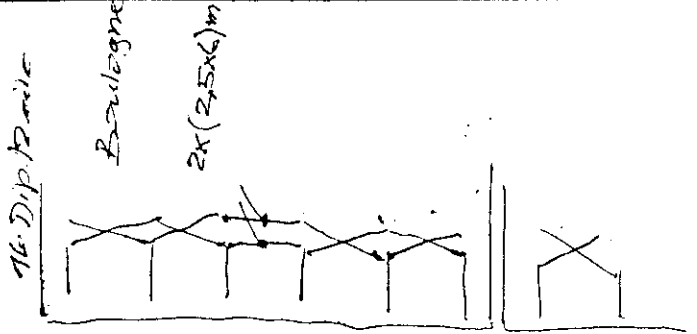


16 Dipole / Zeile

Seetakt - Antenne
3 x 6 m



16 Dipole / Zeile

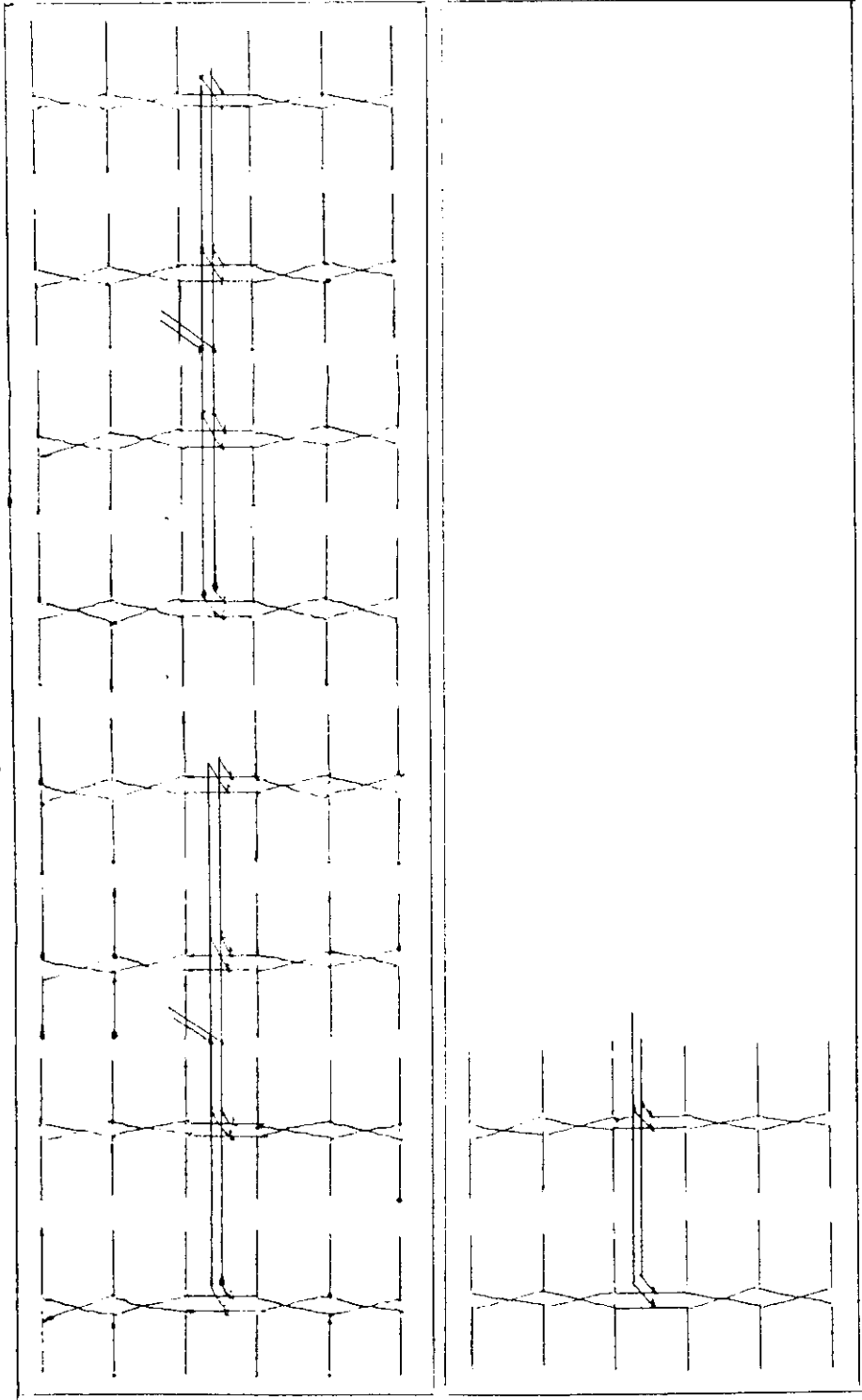


auf
Zerst.

R III

Evolution - Antenne

5 x 6 m



16 Spule je Zeile

etwas zu breit
geschneid

Auf dem Doppelstrahlrohr des PB-Gerätes wurde die genaue Peilung des Zieles vorgenommen, und zwar gab das Strahlensystem I des Braunschen Rohres ein Übersichtsbild aller in der angeschnittenen Peilrichtung liegenden Ziele und darüberliegend das Strahlensystem II das mit dem Peilumlaufgerät erzielte Peilbild (Minimumkurve) eines Einzelzieles wieder. Die horizontale Ablenkspannung des Übersichtssystems I war ebenso wie beim OB-Gerät sinusförmig, wobei die gesamte Entfernungsübersicht 40 km umfasste. Die horizontale Ablenkspannung des Peilbildes dagegen war eine zeitlineare Kippspannung. Sie wurde im Kipp-Gerät erzeugt und mit der Umlauffrequenz des WRG-Gerätes synchronisiert, die etwa 25 Hz beträgt. Ausserdem erfolgt im Kiv-Gerät noch die Verstärkung der elektrischen Nullmarke, die in dem Augenblick entstand, in dem der kapazitive Abgreifer des WRG-Gerätes die Mitte der Umwegleitung passiert.

Die Sendeantenne des Seetaktspiegels trug 10 spannungsgespeiste parallel geschaltete λ -Dipole, die Empfangsantenne dagegen war im Hinblick auf die Wirkungsweise des Peilumlaufgerätes in zwei Hälften unterteilt. Der horizontale Abstand der Speisepunkte der Empfangsantennenhälften betrug $5/2 \lambda$. Beide Antennenhälften waren über die Umwegleitung des Peilumlaufgerätes WRG verbunden, wobei die Minimumpeilung eine gegenphasige Polung der beiden Antennenhälften an den Anschlussstellen der Symmetrierglieder Sy 1 und Sy 2 erforderte.

Die Empfangsenergie wurde mittels des rotierenden Abgreifers längs der Umwegleitung des Gerätes WRG abgetastet, über den Empfänger N verstärkt und gleichgerichtet und auf die senkrechten Ablenkplatten der Beobachtungsrohre der Geräte OB und PB gegeben.

Genauigkeitsforderungen. Die Seetaktanlage wurde in erster Linie als Warngerät eingesetzt, die geforderte Peilgenauigkeit von $\pm 1/2$ Grad mit dem Feinpeilverfahren erreicht. Wegen der kleinen Antennendimensionen wurden die Anlagen in letzter Zeit auf kleineren Schiffen (M-Booten, Hilfsschiffen und dgl.) eingebaut, wobei zur Erzielung einer grösseren Reichweite die Sende- und Empfangsantenne von den Beobachtungsgeräten in der Höhe um 6 oder 12 m abgesetzt am Schiffsmast eingebaut war. (Abgesetzte schwere Drehsäulen.)

Erzielte Reichweiten:

Aufstellungshöhe über Wasser	geortete Ziele	max. Reichweite
10 m (Zerstörerverhältn- nisse)	Schlachtschiff 25000 to schwerer Kreuzer 10000 to kleiner Kreuzer 6000 to grosser Zerstörer	160 hm 140 hm 120 hm 100 hm
18 m (Kreuzerverhält- nisse)	Kreuzer 6000 to	180 hm
30 bis 35 m (schwerer Kreuzer bzw. Schlacht- schiffverhält- nisse)	Handeldampfer 10000 to Fischdampfer 500 to	230 hm 100 hm

Die Genauigkeit, mit der Entfernungen gemessen werden konnten, betrug etwa ± 100 m. Zur Vermeidung von grösseren Schwankungsfehlern musste dabei in gewissen Zeitintervallen eine Eichkontrolle durch Kurzschliessen der Messkette die Justierung des direkten Zeichens auf die Nullmarke des Beobachtungsrohres vorgenommen werden. Da die Kette in ihrer kleinsten Stufe in Einheiten von 50 m unterteilt war, konnte eine optimale Genauigkeit von ± 25 m gefordert werden. Dieser Forderung standen folgende Schwierigkeiten im Wege:

1. Die einzelnen Stufen der Kette können bei erträglichem Aufwand nicht absolut gleich dimensioniert werden.
2. Einfluss der Temperaturschwankung auf Kette und Beobachtungsgerät verursacht Phasenfehler.
3. Dauer und Form des reflektierten Impulses bedingen eine physiologisch gegebene Genauigkeitsgrenze.

b 2.) Seetaktische Anlage "Calais".

Die Anlage "Calais" unterschied sich von der Seetaktanlage des vorigen Abschnittes lediglich in der Antennenausführung. Da der Abstand der Speisepunkte der Empfangsantenne hier 4λ betrug und die Seitenpeilgenauigkeit proportional dem Abstand der Antennenschwerpunkte zunimmt, konnte mit dieser Anlage eine Peilgenauigkeit von $\pm 2/16$ Grad gefordert und auch erreicht werden. Voraussetzung dazu war, dass die Reflexionsamplituden mindestens den drei- bis vierfachen Wert der Empfängerrauschspannung aufwiesen. Zahlreiche Erprobungen ergaben, dass mit der vorliegenden Seitenbündelung der

Empfangsantenne die optimale Grenze der Seitenempfindlichkeit erreicht war. Eine Vergrößerung des Abstandes der Antennenschwerpunkte liessen zwar eine Peilgenauigkeit von $\pm 1/16$ Grad erwarten, die jedoch durch Schwankungserscheinungen des Peilbildes nicht realisierbar war. Diese waren darauf zurückzuführen, dass ein Ziel mit grösseren Horizontaldimensionen nicht als punktförmiger Reflektor aufgefasst werden kann, sondern als eine Gruppe von Reflexionsschwerpunkten, deren Wellenzüge an der Empfangsantenne als Aufpunkt miteinander interferieren. Da die Laufzeiten dieser einzelnen Wellenzüge sich durch die Bewegung des Zieles und die Veränderung der Atmosphäre während der Messung veränderten, trat auch eine dauernde Änderung in der Nulllage des Peilminimums ein.

Die Reichweitenergebnisse des Calais-Gerätes lagen den grösseren Antennendimensionen entsprechend etwa um 10 % höher als die für die Seetaktanlage genannten. Die E-Messgenauigkeit war die gleiche wie die des Seetakt-Gerätes, da die gleichen Geräte für diesen Messvorgang benutzt wurden.

Abweichend von der für das seetaktische Gerät beschriebenen Geräteausführung sollten die Calaisstände künftig mit einem Hochleistungssender im Wellenbereich zwischen $\lambda = 76$ bis 84 cm betrieben werden, dessen hochfrequente Spitzenleistung etwa 150 kW betragen sollte.

Bei einer Aufstellungshöhe der Calais-Antenne von $3,5$ m über dem Erdboden wurden bei Betrieb mit dem Hochleistungssender die folgenden Reichweiten erzielt:

Ziel	maximale Reichweite
Versuchsschiff "Strahl" ca. 2000 BRT	17 km
Amerikanische Flugzeugverbände bei Tageseinflügen	240 km

b3.) Seeziel-Warnanlage "Boulogne". 400 kW F.M.C. 5 herp. pol.

Die Anlage "Boulogne" unterscheidet sich in ihrem gesamten Aufbau und ihrer Funktion weitgehend von den vorstehend beschriebenen Funkmessgeräten, sodass eine prinzipielle ^{Beschreibung}/ihrer wesentlichen Teile erforderlich wird. Da es sich um ein noch in der Entwicklung befindliches Gerät handelt, wird von der Angabe technischer Einzelheiten in Form von Schaltbildern und Angabe der Dimensionierung von Einzelteilen Abstand genommen.

Das Gerät "Boulogne" ist ein Gerät mit extrem grosser Senderleistung, bei dem bewusst auf die Erzielung hoher Messgenauigkeiten verzichtet wird, mit dem dageg^{en} aber grosse Reichweiten erzielt werden sollten. Nachdem der benutzte Empfänger (normaler Empfänger der vorstehend beschriebenen Seetaktanlagen) bereits die Grenze der erreichbaren Empfindlichkeit erlangt hatte, musste die Senderleistung grössenordnungsmässig erhöht werden. Dies schien unter Anwendung der seither üblichen Tastverfahren, insbesondere der Gittartastung, nicht ohne weiteres möglich zu sein, da man dann gezwungen wäre, sehr hohe Tastspannungen bzw. Anodenspannungen zur Anwendung zu bringen, die sich nicht leicht meistern lassen. Es wurde daher grundsätzlich Anodentastung in der Form einer Funkenstreckentastung angewandt, wobei durch Anwendung des Prinzips der Spannungsvervielfachung die Herstellung hoher Gleichspannungen vermieden werden konnte und die tatsächlich erforderliche Tastspannung von 30 kV erst an der Anode des Senders auftrat. Dies wurde durch eine Kaskadenschaltung von drei Kondensatoren erreicht, die in Parallelschaltung mit Gleichspannung von 10 kV geladen und in Serienschaltung entladen wurden, sodass die dreifache Ladespannung als Tastspannung am Sender zur Verfügung stand. Die Dauer des Tastimpulses war gegeben durch die Dauer des Funkenstromes. Da sich diese Zeitdauer durch einfaches Parallelschalten von Widerständen geeigneter Grösse zur Kathoden-Anodenstrecke des Senders leicht auf die notwendige Grösse von etwa 2 μ sec bringen lässt, eignete sich diese einfache Anordnung gut zur Tastung von Hochleistungssendern. Um einen definierten Einsatz der Zündung der Funkenstrecken zu erreichen, wurde bei dem vorliegenden Gerät eine Hilfsspannung zur Anwendung gebracht, die aus der Betriebswechselfspannung der ganzen Anlage entnommen wurde und der an den Funkenstrecken liegenden Gleichspannung überlagert wurde. Dementsprechend betrug die Tastfolge der Anlage 50 Impulse pro Sekunde. Die zur Verwendung gelangenden Funkenstrecken waren einfachste Luftfunkenstrecken

wie sie zur Sicherung von Hochspannungsgeräten gegen Überspannung allgemein gebräuchlich sind.

Der Sender hatte hochfrequenzseitig einen Ausgangswiderstand von 70 Ohm, sodass er an dem für die Seetaktanlagen gebräuchlichen Antennentypen benutzt werden konnte. Von der Entwicklung eines Simultanbetriebes wurde im Hinblick auf die erhebliche Hochfrequenzleistung des Senders (400 kW) und die sich daraus ergebenden konstruktiven Schwierigkeiten zunächst abgesehen. Eine Erhöhung der Senderleistung bis auf etwa 1000 kW war geplant. Der Sender, bestehend aus Tastfunkenstrecken mit Hochfrequenzteil, war zur Vermeidung langer Speiseleitungen direkt hinter der Senderantenne montiert.

Die Auswahl der Tastfolge zu 50 Hz geschah im Hinblick auf die geforderte grosse Tastleistung und die beschränkte Anodenbelastbarkeit der Senderohre. Es bestand jedoch keine Unklarheit darüber, dass eine grössenordnungsmässige Herabsetzung der Tastfolge in der Lesbarkeit und Auswertbarkeit der Zielreflexe eine Verschlechterung und damit eine Verringerung der Reichweite gegenüber einem Betrieb mit 500 Hz bringen würde. Nach bekannten experimentellen Untersuchungen ist der Zusammenhang zwischen dem zur Anzeige notwendigen Signalspannungsbedarf eines Empfängers und der Tastfolge dadurch gegeben, dass dieser Signalspannungsbedarf im Bereich zwischen 20 und 700 Hz umgekehrt der 4. Wurzel aus dem Verhältnis der Tastfolge proportional ist.

Die Funkenstreckentastung machte es erforderlich, das Verfahren der Entfernungsanzeige grundlegend zu ändern. Im Hinblick darauf, dass der Synchronismus zwischen der Aussendung des Impulses und dem Beginn der Zeitschreibung auf dem Braunschen Rohr erhalten bleiben muss, wurde, da bei diesem Gerät die Impulsgewinnung selbständig arbeitete, zur Synchronisierung des Zeitmassstabs der Tastimpuls selbst verwandt. Es war daher ein Kippgerät erforderlich, das eine (etwa) zeitlinear ansteigende Spannung entsprechender Dauer liefert, deren Entwicklungsbeginn jeweils durch den Beginn des Tastimpulses freigegeben wird. Das in dem Gerät "Boulogne" befindliche nach diesem Verfahren arbeitende Entfernungsmessgerät gestattete die Einstellung von drei Bereichen 15, 30 und 150 km. Wie zu erwarten war, war die erzielbare Bildhelligkeit entsprechend der geringen Schreibhäufigkeit gegenüber einem Betrieb mit 500 Hz wesentlich geringer.

Die Versuchsergebnisse waren unter Berücksichtigung der Tatsache, dass das Gerät eine Neuentwicklung darstellte, befriedigend. Störung der elektrischen Funktionen traten selten auf. Die mit der

Anlage "Boulogne" durchgeführten Reichweitenversuche ergaben, dass die Grenzreichweite nicht sehr wesentlich (ca. 20 %) höher lag als die mit der normalen Seetakt-Anlage bei gleicher Aufstellungshöhe erzielten Werte. Jedoch waren die Ziele auch hart an der Grenze der Reichweite noch mit erheblichen Amplituden auffassbar, während bei der normalen Seetakt-Anlage die Amplitudenabnahme schon weit vor Erreichen der Grenzreichweite so bedeutend war, dass ein Auffassen eines Zieles sehr erschwert wurde. Da das Gerät "Boulogne" als Orientierungsgerät dienen sollte, scheint dieser Umstand von erheblicher Bedeutung, da das Auffassen der Ziele auch hart an der Grenzreichweite möglicherweise erleichtert wird.

An für dieses Gerät typischen Fehlern ist im wesentlichen nur eine Witterungs- und Luftfeuchtigkeitsabhängigkeit der Tastfunkenstrecken zu vermuten, der durch Einführung an sich bekannter Feldverzerrungselektroden entgegengewirkt werden sollte. Dahingehende Beobachtungen konnten jedoch während der Erprobungszeit noch nicht gemacht werden. Die geringe Tastfolge führt zu einem Flimmern des Bildes, das vermutlich durch Einführung von Anzeigeröhren mit nachleuchtendem Bildschirm hätte beseitigt werden können. Bezüglich der Betriebsstabilität der gesamten Anlage konnten keine Klagen geführt werden.

b 4.) Die seetaktischen Funkmessgeräte der U-Boote, S-Boote und Vorpostenschiffe.

Der Forderung der Seekriegsleitung entsprechend, die U-Boote auch bei Nacht und Nebel sehend zu machen, und ihnen die Fühlung am Geleit zu erleichtern, wurden schon frühzeitig die ersten Versuche unternommen, U-Boote mit Funkmessgeräten auszurüsten. FuMO 29

Es wurden dazu die seetaktischen Anlagen herangezogen, die auch auf grösseren Überwasserschiffen Verwendung fanden und unter 1.) beschrieben worden sind. Lediglich die Antenne wurde den Forderungen des U-Bootseinsatzes angepasst. Die Antenne wurde fest mit dem Schanzkleid verbunden und strahlte schiffvoraus. Eine beschränkte Schwenkung der Antennencharakteristik wurde durch Vorsehung eines einfachen Laufzeitkompensators ermöglicht, der ein Ausschwenken von ± 10 Grad zuließ.

Diese Anlage ebenso wie die mit ihr erzielten Ergebnisse und Reichweiten befriedigten jedoch nicht, sodass dieser Weg nach kurzer Zeit verlassen wurde und auf der Basis der gleichen Geräte die U-Boote mit einer Drehspiegelanlage ausgerüstet wurden. FuMO 30 Die Drehspiegelanlage hatte eine Antenne von 2 mal 4 $\lambda/2$ -Dipolen mit Reflektorwand, die auf einem Ausfahrerschaft an Backbordseite des Bootes angebracht war und im ausgefahrenen Zustand bei aufgetauchtem Boot etwa 6,5 m über Wasser stand. Die Antenne konnte um ± 180 Grad mechanisch von Hand geschwenkt werden. Diese Anlage gab die Möglichkeit, sowohl See- wie Luftziele über den ganzen Horizont aufzufassen. Entsprechend der geringen Leistung des Senders und der kleinen Antennenfläche waren die Ergebnisse nicht hinreichend. So wurden gegen Seeziele (2000 BRT) etwa 6 bis 7 km Reichweite erzielt und gegen hoch fliegende Luftziele etwa 15 km. Die Peilgenauigkeit dieser Anlagen betrug ± 2 Grad, die Arbeitsfrequenz 370 MHz.

Die von den seetaktischen Anlagen der grösseren Überwassereinheiten für den Einsatz auf U-Booten übernommenen Geräte waren für diesen Verwendungszweck zu gross und in ihrer Ausführung den besonderen Gegebenheiten eines U-Bootbetriebes nicht angepasst, sodass die Ausrüstung der U-Boote mit diesen Geräten bald verlassen wurde und auf ein Gerät in Luftwaffenausführung zurückgegriffen wurde. Für den Einsatz auf U-Booten wurde daher das Gerät Hohentwiel mit einer Wellenlänge von 54 cm herangezogen, wobei neben der Verkleinerung der Anlage auch eine Erhöhung der Reichweite und Peilgenauigkeit ermöglicht werden sollte.

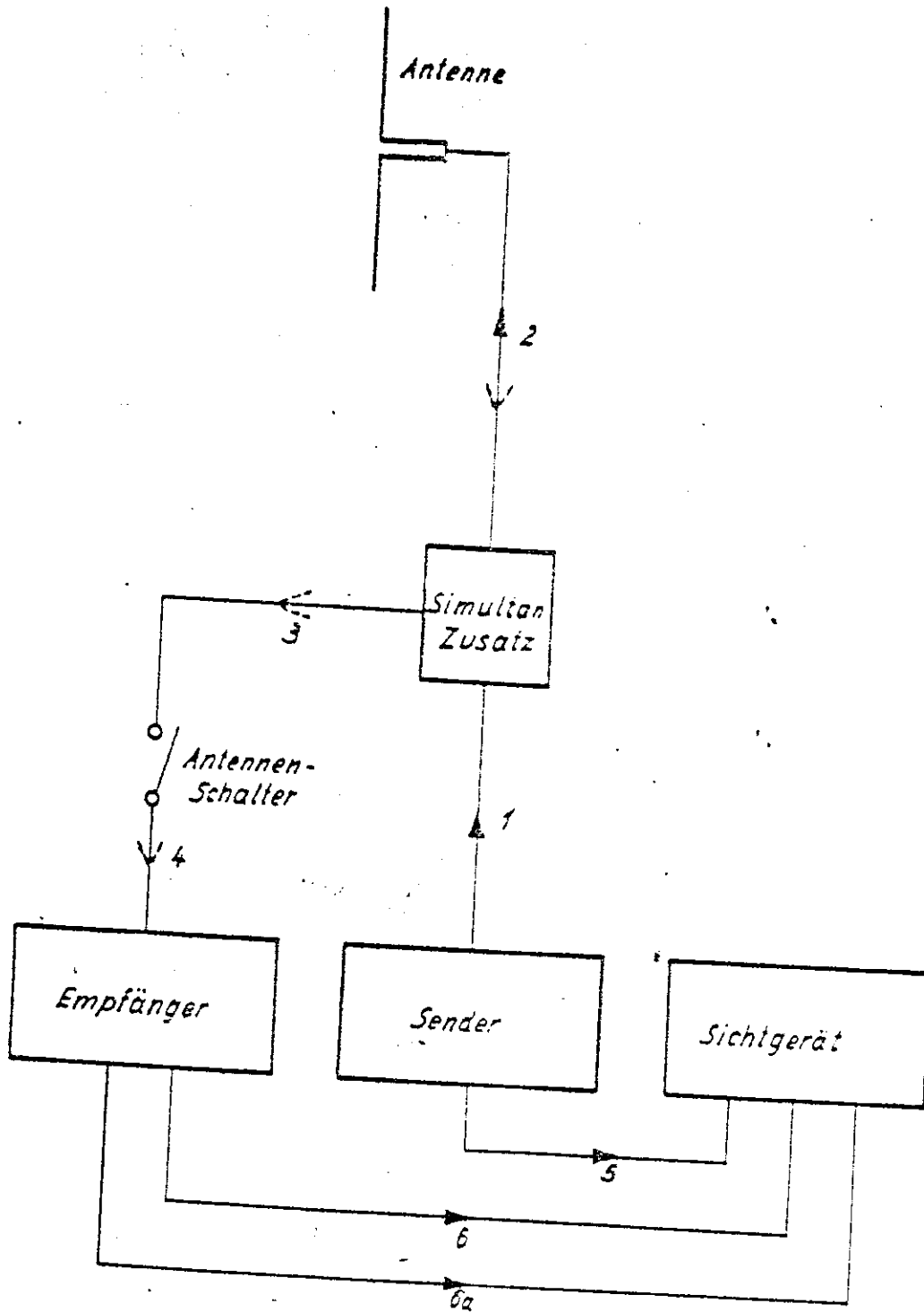
Das Gerät Hohentwiel besteht aus einem anodengetasteten Dezimeter-sender im Gegentakt. Die Senderöhren sind indirekt geheizt. Die Tastung erfolgt durch ein frei kippendes Thyatron-Tastgerät mit einer Tastfrequenz von etwa 50 Hz. Der Sender leistet in der Spitze ungefähr 30 kW. Der Empfänger ist ein Überlagerungs-empfänger mit zweifacher Zwischenfrequenz, in dessen Eingang die Mischung mit einer fernabstimmbaren Oszillatorfrequenz in einer Diode erfolgt. Der Empfänger hat einen symmetrischen Gegentaktausgang und arbeitet auf ein direkt anzeigendes Sichtgerät mit den umschaltbaren Entfernungsmessbereichen von 15 und 150 km. Die Zeitablenkung des Sichtgerätes hat exponentiellen Verlauf.

Zur Ermöglichung der Abstimmung des Gerätes auch bei fehlenden Zielen ist in dem Empfänger ein künstliches Ziel vorgesehen, das in Verbindung mit einem Quarz und einem Laufzeitglied durch mehrfache Reflexion das direkte Zeichen mit einer durch die Laufzeit gegebenen konstanten Zeitdifferenz mehrfach verzögert und neben der Möglichkeit der Abstimmung auch eine Kontrolle der Entfernungseichung des Sichtgerätes zulässt. Um bei vorgeheiztem Gerät die Ausstrahlung des Empfängeroszillators zu verhindern, ist der Empfänger von der Antenne abschaltbar. Der Schalter wird nur bei Betrieb der Anlage geschlossen.

Genäss der Konstruktion dieses Gerätes für Luftwaffeneinsatz wird die Anlage generell mit 24 Volt Gleichspannung betrieben, aus der über einen Umformer die zum Betrieb notwendige Wechselspannung in Form von 36 Volt Drehstrom 500 Hz gewonnen wird. Die Gleichspannung für die Röhrenheizung und den Betrieb des Abstimm-Motors wird direkt der 24 Volt Batterie entnommen. Da auf U-Booten 24 Volt nicht zur Verfügung stehen, erhielt die Anlage für den Betrieb an Bord dieser Schiffe einen Umformer, der aus dem Bordnetz den Drehstrom von 36 Volt 500 Hz erzeugt und ein Netzgerät, das aus 220 Volt Wechselspannung 24 Volt Gleichspannung für die Röhrenheizung und den Betrieb des Abstimm-Motors herstellt. In neuerer Zeit wurde dieses Gerät für einen ausschliesslichen, direkten Betrieb mit 220 Volt 50 Hz Wechselspannung umgestellt.

Durch Verkleinerung der Wellenlänge war es möglich, auf der auf dem Ausfahrgerät der vorstehend beschriebenen Anlage untergebrachten Antennenfläche von $1,4 \times 1 \text{ m}^2$ mal 6 λ -Dipole in vertikaler Polarisation unterzubringen. Dadurch stieg die Bündelung gegenüber den bisher mit den Geräten der Seetaktanlage betriebenen Antennen sowohl in der Horizontalen wie in der Vertikalen. Die Antenne wurde anfangs mit getrennten Zeilen für

Blockschaltbild des Gerätes „Hohentwiel“



Blockschaltbild des Gerätes „Hohentwiel“

- Pos.1 Kabel vom Sender zum Simultangerät.
- Pos.2 Kabel vom Simultangerät zur Antenne.
- Pos.3 Kabel vom Simultangerät zum Antennenschalter.
- Pos.4 Kabel vom Antennenschalter zum Empfänger.
- Pos.5 Synchronisierimpuls zum Sichtgerät.
- Pos.6 } Symmetrischer Empfängeranfang zum Sichtgerät
- Pos.6a }

Sender und Empfänger betrieben, dann aber durch Zusammenfassung der beiden Zeilen zum Simultanspiegel die gesamte Antennenfläche in Verbindung mit einem Simultanzusatz ausgenutzt. Der Simultanzusatz besteht aus zwei Gasentladungsstrecken, die bei der Sendertastung zünden und den Empfänger von dem Energieversorgungskabel zur Antenne abschalten, im gelöschten Zustand aber den Sender von der Antenne abschalten und den Weg der Empfangsenergie zum Empfänger freigeben.

Mit der Hohentwiel-Anlage wurden bei einer Aufstellungshöhe von 6,5 m folgende Ergebnisse erzielt: Reichweiten gegen Seeziele (2000 BRT) etwa 8000 m. Bei der simultan betriebenen Anlage stiegen die Reichweiten gegen Seeziele um etwa 20 %. Die Peilgenauigkeit betrug ± 1 bis 1,5 Grad und war im wesentlichen durch die Genauigkeit des mechanischen Antriebs bedingt. *Gegen Luftziele s. S. 93!*

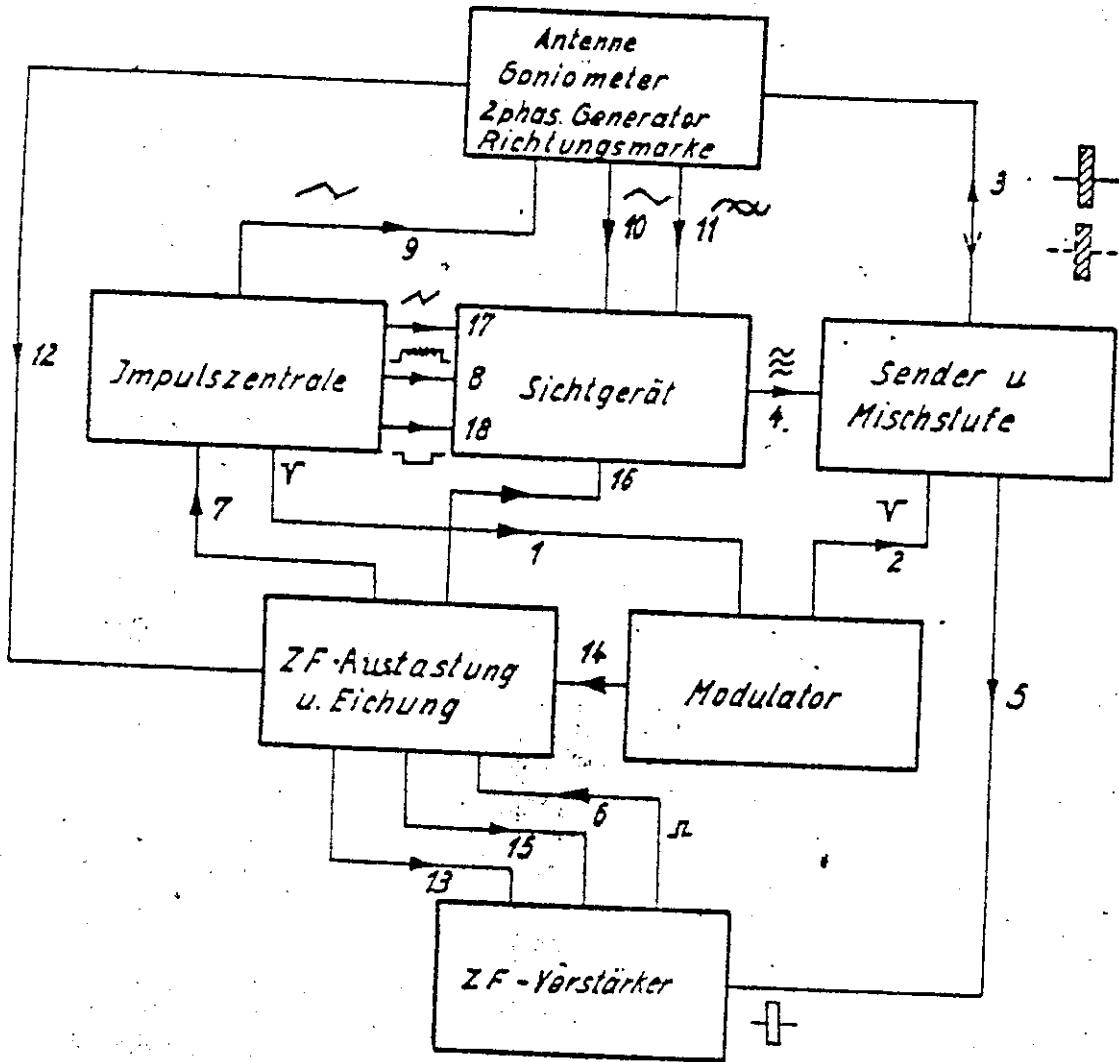
An der Hohentwiel-Anlage war die Möglichkeit vorgesehen, in dem Bereich von 52,5 bis 55 cm einen stetigen Frequenzwechsel vorzunehmen. In diesem Bereich war die Antenne breitbandig, sodass bei Frequenzwechsel ihr Fusspunktwiderstand praktisch konstant blieb und nur der Empfänger nachgestimmt zu werden brauchte.

In dem Masse, in dem die Bedeutung der Zentimetergeräte im aktiven Funkmessdienst zunahm, wurde auch ihr Einsatz für U-Boote erwogen. -Als Gerät kam dafür in ähnlicher Weise wie schon bei der Übernahme des Gerätes Hohentwiel für seetaktische Funkmesszwecke eine von der Luftwaffe entwickelte Anlage in Betracht, die unter dem Namen "Berlin" in der deutschen Funkmesstechnik bekannt war.

Das Gerät "Berlin" ist in seinem ursprünglichen Verwendungszweck als Bodenbetrachtungsgerät für Flugzeuge gedacht. Das Gerät setzt sich wie in dem Blockschaltbild angegeben aus den folgenden einzelnen Bausteinen zusammen:

1. Impulzentrals
2. Zwischenfrequenzverstärker- und Eichstufe
3. Zwischenfrequenzverstärker
4. Netzgerät für 1., 2. und 3.
5. Sender mit Tast- und Mischstufe
6. Modulatorstufe
7. Netzgerät für 5. und 6.
8. Sichtgerät
9. Antennenanordnung
10. Steuergerät
11. Spannungsregelteil
12. Verteiler.

Blockschaltbild des Gerätes „Berlin“



Blockschaltbild des Gerätes „Berlin“

- Pos.1 Synchronisierimpuls für Modulator.*
- Pos.2 Zündimpuls für Taströhre.*
- Pos.3 Antennenleitung für Sender u. Empfänger.*
- Pos.4 Oszillatorspannung für Mischung.*
- Pos.5 Zwischenfrequenzleitung von der Vorstufe zum ZF-Verstärker.*
- Pos.6 Bildinhalt (NF-Ausgang)*
- Pos.7 Bildinhalt u. Marken*
- Pos.8 Bildinhalt u. Marken u. Hellstastimpuls.*
- Pos.9 Zeitablenksägezahn zum Goniometer.*
- Pos.10 Zeitablenksägezahn vom Goniometer zum Panoramarohr.*
- Pos.11 Zweiphasenspannung zur Sägezahndrehung.*
- Pos.12 Leitung für Richtungsmarke.*
- Pos.13 Richtungsmarke zum ZF-Verstärker.*
- Pos.14 Steuerimpuls für ZF-Austastung u. Eichung.*
- Pos.15 ZF-Austastimpuls.*
- Pos.16 Höhen bzw. Entfernungsmarke für Meßrohr.*
- Pos.17 Zeitablenkung für Meßrohr.*
- Pos.18 Hellstastimpuls für Meßrohr.*

Die einzelnen Bausteine des Gerätes "Berlin" sind zu zwei Gruppen zusammengefasst, von denen die erste die Impulzentrale, den Zwischenfrequenzverstärker, den Zwischenfrequenzaustast- und Markenteil sowie das zugehörige Netzgerät enthält. In der zweiten Gruppe ist der Magnetronsender, der Modulator und die Zündstufe sowie ausserdem empfangsseitig der Mischteil mit Zwischenfrequenzvorstufe und je einen Hoch- und einen Niederspannungsnetzgerät zusammengefasst.

Das Antennengerät besteht aus der eigentlichen Antenne, die durch vier dielektrische Strahler dargestellt wird, dem Goniometer, dem Zweiphasengenerator, dem Richtungsmarkenkontakt sowie dem Antriebsmotor.

In dem Sichtgerät sind die beiden Braunschen Rohre (Panoramarohr und Messrohr) mit den notwendigen Bedienungsknöpfen sowie der Überlagererteil, der aus einem Magnatron mit zugehörigen Topfkreis besteht, zusammengefasst. Zur Abstimmung des Oszillators zur Erzeugung der Zwischenfrequenz ist die mit dem Oszillator verbundene Topfkreiskapazität durch einen Drehknopf von Hand einstellbar.

Das Steuergerät enthält alle notwendigen Schalter und Drucktasten zur Inbetriebnahme des gesamten Gerätes, wobei der jeweilige Teilstand der Anlage durch Kontrolllampen angezeigt wird. Im Spannungsregelteil sind ein Kohledruckregler sowie einige Schaltrelais vorgesehen. Der Kohledruckregler hat die Aufgabe, die Betriebsspannung des Gerätes konstant auf 80 Volt zu halten. Die Frequenz der Betriebsspannung des Gerätes beträgt 500 Hz. Diese Spannung wird einem Motorgenerator entnommen, der entsprechend der Verwendung der Anlage als Luftwaffengerät für eine primäre Speisung durch 24 Volt Gleichspannung angeschlossen ist.

In der Impulzentrale erzeugt ein Multivibrator eine Rechteckspannung von 1500 Hz, aus der ein Kippstrom zur Speisung des Goniometers und ein Synchronisierimpuls für den Multivibrator der Zündstufe gewonnen wird. Die Zündstufe erzeugt einen ca. 7 kV hohen negativen Impuls zur Zündung des Fastrohres, das über einen Impulstransformator eine Laufzeitkette zur Gewinnung eines rechteckigen Tastimpulses entlädt. Der Impulstransformator liefert einen negativen Tastimpuls von 18 kV, der an die Kathode des Magnetrons gegeben wird. Eine Auskoppelvorrichtung überträgt die Sendenergie über eine Abgleichvorrichtung, und das Speisekabel zur Antenne.

Der von einem Ziel reflektierte Impuls gelangt über dieselbe Antenne und dem gleichen Speiseweg über eine Sperrvorrichtung, in den Mischkreis, in dem durch einen Detektor aus der Empfangsfrequenz

und der aus dem Sichtgerät zugeführten Oszillatorfrequenz die Zwischenfrequenz erzeugt wird. Diese Zwischenfrequenz wird vorverstärkt und über ein Kabel dem eigentlichen Zwischenfrequenzverstärker zugeführt. Es erfolgt Gleichrichtung und Mischung der niederfrequenten Ausgangsspannung mit der Entfernungs- und Richtungs-marke. Der so gewonnene "Bildinhalt" wird erneut der Impulszentrale zugeführt, wo er einem Halbtastimpuls aufmoduliert wird. Diese Spannung steuert nach Verstärkung über einen regelbaren Bildverstärker den Wehneltzylinder des Panoramarohrs.

Die in der Impulzentrale erzeugte Stromkipppamplitude wird dem mit der Antenne verbundenen Goniometer zugeführt. Das Goniometer läuft synchron mit der Antenne mit einer Umdrehungszahl von 400 pro Minute und formt die Stromkipppamplitude zu den Komponenten eines mit der Antenne umlaufenden Drehfeldes um. Durch dieses Drehfeld wird eine magnetische Ablenkung der Phase des Radiusvektors am Panoramarohr erzeugt. Ein ebenfalls von dem Antennenmotor angetriebener Zweiphasengenerator liefert ein zweites Drehfeld, das einem zweiten Paar von Ablenkspulen zugeführt wird und eine Verlagerung des Ruhepunktes des Leuchtflecks in die halbe Amplitude des Radiusvektors erzeugt. Die von der Antenne abgegebene Spannung zur Kennzeichnung der Vorausrichtung läuft über die Zwischenfrequenz- Austast- und Eichstufe in den Zwischenfrequenzverstärker und wird von dort auf dem beschriebenen Weg dem Bildinhalt zugeführt.

Die Höhen- und Entfernungsmarken werden durch zwei von der Zündstufe gesteuerte Multivibratoren in der Zwischenfrequenzaustast- und Eichstufe erzeugt. Der Empfänger wird während der Sendedauer durch einen Zwischenfrequenzaustastimpuls gesperrt. Das Messrohr erhält eine, mit der Trastfrequenz synchrone horizontale Zeitablenkung, der in vertikaler Richtung neben den reflektierten Zeichen eine von Hand einstellbare Messmarke zur Ermittlung der Entfernung überlagert wird. Diese Entfernungsmesseinrichtung besteht aus einem in einer Laufzeitkette erzeugten Impuls, dessen zeitlicher Einsatz durch die Verlagerung des Arbeitspunktes eines Rohres an einer Messtrommel einstellbar ist und die Entfernungsmessung mit einer Genauigkeit von ± 200 m ermöglicht.

Die vorstehend beschriebene Anlage "Berlin" wurde für ihren Einsatz auf U-Booten etwas abgeändert. Diese Änderungen bezogen sich nur auf die Antenne, die in ihrer Ausbildung für den genannten Verwendungszweck druckdicht gemacht wurde. Als Material für die dielektrischen Strahler kam dafür Vachalon (Hochgradig polymerisiertes Oppanol) in Frage, das neben der Seewasserbeständigkeit auch günstige dielektrische Eigenschaften aufweist. Die Berlin-Anlage auf U-Booten war in zwei Ausführungsarten geplant: einmal mit einer langsam drehenden Antenne mit einer Umdrehungszahl von etwa 25 Umdrehungen pro Minute, die zweite Form mit einer schnell drehenden Antenne mit einer Umdrehungszahl von 300 bis 400 Umdrehungen pro Minute. Darüber hinaus unterschieden sich die Anlagen nicht.

Die Zentimetergeräte in der geschilderten Ausführungsform ermöglichten es, zu Ergebnissen zu gelangen, die den an diese Geräte gestellten Anforderungen in ihrem Einsatz gegen Seeziele nahe kamen. Bei Panoramabetrieb ergaben sich Auffassreichweiten gegen Seeziele von 2000 BRF bei einer Aufstellungshöhe von 7 m von etwa 10 km und zwar sowohl bei der langsam drehenden wie auch bei der schnell laufenden Antenne, wobei lediglich die Bildqualität des Gerätes mit der schnell laufenden Antenne höher zu bewerten war. Die Peilgenauigkeit des im Panoramrohr aufgefassten Zieles konnte mit $\pm 1,5$ Grad angegeben werden.

Entsprechend der durch die Rotation der Antenne gegebenen Impulsverdünnung in der Anstrahlung eines Zieles bei Panoramabetrieb stiegen die Reichweiten bei Stillsetzung der langsam laufenden Antenne und Aufnahme eines Suchbetriebes von Hand und der dadurch möglich gewordenen Abtastung des Zieles mit der vollen sekundlichen Impulsfolge um etwa 20 bis 30 %. Ergebnisse gegen Luftziele konnten nur vereinzelt bei sehr tief fliegenden Maschinen in Entfernungen bis zu 10 km erhalten werden.

S-Boote.

Die gleiche Anlage Hohentwiel, die auf U-Booten Verwendung fand, wurde auch für den Einsatz auf S-Booten herangezogen. Unterschiedlich von dem Betrieb dieser Anlage auf U-Booten waren nur die Stromversorgung und die Antenne. Die Stromversorgung erfolgte hier in der vorgesehenen Form einer zentralen Speisung aus einer 24 Volt Batterie über einen Umformer, der die notwendige Wechselspannung von 36 Volt 500 Hz Drehstrom lieferte.

Entsprechend der auf den S-Booten vorhandenen grösseren Raumbeschränkung musste die Antenne verkleinert werden und erhielt 2 mal 4 λ -Dipole in vertikaler Polarisation mit Reflektierwand oder

Reflektordipolen. Die Antenne war auf einem Teleskopmast montiert und konnte etwa 8 m über Wasser ausgefahren werden. Entsprechend dieser grösseren Ausfahrhöhe wurde der durch die Verkleinerung der Antennenfläche gegenüber der U-Bootsanlage bedingte Reichweitenverlust ungefähr wieder ausgeglichen, sodass die mit dieser Anlage auf S-Booten gegen See- und Luftziele erreichten Ergebnisse denen beim Einsatz dieser Anlage auf U-Booten erhaltenen ungefähr entsprachen.

Berlin / S-Boote
Die Anlage Berlin, deren Einsatz auf U-Booten erprobt wurde, war auch für S-Boote vorgesehen und zwar in der gleichen Form wie sie bei der Luftwaffe als Bodenbetrachtungsgeschütz Verwendung fand. Eine Abänderung der Antenne, die für U-Boote notwendig war, konnte hier entfallen, da die Antenne mit Trolitulstielstrahlern und Plexiglashaube auch den Anforderungen eines Einsatzes auf S-Booten gerecht wurde. Da sich diese Anlage nur in der Ausführungsform der Antenne von der U-Bootsanlage unterscheidet, entsprachen die mit ihr erhaltenen Ergebnisse den bereits für den Betrieb auf U-Booten genannten Werten.

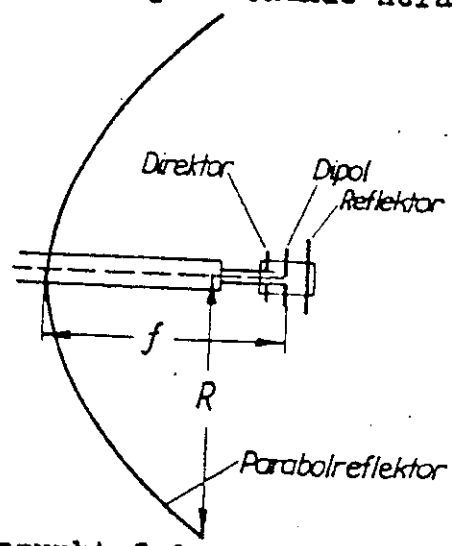
Hohentwiel K
In Verbindung mit einer Antenne grösseren Ausmasses fand die Anlage Hohentwiel auch auf grösseren Überwasserschiffen (Vorpostenbooten, Torpedobooten und dgl.) Verwendung. Die Antenne hatte Ausmasse von 2 x 2,4 m und war mit acht Zeilen zu je 5 λ -Dipolen in horizontaler Polarisation bestückt. Die Antenne hatte eine Reflektorwand und entsprach in dem Bereich der Wellenlänge von 52,5 bis 55 cm den durch die Möglichkeit des Frequenzwechsels gegebenen Forderungen nach Breitbandigkeit. Die Antenne konnte durch Zusammenschalten der beiden Zeilen mit Hilfe eines Transformationsgliedes simultan betrieben werden.

Die mit dieser Antenne in Verbindung mit dem Gerät Hohentwiel erhaltenen Ergebnisse entsprachen den an sie gestellten Forderungen, indem bei Aufstellungshöhen von etwa 15 m gegen Zerstörer Reichweiten von etwa 15 km erzielt werden konnten. Dagegen störte besonders bei nahen Zielen die durch die starke Bündelung hervorgerufenen zahlreichen Nebenblätter der Antennencharakteristik bei der Identifizierung von Einzelzielen erheblich.

5.) Seeswarngerät "Berlin-Land".

Eine Erhöhung der Reichweite und der Peilgenauigkeit sowie der Auflösung des Panorambildes des bereits beschriebenen Berlin-Gerätes lässt sich durch Verwendung einer Antenne mit stärkerer Bündelung erzielen. Dieser Weg wurde bei dem Gerät "Berlin-Land" beschritten.

Zur gerichteten Energieabstrahlung wird dabei eine Dipolanordnung mit zusätzlichem Reflektor und Direktor in Verbindung mit einem parabolischen Reflektor benutzt, die über eine konzentrische Rohrleitung mit einem Wellenwiderstand von 70 Ohm gespeist wird. Um eine Panoramaabbildung der im Umkreis befindlichen Ziele zu ermöglichen, ist die gesamte Anordnung in der Äquatorialebene eingerichtet mit einer Umdrehungszahl von 1/3 pro Sekunde. Die Umdrehungszahl kann bei der genügend langen Nachleuchtdauer des Panoramarohres auch bis 1/6 pro Sekunde herabgesetzt werden.

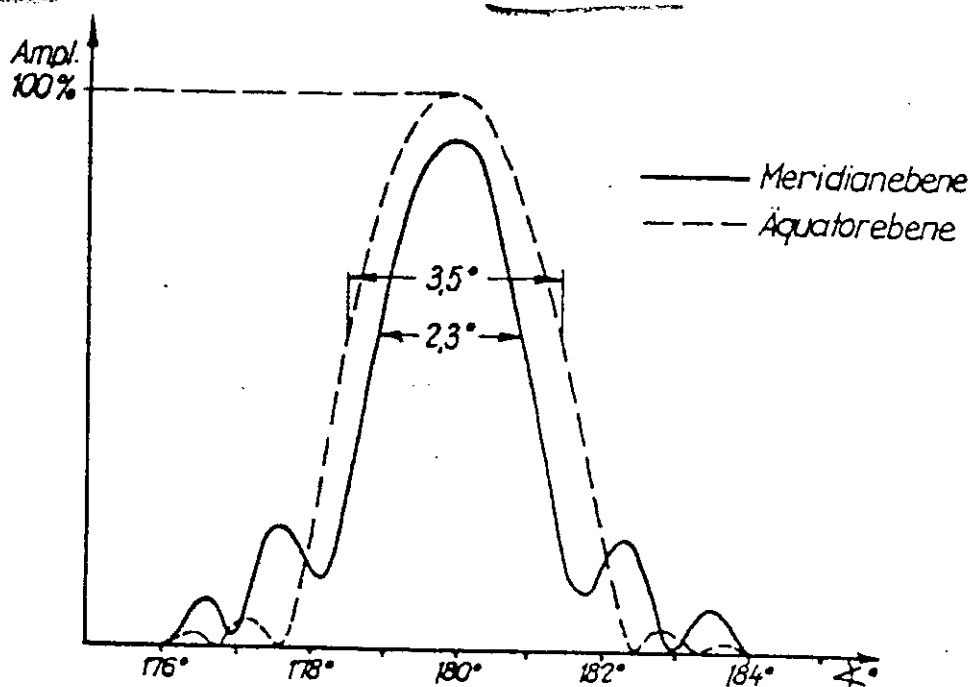


Der Dipol ist im Brennpunkt f des Parabolreflektors angebracht. Der parabolische Reflektor hat die folgenden Dimensionen:

- Spiegelöffnung $2R = 300$ cm
- Brennpunktsmass $f = 88$ cm
- Parameter $2p = 352$ cm
- relatives Öffnungsmass $p^2/R^2 = 1,37$.

Neben dem Hauptmaximum der Charakteristik treten links und rechts jeweils in der Äquator- und Meridianebene zwei Nebenmaxima auf. Prozentual beträgt die Grösse des ersten Nebenmaximums bei vertikaler Polarisation 20 % und des zweiten Nebenmaximums 9 % des Hauptmaximums. Bei horizontaler Polarisation ist der Anteil des ersten Nebenmaximums 2,6 % und des zweiten Nebenmaximums 0,7 %, wobei der letzte Wert messtechnisch schwer zu erfassen ist. Die Halbwertsbreite beträgt in der Meridianebene 2,3 Grad und in der Äquatorebene 3,5 Grad. Zur Erzielung eines guten Auflösungs-

vermögens in der Trennung einzelner Ziele ist daher die vertikale Polarisation der Horizontalen vorzuziehen.



Bei einer Aufstellungshöhe von 35 m wurden gegen Schiffsziele die folgenden Reichweiten erhalten:

U-Boot ablaufend 22 km,

"Freiherr vom Stein" (etwa S-Boot) 24 km,

Schiffe mittlerer Grösse 28 km,

unter günstigen Bedingungen 30 bis 60 km.

Landziele wurden in Richtung Rostock bis 60 km beobachtet.

Versuche mit einem Breitbanddipol wurden nicht abgeschlossen, da eine derartige Anordnung mit dem Dipol im Brennpunkt des Parabols etwa 30 % Verlust der Hauptamplitude brachte. Es ergab sich aus messtechnischen Untersuchungen, dass der Dipol weiter in die Reflektoröffnung hineinverlegt werden müsste, um annäherungsweise die Werte der oben beschriebenen Dipolanordnung zu erhalten.

b 6.) Seewarngerät "Renner".

Das Seewarngerät "Renner" besteht aus einer Kombination der niederfrequenten Geräte der unter 1.) beschriebenen Seetaktanlage mit dem Hochfrequenzelementen des Berlin-Gerätes. Dementsprechend beträgt die Impulsfrequenz hier 500 Hz, die Wellenlänge etwa 9 cm. Die Antenne gleicht der des vorstehend beschriebenen Berlin-Land-Gerätes. Die gesamte Anlage ist auf eine Lafette montiert und transportabel. Entsprechend der Verwendung der Niederfrequenzgeräte der seetaktischen Anlage wird die Entfernung an einer in km gezeichneten Messkette abgelesen und erreicht in ihrer Genauigkeit den für die seetaktischen Anlagen angegebenen Wert. Durch Drehung der Lafette von Hand erfolgt die Peilung in Form einer Maximumpeilung

mit einer Genauigkeit von $\pm 1/2$ Grad. Das Auflösungsvermögen beträgt in der Tiefe 150 m, in der Seite etwa 2 Grad.

Ergebnisse über die Leistungsfähigkeit dieses Gerätes liegen nicht vor, da das Gerät hier noch nicht erprobt wurde. Doch dürften die von der Anlage zu erwartenden Reichweiten denen des Gerätes "Berlin-Land" entsprechen, da die die Reichweite bestimmenden Hochfrequenzbestandteile der beiden Anlagen im wesentlichen identisch sind.

b7.) Seewarngerät "Berlin-D". *in Kugelfalz-Stand*

Aus der Überlegung, das Auflösungsvermögen eines Zentimetergerätes bei gleichen Lineardimensionen der Antenne durch Verkleinerung der Wellenlänge weiter hinaufsetzen zu können, entstand als Ortungsanlage für Seeziele aus dem Gerät Berlin das Gerät Berlin-D mit einer Betriebswelle von 3,2 cm.

Das Gerät Berlin-D setzt sich mit Ausnahme des Zentimeterteils und der Antenne aus den Bausteinen des bereits beschriebenen Gerätes Berlin zusammen. Es weist eine extrem scharfe Bündelung von ca. 1 Grad Nullwertbreite auf und dient zur Auffassung von Seezielen bei einfacher Zieldarstellung ohne Panoramabetrieb.

Als Antenne gelangt ein Vollparabol von 1,5 m Öffnung zur Anwendung, in dessen optischer Achse im Brennpunkt ein Hohlrohrstrahler ähnlich wie im Meddo-Gerät angebracht ist. Die Strahlung ist horizontal polarisiert. Die Bündelung hat eine Halbwertsbreite von ca. $3/4$ Grad. Der Spiegel ist um eine vertikale Achse um 360 Grad von Hand und mit Motor drehbar und kann in senkrechter Richtung um etwa ± 2 Grad zur Justierung von Hand geschwenkt werden. Die Zuleitung der Hochfrequenz zum Strahler erfolgt durch ein rechteckiges Hohlrohr in der Dimensionierung des Meddo-Gerätes. An den Drehstellen sind Rundrohre mit Transformationsstücken vorgesehen, die einerseits die Drehbarkeit ermöglichen, andererseits einen druckdichten Abschluss bzw. Übergang gewährleisten sollen. Das gesamte Hohlrohrsystem ist bis in den Sender hinein druckdicht ausgeführt und wird mit einem Überdruck von 2 bis 3 Atmosphären betrieben. An allen Trenn- und Übergangsstellen sind Sperrtöpfe vorgesehen, Strahler und Hohlrohrleitung sind versilbert. Die Welligkeit der Antenne am Sender gemessen betrug bei erster Einstellung etwa 1:2.

Als Senderrohr wird ein Mehrschlitzmagnetron der Type LMS 12 verwendet. Das Magnetfeld von 2200 bis 2400 Gauss wird von einem Elektromagneten erregt. Die weitere Anordnung des Senders mit Tast- und Netzgeräten entspricht der Ausführung des Berlin-Gerätes für 9cm.

Zur Durchführung des Simultan-Betriebes ist an geeigneter Stelle der Hohlrohrleitung des Senders vor der Sendersperrnullode die Empfangsnullode (Fensternullode, Meddo-Nachbau) in Reihenschaltung angeordnet. Sie wird ebenso wie die Sendersperrnullode durch den Sendepuls gezündet und sperrt den Detektorkreis gegen die Sendeenergie. Diese Nullode ist im Gegensatz zur Sendernullode, die breitbandig ausgeführt ist, im Bereich von 3,1 bis 3,3 cm abstimbar und bestimmt in erster Linie die Arbeitsfrequenz. Diese C-Abstimmung ist kritisch. Die Nullode hat eine Entionisierungsspannung von minus 2000 Volt, die Brennspannung beträgt 350 bis 400 Volt. Hinter der Nullode ist der Detektorkreis mit angebautem Klystron als Überlagereroszillator angeordnet. Der Detektor ist mit einer abstimmbaren Blindpfeife zur Verbesserung der Anpassung, der Hohlrohrkreis mit einem Schieber zur Abstimmung des Kreises ausgerüstet. Die Welligkeit des Empfangskreises einschliesslich der Nullode wurde an dem ersten Versuchsgerät zu 1:1,8 bis 1:2 gemessen. Die Punkte günstigster Anpassung und Abstimmung liegen etwas auseinander und waren bei dem Mustergerät nicht zur Deckung zu bringen. Die Ankopplung des Oszillators kann durch Änderung der Eintauchtiefe des Auskoppelstiftes vom Klystron zur Einstellung des günstigsten Mischstromes weitgehend geregelt werden. Das Klystron ist dem des Meddo-Gerätes nachgebaut. Die Feinabstimmung erfolgt durch Regelung der Reflektorplattenspannung, die Versorgung des Rohres mit Gleichspannung durch ein besonderes sorgfältig stabilisiertes Netzgerät. Das Klystron wird durch einen kleinen Lüfter gekühlt. Die weitere Ausführung des Empfängerteiles einschliesslich der Verstärker und speisenden Netzgeräte entspricht der des Gerätes Berlin für 9 cm. Durch den Verzicht auf eine Panoramadarstellung konnte das Sichtgerät eine weitgehende Vereinfachung erhalten. Es besteht aus einem Braunschen Rohr mit 12 cm Schirmdurchmesser, an dessen waagerechte Platten die Zeitablenkung in Form einer vom Impulsgenerator synchronisierten Kippspannung gelegt wird. Der Zeitablauf dieser Kippspannung kann für die Entfernungsbereiche von 18 und 60 km umgeschaltet werden. Die Zieldarstellung erfolgt als vertikale Amplitudenauslenkung unter Begrenzung grosser Zeichen mit eingemischter Entfernungsmarke. Zur Entfernungsbestimmung wird die in gleicher Weise wie bei dem Berlin-Gerät für 9 cm gewonnene Entfernungsmarke mit dem gewünschten Ziel zur Deckung gebracht. Entsprechend seinem Charakter als Sonderausführung wird das Sichtgerät abweichend von allen übrigen Geräten mit 220 Volt 50 Hz Wechselspannung gespeist.

Die Geräte waren behelfsmässig in einer normalen fahrbaren Lafette eingebaut. Der Spiegel befindet sich 2,5 m über dem Dach in einer für den Transport umlegbaren Gabel. Mit Rücksicht darauf, dass das Gerät erst vor kurzer Zeit betriebsfähig wurde, liegen Ergebnisse gegen Seeziele noch nicht vor. Die Anlage brachte in Berlin-Wittenau unter ungünstigen Aufstellungsverhältnissen bei einer Höhe der Spiegelmitte über dem Erdboden von ca. 5 m Zeichen in einer Entfernung von 10 bis 12 km übersteuert, bei 14 km waren sie voll ausgesteuert, um bei 18 km auf eine Amplitude von sechhs- bis zehnfachen Rauschen abzufallen. Weiter entfernte Ziele konnten infolge der Abschirmung durch nahe Gebäude an dem genannten Aufstellungsort nicht erfasst werden.

b 8.) Seewarngerät mit extrem grosser Aufstellungshöhe (Ballon).

Zur Erzielung möglichst grosser Reichweiten gegen Seeziele wurde der Versuch unternommen, Funkmessgeräte in bemannte Ballons einzubauen.

1,44 mλ Ant / 2 x 6 λ - Dipole

Der erste Versuch dieser Art wurde mit dem Gerät "Hohentwiel" durchgeführt. Die Anlage entsprach völlig der bereits unter 4.) geschilderten Ausführung, lediglich die Antenne wurde dem besonderen Verwendungszweck angepasst. Sie bestand aus zwei Zeilen mit je 8 $\lambda/2$ Dipolen in horizontaler Polarisierung und wurde simultanbetrieben. An Reichweiten wurden folgende maximalen Ergebnisse erzielt:

"Claus Groth" (200 BRT) 35 km,

"Strahl" (2000 BRT) 55 km.

Die Reichweite steigt bis zur Aufstellungshöhe von 600 m an und erreicht dann die oben angegebenen Werte. Bei grösseren Aufstellungshöhen erfolgt kein Anstieg der Reichweite mehr, da infolge Aufblätterung der Vertikalcharakteristik eine Steigerung der Feldstärke am Aufpunkt des Zieles verhindert wird. Eine weitere Heraufsetzung der Reichweiten wäre daher bei vorgegebener Antennenbündelung nur durch Heraufsetzen der S_{ender}leistung möglich.

b 9.) Seewarngerät "Mammut g".

Die Seewarmanlage "Mammut g" war ein aktives Funkmessgerät für eine Betriebsfrequenz von 375 MHz und war vornehmlich für den Einsatz im Küstengebiet vorgesehen.

Sie bestand aus der unter 1.) beschriebenen seetaktischen Anlage und war mit Rücksicht auf den vorgesehenen Verwendungszweck mit

136 / 8
einer stark vergrößerten Antenne ausgerüstet. Die Antenne bestand aus 24 Dipolen in der Breite und je 12 in der Höhe für Sender und Empfänger und war in 6 Felder aufgeteilt, die getrennt gespeist wurden. Die Anpassung erfolgte über Stichleitungstransformatoren geeigneter Dimensionierung. Die Anlage entsprach hinsichtlich der mit ihr erzielten Reichweitenergebnisse dem "Würzburg Riesen".

Im Gegensatz zu den Suchanlagen "Mammut" mit einer Betriebswellenlänge von 2,40 m wurde das Seewarngerät "Mammut g" ^{teilsweise} ohne Kompensator betrieben und die Peilung durch mechanische Schwenkung der gesamten Antenne vorgenommen.

10.) Kennung.

Als nächstliegende Lösungsmöglichkeit für das Problem der Schaffung einer Freund-Feinderkennung im Funkmessortungsverfahren bietet sich die Anwendung eines Sender-Empfängers nach dem Pendelrückkopplungsprinzip. Das technische Kriterium aller derartigen Geräte ist darin zu erblicken, dass eine für den zu be-
streichenden Frequenzbereich geeignete Röhrenanordnung unter Zugrundelegung des Pendelrückkopplungsverfahrens stets hart an der Grenze des Schwingungseinsatzes gehalten wird, sodass ein schwaches einstrahlendes Signal die labile Anordnung während ihrer Einwirkungsdauer zu starken Eigenschwingungen anregt. Eine Wobbelung der Arbeitsfrequenz über verhältnismässig eng begrenzte Frequenzbänder ist möglich, wobei die Einführung automatischer Regler für die Mitregelung der Schwingneigung erforderlich ist. Die Möglichkeiten der Verschlüsselung oder der Kennzeichentastung sind im Rahmen dieser Einfachstgeräte gering. Typische Vertreter dieser Geräteart waren FuKdG 41g mit einer Betriebswellenlänge um 80 cm und die Wespe f mit einer Betriebswellenlänge um 2,40 m. Bei diesen Geräten handelte es sich um einfachste Anordnungen pendelrückgekoppelter Gegentaktsender-Empfänger, deren Frequenzbereich ± 2 bis 3% betrug und deren Pendelspannung bei etwa 300 kHz lag. Eine automatische Empfindlichkeitsregelung erfolgte nicht. Dennoch wurden mit diesen Geräten zufriedenstellende Ergebnisse innerhalb der Ortungsreichweite der für sie in Frage kommenden Funkmessgeräte erzielt, da Ansprechempfindlichkeit und Rückstrahlleistung hinreichend günstig gewählt werden konnten. Die erstmalige Empfindlichkeitseinstellung nach erfolgter Montage und die Prüfung auf einwandfreie Funktion geschah mittels eines speziell hierfür geschaffenen Wertprüfgerätes, das die natürlicher Verhältnisse beim Betrieb des Kenngerätes nachbildet. Prinzipiell

besteht dieses Prüfergerät aus einem schwachen Impulssender und einem Impulsempfänger mit anschliessendem Braunschens Anzeigerohr, die beide extrem lose mittels Kabel an das Kenngerät angekoppelt werden.

Weiterentwicklung dieser Gerätetypen stellten die "Biene" in verschiedenen Ausführungsformen dar, deren Frequenzbereiche um 50 cm liegen und bei denen infolge der Einführung automatischer Empfindlichkeitsregler eine beträchtliche Ausdehnung der Wobbelbereiche erzielt werden konnte (bis zu etwa $\pm 10\%$).

Auch hierbei war jedoch die Ausdehnung des Frequenzbereichs über das ganze interessierende Gebiet hinweg nicht möglich (d.h. von ca. 250 dm bis ca. 50 cm), sodass ein weiterer Einsatz derartiger Geräte nur für Spezialzwecke vorgesehen werden konnte.

Als Aushilfsmöglichkeit lag die Auswahl eines oder mehrerer nur den Zwecken der Kennung vorbehaltenen Frequenzkanäle nahe. Dies bedingte die Ausrüstung jedes Funkmessgerätes mit einem geeigneten Zusatzsender und Zusatzempfänger, der lediglich der Kennungsaufgabe zu dienen hatte. Die Geräteinheit "Gemse-Kuh" stellte ein Kennungsgerät nach diesem Prinzip dar, wobei es sich um einen normalen Festwellensender und Festwellenempfänger handelte, mit denen die Kennungsabfrage und Kennungsabgabe durch Kennzeichentastung nach Art einer Morsezeichentastung geschah. Dieses Kennungsverfahren mit allen seinen Varianten bedingte natürlich einen erheblichen Aufwand an beiden beteiligten Stellen, sodass eine Anwendung in grossem Masstab zunächst unratsam erschien.

Nachdem einerseits die Forderung nach einem universell anwendbaren Kenngerät immer dringender wurde und andererseits Versuche in den verschiedensten Entwicklungsrichtungen gezeigt hatten, dass den gestellten Anforderungen offenbar doch nur unter Inkaufnahme eines verhältnismässig hohen Aufwandes genügt werden konnte, wurde als bisher endgültige Lösung das sog. "Neuling-Gerät" geschaffen, das in seiner ersten laboratoriumsmässigen Ausführung im Prinzip beschrieben wird:

Der Neuling ist ein kombiniertes Kenn- und Abfragegerät. Die von einem Abfragesender empfangenen Impulse werden mit einem Schlüssel (Morsezeichen) getastet und wieder ausgesandt. Um das Kenngerät auf verschiedenen Kanälen ohne gegenseitige Störung abfragen zu können, wird der Empfangs- und Sendebereich durch eine Schnellwobbel-einrichtung mit 30 Hertz überstrichen. Der Abstand von Sende- und Empfangsfrequenz ist jeweils konstant. In der Abfrageschaltung arbeitet das Gerät auf 6 festen wählbaren Kanälen, die sich empfan-

gerseitig zwischen 143 und 158 MHz und sendeseitig zwischen 110 und 125 MHz bewegen. Bei der Abfrage arbeitet der Neuling mit einem Funkmessgerät zusammen. Der Sender sendet von einem Funkmessgerät synchronisiert Impulse aus. Die von einem Kennung gebenden Objekt zurückkommenden Antwortimpulse werden vom Empfänger aufgenommen und auf das Sichtgerät des Funkmessgerätes als Kennimpulse unter entfernungs-mässiger Zuordnung eingeblendet.

Da durch die Verkoppelung der Sende-Empfangsantenne und die Einwirkung des Oszillators auf das Mischrohr ein rückgekoppeltes System entsteht, mussten Massnahmen ergriffen werden, um eine Selbst-erregung, die sich in der Aussendung von Mehrfachimpulsen äussert, vermieden werden.

In seinem Aufbau ist das Gerät in den Hochfrequenzteil, das Zusatzgerät und das Bedienungsgerät unterteilt. An den Hochfrequenzteil sind unmittelbar die beiden Antennen für Sendung und Empfang angebaut. Ferner enthält der Hochfrequenzteil den Antrieb für die Wobbel-einrichtung sowie einige Funktionsprüfeinrichtungen. Das Zusatzgerät enthält die Netzgeräte, das Schlüsselgerät den Zwischenfrequenzverstärker und den Verstärkerteil. Das Bedienungsgerät gestattet die Umschaltung von Kennung auf Abfrage und die Wahl des gewünschten Kanales. Die Anlage wird aus einem 500 Hz-Umformer gespeist. Erfahrung- und Versuchsergebnisse mit diesem Gerät liegen noch nicht vor.

Die an ein Kenngerät zu stellenden Anforderungen sind gekennzeichnet durch die Schaffung eines Gerätes, das bei geringstem zusätzlichem Aufwand in der Lage ist, im Rahmen des Funkmessortungsverfahrens für alle zur Anwendung gelangenden aktiven Funkmessgeräte ein einwand-freies, möglichst gut verschlüsselbares Kennungssignal unter mög-lichst weitgehender Ausschliessung jeder Eingriffs- und Störungs-möglichkeit von dritter Seite her zu liefern. Das eingangs erwähnte Pendelrückkopplungsverfahren konnte diesen Forderungen nur sehr beschränkt entsprechen, indem es innerhalb eng begrenzter Frequenz-bereiche eine einfach verschlüsselbare Kennung ohne jede Gewähr für Störungssicherheit ermöglichte. Das noch in der Entwicklung befind-liche Gerät Neuling sollte es gestatten, die gestellten Forderungen weitgehend zu erfüllen, wobei jedoch ein sehr erheblicher Aufwand in Kauf genommen werden musste.

Neben dem Verfahren der Rückstrahlverstärkung durch zusätzliche Sender ist eine Kennungsabgabe auch durch eine im gewünschten Kennungsrythmus vorgenommene Verbesserung der Rückstrahleigenschaften des Zieles möglich. Dies kann beispielsweise durch Hochschiessen

mehr oder weniger abgestimmter Dipole oder vornehmlich bei kürzeren Wellen auch durch Bewegung von Glanzflächen erfolgen, wobei die Art und Weise der Kennungsabfrage einer besonderen Regelung bedarf.

Tastung von Schlitzantennen!

c) Schiessgeräte.

c 1.) Peilverfahren.

Bei den von der Marine eingesetzten Funkmessgeräten gelangten im wesentlichen drei Peilverfahren zur Anwendung:

AN-Verfahren

Minimumverfahren mit dem Peilumlaufgerät

Summe-Differenz-Verfahren mit Zwei-Kanalverstärker

"Süsel".

Eingangs seien die an die Peilverfahren zu stellenden Anforderungen umrissen:

Die an die Peilung gestellte Genauigkeitsforderung belief sich bei allen Schiessgeräten auf $\pm 1/16$ Grad. Diese Genauigkeit lässt sich bei allen drei genannten Verfahren für Punktziele bei entsprechendem Aufwand an Bündelung der Antenne immer erreichen, während für ausgedehnte Ziele ⁱⁿ Besonderheit bei der Peilung von Seezielen hinsichtlich der genauen Definition der Peilung noch eine Reihe von Fragen offen stehen, deren eingehende Untersuchung in den letzten Monaten in Angriff genommen wurde. Die damit zusammenhängenden Fragen wurden in dem Abschnitt I.) b) erläutert. Unter Voraussetzung des gleichen Aufwandes und bei Betrieb mit den gleichen Geräten ermöglicht die Süsel-Peilung die genauesten Ergebnisse. Es folgt die Peilung mit dem Peilumlaufgerät und schliesslich die AN-Peilung.

Eine weitere Forderung bestand für die meisten Anwendungen der Peilverfahren darin, dass die Messung von Seite und Höhe kontinuierlich erfolgen soll, sodass die jeweils eingestellten Werte mittels elektrischer Geber stetig den Rechengeräten zugeführt werden konnten. Die Stetigkeit der Messwertermittlung ist bei allen drei genannten Verfahren gewährleistet.

Das AN-Verfahren: ^{einricht. "Reiselpeilung"} dieses Peilverfahren ist entwicklungs-mässig seit langem abgeschlossen, sodass eine Fortführung der Entwicklungsarbeiten daran nicht mehr erforderlich war. Aktive Funkmessgeräte mit dem AN-Peilzusatz wurden im wesentlichen von der Luftwaffe übernommen, als deren hauptsächliche Vertreter "Würzburg D", "Würzburg Riese", "Mannheim" und "Euklid" genannt

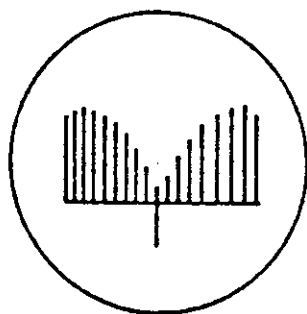
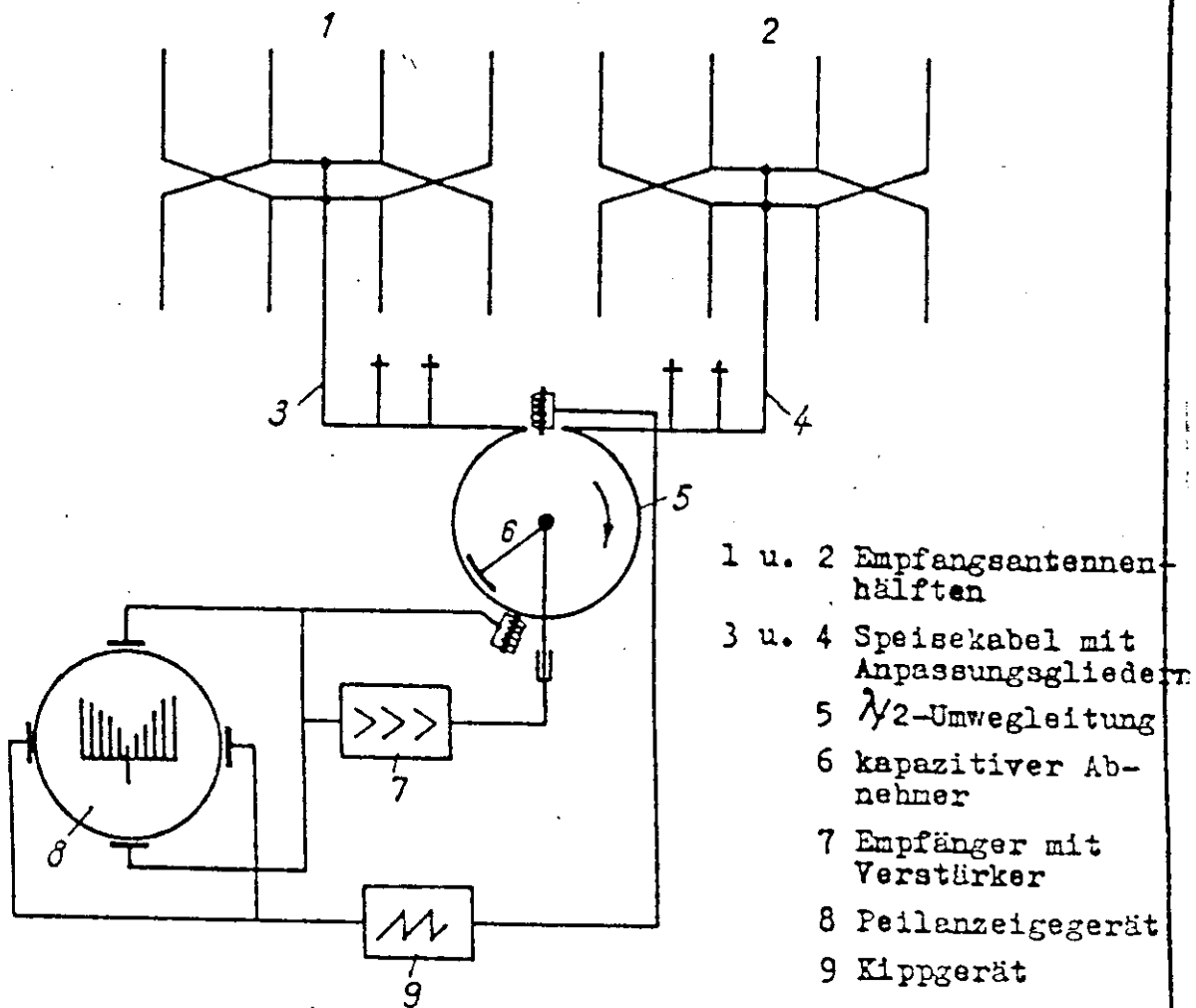
werden.

Die AN_Peilung ist ihrem Prinzip nach eine Schnittpeilung, die dadurch realisiert wird, dass die Antennencharakteristik sprunghaft oder kontinuierlich um einige Grad aus der Spiegelnormalen geschwankt wird und die den Endlagen der ausgeschwankten Charakteristik entsprechenden Amplituden miteinander verglichen werden. Am gebräuchlichsten ist dabei die kontinuierliche Schwenkung der Charakteristik durch einen rotierenden Dipol (Grille). Die zu vergleichenden Amplituden werden für Horizontale und Vertikale getrennt auf je einem Braunschen Rohr nebeneinander oder durch Gegenschrift angezeigt, wobei die Einpeilung dann erreicht ist, wenn die zu vergleichenden Amplituden gleiche Werte erreicht haben.

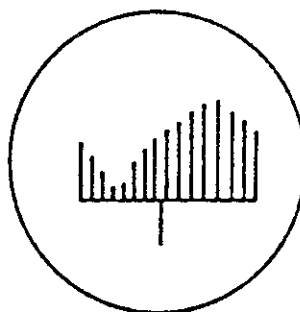
Der Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, dass bei stark pumpenden und schnell beweglichen Zielen infolge der zeitlichen Aufeinanderfolge der zu vergleichenden Amplituden das Messergebnis gefälscht werden kann.

Zur Verbesserung der Peilgenauigkeit des Panoramagerätes "Berlin" wurde das AN-Verfahren herangezogen. Die Besonderheiten des Panoramabetriebes setzen der Durchführung dieses Verfahrens besondere Schwierigkeiten entgegen, sodass die Durchführung der AN-Peilung mit dem Gerät Berlin nur durch besondere zusätzliche Massnahmen möglich erschien. Zunächst wird die Tastfrequenz des Gerätes durch ein mit der Antenne sich drehendes Tonrad synchronisiert. Man erhält auf diese Weise bei einer Antennendrehzahl von 400 pro Minute und einer Tastfrequenz von 1500 Hz auf dem Panoramrohr 225 feststehende Radienvektoren. Auf einem besonderen Peilrohr werden nun jeweils die in dem gewünschten Peilsektor mit einem Öffnungswinkel von 6,5 Grad erhaltenen Empfangsamplituden durch Helltastung des begrenzenden ersten und vierten Radiusvektors zur vergleichenden Anzeige gebracht. Die Helltastung erfolgt durch zwei im Abstand von 6,5 Grad auf dem Umfang der Antennen angebrachte Impulsgeber, die durch eine Fernsteuereinrichtung um die Rotationsachse der Antenne um beliebige Winkel gedreht werden können, sodass bei Betätigung des Gebers für die Fernsteuerung der Peilsektor in die gewünschte Richtung gebracht werden und durch Beobachtung der den beiden begrenzenden Radienvektoren zugeordneten Amplituden auf dem Peilrohr die genaue Peilung eingestellt werden kann.

Funktionsschema des Peilumlaufgerätes.



Ziel eingepilt.

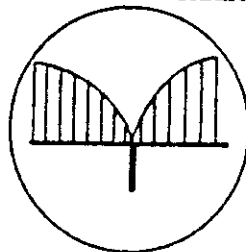


Ziel ausser Peilung.

Minimumverfahren mit Peilumlaufgerät: bei diesem Verfahren wird die hochfrequente Spannungsverteilung einer an zwei Antennenhälften angeschlossenen kreisförmigen $\lambda/2$ Leitung kapazitiv abgetastet. Durch gegenphasigen Anschluss der beiden Antennenhälften an die $\lambda/2$ -Leitung erhält man in der Mitte der Leitung ein Minimum, in den beiden Endstellungen ein Maximum, wenn sich das Ziel in der Spiegelnormalen befindet. Wandert das Ziel nach rechts oder links aus, so wandert das Minimum auf der $\lambda/2$ -Leitung um einen durch den Schwerpunktsabstand s der beiden Antennenhälften gegebenen Wert nach rechts oder links aus. Der Auswanderungswinkel α des Zieles beträgt dabei in den beiden Endstellungen der $\lambda/2$ -Leitung

$$\sin \alpha = \frac{\lambda}{2s}$$

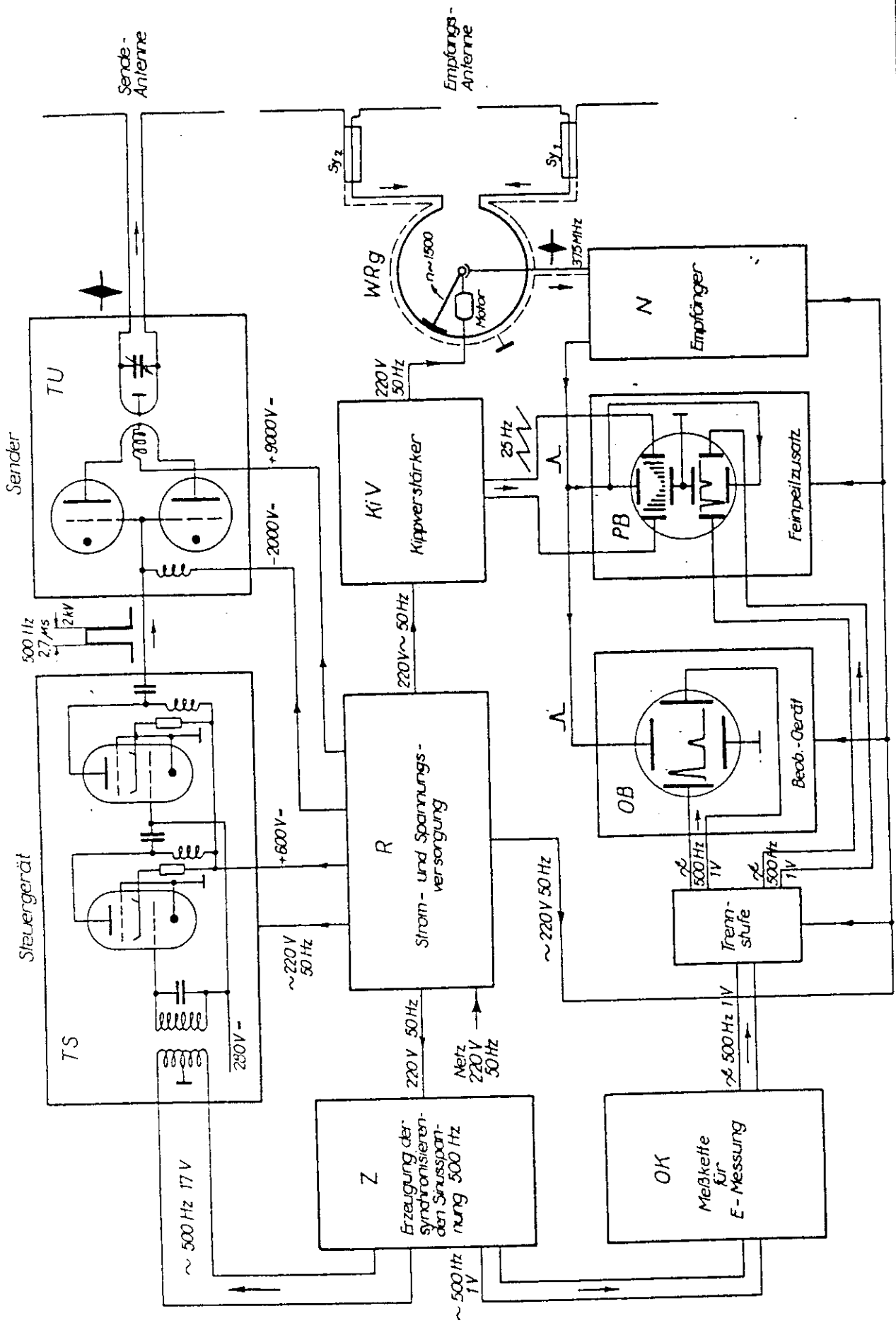
Bei der Rotation des kapazitiven Abnehmers (25 Hz) wird am Ende der $\lambda/2$ -Leitung ein Spannungsimpuls ausgelöst, der die synchrone Steuerung einer Kippspannung bewirkt. Die Kippspannung liefert die horizontale Ablenkspannung eines besonderen Peilrohrs, an dessen vertikale Platten die den einzelnen Stellungen des kapazitiven Abnehmers auf der Umwegleitung entsprechenden niederfrequenten Empfangsspannungen gelegt werden. Auf diese Weise wird die Spannungsverteilung auf der Umwegleitung auf dem Braunschen Rohr in rechtwinkligen Koordinaten geschrieben. Befindet sich das Ziel in der Peilrichtung, so erhält man eine Reihe von Impulsen, deren Hüllkurve durch eine Sinusfunktion gebildet wird. Beim Herausdrehen aus der Peilrichtung wandert das Minimum nach rechts bzw. links aus.



Als Nullmarke dient ein Impuls, der bei der Rotation des kapazitiven Abnehmers in der Mitte der $\lambda/2$ -Leitung ausgelöst wird. Um nur jeweils ein Ziel zur Anzeige zu bringen, wird das Peilrohr durch synchron mit der Tastfrequenz erzeugte Spannungsimpulse veränderlicher Phasenlage aufgehellt, sodass nur die Spannungsverteilung auf der Umwegleitung des der Peilung und Messung unterworfenen Zieles hellgetastet wird. Die gesamte Peilanordnung ist in nebenstehendem Prinzipschaltbild schematisch dargestellt.

Zur Abbildung einer einwandfreien Sinuskurve und zur Erzielung eines scharfen Minimums müssen die beiden Antennenhälften an den Wellenwiderstand der $\lambda/2$ -Leitung genau angepasst werden. Dies

Schema Gema - Anlage 80 cm

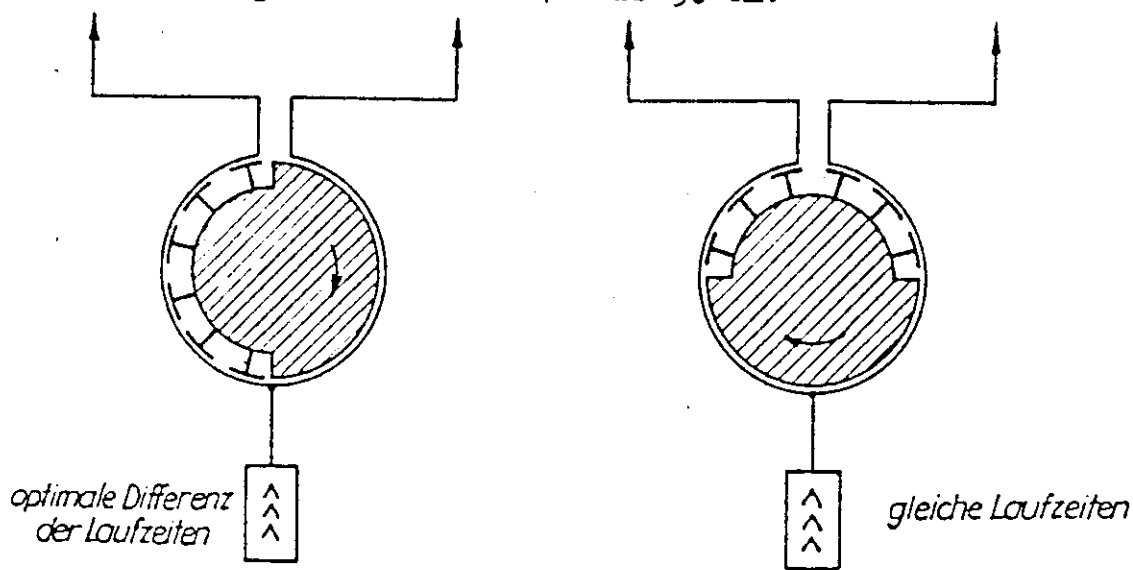


103 d

geschieht durch Einschaltung zweier $\lambda/4$ -Stichleitungstransformatoren an den Enden der $\lambda/2$ langen Umwegleitung.

Die 50-prozentige Messgenauigkeit beträgt bei Antennen mit einem Schwerpunktsabstand von $4\lambda \pm 2/16$ Grad gegen See- und Luftziele. Die vorstehend beschriebenen Peilumlaufgeräte wurden für die Wellenlängen 80 cm und 2,40 m entwickelt und eingesetzt.

Der Forderung eines Breitbandbetriebes entsprechend wurde auch die Umgestaltung des Peilumlaufgerätes zur Verwendung in dem für den Breitbandbetrieb vorgesehenen Frequenzband in Angriff genommen. Das Peilumlaufgerät für Breitbandbetrieb besteht aus einer Umwegleitung, die in der Mitte eine feste Anzapfung hat. Durch einen rotierenden Kulissenkörper, der zur Hälfte mit stegartigen Zusatzkapazitäten besetzt ist, wird die Laufzeit der beiden Hälften der Umwegleitung bei konstantem Wellenwiderstand kontinuierlich verändert. Die prinzipielle Anordnung eines solchen Peilumlaufgerätes ist nachstehend abgebildet. Ein Mustergerät dieser Ausführungsform wurde entwickelt und erprobt und bewährte sich in einem Wellenlängenbereich von 70 bis 90 cm.

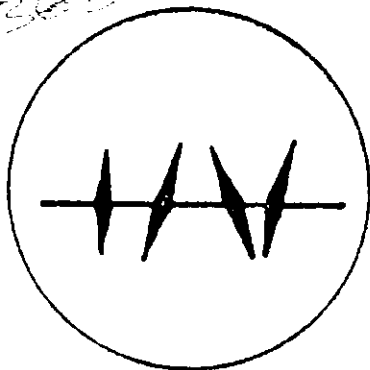


Süselverfahren: Dieses Peilverfahren ist in der Unterwasserschalltechnik bekannt und wurde von dort übernommen. Es ist ein Summe-Differenzverfahren, bei dem die Peilanzeige besonders anschaulich durch einen auf dem Braunschen Rohr sich drehenden Zeiger erfolgt, indem die zwischenfrequente Summenspannung an die vertikalen Platten, die zwischenfrequente Differenzspannung der beiden Antennenhälften an die horizontalen Platten des Braunschen Rohres gegeben werden.

In der praktischen Ausführung ist dieser Peilempfänger ein Zweikanalverstärker, an den zwei Antennenhälften angeschlossen sind. Am zwischenfrequenten Ausgang des Zweikanalverstärkers wird die Summe und Differenz der von den beiden Antennenhälften

Empfangsspannungen gebildet. Die zwischen der Summen- und Differenzspannung bestehende Phasenverschiebung von 90 Grad wird durch ein Phasenglied kompensiert, sodass die an dem Braunschen Rohr zur Anzeige kommenden Spannungen stets gleich- oder gegenphasig sind. An den Empfänger sind hinsichtlich der Konstanz der Phase und Amplitude der Hochfrequenz in den beiden Kanälen über längere Zeit besondere Anforderungen zu stellen. Die Praxis hat ergeben, dass diese Konstanz gewährleistet werden kann.

Die Vorteile dieses Peilverfahrens sind darin zu sehen, dass es möglich ist, auf dem Bildschirm des Peilrohres das Ziel nach Seite und Entfernung aufzunehmen, indem man der Differenzspannung die Zeitablenkspannung überlagert. Nebenstehende Skizze veranschaulicht ein Bild des Braunschen Rohres.



Die Schrägstellung der Zeichen gibt die Ablage des Zieles aus der Peilrichtung an, der horizontale Abstand der Zielzeichen von der Nullmarke ist ein Mass für die Entfernung.

Die Peilgenauigkeit ist hier in gleicher Weise wie bei dem Peilverfahren mit dem Peilumlaufgerät durch den Schwerpunktsabstand s der beiden Antennenhälften gegeben. Einer Zeigerdrehung von 90 Grad auf dem Braunschen Rohr entspricht ein Auswanderungswinkel α des Zieles, der durch die Beziehung

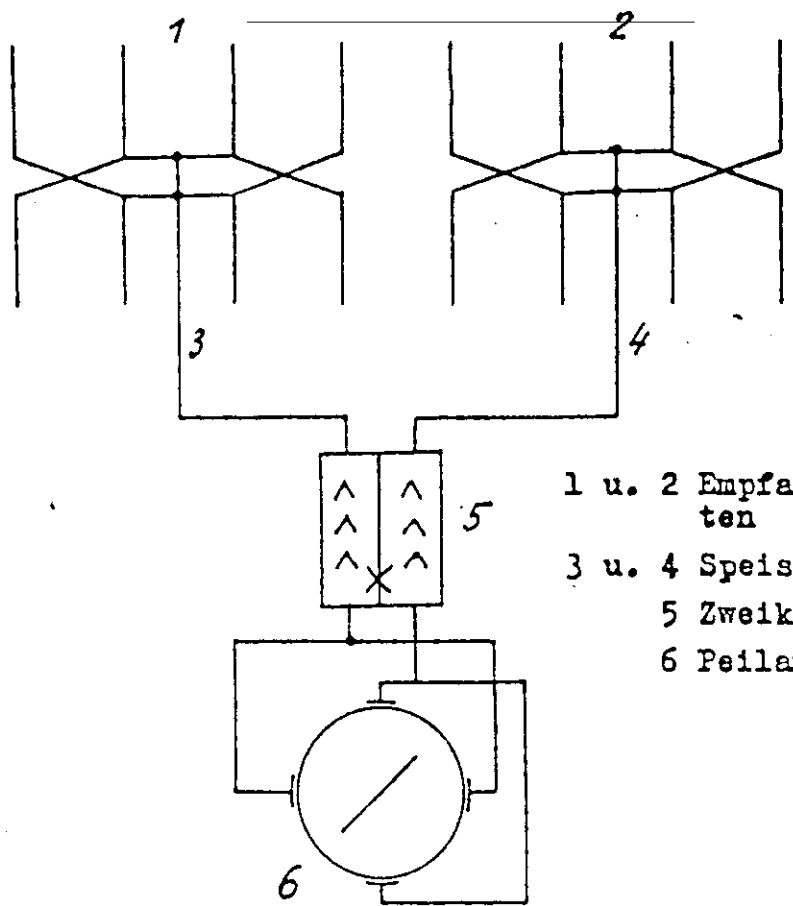
$$\sin \alpha = \frac{\lambda}{2s}$$

gegeben ist.

Zur Justierung der Peilung war das Gerät "Rehbock" vorgesehen. Die Justierung erfolgt dabei in der Weise, dass in der Spiegelnormale ein Dipol angeordnet ist, der den direkten Sendepuls aufnimmt und durch Zwischenschaltung eines Laufzeitgliedes zeitverzögert abgibt. Mit diesem Rehbock-Impuls wird das zu peilende Zielzeichen zur Deckung gebracht.

Ergebnisse der mit dem Süsselverfahren erreichbaren Peilgenauigkeit liegen nur aus Versuchen vor. Danach ist die mit diesem Verfahren erzielbare Peilgenauigkeit grösser als die mit dem Peilumlaufgerät erreichte. Eine schematische Darstellung der Süssel-Peilanordnung ist nachstehend beigefügt.

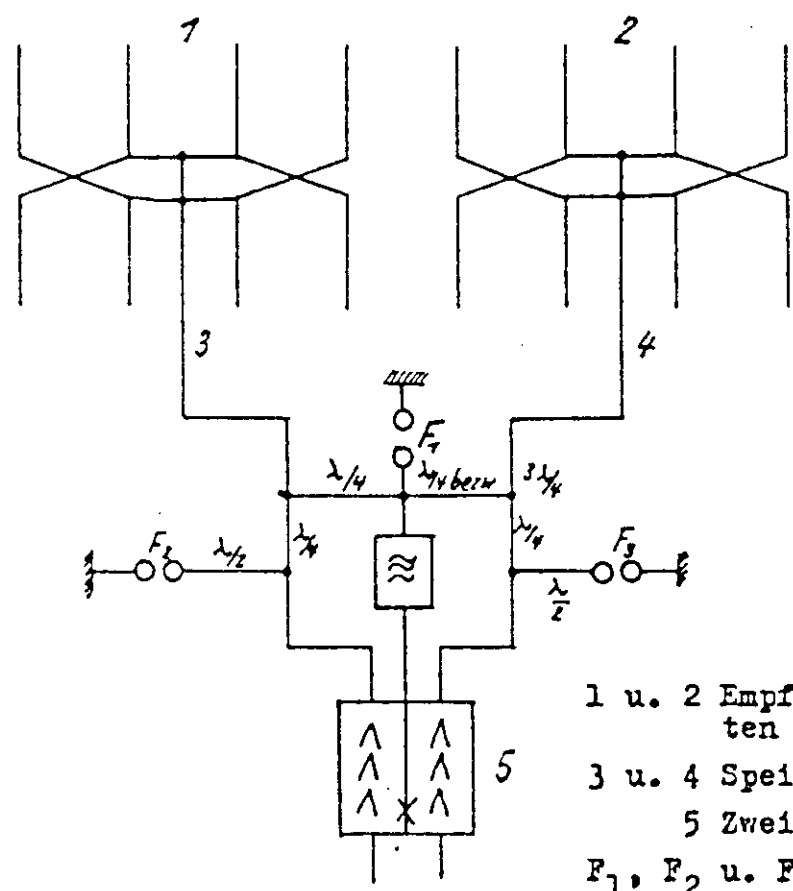
1364



passiv

- 1 u. 2 Empfangsantennenhälften
- 3 u. 4 Speisekabel
- 5 Zweikanalverstärker
- 6 Peilanzeigergerät

1365



aktiv
 Simultan-B.

- 1 u. 2 Empfangsantennenhälften
- 3 u. 4 Speisekabel
- 5 Zweikanalverstärker
- F_1, F_2 u. F_3 Funkenstrecken

Um die Antennengebilde klein zu halten oder bei vorgegebener Antennenfläche die Peilreichweiten zu erhöhen, wurde für das Peilumlaufverfahren und das Süsel-Verfahren eine Simultan-Anordnung vorgesehen, deren Prinzipdarstellung in nebenstehendem Schema wiedergegeben ist. Die Schaltung des Simultanzusatzes erfolgt durch Funkenstrecken in einer Schutzgasatmosphäre, die durch den Sendeimpuls gezündet werden. Die Zündspannung dieser Funkenstrecken beträgt 350 Volt, ihre Kapazität ca. 1 pF. Die Entionisierungszeit wurde zu 10^{-5} Sekunden festgelegt.

An dieser Stelle sei auch das Prinzip eines Höhenpeilverfahrens für kleine Höhenwinkel, das bei den Geräten "Tiefland" und "Malaie" Verwendung fand, kurz erwähnt. = Quotienten-Peilverfahren:

Die Empfangsantenne dieser Geräte ist ein Dipolfeld, aufgebaut aus vier übereinander angeordneten Dipolgruppen, deren beide äusseren und beide inneren zu je einer Antenne zusammengefasst sind, die beide die gleiche Schwerpunkthöhe über der Erdoberfläche haben. Es existiert daher eine schwach und eine stark gebündelte Empfangsvertikalcharakteristik. Der Quotient der Empfangsfeldstärken beider Charakteristiken für den gleichen Höhenwinkel ist im Bereich kleiner Höhenwinkel eine stetige und monotone Funktion des Höhenwinkels, wobei der Erdbodeneinfluss wegen der gleichen Schwerpunkthöhe bei der durch ein Goniometer ausgeführten Quotientenbildung herausfällt.

In der Praxis war zur völligen Eliminierung des Erdbodeneinflusses allerdings die Ebnung des das Gerät umgebenden Geländes im Umkreis von 300 m notwendig. Der Peilbereich reichte mit einer Messgenauigkeit von $1/2$ Grad hinunter bis 1 Grad Höhenwinkel.

2.) Entfernungsmessung.

Die Bestimmung der Entfernung eines mit Impulsen angestrahlten entfernten Zieles erfolgt dadurch, dass die Zeit festgestellt wird die der Impuls von dem Augenblick seiner Ausstrahlung nach der Reflexion bis zur Rückkehr zum Empfangsgerät benötigt. Da die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen bekannt ist, kann aus dieser Zeitmessung die Entfernung des angestrahlten Zieles ermittelt werden. Für die Zeitmessung ergeben sich zwei Verfahren: 1. Feststellung der Zeitspanne durch Ablauf eines mit der Aussendung des Impulses ausgelösten elektrischen Zeitgebers. Dazu gehören alle direkt zeigenden Entfernungsmessverfahren bei denen die Entfernung des bei der Aussendung des direkten Zeichens ausgelösten Leuchtflecks auf dem Braunschen Rohr von seiner

Ruhelage bei Eintreffen des reflektierten Impulses an einer Skala abgelesen wird. Die mit diesem Verfahren erreichbare Genauigkeit ist gering und beträgt beispielsweise bei dem Gerät Hohentwiel auf dem 15 km Bereich ± 200 m, auf dem 150 km Messbereich bei mittleren Entfernungen ± 1 km. Eine weitere Ausbildung hat dieses Verfahren durch Einführung des "Impulsphasenschiebers" erhalten. Bei Aussendung des direkten Impulses beginnt die Aufladung eines geeichten veränderlichen Kondensators mit einer durch seine Kapazität und den Vorschaltwiderstand gegebenen Zeitkonstanten. Ist die Aufladung beendet, so wird ein sekundärer Impuls erzeugt, der die Zeitablenkung des Braunschen Rohres auslöst. Auf diese Weise ist es möglich, den auf seine Entfernung zu messenden reflektierten Impuls stets auf einer auf dem Braunschen Rohr angebrachten Nullmarken zu halten. Da in den Messvorgang nur Widerstände und Kondensatoren eingehen, ist die mit diesem Verfahren erzielbare Genauigkeit wesentlich grösser als bei der direkten Entfernungsmessung und wird wesentlich bestimmt durch die Genauigkeit der Eichung des Drehkondensators. Da bei Auslösung eines neuen Impulses der Tastfolge der Kondensator bereits wieder entladen sein muss, ist bei diesem Verfahren der durch die Tastfrequenz und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen festgelegte Bereich einer eindeutigen Anzeige nicht voll auswertbar, sodass bei einer Tastung von 500 Hz nach diesem Verfahren nach oben der Bereich nur bis 200 km überstrichen werden kann. Nach unten ist die Entfernungsanzeige dadurch begrenzt, dass der Sekundärimpuls erst von dem primären Tastimpuls ausgelöst wird und daher zeitlich später liegt, sodass eine Entfernungsanzeige erst von einigen km an möglich ist. Die erreichbare Genauigkeit beträgt ± 100 m.

Das Verfahren der elektrischen Zeitmessung lässt sich auch dahingehend ausbilden, dass durch den direkten Impuls ein Zeitmarkengeber in Form eines angestossenen Schwingungskreises genau bekannter Frequenz und hoher Konstanz ausgelöst wird. Die positiven Amplituden dieser Schwingungen geben auf der Zeitbasis genau definierte Zeitpunkte in Abständen von beispielsweise 10 km, während der Zwischenbereich von einem stetig veränderlichen Phasenschieber hoher Genauigkeit überbrückt wird. Da der Zeitmarkengeber nach Konstanz und Frequenz sehr genau hergestellt werden kann, ist die mit diesem Gerät erzielbare Genauigkeit der Entfernungsmessung sehr gross und liegt weit innerhalb ± 50 m.

Die Zeitmessung kann auch durch Laufzeitketten erfolgen in der Weise, dass eine dem Anzeigegerät zuzuführende Messspannung in einer Laufzeitkette um eine genau messbare Zeitspanne verzögert wird, sodass

das reflektierte Zeichen durch Einstellung der erforderlichen Zeitverzögerung der Messspannung an der Kette stets auf der Nullmarke des Anzeigergerätes gehalten werden kann. Solche Laufzeitketten bestehen aus geeichten Einheiten von Widerständen, Induktivitäten und Kapazitäten in solcher Anordnung, dass durch Zwischenschaltung eines geeigneten, durch ein Getriebe betätigten Schalters der erforderliche Messbereich in Dekaden unterteilt, überbrückt werden kann. Die Genauigkeit ist bestimmt durch den Grad der Genauigkeit, mit dem die einzelnen Dekaden abgeglichen sind und kann auf den Wert von ± 10 m gebracht werden.

Die vorstehend genannten Entfernungsmessverfahren beruhen alle auf einer Zeitmessung, aus der bei der bekannten Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen die Entfernung gewonnen werden kann. Diese Verfahren haben daher den Vorzug, dass sie unabhängig von der Impulsfolge sind, mit der die Zeitmarkengeber angestoßen werden. Auch die Laufzeitkette ist prinzipiell unabhängig von der Frequenz, mit der sie betrieben wird. In der praktischen Ausführung ist jedoch die Anzeige nur solange unabhängig von der Tastfolge, mit der diese Geräte beaufschlagt werden, als die Kette dispersionsfrei ist. Bei hohen Anforderungen an Genauigkeit ist dieser Bereich der Dispersionsfreiheit einer Kette bei erträglichem Aufwand jedoch ausserordentlich schmal, sodass Laufzeitketten nur in einem engen Bereich der Tastfrequenz gebraucht werden können. Im Gegensatz zu den vorstehend geschilderten Entfernungsmessverfahren, die auf einer Zeitmessung beruhen, lässt sich die Entfernungsmessung auch auf eine Phasemessung zurückführen, indem die Phase der Messspannung durch einen geeichten Phasenschieber soweit verzögert wird, dass durch Betätigung dieses Phasenschiebers der reflektierte Impuls stets auf einer auf dem Braunschen Rohr angebrachten Nullmarke gehalten werden kann.

Ein Messverfahren, das mit Hilfe einer einstellbaren Phasenverzögerung arbeitet und dessen Eichung dementsprechend in ihrer Genauigkeit in hohem Masse von dem Wert und der Konstanz der Tastfrequenz abhängt, ist der Drehfeldphasenschieber. Bei einem Messgerät mit Drehfeldphasenschieber wird die Messspannung in einem kapazitiven oder induktiven Drehfeldphasenschieber um volle 360 Grad verzögert. Die Entfernungsmessung erfolgt dadurch, dass die Phase der Messspannung soweit zurückgedreht wird, dass der reflektierte Impuls stets auf einer auf dem Braunschen Rohr angebrachten Nullmarke gehalten werden kann. Die Genauigkeit dieses Gerätes wird durch die Genauigkeit der Ausbildung des Drehfeldes und des Phasenschiebers bestimmt. Bei induktiven Phasenschiebern ist die Genauigkeit

bei erträglichem Aufwand gering. Günstiger verhält sich in dieser Hinsicht der kapazitive Phasenschieber besonders deswegen, weil hier leicht ein punktwieser Abgleich vorgenommen werden kann. Auf diese Weise lässt sich für einen fest vorgegebenen Wert der Tastfolge eine Genauigkeit von ± 150 m erreichen.

Wie bereits erwähnt, ist die Genauigkeit von Entfernungsmessgeräten nach dem Phasenschieberprinzip bei genau eingehaltener, der Eichung zu Grunde gelegter Tastfrequenz durch die Präzision des Drehfeldphasenschiebers bestimmt, die für den induktiven, aber auch für den kapazitiven Phasenschieber bei tragbarem Aufwand nicht beliebig hoch getrieben werden kann. Diese Schwierigkeiten können umgangen werden, indem der Messvorgang mit einem hohen, ganzzahligen Vielfachen der Tastfrequenz durchgeführt wird und dadurch die Messgenauigkeit um den Faktor heraufgesetzt wird, um den sich die Tastfrequenz von der Messfrequenz unterscheidet. Solche Entfernungsmessgeräte arbeiten mit einem Muttergenerator hoher Frequenz (30 bis 60 kHz) und Konstanz, dessen Frequenz in zwei Kanälen auf den Wert der Tastfrequenz untersetzt wird. Die aus einem Kanal gewonnene, unterteilte Frequenz tastet den Sender, während ein zweiter Teil der Spannung der hohen Frequenz in einem Drehfeldphasenschieber messbar verzögert wird und in einem zweiten Kanal auf die Frequenz der Messspannung zum Betrieb des Anzeigegerätes untersetzt wird. Der Messvorgang verläuft in der Weise, dass das zu messende Ziel durch Betätigung des Drehfeldphasenschiebers auf der Nullmarke des Beobachtungsrohres gehalten wird und die Anzahl der Umdrehungen von einem in Entfernungen geeichten Zählwerk registriert werden.

c 3.) Planquadrat-Gerät.

Die vom Ortungsgerät festgestellten Werte von Höhe, Seite und Entfernung eines Zieles werden zur Kennzeichnung des Standpunktes des Zieles in eine Karte eingetragen. Die Karte ist mit einem quadratischen Netz überzogen, und der Zielort wird durch Nennung des Quadrates, in welchem sich das Ziel befindet, der Zentrale übermittelt.

In dem Planquadrat-Gerät wurde der Versuch unternommen, erstens die Eintragung des Zielortes auf Grund der Messwerte elektromechanisch vorzunehmen und zweitens diese Eintragung an die ferne Zentralstelle ebenfalls ohne personelle Hilfe weiterzuleiten.

Zu diesem Zweck werden die Messwerte mit Hilfe von Potentiometern, Goniometern und dergleichen dem Funkmessgerät entnommen, auf elektrischem Wege verrechnet und das Resultat als Amplitude eines Wechselstromes einer selbsttätig arbeitenden Wechselstrombrücke zugeführt. Das Stellwerk der Brücke ist über ein Getriebe mit einem Punktprojektor verbunden, welcher den Zielort auf einer transparenten Karte markiert.

Gefordert waren bei Einrechnung von Seite, Höhe und Zielentfernung eine Angabe des Zielortes mit $\pm 0,5$ % Fehler, erreicht wurden 0,2 % Fehler. Diese Anordnung erlaubt jedoch keine Überbrückung grosser Entfernungen. Sobald die Karte weitab vom Funkmessgerät aufgestellt ist, muss ein Zwischenglied eingeschaltet werden, welches die Verstellung der Brücke, die sich beim Funkmessgerät befindet, auf die Optik, die zu der Karte gehört, überträgt. Hierfür wurden Tonfrequenzgeneratoren gebaut, welche an den zugeordneten Achsen der Sende- und Empfangsgeräte liegen. Eine Verstellung der Wechselstrombrücke verändert die Frequenz des Tongenerators, wobei dann auf der Kartenseite eine Schwebung auftritt, die einen Nachstellmotor antreibt, solange bis die Generatoren sende- und empfangsseitig und damit die Achsen wieder in Übereinstimmung gebracht sind.

Kleinere Zusatzvorrichtungen, beispielsweise ein Goniometer auf der Sendeseite, sorgen dafür, dass Sende- und Empfangsteil exakt synchron laufen. Im Versuch wurden 14 km Entfernung leicht überbrückt. Schwierigkeiten machten die verlangten hohen Einstellgeschwindigkeiten und die aperiodische Dämpfung der Wechselstrombrücke. Auf der Zentralkarte können eine grössere Anzahl von Zielpunkten gleichzeitig erscheinen, was durch die entsprechende Einrichtung der die Projektoren bewegenden Gebriebe erreicht wird.

Die Apparatur lässt sich, wenn einmal die Bausteine, Wechselstrombrücke, Summer und empfangsseitige Antriebsordnung geschaffen sind, leicht für die Erfassung beliebiger Korrektoreinflüsse wie beispielsweise der Erdkrümmung herrichten.

4.) Schiessgeräte Luft.

Auf eine Beschreibung der einfachen Würzburg-Geräte: Würzburg A, B, C und D kann hier verzichtet werden, da der Aufbau und die Funktion dieser Geräte weitgehend bekannt ist.

Der Würzburg Riese ist ein Luftzielschiessgerät auf der Basis der Geräte der Anlage Würzburg D mit dem Unterschied, dass hier ein Parabol extrem grosser Öffnung und zwar mit einem Durchmesser von 7 m Verwendung fand. Die Peilgenauigkeit beträgt 1 bis 2/16 Grad. Luftziele können bis zu 40 km erfasst werden, wobei infolge der extrem starken Bündelung der Strahlung eine Einführung des Gerätes erforderlich ist.

Als Luftzielschiessgerät fand das "Mannheim"-Gerät Verwendung. Es ist jedoch auch für die Beobachtung von Seezielen brauchbar. Sein Wellenlängenbereich liegt bei 50 cm, jedoch besteht die Möglichkeit, Ausweichwellen, die diesem Mittelwert benachbart sind, verhältnismässig rasch einzustellen. Die Sendeleistung beträgt etwa 10 kW, die Empfängerempfindlichkeit ^{liegt} bei ungefähr 100 kT/Hz. Die erzielten Ergebnisse entsprechen denen mit der Seetaktanlage erhaltenen Werten, wobei zu beachten ist, dass Seite, Höhe und Entfernung mit der derzeitig höchst erreichbaren Genauigkeit gemessen werden können.

Das Mannheim-Gerät stellt eine bis zur Grenze des Möglichen durchgebildete und automatisierte Anlage dar. Da das Gerät im wesentlichen von der Luftwaffe eingesetzt wurde, können spezielle technische Angaben hier nicht gemacht werden, jedoch liegen Betriebsergebnisse mit Mannheim-Geräten vor.

Das Mannheim-Gerät ist durch die Einführung einer Wattmeterpeilung gekennzeichnet unter gleichzeitiger Beibehaltung der seither üblichen Peilung nach Braunschens Röhren. Das Ziel wird hierbei durch Einstellung eines Nullwertes auf der Skala dreier Wattmeter für Höhe, Seite und Entfernung äusserst genau gepilt. Die gleichzeitige Möglichkeit der Kontrolle dieser Peilung anhand der benachbart angeordneten Peilröhren schliesst Irrtümer aus. Die Verfolgung eines Zieles anhand der Wattmeterpeilung ist solange möglich als nicht die Beobachtung über ein zweites Ziel hinweggeführt werden muss. Ist dies erforderlich, so muss die Beobachtung auf den Peilröhren

zu Hilfe genommen werden.

Zur Erleichterung der Trennung ineinanderfliessender Zielzeichen ist die wahlweise Einschaltung der Betonung der Anteile höherer Frequenz der Zielreflexion in der Niederfrequenzverstärkung vorgesehen. Daraus ergibt sich eine Verschmälerung der Zeichen auf den Anzeigeröhren, die die Beobachtung eng benachbarter Einzelzeichen erleichtert. Die Wattmeterpeilung bleibt auch bei dieser Betriebsart in Funktion.

Ein Weg-Geschwindigkeitsgetriebe erleichtert auf rein mechanische Weise das Mitführen eines wandernden Zieles. Die Anzeige von Entfernung, Höhe und Seite und die Weitergabe dieser Messwerte über elektrische Übertragergeräte geschieht vollautomatisch. Ein automatisch arbeitender Rechner gibt für ein Flugziel sofort die effektive Flughöhe über dem Aufstellungsort des Mannheim-Gerätes an.

Ausserhalb des Drehstandes und zwar auf dem Drehstand befindet sich eine komplette Bedienungsanlage, zu der auch ein fest eingebautes Zieldoppelfernrohr gehört, das zur optischen Erfassung von Zielen benutzt werden kann. Diese direkte Steuermöglichkeit des ganzen Standes und die gleichzeitig gegebene Beobachtungsmöglichkeit anhand der im Aussenstand ebenfalls eingebauten Peilröhren erleichtert den Einsatz des Gerätes gegenüber plötzlich auftretenden Zielen, so z.B. bei Tieffliegern.

Der aus den Betriebsergebnissen des Mannheim-Gerätes erhaltene Eindruck geht dahin, dass in diesem Gerät ein aktives Funkmessgerät geschaffen wurde, das bezüglich der Ortungsreichweite das in dem Frequenzgebiet und mit dem getriebenen Aufwand überhaupt Mögliche leistet, das darüber hinaus aber durch die weitgehende Automatisierung und die damit verbundene^{ne} Entlastung des Bedienungspersonals rein subjektiv eine nicht zu unterschätzende Möglichkeit zur Steigerung der Erfolge im Funkmessortungsbetrieb bietet. Da diese Automatisierung die Anlage zwangsläufig erheblich kompliziert, muss mit einer gegenüber einfacheren Anlagen erhöhten Störanfälligkeit gerechnet werden, wobei die Forderung nach besonders dafür geeignetem Personal unerlässlich erscheint. Ist das Gerät jedoch gut gepflegt und betriebsbereit, so bietet es das überhaupt derzeit erreichbare Maximum an Genauigkeit der Seiten-, Höhen- und Entfernungsmessung innerhalb dieser Geräteklasse.

Ein Mannheim-Gerät mit abgesetztem "Spiegel" wurde unter dem Namen "Ansbach-Gerät" zum Einsatz gebracht.

Flakleitstand. "Flakleit g"

Aus der Forderung der Vereinigung eines optischen Flakleitstandes mit den durch die Anwendung von Funkmessgeräten gegebenen Möglichkeiten einer Verfolgung von Luftzielen entstand der Flakleitstand. Es sollte dadurch erreicht werden, dass auch Ziele über die durch die jeweiligen optischen Sichtverhältnisse gegebene Sichtweite hinaus aufgefasst und verfolgt werden konnten, um sie so der Optik einzuweisen. Damit war auch die Möglichkeit gegeben, bei völligem Ausfall der Optik auf eine ausschliessliche funkmesstechnische Ermittlung der Unterlagen für den Schuss Überzugehen.

Diesem Verwendungszweck entsprechend entstand der Flakleitstand aus dem optischen Zielgerät, das zusätzlich mit einem Seiten- und einem Höhenspiegel ausgerüstet wurde. Der Seitenspiegel besteht aus 2 mal 12 λ -Dipolen, von denen die untere Hälfte als Sende- und die obere Hälfte als Empfangsantenne dient. Die Halbwertsbreite dieser Antenne beträgt 8 Grad. Der Seitenspiegel ist starr mit dem Drehstand verbunden und kann mit diesem der Seite nach geschwenkt werden. Der Höhenspiegel ist neben den Seitenantennen auf der Drehkuppel montiert und lässt sich mit der Höhenoptik gekuppelt um eine horizontal liegende Achse schwenken. Er ist mit 6 mal 3 λ -Dipolen bestückt, seine Halbwertsbreite beträgt 9 Grad. Beide Empfangsantennen sind mit Peilumlaufgeräten ausgerüstet, die über getrennte Empfänger- und Peilbeobachtungsgeräte eine genaue Peilung nach Seite und Höhe ermöglichen. Parallel zu dem Peilbeobachtungsrohr für die Seite liegt das Entfernungsmessrohr, an dem zusammen mit einer Kette als Entfernungsmessgerät die genaue Entfernung ermittelt wird. Die gerätemässige Ausrüstung der Anlage entspricht damit für Höhe und Seite den bei der seetaktischen Anlage unter b) 1.) geschilderten Verhältnissen. Die Betriebsfrequenz liegt bei 370 MHz.

Die mit dieser Anlage erhaltenen Ergebnisse waren befriedigend. Die Zeichenhöhe war so gross, dass von 12 bis 15 km an auch gegen kleine Ziele immer mit dem Peilumlaufgerät gemessen werden konnte. Der 50-prozentige Fehler der Entfernungsmessung betrug 33 m, der 50-prozentige Fehler bei der Seiten- und Höhenwinkelbestimmung war kleiner als $4/16$ Grad. Der Höhenwinkel selbst ist bis herab zu 3 Grad peilbar. Kleinere Winkel konnten infolge der Aufblätterung der Charakteristik nicht gemessen werden.

Gerät "Euklid".

Die Entwicklung dieses Gerätes, das als Schiessgerät Seiten- und Höhenwinkel sowohl wie Entfernung mit größtmöglicher Genauigkeit zu bestimmen gestatten sollte, war erst durch Einführung der Scheibenröhren für Wellenlängen bis herab zu 20 cm möglich. In der Hauptsache sollte der "Euklid" auf Schiffen, insbesondere Zerstörern Verwendung finden, und aus dieser Zweckbestimmung heraus ergaben sich die an das Gerät zu stellenden Forderungen. Grundsätzlich wäre es möglich gewesen, eines der bekannten Würzburg-Geräte einzusetzen. Dies scheiterte jedoch an den dafür erforderlichen grossen Parabolantennen. Um die gleiche Seiten- und Höhenbündelung und damit auch die gleiche Seiten- und Höhenpeilgenauigkeit zu erreichen wie beim Würzburg-Gerät, war man gezwungen, mit der Betriebswellenlänge entsprechend herunterzugehen, da der Spiegeldurchmesser aus räumlicher Gründen das Mass von 155 cm nicht überschreiten durfte. Gleichzeitig hoffte man damit eine geringere Störanfälligkeit gegenüber den durch den Abwurf von Stanniolstreifen bedingten Störungen erreichen zu können. Die Möglichkeit des Breitbandbetriebes d.h. eines schnellen Wechsels der Betriebswellenlänge innerhalb der Grenzen zwischen etwa 25 bis 29 cm sollte angestrebt werden. Nachdem mit den Würzburggeräten seit längerer Zeit gute Erfahrungen bezüglich Messgenauigkeit und Betriebssicherheit vorlagen, entschloss man sich, das Grundprinzip der Würzburganlagen zu übernehmen und lediglich die durch die andere Wellenlänge bedingten Neuentwicklungen vorzunehmen. Somit ist die genaue Beschreibung der Entfernungsmessanlage und der Seitenpeilanlage sowie der Betriebsstromversorgung aus den Gerätebeschreibungen der Würzburganlagen entnehmbar.

Der für das Gerät Euklid charakteristische Teil ist der gesamte Hochfrequenzteil, bei dem Sender, Empfängeroszillator und Mischteil sowie die Hilfsgeräte zur Stimmabstimmung und zur Wellenlängen- und Leistungskontrolle der Anlage in einem Baustein vereinigt sind.

Der Sender stellt eine Gegentaktstufe unter Verwendung zweier Keramik-Scheibenröhren der Type LD 60 dar. Es handelt sich um eine abgewandelte Topfkreisordnung, deren charakteristische Merkmale darin bestehen, dass die Gitter beider Röhren direkt auf Masse liegen während die Kathoden Hochfrequenz und Gittervorspannung gegen Masse führen. Die Anoden werden mit dem niederfrequenten Taustimpuls beaufschlagt.

Zunächst versuchte man eine Durchbildung der Abstimmkreise des Senders nach der üblichen Form der Gegentaktinduktivitäten, wobei

Jedoch die Anbringung eines Abschirmgehäuses innerhalb erträglicher räumlicher Entfernungen sehr stark dämpfend wirkte. Da vermutet wurde, dass die auftretenden Verluste ihren Weg über das magnetische Feld der Abstimmittel nahmen, wurden die beiden Kathoden sowohl wie die beiden Anoden getrennt mittels $\lambda/4$ Stücken abgestimmt und taststrom- bzw. gleichstromseitig getrennt gespeist. Hierdurch kam der grösste Teil des magnetischen Streufeldes in Wegfall, und das Abschirmgehäuse konnte bis fast auf die durch die Forderung der Sprühfestigkeit gegebenen räumlichen Grenzen verkleinert werden. Die Auftrennung der Abstimmittel in vier einzelne $\lambda/4$ Stücke ergab ferner die Möglichkeit des Ausgleichs etwa vorhandener Unsymmetrien der Röhren oder der äusseren Konstruktion durch getrenntes Abstimmen d.h. Verlängerung oder Verkürzung der vier Teile. Die Auskopplung der Energie und die Antennenanpassung geschieht auf normalem Wege für ein Speisekabel von 70 Ohm Wellenwiderstand. Anfänglich ergaben sich aus Gründen schlechter Kontaktgabe zwischen den Scheibenröhren und den Röhrenfassungen eine Reihe von Fehlern durch Sprühen und Überschlagen. Wenn es auch gelungen ist, dieser Schwierigkeiten fast völlig Herr zu werden, so scheint es doch fraglich zu sein, ob die hier erstmalig verwandten Hochfrequenzkontakte "Regenwurm" bei grossen Hochfrequenzspannungen und Hochfrequenzleistungen als geeignet anzusehen sind. Jedenfalls hat sich der ursprünglich angestrebte Breitbandbetrieb auch aus diesem Grunde heraus vorerst nicht verwirklichen lassen.

Die von diesem Sender abgegebene Hochfrequenzleistung beträgt rund 30 kW bei einer Tastfrequenz von 3750 Hz und einer Impulsdauer von 2 Mikrosekunden. Als zunächst feste Betriebswelle wurden 27 cm gewählt, da die an sich als Breitbandantenne gebaute Dipolanordnung dann optimal angepasst ist. Sämtliche Hochfrequenzerzeuger und Verbraucher des Sender-Empfängerbauteiles sind an einem Zentralpunkt angeschlossen, von dem aus auch gleichzeitig der Simultanbetrieb gesteuert wird. In Abweichung von den seitherigen Anordnungen, die zur Erreichung des gleichen Zieles einen erheblichen Aufwand an Leiterstücken und Anpassungsgliedern erforderten und dadurch räumlich grösseren Raum einnahmen, gestattete dieses neue Sammelpunktverfahren die Zusammenfassung aller beteiligten Einzelgeräte auf engstem Raum. An diesen Sammelpunkt sind angeschlossen: der Senderausgang, der Mischdiodeingang, der Oszillatorausgang, die Simultan-Nullode und der Ausgang des Antennenspeisekabels. Der Simultanbetrieb ist in der üblichen Form so vorgesehen, dass im Augenblick der Impulsaussendung durch den Sender das Zünden einer geeigneten Hochfrequenzglimmröhre

für den Mischdiodeingang einen sehr hochohmigen Eingangswiderstand entstehen lässt, sodass eine hinreichende Eingangsperrung des Empfängers erzielt wird. Die Aufschaltung von Sperrimpulsen im Zwischenfrequenzverstärker des Empfängers hat sich als überflüssig erwiesen. Die Mischdiode trägt die Bezeichnung LG 11 und stellt eine nach dem Keramik-Scheiben-Prinzip aufgebaute Diode hoher Strombelastbarkeit dar, die auch bei Ausfall der Simultannulldiode noch kurzzeitigen Betrieb zulässt, ohne Schaden zu nehmen. Räumlich dem Mischteil benachbart befindet sich die erste Zwischenfrequenzverstärkerstufe, von der ein Kabel zu dem als getrennte Einheit aus der Würzburganlage übernommenen Zwischenfrequenzverstärker führt. Der Empfängeroszillator ist mit einer Keramikscheibenröhre kleinerer Leistung der Type LD 11 bestückt und ist als Topfkreisordnung ausgebildet. Die kT -Zahl des Empfängers beträgt 150 kT/Hz .

Zur Stummabstimmung d.h. zur Vorabstimmung des Gerätes unter Vermeidung einer Ausstrahlung der Antenne ist eine Umschaltmöglichkeit auf eine Nachbildung des Antennenlastwiderstandes vorgesehen, mit dessen Hilfe es durch Abstimmung auf den Maximalwert eines Spannungsanzeigers für die Senderausgangsspannung möglich ist, die Anlage so vorabzustimmen, dass nur noch eine geringfügige Korrektur nach einem geeigneten Fernziel nach der Umschaltung auf den Betrieb mit der Antenne erforderlich wird. Das angestrebte Ziel der totalen Stummabstimmung hat sich noch nicht erreichen lassen. Die hierbei zu erwartenden Schwierigkeiten werden naturgemäss bei der Erfüllung der Forderungen eines Breitbandbetriebes noch wesentlich steigen.

Als sehr wichtig erwies sich für alle Verlust aufnehmenden Teile des Hochfrequenzbereichs eine gute Luftkühlung. Eine dauernde Beheizung des Hochfrequenzteiles erwies sich zur Vermeidung von Witterungseinflüssen als vorteilhaft.

Die niederfrequente Tastleistung von rund 100 kW wird durch zwei Rohrender Type LS 300 in Parallelschaltung bereitgestellt, die anodenseitig auf eine Laufzeitkette arbeiten, um durch Summierung der Spannungsbeträge dreier Impulse von etwa je 3000 Volt den Tastimpuls für den Sender in einer Spitzenspannung von 10000 Volt zu liefern. Eine derartige Laufzeitkette ist bezüglich des Wertes ihres Abschlusswiderstandes kritisch, der in diesem Fall durch den Sender dargestellt wird. Der Sender muss daher an die Laufzeitkette genau angepasst werden, um Verschleifungen der Impulsform und Absinken der Tastspannung zu vermeiden. Da der Sender als Belastungswiderstand während der Dauer des Tastimpulses keine zeitlich konstante Grösse darstellt, lässt sich die Anpassung nur annähernd

erreichen. Die sich daraus ergebenden Nachteile müssen in Kauf genommen werden, sofern nicht aus den genannten Gründen eine andere Tastart vorgezogen wird.

Die weiteren Geräte sind ohne wesentliche Änderung^{en} der Würzburg-Anlage entnommen. Bezüglich der Funktionsgüte und der mit dem Gerät erzielbaren Messgenauigkeiten entsprechen daher die mit dem Euklid gewonnenen Ergebnisse denen der Würzburggeräte. Die neugeschaffene Antenne hat einen Spiegeldurchmesser von 155 cm und einen in der üblichen Weise umlaufenden Strahler mit Sektortastung zum Zweck der Seiten- und Höhenpeilung.

Es war geplant, das Euklidgerät mit dem optischen Messgerät in einer gemeinsamen Drehhaube räumlich zu kombinieren, sodass die Peilbilder für elektrische Seiten- und Höhenpeilung direkt optisch in die Blickfelder der optischen Seiten- und Höhenpeilung eingeblendet werden konnten. Der Einsatz des Gerätes Euklid in einer entsprechend abgewandelten Form für die Zwecke der Luftwaffe erschien dabei möglich.

Das der Erprobung unterworfenen Mustergerät erwies sich in seiner Leistungsfähigkeit und Messgenauigkeit dem Würzburg-Gerät durchaus ebenbürtig. Schwierigkeiten traten durch Sprüh- und Überschlagsneigung an den die Tastspannung und Hochfrequenz führenden Teilen, insbesondere direkt an den Senderöhren und an den variablen Abstimm-elementen des Senders auf. Ferner machte die Konstanthaltung der Empfängeroszillatorfrequenz Schwierigkeiten, die jedoch im wesentlichen rein mechanischer Natur sind. Es ist derzeit noch nicht gelungen, den umlaufenden Strahler der Antenne derart gegen Witterungseinflüsse zu kapseln, dass keine schädigenden Einflüsse auf die elektrischen Funktionen ausgeübt werden. Eine weitere Schwierigkeit ist durch die Verwendung der Keramikscheibenröhren gegeben, die bei den für den geforderten Wellenlängenbereich gegebenen kleinen Elektrodenabständen eine erhebliche mechanische Empfindlichkeit aufweisen, die zu entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen zwingt.

Als durchschnittliche Versuchsergebnisse wurden mit dem Gerät Euklid die folgenden Werte erhalten:

Seiten- und Höhenpeilgenauigkeit $\pm 0,5$ Grad,

Entfernungsmessgenauigkeit bis zu ± 50 m,

Reichweite gegen Flugzeuge mittlerer Grösse und mittlerer Flughöhe 12 km,

Reichweite gegen Seeziele der Grössen 200 bis 300 BRT 10 km,

Reichweite gegen aufgetaucht fahrende U-Boote 6 bis 7 km.

Die angegebenen Reichweiten beziehen sich auf eine Aufstellungshöhe von 15 m.

Zentimeterschiessgeräte.

Auch in Verbindung mit dem unter B) 4.) beschriebenen Berlin-Gerät waren Schiessgeräte im Zentimeterbereich gegen Luftziele geplant. Die Anlage "Rettin" besteht aus einem Berlin-Gerät mit Parabol-Antenne, rotierendem Dipol mit Sektorausblender zur Darstellung einer Peillanzeige für Seite und Höhe und war zur Montage auf einem Vierlingsgeschütz geplant. Das Gerät "Haffkrug" stellte die gleich Anordnung dar mit der Abweichung, dass zur Peilung das unter c.) 1.) beschriebene "Süsel"-Peilverfahren herangezogen werden sollte.

5.) Schiessgeräte See.

Das seeartilleristische Funkmessgerät.

Die Anlage "Seeart" unterscheidet sich von den Anlagen "Seetakt" und "Calais", die unter b.) 1.) und 2.) beschrieben wurden, lediglich in der Ausführung der Sende- und Empfangsantennen. Die Anlage wurde als Küstengerät für artilleristischen Einsatz errichtet und sollte bei der damit verbundenen erhöhten Aufstellung möglichst grosse Reichweiten ergeben, andererseits aber auch die Ortung naher Ziele ermöglichen. Da die Ortung extrem naher Ziele bei grosser Aufstellungshöhe des Gerätes infolge der Zunahme der Nahreflexion bezüglich ihrer Reichweite erschwert oder verhindert wird, wurde die Antenne mit horizontal polarisierten Dipolen bestückt. Die unter b.) 1.) und 2.) beigelegte Zeichnung der seetaktischen- und Calais-Antenne enthält auch eine Darstellung der Antenne des See- Art-Gerätes.

Die Erprobung ergab bei einer Aufstellungshöhe von 22 m die folgenden Reichweiten:

Zielgegenstand	maximale Reichweite
Zerstörer	160 hm
Kreuzer "Scheer"	260 hm
Zielschiff "Hessen"	200 hm
Handelsdampfer 1000 BRT	140 hm

Der mittlere Peilfehler betrug bei allen Anläufen $\pm 2/16$ Grad, der mittlere Entfernungsmessfehler ± 100 m.

Um die Wirkung von Störsendern abzuschwächen, wurden die Gerätetypen "Seetakt", "Calais" und "Seeart" abweichend von der Normalfrequenz von 370 MHz mit festen Streufrequenzen im Bereich von 400 MHz bis 350 MHz betrieben.

Gerät "Barbara".

Die Forderungen nach grosser Reichweite, grossem Auflösungsvermögen bei hoher Seitenpeilgenauigkeit führten zum Einbau des Berlin-Gerätes in das Antennengebilde des Würzburg-Riesen. So entstand das Gerät Barbara. Durch Übernahme wesentlicher Bestandteile der Anlage Berlin in das Würzburg-Gerät waren folgende Änderungen erforderlich: Halbierung der Tástfrequenz des Würzburg-Riesen von 1875 Hz auf 937,5 zur Erhöhung der Lebensdauer des Zündrohres des Gerätes Berlin. Ferner konnte durch Fortfall der Höhenwinkelmessung das Höhenpeilrohr zur zusätzlichen Seitenpeilung herangezogen werden. Die Peilung arbeitet wie beim Würzburg-Riesen nach dem AN-Verfahren. Die Halbwertsbreite der Charakteristik beträgt 90 Minuten, der gleiche Wert wird von dem seitlichen Auflösungsvermögen erreicht. Das Auflösungsvermögen hinsichtlich der Entfernung beträgt 200 m, die Entfernungsmessgenauigkeit ± 30 m bei einer Seitenpeilgenauigkeit von $\pm 1/16$ Grad.

Die Reichweite ergab bei ebener Aufstellung folgende Werte:

Seeziel 20 BRT 8,6 km,

Seeziel 200 BRT 14,5 km.

Gerät "Barb I". *Barbara II*

Der seeartilleristische Einsatz der Funkmessgeräte erfordert über die bisher genannten Ergebnisse hinaus ein weiter vergrössertes Auflösungsvermögen sowie eine übersichtliche Darstellung eines zu überwachenden Sektors. Zu Erfüllung dieser Forderungen entstand das Sektorama-Sichtgerät "Barb I", dessen prinzipielle Arbeitsweise in nebenstehendem Funktionsschema dargestellt ist. Das Gerät "Barb I" entstand aus der Anlage Barbara dadurch, dass der gesamte Stand um seine senkrechte Drehachse automatisch geschwenkt wird und dabei einen Sektor von 12 Grad bestreicht. Dieser von dem Gerät überstrichene Sektor wird auf einem Übersichtrohr in rechtwinkligen Koordinaten zur Abbildg. gebracht. Die waagerechte Ablenkung des Schreibstrahles ist proportional dem Schwenkwinkel, wo bei dem Rohrdurchmesser der Öffnungswinkel des Sektors von 12 Grad entspricht. In der Senkrechten erfolgt eine Abbildung der Entfernung dadurch, dass die zur Entfernungsmessung benutzte Sinusspannung von 3750 Hz soweit verstärkt wird, dass der Ordinate ein Abschnitt von 5 km entspricht. Durch Einstellung des Goniometers am Entfernungsmessgerät kann der gewünschte Entfernungsabschnitt ausgewählt werden in der Weise, dass bei Einstellung des Goniometers auf 10 km auf dem Rohr der Abschnitt von 7 bis 13 km abgebildet wird.

Schema „Barb I“

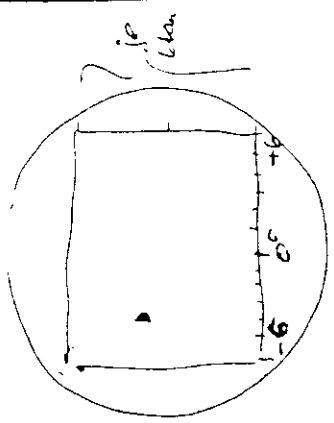
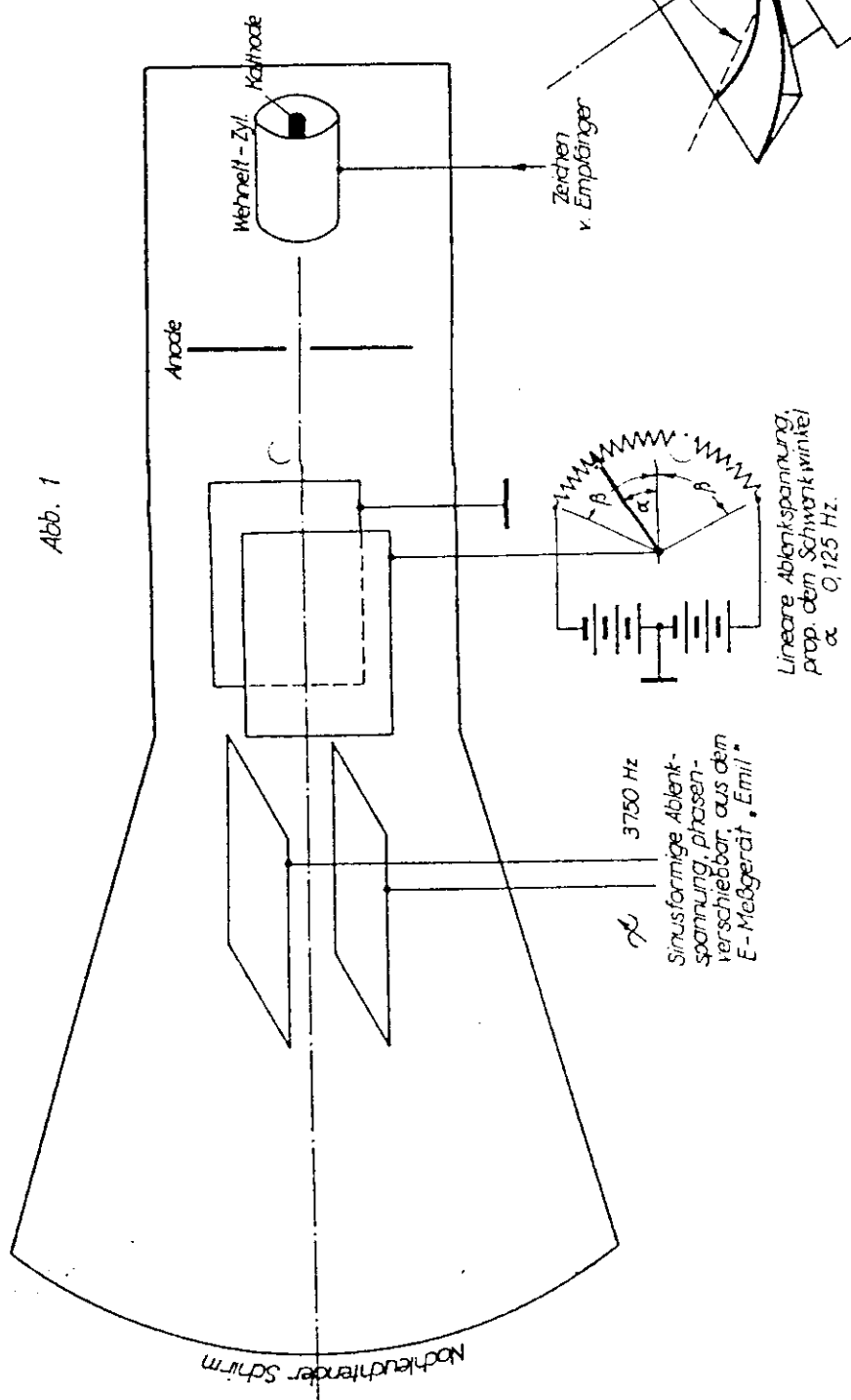
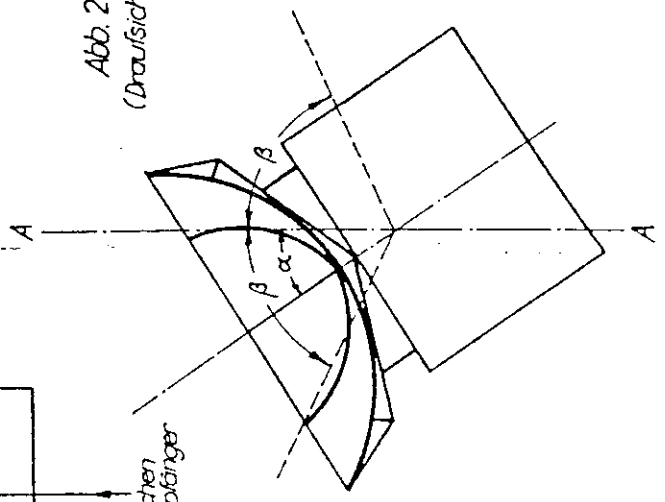


Abb. 2
(Draufsicht)



NB! Im Gerät erfolgt die Sinusablenkung magnetisch. Im Schema der Deutlichkeit halber elektrische Sinusablenkung gezeichnet.

Der Stand wird um die Nulllage A - A geschwenkt. Besiricherer Sektor $2\beta \approx 72^\circ$. Schwenkfrequenz 0,125 Hz.

Die von den im überstrichenen Sektor befindlichen Zielen reflektierten Impulse werden nach Empfang und Gleichrichtung auf den Wehneltzylinder des Anzeigerohres als Aufhellimpulse gegeben und auf dem Leuchtschirm als helle Punkte sichtbar gemacht.

Entsprechend der Darstellung des überstrichenen Sektors in rechtwinkligen Koordinaten nach Entfernung und Pailung entspricht die Abzisse des Hellpunktes der Seitenlage, die Ordinate der Entfernung des Zieles. Bewegt sich ein Ziel in konstanter Entfernung von links nach rechts, so wird das Bild dieses Zieles auf dem Leuchtschirm ebenfalls von links nach rechts wandern. Bewegt sich ein Ziel direkt auf den Stand zu, so wandert sein Bild auf dem Leuchtschirm senkrecht von oben nach unten. Eine hinreichend lange Nachleuchtdauer des Leuchtschirmes des Anzeigerohres sorgt dafür, dass trotz der geringen sekundlichen Überstreichung des Sektors ein stehendes Bild entsteht. Im Versuchsbetrieb wurde mit diesem Gerät hinsichtlich der Seite ein Auflösungsvermögen von 50 Minuten und hinsichtlich der Entfernung ein solches von 70 bis 100 m erzielt. Die Reichweite des Gerätes beträgt 70 % der mit der Anlage Barbara erhaltenen Werte.

Barbara II *unübersichtl. AF + Ziel*
Euklid \leftrightarrow Berlin

d.) Aufschlagsmessungen.

Nachdem beim Einsatz der Funkmessgeräte als Schiessgeräte gegen Luftziele wie auch beim Einsatz der seeartilleristischen Funkmessgeräte zuerst rein zufällig krepierende Granaten geortet werden konnten, lag der Gedanke nahe, Funkmessortungen mit Granaten systematisch mit dem Ziel durchzuführen, laufend Seiten- und Entfernungsablagen festzustellen. Für diese Versuche wurden die schon vorstehend beschriebenen Funkmessgeräte eingesetzt: Würzburg-Riese (Aufstellungshöhe 10 m), Seeart-Gerät mit Hochleistungssender und Simultan (Aufstellungshöhe 22 m) sowie ein 80 cm-Gerät mit Hochleistungssender und Simultanzusatz mit Süsselpüllung (Aufstellungshöhe 10 m).

Bei den Versuchen gelangten 15 cm und 21 cm Gefechtsgranaten sowie Funkmessgranaten, die mit Eisendrähnen in Form kleiner Dipole gefüllt waren, zur Anwendung. Dabei konnten Aufschläge normaler 21 cm Granaten mit allen Geräten bis zu Entfernungen von 10 km eingepellt werden, wobei das Reflexzeichen eine Höhe bis zu zweifachem Rauschpegel erreichte und eine Sekunde sichtbar war.

Um den von dem Aufschlag der Granate herrührenden Reflex in seiner Amplitude zu vergrössern, wurde die Zünderzeit der Funkmessgranate so eingestellt, dass die Granate nach ihrem Flug durch das erste Hauptmaximum der aufgefiederten Vertikalcharakteristik über dem Wasserspiegel zur Explosion kam. Dadurch ergab sich ein Voraufschlagszeichen, dessen Entfernungsmessung nicht der Entfernung des Aufschlags (Wassersäule) entsprach, aber Schlüsse über die wirkliche Entfernung der Wassersäule zuließ. Mit allen drei Geräten wurden hohe Aufschlagszeichen bis zu Entfernungen von 15 km geortet, wobei der Reflex einer Gefechtsgranate etwa 2 bis 3 Sekunden, der einer Funkmessgranate bis zu 30 Sekunden sichtbar war. Die Höhe des Voraufschlagszeichens erreichte dabei Amplituden bis zu zehnfachem Rauschen.

Nachdem durch die vorstehend geschilderten Versuche die Ortungsmöglichkeit von Granaten mit Hilfe von Funkmessgeräten sichergestellt war, wurde der Versuch auf die Ortung des Schiessens nach einer Funkmessscheibe ausgedehnt. Es wurde dabei auf eine bewegte Funkmessscheibe, deren Abstand von den Geräten bis zu 10 km betrug, mit einer Salve geschossen, die aus zwei Gefechtsgranaten und einer Funkmessgranate bestand. Im Süsselgerät wurde das Zielzeichen der Funkmessscheibe laufend eingepellt und das Reflexzeichen der Funkmessgranate mit dem durch die Richtung des

Schusses gegebenen Ablagewinkel geortet. Diese Ablage konnte auf dem Peilrohr des Süsels direkt auf einer Skala abgelesen werden, während auf dem Entfernungsmessrohr die Entfernungsabweichung des Granataufschlages gegenüber dem Ziel festgestellt werden konnte. Bei den durchgeführten Versuchen erreichte das Zielzeichen Amplituden bis zum dreifachen Betrage des Rauschpegels, während der von den Funkmessgranaten herrührende Reflex Amplituden bis zu zehnfacher Rauschhöhe ergab.

e.) Minenortung.

Durch den Einsatz von Funkmessgeräten kann auch eine Ortung des Abwurfes von Minen erfolgen. Die Bearbeitung dieses Problems wurde erst kürzlich begonnen und konnte daher nicht mehr zu einer den praktischen Anforderungen genügenden Lösung gebracht werden. Trotzdem sei die Planung der Durchführung dieser Untersuchungen kurz erwähnt, obwohl ihre Bestätigung durch eingehende Erprobungen noch aussteht.

Aus den Kenndaten der Funkmessgeräte für Luft- und Seewarnung einerseits und der Ersatzfläche einer Mine andererseits errechnet man als Reichweite im freien Raum gegen eine Mine etwa 30 km. Diese Zahl gilt durchweg im gesamten für die Ortung in Frage kommenden Wellenband, sofern bei grosser Wellenlänge ($\lambda \geq 50$ cm) die für die Luftwarngeräte übliche schwache Vertikalbündelung und bei kleiner Wellenlänge ($\lambda \leq 20$ cm) die für Seewarn- und Schiessgeräte übliche scharfe Bündelung angewandt wird. Die Schwierigkeit des Erkennens von Minen in dem für die Durchführung einer Ortung zu erwartenden Entfernungsbereich liegt in der Unterscheidung des Minenreflexes von dem oder den Flugzeugreflexen.

Bei grossen Wellenlängen gilt für die hier übliche Bündelung, dass die durch die Kohärenzlänge des Sendeimpulses gegebene Entfernungsauflösung bei gegebener Fluggeschwindigkeit und Flughöhe des Flugzeuges bestimmt, wie ^{Länge} die Mine als Einzelziel mit gegenüber dem Flugzeug unterschiedlicher Entfernung erkennbar sein wird. Die durch die Horizontalbündelung gegebene Seitenauflösung bestimmt die Trennbarkeit von Flugzeug und Mine bezüglich des Seitenwinkels. Demnach ist ein Minenwurf aus der üblichen Wurfhöhe bei reinen Flugzeugan- und Abläufen unschwer feststellbar, die Erkennung eines Minenwurfes bei reinem Vorbeiflug jedoch sehr unsicher. Den von den im Einsatz befindlichen Funkmessgeräten festgestellten Minenwürfen liegt daher meist die Erkennung des Entfernungswinkels von Flugzeug- und Minenreflex zu Grunde.

Zur besseren Erkennbarkeit des Minenreflexes wurde mit einem Freya-Gerät bei einer Wellenlänge von 150 cm vertikal polarisiert gesendet und vertikal sowie horizontal polarisiert empfangen, wobei auf dem Beobachtungrohr die Empfangsamplitude der Antenne mit vertikaler Polarisation nach oben, die der Antenne mit horizontaler Polarisation über einer gemeinsamen Zeitlinie nach unten geschrieben wurde. Das Verfahren stützte sich darauf, dass ein Flugzeug ein besserer "Umpolarisator" ist als eine Mine, sodass die Flugzeugreflexe nach oben und unten, die Minenreflexe im wesentlichen jedoch nur nach oben geschrieben werden. Der Abwurf zweier Minen ohne Fallschirm bestätigt im wesentlichen die Richtigkeit dieser Vorstellung.

Zur besseren Erkennbarkeit des Minenwurfs durch ein Hohentwiel-Gerät grosser Aufstellungshöhe wurde ein Zusatzgerät gebaut, das die Modulation der Minenrückstrahlung aussiebte und hörbar machte. Die Modulation der Rückstrahlung wird durch eine \sin^2 -Funktion beschrieben und ist dadurch bedingt, dass die Mine die vertikale Sendempfangscharakteristik des Funkmessgerätes durchfällt. Beim Minenwurf wurde die erwartete Modulationsfrequenz gehört.

Die Modulationsfrequenz ist der Wurfentfernung umgekehrt proportional. Es wurde vorgeschlagen, die Modulationsfrequenz mit der Wurfentfernung zu multiplizieren, um so eine entfernungsunabhängige, nur von der Fallgeschwindigkeit der Mine abhängige Modulationsfrequenz zu erhalten. Auf diese Weise wäre auch die Unterscheidung der Minen von Täuschungskörpern mit unterschiedlicher Fallgeschwindigkeit möglich.

Ein weiterer Vorschlag zur besseren Erkennbarkeit des Minenwurfs durch Ausnutzung des Dopplereffektes bei Phasensynchronisierung wurde vorerst experimentell nicht erprobt. Bei den kleinen Wellenlängen der Zentimetergeräte könnte man bei der hier üblichen scharfen Bündelung an die Realisierung des folgenden Analogons denken: Man spanne ein Netz dicht über die Wasseroberfläche. Eine ins Wasser fallende Mine wird das Netz durchlöchern, und man suche den Ort, wo das Loch ist. Die Durchführung dieses Gedankens wäre mit dem Gerät Berlin-Land vorstellbar.

Bei der Erprobung wurden beide Minen jeweils in 12 km Entfernung von dem Gerät Berlin-Land abgeworfen. Die Bündelung des Berlin-Gerätes war so, dass die fallende Mine erst bei Höhen kleiner als 300 m angestrahlt wurde. Die Rotationsgeschwindigkeit des Parabols war so gross, dass die Mine während der Fallzeit von 300 m bis in die Nähe der Wasseroberfläche wenigstens einmal von der Charakteristik des Parabols hätte überstrichen werden müssen d.h. dass auf die fallende

Mine mindestens 40 Impulse auftreffen. Dennoch konnten beide Abwürfe im Gerät Berlin-Land nicht festgestellt werden. Dies hat vermutlich seine Ursache darin, dass die Mine nicht genau senkrecht fällt und somit die auftreffende Strahlung an der mehr als 2m langen, schräg liegenden Mine abweisend reflektiert wird.

Eingehendere Erprobungen konnten nicht mehr durchgeführt werden.

IV) Passives Funkmeßwesen.

a.) Tarnung

- 1) Forderungen
- 2) Die durchgeführten Entwicklungen, ihre Ergebnisse und ihre Schwierigkeiten
 - a) Tarnung durch Interferenz
 - b) Tarnung durch abweisende Spiegelung und Streuung
 - c) Tarnung durch Absorption
 - α) "Netzband"
 - β) "Sumpf"
 - γ) "Waschmatte"
 - d) Kombination verschiedener Verfahren
- 3) Zusammenfassung

b.) Täuschung

- 1) Vertauschen von Einzelzielen
 - A) Täuschungskörper geringer Standzeit - Aphrodite -
 - a) Für Dezimeter- und Meterwellen
 - α) Forderung
 - β) Ergebnisse
 - γ) Schwierigkeiten
 - b) Zentimeter- bis Meterwellen
 - α) Forderung
 - β) Ergebnisse
 - γ) Schwierigkeiten
 - B) Täuschungskörper größerer Standzeit - Thetis -
 - a) Für Dezimeter- und Meterwellen
 - α) Forderung
 - β) Ergebnisse
 - 1) Thetis II e
 - 2) Thetis IV
 - γ) Schwierigkeiten
 - b) Für Zentimeter- bis Meterwellen
 - I) Für aufgetauchte U-Boote
 - α) Forderung
 - β) Ergebnisse
 - γ) Schwierigkeiten

II.) Für Schnorchel

- α) Forderung
- β) Ergebnisse
 - 1.) Thetis S
 - 2.) Thetis US
 - 3.) Thetis IV S und IV US
- γ) Schwierigkeiten

2.) Verdecken vorhandener Ziele

- a) Forderungen
- b) Ergebnisse
- c) Schwierigkeiten

e) Verdüppelung

1.) Verdüppelung von Flugzeugen

A) Physikalische Untersuchungen

I.) Rückstrahlverhalten in Abhängigkeit von den Abmessungen der Düppel

- α) Amplitude als Funktion der Düppellänge
- β) Amplitude als Funktion der Breite

II.) Rückstrahlverhalten in Abhängigkeit von der Zahl und Orientierung der Düppel

- α) Das physikalische Gesetz im Vergleich mit den Versuchsergebnissen
- β) Verteilung der Düppelachsen im Raum
- γ) Beziehung zwischen Ersatzdipolzahl und Düppelzahl
- δ) Bestimmung von Ersatzdipolzahlen von Flugzeugen

B) Allgemeine Betrachtungen über Düppel

- I) Mittlere Rückstrahlleistung eines $\lambda/2$ langen Düppels bei steigender Senderfrequenz
- II) Störverhältnis und Störverminderung

2.) Verdüppelung von Seezielen

d) Störverfahren für Fernlenk Waffen

- 1) Aufgabenstellung und Grundgedanke
- 2) Durchgeführte Entwicklung und Erprobung
 - a) Anlage A für den Bereich 46 - 51 MHz
 - b) Anlage B für den Bereich 36 - 54 MHz
 - c) Anlage C für den Bereich 500 - 750 MHz

3) Zusammenfassung

IV.) Passives Funkmeßwesen.

a) Tarnung.

1.) Forderungen:

Die theoretischen Grundlagen der zur Erreichung einer Tarnung gegen elektromagnetische Wellen möglichen Verfahren sind sinngemäß in dem Abschnitt Ib wiedergegeben, sodaß in diesem Abschnitt darauf verzichtet werden kann. Aufgabe dieses Teiles ist es lediglich, die technisch beschrittenen Wege einschließlich ihrer Schwierigkeiten und ihrer praktischen Anwendbarkeit zu beschreiben.

Infolge des Einsatzes von Funkmeßanlagen in Seesuchgeräten und der dadurch bedingten Lahnlegung des U-Bootkrieges ergab sich die Forderung, nach Möglichkeit eine Ortung der U-Boote auf elektromagnetischem Wege zu verhindern bzw. die Ortungsreichweiten weitestgehend zu vermindern. Zur Begründung und Spezifizierung der Forderungen wird kurz die Problemstellung umrissen:

Nach dem Stand der Technik kamen für die Ortung die Frequenzen von ca. 3 MHz. bis 30000 MHz., also etwa 12 bis 13 Oktaven in Frage. Die Ausbreitungsgesetze (Abschnitt Ia) besagen, daß die Reichweite je nach den Verhältnissen (insbesondere den Aufstellungshöhen der Geräte) mit der achten, sechsten oder vierten Wurzel der Energie abnimmt, d.h. bei Herabsetzung der reflektierten Energie auf 1 % wird im günstigsten Falle die Reichweite auf ein Drittel, im ungünstigsten Falle auf die Hälfte herabgesetzt.

Alle Funkmeßgeräte haben einen sogenannten "Nahschatten", das sind Störreflexionen, die durch Reflexion an der Seeoberfläche hervorgerufen sind. Dieser Nahschatten beträgt je nach den Verhältnissen ein Zehntel bis ein Viertel der Ortungsreichweite des U-Bootes VIIc. Das U-Boot ist also ortungsfest, wenn die durch die Restreflexion verbleibende Reichweite innerhalb dieses Nahschattens liegt.

Die Schutzmaßnahmen gegen die Funkmeßortung müssen gleichzeitig die von den Schiffbauern erhobenen Forderungen der Strömungstechnik und der Festigkeit gegen Seeschlag erfüllen.

Auf Grund der Problemstellung wurden zum Teil nacheinander folgende Forderungen gestellt:

Es ist nach einer Möglichkeit des Ortungsschutzes zu suchen, die die Ortung im gesamten in Frage kommenden Frequenzbereich vermeidet. Für den Bereich von 160 bis 250 MHz. ist möglichst schnell ein Ortungsschutz zu entwickeln.

Nach Einsatz der Zentimetergeräte ist als Sofortlösung ein Ortungsschutz für den Bereich 9 cm, bzw. in Weiterung der ersten Forderung für den Bereich 3 cm bis 20 cm zu entwickeln. Auf weite Sicht ist ein Ortungsschutz für den Bereich 1 cm bis 2 m zu suchen.

Nach Einführung des Schnorchelmastes wurde als dringende Lösung die Tarnung des Schnorchelkopfes zunächst für Zentimeterwellen, später auch für Dezimeter- und Meterwellen gefordert.

2.) Die durchgeführten Entwicklungen, ihre Ergebnisse und ihre Schwierigkeiten.

Als Möglichkeiten zur Herabsetzung der Energie am reflektierenden Objekt kommen folgende Verfahren in Betracht:

- a) Verfahren, basierend auf der Interferenz
- b) Verfahren, basierend auf der abweisenden Reflexion und Streuung
- c) Verfahren, basierend auf der Absorption
- d) Kombination dieser verschiedenen Verfahren.

a) Es wurde der Versuch unternommen, durch Anbringung von Strahleranordnungen in bestimmten Abstand vor der reflektierenden Wand die zurückkommende Strahlung durch Interferenzbildung auszuwischen. Die Versuche zeigten jedoch, daß, wie theoretisch auch kaum anders zu erwarten, eine absolute Interferenz nur immer für einzelne Richtungen und diskrete Frequenzen möglich ist. Folglich wurde diesem Gebiet keine große Bedeutung beigelegt. Es sei nur noch erwähnt, daß dieses Verfahren in Verbindung mit anderen Maßnahmen noch eine gewisse Bedeutung besitzt, um teilweise verbleibende Spitzen in der Reflexionscharakteristik durch Interferenz zu unterdrücken.

b) Die vorhandenen Schiffe und vor allem das U-Boot VIIc waren bisher noch ohne Berücksichtigung der im langen Studium über die bei der Reflexion von elektromagnetischen Wellen an ebenen und gekrümmten Flächen gefundenen physikalischen Gesetze und der daraus folgenden Erkenntnisse hinsichtlich der Funknavigation gebaut. Alle Maßnahmen zur Herabsetzung der Ortungreichweite müssen damit beginnen, von vorn herein das Ziel mit schlechten Rück-Strahleigenschaften zu versehen. Vor allem bei kurzen Wellen ist es möglich, durch Anwendung gewölbter und schräger Flächen die vom Objekt reflektierte Energie herabzusetzen. Ein Vergleich mit der Optik zeigt, daß bei Flächen, die sehr groß zur Wellenlänge sind, alle Energie bei schrägem Einfall weggespiegelt wird. Je kleiner die Fläche wird, umso mehr machen sich aber Beugungserscheinungen an den Rändern störend bemerkbar (Kanteneffekt). Mit der abweisenden Tarnung durch Anbringung von schrägen

und gewölbten Flächen am U-Bootsturm wurde sowohl bei 80 cm als auch bei 1,5 m Wellenlänge bei geringer Aufstellungshöhe des Funkmeßgerätes eine Herabsetzung der U-Bootreichweite gemessen in der Breitseite auf ca. 70 bis 80 % erreicht. Bei 10 cm Wellenlänge wurde bei Beobachtung nach Amplitude und Phase (Amplitudenbetrieb) eine Herabsetzung der Ortungsreichweite auf ca. 60 bis 70 % bei 14 m Aufstellungshöhe, bei Panoramabetrieb (60 Umdrehungen pro Minute) auf ca. 30 bis 40 % erzielt. Dieser Erfolg wurde durch Unterdrückung der Hauptzipfel der Reflexionscharakteristik des U-Bootes ermöglicht; er bedeutet, daß bei den längeren Wellen die in der Breitseite reflektierte Energie auf ca. 3 %, bei den kurzen Wellen auf ca. 1 bis 2 % herabgesetzt wurde. Die günstigen Werte bei Panoramabetrieb erklären sich durch Wahrscheinlichkeitsüberlegungen unter Berücksichtigung der Umdrehungsgeschwindigkeit der Antenne und der aufgefiederten Reflexionscharakteristik des Objektes. Die Frequenzabhängigkeit der abweisenden Reflexion ist durch die Gesetze der geometrischen Optik erfassbar. Sie wirkt für alle Wellenlängen, für die die Abmessungen der reflektierenden Flächen größer als ein bis zwei Wellenlängen sind. Eine Streuung der Energie durch Aufrauen der Flächen (diffuse Reflexion) bringt nach ersten Versuchen einen geringeren Erfolg als die abweisende Spiegelung. Nach theoretischen Überlegungen ist auch kaum mehr zu erwarten, sodaß bei gewölbten Flächen schon jetzt eine zusätzliche Anwendung einer diffusen Streuung zur Erzielung einer Herabsetzung der Ortungsreichweite abgelehnt werden kann.

c) Absorption.

α) "Netzhemd"

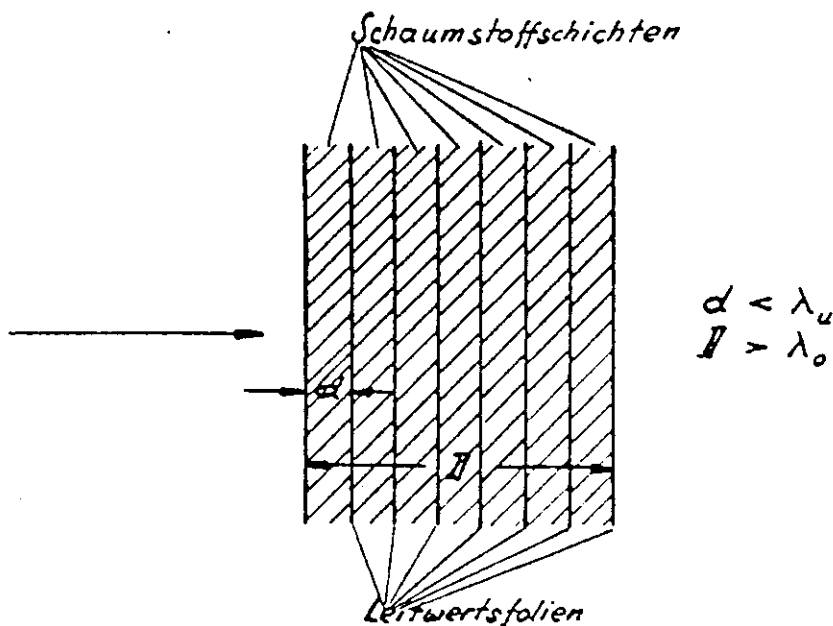
Zur Absorption der elektromagnetischen Wellen im ASV-Bereich (1,2 m bis 1,5 m) wurde das "Netzhemd" entwickelt. Es stellt ein Maschenwerk von Widerständen mit 377 Ohm bei einer Maschenweite von $\lambda/8$ und einem Abstand von der Schiffswand $\lambda/4$ dar. Dieses Netzhemd ist jedoch nur in einem schmalen Frequenzbereich wirksam. Zur Verbesserung der Breitbandigkeit wurden später in Reihe mit den Widerständen offene $\lambda/4$ Stichleitungen als Saugkreise eingeschaltet. An geraden Flächen wurde die Forderung einer Herabsetzung der Energiereflexion auf ca. 1 % für den gesamten geforderten Frequenzbereich erfüllt. An den gekrümmten U-Bootsturm war der erzielte Erfolg geringer, bedingt durch Wölbungs- und Randeffekte; die verbleibende Energiereflexion schwankt für diesen Fall zwischen 1 bis 5 %. Die Anbringung des Netzhemdes war aus schiffbaulichen Gründen nur am U-Bootsturm möglich.²⁾ Die Ortungsreichweite gegen ein derartig verkleidetes U-Boot wurde für die günstigsten Frequenzen bei Ortung mit geringer Aufstellungshöhe auf ca. 70 %, bei Ortung mit größerer Gerätehöhe (Einbau im Flugzeug) auf ca. 50 % herabgesetzt. Diese angegebenen Reichweiten beziehen sich auf

x) und das nur versuchsweise

eine Ortung der Breitseite des Bootes. Um die Forderungen des Schiffbauers in Bezug auf Hydrodynamik und Festigkeit zu erfüllen war vorgesehen, das Widerstandsnetz auf einer Stützschiene aus Schaumstoffen anzubringen. Die Entwicklung wurde aber abgebrochen zu Gunsten der Entwicklung anderer Verfahren, da das Netzband für Zentimeterwellen keine Wirksamkeit bietet.

β) "Sumpf".

Trotz der oben beschriebenen Kompensationsverfahren ist mit einer Widerstandsschicht höchstens eine Bandbreite von einer Oktave zu überbrücken, wie die Entwicklung des Netzbandes zeigte. Außerdem kann für sehr kurze Wellen nicht mehr mit lokalisierten Widerstandselementen gearbeitet werden. Eine weitere Verbesserung der Frequenzbandbreite ist noch möglich durch Reihenschaltung mehrerer Absorptionsschichten. In Verbindung mit dem Gedanken, in gewisser Analogie zur Optik eine Schicht zu schaffen, in der sich die elektromagnetische Welle "totluft", führte dieser Weg zur Entwicklung des elektrischen Sumpfes. Als optische Analogie sei kurz die Entwicklung reflexfreier Gläser unter Ausnutzung des exponentiellen Anstieges des Brechungsindex erwähnt. Auf das Gebiet der Wellenlängen der Funkmeßgeräte übertragen ergibt sich daraus einmal für den Fall rein dielektrischer Baustoffe ($\epsilon > 0$) die Möglichkeit, bei entsprechenden Schichtdicken Reflexionen durch Gestaltung eines exponentiellen Anstieges der Dielektrizitätskonstante zu unterdrücken. (Dielektrischer Sumpf) Zur Unterdrückung der Reflexion an metallischen Flächen ergibt sich zum anderen als Möglichkeit der Aufbau einer Schicht mit exponentiellem Anstieg des Leitwertes bei möglichst geringer Dielektrizitätskonstante ((Leitwert)-Sumpf). Mit der Entwicklung geeigneter Schaumstoffe von sehr geringer Dielektrizitätskonstante ($\epsilon = 1,3$ bis $1,5$) gewann dieser Sumpf überragende Bedeutung. Bei Verteilung der Leitfähigkeit über die ganze Dicke des Sumpfes war es herstellungsmäßig nicht möglich, die Forderung des exponentiellen Anstieges der Leitfähigkeit mit genügender Genauigkeit zu erfüllen. Zufriedenstellende Ergebnisse wurden durch Aufteilen in eine größere Zahl von Schichten erreicht.



λ_u untere Grenze der Wellenlänge } bei der der Sumpf
 λ_0 obere Grenze der Wellenlänge } noch wirksam ist

Wie die oben wiedergegebene Skizze zeigt, ist der Sumpf aus einer Reihe (7 bis 9) Schaumstoffplatten mit eingelegten leitenden Folien von exponentiell ansteigendem Leitwert aufgebaut. Als Schaumstoffe wurden zunächst Koltopren, später Igelit und Zellbuna verwendet. Durch entsprechende Wahl der Dicke der einzelnen Schaumstoffschichten konnte durch Anwendung von Interferenz der Einzelreflexionen an der Oberfläche, den einzelnen Schichten und Rückwand die Absorption für die Seitenfrequenzen des Frequenzbereiches verbessert werden. (Interferenz-Sumpf). Bei günstigster Fertigung wurden für einzelne Frequenzen im Zentimeterbereich 0,25 % Energie-Restreflexion und für den Bereich von 3 bis 20 cm an geraden Platten ca. 1 % Energierestreflexion erreicht. Bei gewölbten Flächen schwankte infolge Schlitzeffekten und Randeffecten die Wirkung des Sumpfes zwischen 1 % bis 8 % Restreflexion. Es sei an dieser Stelle erwähnt, daß die Sumpfe aus Fertigungsgründen nur in kleineren Schalen gebaut werden können, wodurch sich Schlitze in den Leitwertfolien und Schaumstoffschichten ergaben.

Zunächst war der Sumpf noch zur Verkleidung des U-Bootsturmes gedacht. Da die bisher durchgeführten Versuche aber gezeigt hatten, daß eine Herabsetzung der Ortungsreichweite bis zur Grenze des Nahschattens physikalisch nie für einen breiteren Frequenzbereich realisiert werden kann und andererseits die Ortungsversuche mit dem "Schnorchel" gute Erfolge gebracht hatten, wurde für Sofortlösungen nur noch die Tarnung des Schnorchelkopfes in Angriff genommen. Die bei ungünstigen Umständen möglichen Reichweiten gegen den unverkleideten Schnorchelkopf bei 1 m Ausfahrhöhe über Wasseroberfläche betragen 20 bis 25 % der Breitseitenreichweite des U-Bootes VII a. Durch weitere Tarnmaßnahmen mit Tarnschichten von 1 % Energie-Restreflexion war es möglich, das gegen Funkmeßgeräte ortungsfeste U-Boot zu schaffen.

h) Tarnmatte nach Prof. Wesch.

Diese Schicht stellt eine Art Dillonbach-Schicht dar, sie beruht demzufolge im wesentlichen auf der Wirkung von Interferenz und ist damit grundsätzlich in ihrer Wirkung auf einen sehr engen Frequenzbereich beschränkt. Durch empirisch ermittelte Zusätze von Karbonyl-Eisen und der Anbringung eines sogenannten "phasendrehenden Untergrundes" wurde die Reflexion in den zwischen den Interferenz-Minima liegenden Gebieten etwas weiter als bei einer reinen Dillonbach-Schicht heruntergedrückt. Bei diskreten Frequenzen wird somit eine Energierestreflexion von 1 % erreicht. Im Bereich von 3 bis 20 cm liegt die mittlere ^{Energie} Restreflexion bei 10 %. Da die Matte leicht herzustellen und auf Objekte mit beliebiger Krümmung leicht anzubringen war, hatte sie trotzdem als Sofortlösung Bedeutung und wurde demzufolge auch im Fronteinsatz verwendet.

d) Kombination verschiedener Verfahren.

Es lag nahe, den Versuch zu unternehmen, durch Kombination mehrerer Möglichkeiten z.B. Verbindung von abweisender Tarnung und absorbierender Schicht den Erfolg zu verbessern. Dieses wurde vor allem für die Schnorcheltarnung versucht. Sowohl bei der Tarnung durch abweisende Flächen, als auch durch absorbierende Schichten wird, solange die Flächen nicht sehr groß gegen die Wellenlänge sind, im wesentlichen das Hauptblatt der Reflexionscharakteristik unterdrückt, während die kleinen Seitenblätter nur um einen geringen Betrag vermindert werden. Daraus ergibt sich, daß das zusätzliche Aufbringen einer absorbierenden Schicht auf einer abweisenden ~~Fläche~~ Fläche nur geringen Erfolg bringt, der im allgemeinen den notwendigen Aufwand nicht

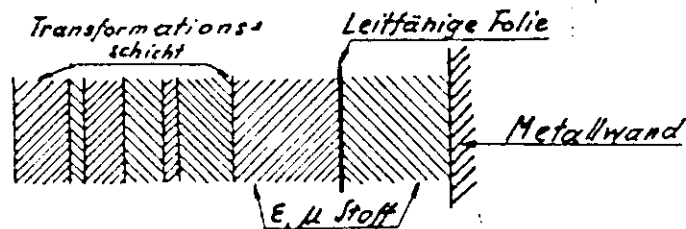
lohnt. Bei jeder Maßnahme zur Unterdrückung der Reflexion ist im wesentlichen die Restreflexion, die durch die Beugungseffekte an den Rändern und Kanten hervorgerufen wird, maßgebend. Diese werden aber durch gleichzeitige Anwendung verschiedener Verfahren nicht beseitigt. Eine Verbesserung ist daher nur möglich, durch Entwicklung von Maßnahmen zur Verminderung von Beugungseffekten an den Kanten, die physikalisch möglich erscheinen, aber noch nicht endgültig untersucht wurden.

3.) Zusammenfassung.

Es ist möglich, durch Tarnmaßnahmen für gewisse Frequenzbereiche die Reichweite eines U-Bootes herabzusetzen. In dem CM - Bereich wird dabei ein Gebiet von ca. 3 Oktaven, im ~~xxxxxx~~ Meterbereich ein Gebiet von einer Oktave bestrichen. Als äußerste Reichweitenherabsetzung erscheint physikalisch eine Verminderung auf ein Drittel möglich. Dabei müssen unbedingt Kompromisse mit den Schiffbauern hinsichtlich der Ausbildung der Schiffsformen geschlossen werden, sodaß in der Praxis nur eine Herabsetzung auf die Hälfte erreicht wird. Diese Feststellungen gelten für große Gerätehöhe (Einbau im Flugzeug). Bei geringeren Gerätehöhen ist theoretisch eine Herabsetzung auf 50 %, praktisch auf 60 bis 70 % möglich. In Zukunft können aber die absorbierenden Schichten an Bedeutung noch wesentlich gewinnen, vor allem, wenn es gelingt, eine Schicht mit $\epsilon = \mu$ und $t_g \delta_\epsilon = t_g \delta_\mu$ zu finden, zum anderen, wenn sich die Schaumstoffe als Baustoffe durchsetzen können.

Breitbandige Tarnschicht

Die in der Praxis bereits eingeführten Tarnstoffe (Sumpf und Weschmatte) wurden wegen ihrer geringen Bandbreite nur als Uebergangslösung betrachtet. Die Forderung nach einer breitbandigen Schicht, die in einem Wellenlängenbereich von 3 cm bis 200 cm wirksam ist, konnte jedoch nur auf der Grundlage der ϵ, μ -Stoffe erfüllt werden, um die gesamte Schichtdicke der Tarnschicht in tragbaren Grenzen zu halten. Das Ziel weiterer Arbeiten war daher ϵ, μ -Stoffe zu entwickeln, wobei für den zu tarnenden Wellenlängenbereich von 3 cm bis 200 cm das Produkt $\epsilon \mu$ möglichst gross, das Verhältnis $\epsilon / \mu = 1$ ist und die elektrischen sowie magnetischen Verluste möglichst gering sind. Die Erfüllung dieser 3 scharfen Bedingungen gleichzeitig ist bisher an keinem Stoff voll erreicht worden. Es wurde daher vorgeschlagen auch ϵ, μ -Stoffe für die Verwendung als Stützschiicht in Erwägung zu ziehen, die die vorgenannten Bedingungen nicht erfüllen. Folgender Aufbau der Tarnschicht schien dabei Aussicht auf Erfolg zu haben.



Die breitbandige Tarnwirkung entsteht durch die Kombination einer Interferenzdoppelschicht für den Bereich der langen Wellen mit einem Sumpf für den Bereich der kurzen Wellen.

Wirkungsweise für den Kurzwellenbereich um 10 cm:

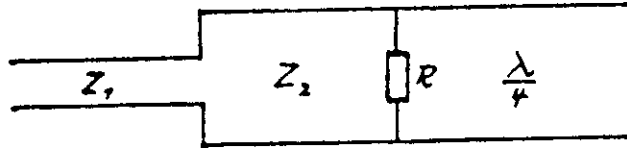
120 W

Die TS -Schicht dient zur Transformation des Wellenwiderstandes des freien Raumes auf den Wellenwiderstand des ϵ, μ -Stoffes. Sie besteht aus wechselnden Schichten des ϵ, μ -Stoffes und eines Schaumstoffes mit $\epsilon = 1, \mu = 1$, wobei die Schichtdicke des Schaumstoffes nach der Metallwand hin abnimmt, die des

ϵ, μ -Stoffes zunimmt. Die Verluste des ϵ, μ -Stoffes unterstützt durch eine leitfähige Folie genügen um eine ausreichende Sumpfwirkung herbeizuführen.

Wirkungsweise für den Langwellenbereich um 150 cm:

Die gesamte Schichtanordnung kann durch nachfolgendes Ersatzschema dargestellt und erklärt werden.



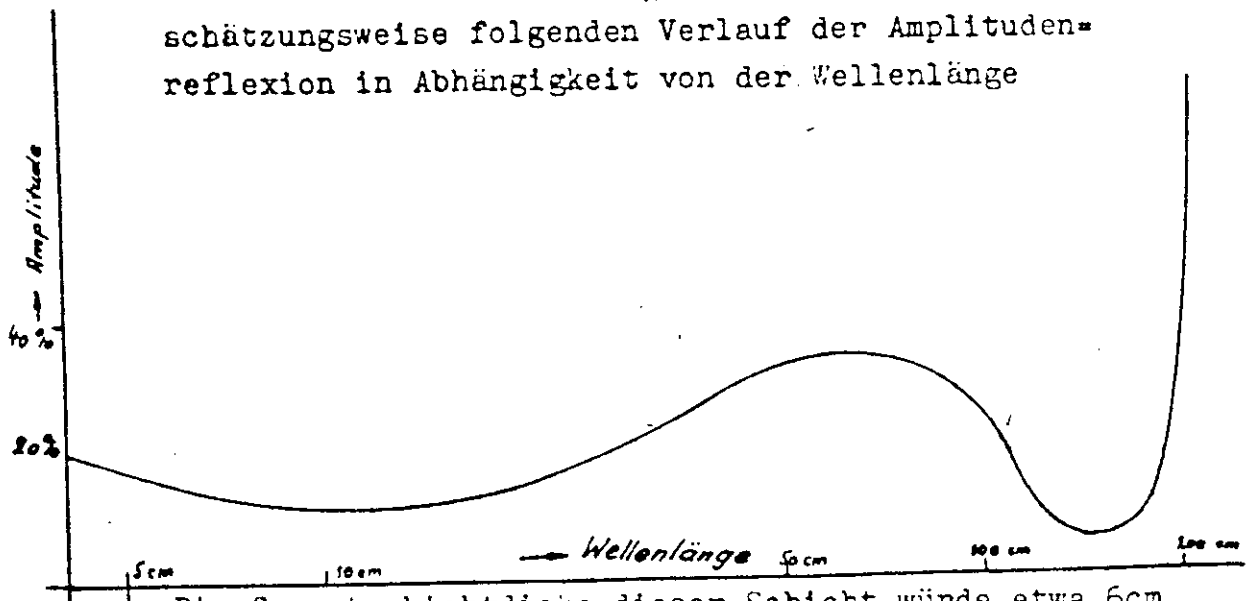
Dabei bedeutet Z_1 den Wellenwiderstand des freien Raumes, Z_2 den Wellenwiderstand des ϵ, μ -Stoffes und die Schicht hinter der Leitfolie mit Metallwand einen kurzgeschlossenen $\lambda/4$ Transformator.

Unter Zugrundelegung eines bereits in technisch brauchbarer Form vorhandenen ϵ, μ -Stoffes, wobei bei langen Wellen

$$\epsilon = 16$$

$$\mu = 9 \quad \text{ist, ergab}$$

schätzungsweise folgenden Verlauf der Amplitudenreflexion in Abhängigkeit von der Wellenlänge



Die Gesamtschichtdicke dieser Schicht würde etwa 6 cm betragen.

b) Täuschung.

Die theoretischen Grundlagen für den Bau von Täuschungskörpern sind bereits in dem Abschnitt I b enthalten. Trotzdem wird es für notwendig erachtet, noch einige grundsätzliche Überlegungen, die sich mit dem gestellten Problem im einzelnen befassen, den speziellen Erörterungen voranzuschicken.

Für den Bereich der Dezimeterwellen und der unteren Meterwellen sind die Reflexionseigenschaften von verschiedenen Objekten weitgehend untersucht und insbesondere unter dem Gesichtspunkt, bestimmte Ziele durch in ihrem Reflexionsverhalten äquivalente Gegenstände von kleineren räumlichen Abmessungen zu ersetzen, verglichen worden. Aus diesen Gesichtspunkten entstanden die verschiedenen Thetis- und Aphroditen-Entwürfe. Bei weiterer Ausdehnung der Versuche nach kürzeren Wellenlängen bis zum Zentimeterbereich hinab ergab sich aber, daß die vorliegenden Thetis- und Aphroditen-Modelle in ihrem Reflexionsvermögen mit steigender Frequenz gegenüber denen des U-Bootes stark abfallen, ein Ergebnis, das zunächst überraschend war, jedoch bei näheren Untersuchungen und Überlegungen seine Klärung fand.

Das Reflexionsvermögen eines bestimmten Zieles läßt sich ausdrücken durch seine Ersatzdipolzahl, das ist die Anzahl statistisch bei gleicher Lage im Ausbreitungsfeld wie der zu vergleichende Gegenstand auf einen bestimmten Raum verteilter Dipole, die eine gleichgroße Reflexion liefern, oder durch seine Ersatzfläche, das ist diejenige zur Anstrahlrichtung senkrecht stehende Fläche, die die gleiche Reflexion wie das Ziel selbst liefert. Die so definierte Ersatzdipolzahl bzw. Ersatzfläche steigt nach durchgeführten Messungen wesentlich mit steigender Frequenz ^{an}. Daraus ergibt sich für alle Nachbildungen eines bestimmten Zieles, die mit Resonanzdipolen bzw. aus Flächen aufgebaut sind, daß mit wachsender Frequenz die Zahl der Dipole bzw. die Größe der Flächen entsprechend gesteigert werden muß. Beim Übergang von statistisch verteilten Dipolen auf Resonanzsysteme wird der Aufwand geringer entsprechend dem jeweiligen Ausrichtungsgrad der einzelnen Dipole. Ein für einen bestimmten Frequenzbereich entwickeltes Resonanzsystem kann aber nicht durch Maßstabsänderungen unter Beibehaltung einer konstanten Dipolzahl für einen anderen Bereich umgebaut werden, wenn man erwartet, daß die Wirksamkeit im Vergleich zu einem bestimmten Objekt dieselbe bleibt.

Wichtig ist auch die weitere Erörterung der Frage, welche Bedingungen grundsätzlich an einen Täuschungskörper zu stellen sind. Es ist dabei nicht unbedingt

erforderlich, eine Reflexionswirkung vom absolutem Rundstrahlcharakter zu fordern. Wesentlich ist nur, daß eine bestimmte Wahrscheinlichkeit, die möglichst nahe an 100 % herankommen soll, dafür besteht, daß der Täuschungskörper bei einer bestimmten Reichweite laufend erfaßt wird. Zur Berechnung dieser Wahrscheinlichkeit bei gerichteter Reflexionscharakteristik ist zu beachten, daß im allgemeinen der Ortungseinsatz der Funkmeßgeräte im Vorbeiflug, weniger im Anflug erfolgt. Da die Ziele vor allem bei Ortung im Zentimeterwellenbereich einen stark schwankenden Reflexionscharakter aufweisen, ist es nicht unbedingt erforderlich, daß der Täuschungskörper mit zeitlich unveränderter Intensität reflektiert. Da der Gegner gerade am schwankenden Charakter der Reflexion U-Boote erkennen kann, muß die Intensität der Reflexion des Täuschungskörpers eine Funktion der Zeit sein, die aber andererseits keine Periodizität enthalten darf, da sie sonst leicht einen Anhaltspunkt dafür geben kann, daß es sich um einen Täuschungskörper handelt.

Bei näherer Betrachtung ergeben sich zunächst allein auf Grund von Überlegungen folgende Möglichkeiten zur Entwicklung von Täuschungskörpern:

Verwendung der Ersatzdipolzahl.

Dabei ist es möglich, die Zahl der verteilten Dipole von einem Ballon oder von einem auf dem Wasser schwimmenden Gerüst tragen zu lassen.

Verwendung von "Düppelwolken".

Es ist festzustellen, welche Anzahl von "Düppeln" oder Folienbändern für den verlangten Frequenzbereich erforderlich ist. Wahrscheinlich ist ein ähnliches Ansteigen wie bei der Ersatzdipolzahl mit steigender Frequenz zu erwarten. Eine Lösung muß aber für jeden Frequenzbereich, wenn auch mit steigendem Aufwand, möglich sein.

Verwendung von aus Flächen aufgebauten Körpern.

Eine weitere Möglichkeit ergibt sich durch Verwendung von Reflexionskörpern, die in ihren räumlichen Abmessungen etwa dem zu ersetzenden Ziel entsprechen. Dabei kann an große schwimmende Ballons oder an ähnlich große Gebilde aus zusammengesetztem Netz oder Gitterwerk gedacht werden. Auf jeden Fall werden solche Gebilde, die sich in bezug auf ihre Reflexionseigenschaften in keiner Weise auszeichnen, in ihren Abmessungen groß gehalten werden müssen; unter Umständen müssen die Abmessungen die Ausmaße des U-Bootsturmes überschreiten, wenn z.B.

der Täuschungskörper in der Reflexionsfähigkeit diesem nicht gleichkommt (Kugel). Natürlich gilt dies nur, wenn für den Täuschungskörper 100 % der U-Bootsreichweite gefordert wird. Mit geringerer Reichweitenforderung fällt der erforderliche Aufwand stark ab. Auf ihre Einsatzfähigkeit hin betrachtet ist festzustellen, daß derartige Gebilde wohl kaum oder nur schwierig von einem U-Boot aus auf dem Wasser auszusetzen sind.

Verwendung von gerichteter Reflexion: "Glanzstellen".

Mit steigender Frequenz nimmt die Bedeutung von Flächen als Reflektoren immer mehr zu. Für Zentimeterwellen kann man, da die Abmessungen von mehreren Wellenlängen möglich sind, schon von quasioptischen Verhältnissen sprechen. Zusammengesetzte Flächensysteme, wie Kreuzwinkel, Polygone und Tripelspiegel, sowie langsam oder schnell "rotierende" Flächen lassen bei kleinsten Abmessungen beste Reflexionsreichweiten erwarten.

1.) Vortäuschung von Einzelzielen.

Neben der Tarnung, die die U-Boote der Ortung durch Funkmeßgeräte entziehen sollte, bestand noch die Möglichkeit, die Ortung durch Vortäuschung von Zielen zu erschweren. Die Forderung nach Täuschungskörpern zerfiel in zwei Teilforderungen. Täuschungskörper geringer Standzeit - Aphroditen - sollten es dem Boot ermöglichen, sich einem erkannten Angriff zu entziehen. Andere Modelle längerer Standzeit - Thetis-Modelle - sollten dazu dienen, zum Teil durch Abwurf aus Flugzeugen die wichtigsten Operationsgebiete systematisch zu verschleiern.

1) Täuschungskörper geringer Standzeit:

a) α) Die Forderung lautete zunächst, einen Täuschungskörper von einfacher Konstruktion und leichter Bedienung zu schaffen, sodaß die einzelnen Boote größere Mengen mitnehmen können. Das Modell soll vor allem im Wellenbereich der ASV-Geräte (1,2 m bis 1,8 m) wirksam sein.

β) Diese Bedingung wurde von dem von der AEG entwickelten Aphrodite-Ballon im Bereich von 0,5 bis über 4 m erfüllt. Es war dieses ein Gummiballon, der aufgeblasen ca. 60 cm Durchmesser hatte und bei rund 200 Gramm Tragfähigkeit bis auf eine Höhe von 60 m aufstieg; Unterhalb des Ballons waren drei Folienbänder aus Aluminium von 4 cm Breite und 4 m Länge befestigt. Später war statt der Folienbänder ein Dipolkreuz vorgesehen, da die Folienbänder in Windrichtung und entgegengesetzter Windrichtung weniger reflektieren.

γ) Schwierigkeiten bei der Konstruktion dieses Thetis-Modells in diesem Frequenzbereich bestanden nicht. Sie traten erst mit dem Einsatz von Zentimetergeräten auf.

b) α) Mit Einsatz der Zentimetergeräte in Flugzeugen wurde die Forderung der Täuschung auch auf diesen Frequenzbereich erweitert. Die Aphrodite sollte dabei ein U-Boot neben dem ASV-Bereich auch im Bereich der Zentimeterwellen vortäuschen.

β) Diese Forderung wurde annähernd erfüllt durch Konstruktion von sogenannten "Fliegballons". Diese sind Ballons von 1m Durchmesser mit eingebauten Tripelspiegeln. Im Mittel hatte dieser Ballon eine Reichweite von ca. 60 % der U-Bootsreichweite in der Breitseite gemessen. Er kam jedoch nicht mehr zum Einsatz.

γ) Während bei Meterwellen das U-Boot VIIe in seinen Rückstrahleigenschaften noch annähernd Dipolcharakter hat, stellt es bei Zentimeterwellen schon einen quasi-optischen Körper mit ausgeprägter Spiegelwirkung dar. Diese Erkenntnis besagt, daß bei Zentimeterwellen das Boot nur durch Gegenstände fast gleicher räumlicher Größe ersetzt werden kann. Mit dem vorliegenden Modell konnte daher nur eine geringere Reichweite als gegen das VIIe-Boot erzielt werden. Ballons von 1 bis 2 m Durchmesser konnten wegen des erforderlichen hohen Gasbedarfes von den Booten nur in geringerer Zahl mitgenommen werden.

2) Täuschungskörper größerer Standzeit:

a) α) Täuschungskörper größerer Standzeit waren zunächst für den ASV-Bereich zur Vortäuschung eines aufgetauchten U-Bootes gefordert. Sie sollten möglichst einfach in der Bedienung, leicht und evtl. zum Abwurf aus Flugzeugen geeignet sein.

β) 1.) Für den Einsatz von U-Booten war die Thetis IIC gedacht. Sie bestand aus einem Rohr mit Gegengewicht, aus dem eine Holzstange von ca. 5 m Höhe mit vier übereinander angeordneten räumlichen Dipolkreuzen, die auf 1,5 m abgestimmt waren. Im ASV-Bereich betrug die Reichweite dieses Modells ca. 70 % der U-Bootsreichweite in der Breitseite gemessen; bis zu 30 cm Wellenlänge fiel die Reichweite auf etwa 30 % ab.

2.) Das Modell Thetis IV war zum Flugzeugabwurf konstruiert. Das Gegengewicht und die reflektierenden Teile befanden sich im Innern eines zylindrischen Schwimmkörpers. Das Gegengewicht

ist dabei durch einen Salbstift gehalten. Ist dieses Salz-
element vom Wasser gelöst, so fällt das Gegengewicht mit
einer Stange heraus und löst einen Treibeis aus, der einen
Teleskopmast von 4 m Länge mit vier Polierbändern von 1 m
Länge ausführt. Die Reichweite betrug im ASV-Bereich ca.
60 % der U-Bootsreichweite in der Breitseite gemessen.

γ) Besondere Schwierigkeiten bei der Konstruktion dieses Modalles
lagen nicht vor.

b) I) α) Mit Einsatz der Zentimetergeräte wurde auch für die Thetis-
Modelle die Wirksamkeit für den Bereich der Zentimeterwellen
gefordert.

β) die Forderung wurde nahezu erfüllt durch luftgefüllte bzw.
mit Wasserstoff aufgeblasene Schwimmballons von 1,5 m bzw.
2 m Durchmesser mit darin eingebauten Tripelspiegeln. Da
die Wirksamkeit der Tripel Spiegel infolge der Schwierigkeit,
bei Gummballons die rechten Winkel mit brauchbarer Toleranz
einzuhalten, verschlechtert wurde, erreichten die Modelle
bei 9 cm Wellenlänge im Mittel nur ca. 70 % der Breitseiten-
reichweite des U-Bootes VIIc.

γ) Für die Schwierigkeiten gilt das schon oben gesagte.
Täuschungskörper, die bei Zentimeterwellen die Breitseiten-
reichweite eines U-Bootes annähern vortäuschen sollen,
werden so groß, daß sie nur für einzelne Spezialeinsätze an
Bord mitgenommen werden können.

II) α) Durch Einführung des Schnorchels, der zunächst, solange die
Tarnungen nicht allgemein eingeführt waren, noch nicht un-
bedingt als ortungsfest gelten konnte, wurden Täuschungs-
körper, die einen Schnorchel vortäuschen sollten, gefordert.
Diese Täuschungskörper sollen sowohl für den ASV-Bereich als
auch für den Zentimeterbereich wirksam sein. Als erschwerende
zusätzliche Forderung tritt hinzu, daß diese Modelle für den
Unterwasseranstoß geeignet sein müssen.

β) 1.) Die in Zusammenarbeit mit Telefunken entwickelte Thetis S
stellt einen aufspannbaren Tripel Spiegel dar mit reflek-
tierenden Netzwänden von ca. 0,8 m größter Kantenlänge.
Dieses Modell lieferte für den ASV-Bereich eine Reich-
weite von 30 bis 35 %, für den Zentimeterbereich eine
Reichweite von 25 bis 30 % der U-Bootsreichweite des Bootes
VII c.

FUMT 4 2.) Das nach Angaben vom NVK entwickelte Modell Thetis US stellt einen kleinen Gummiballon von 1 m Höhe und ca. 30 cm Breite mit eingebautem Tripelspiegel dar. Durch eingebrachte Karbidfüllung wurde der Ballon selbständi. aufgeblasen, sodaß dieses Modell für einen Unterwasseransstoß geeignet ist. Es liefert im Mittel etwa die gleiche Reichweite, wie der ungetarnte Sehnrohrl, etwa 20 % der U-Bootsreichweite VIIe in der Breitseite gemein.

FUMT 5 FUMT 6
3.) Die Modelle Thetis IV S und Thetis IV US entstanden aus der Thetis IV durch kleine Änderungen. Als reflektierendes Element erhielten diese Modelle bei 2 m Ausfahrhöhe des Teleskopmastes einen vierfachen Winkelspiegel von etwa 15 cm Höhe und 40 cm Breite. Die mittlere Reichweite dieses Modelles betrug 20 bis 25 % der U-Bootsreichweite in der Breitseite. Das Modell Thetis IV US unterscheidet sich von der Thetis IV S nur dadurch, daß sie für Unterwasseransstoß geeignet ist. Beide Geräte sind nicht mehr zum Einsatz gekommen.

2. II
γ) Schwierigkeiten bestanden nur bei der Thetis S, da die Bedienung dieses Gerätes zu kompliziert ist.

2.) Verdecken vorhandener Ziele.

a) Forderungen

Durch den Einsatz von Zentimeter-Panoramageräten zur Markierung für Bombenwurf; wurde es erforderlich, markante Ziele und markante Orientierungspunkte neben optischer Vernebelung auch gegen eine Funkmeßortung zu verdecken. Gefordert war ein Mittel Klattenstreifen, Seen und wichtige Industrieanlagen, vor allem Hydrierwerke, im Panoramabild zu verschleiern.

b) Zur Lösung dieser Forderung ist nach den vorausgegangenen Überlegungen nur die Verwendung von Tripelspiegeln und ähnlichen quasioptischen Reflektoren geeignet. Bei den Tripelspiegeln störte teilweise die noch ungefiederte Charakteristik. Es wurde deshalb für einzelne Fälle die Verwendung von Doppelspiegeln in Form von Doppelbeugeln mit absoluter ~~per~~ Charakteristik in der Horizontalen empfohlen. Die ~~Th~~ Messungskörper werden in Feldern mit Abständen bis zu 150 m untereinander ausgelegt.

FluMT 4 2.) Das nach Angaben vom NVK entwickelte Modell Thetis US stellt einen kleinen Gummiballon von 1 m Höhe und ca. 30 cm Breite mit eingebautem Tripelspiegel dar. Durch eingebrachte Karbidfüllung wurde der Ballon selbständ. aufgeblasen, sodaß dieses Modell für einen Unterwasseransstoß geeignet ist. Es liefert im Mittel etwa die gleiche Reichweite, wie der ungetarnte Sehnrohrl, etwa 20 % der U-Bootsreichweite VIIe in der Breitseite gemessen.

FluMT 5 FluMT 6
3.) Die Modelle Thetis IV S und Thetis IV US entstanden aus der Thetis IV durch kleine Änderungen. Als reflektierendes Element erhielten diese Modelle bei 2 m Ausfahrhöhe des Teleskopmastes einen vierfachen Winkelspiegel von etwa 15 cm Höhe und 40 cm Breite. Die mittlere Reichweite dieses Modelles betrug 20 bis 25 % der U-Bootsreichweite in der Breitseite. Das Modell Thetis IV US unterscheidet sich von der Thetis IV S nur dadurch, daß sie für Unterwasseransstoß geeignet ist. Beide Geräte sind nicht mehr zum Einsatz gekommen.

2 II
4) Schwierigkeiten bestanden nur bei der Thetis S, da die Bedienung dieses Gerätes zu kompliziert ist.

2.) Verdecken vorhandener Ziele.

a) Forderungen

Durch den Einsatz von Zentimeter-Panoramageräten zur Markierung für Bombenwurf; wurde es erforderlich, markante Ziele und markante Orientierungspunkte neben optischer Vernebelung auch gegen eine Funkmessortung zu verdecken. Gefordert war ein Mittel Klattenstreifen, Seen und wichtige Industrieanlagen, vor allem Hydrierwerke, im Panoramabild zu verschleiern.

b) Zur Lösung dieser Forderung ist nach den vorausgegangenen Überlegungen nur die Verwendung von Tripelspiegeln und ähnlichen quasioptischen Reflektoren geeignet. Bei den Tripelspiegeln störte teilweise die noch ausgefiederte Charakteristik. Es wurde deshalb für einzelne Fälle die Verwendung von Doppelspiegeln in Form von Doppelbeugeln mit absoluter ~~parabol~~ Charakteristik in der Horizontalen empfohlen. Die ~~Thetis~~ Messungskörper werden in Feldern mit Abständen bis zu 150 m untereinander ausgelegt.

- e) Schwierigkeiten größerer Art bereitete bei den Tripelspiegeln das Einhalten der zu fordernden Toleranzen für den rechten Winkel. Wie oben erklärt, ist die optimale Größe des Tripels eine Funktion der Winkelgenauigkeit. Daneben konnten nur volle Erfolge bei entsprechend großem Aufwand, der leider nicht immer möglich war, erwartet werden.

e) "Verdüpplung".

Unter "Verdüpplung" wird die Vertäuschung von Objekten im Raum durch Abwerfen bzw. Ausstoßen von Düppelwolken verstanden. Der Begriff "Düppel" ist also dem Begriff "Düppel" gleichzusetzen.

1.) "Verdüpplung" von Flugzeugen.

Über die bei der "Verdüpplung" von Zielräumen auftretenden Probleme wurden in Zusammenarbeit mit anderen Stellen umfangreiche Versuche durchgeführt.

A) Physikalische Untersuchungen.

I) Rückstrahlverhalten in Abhängigkeit von den Abmessungen der Düppel

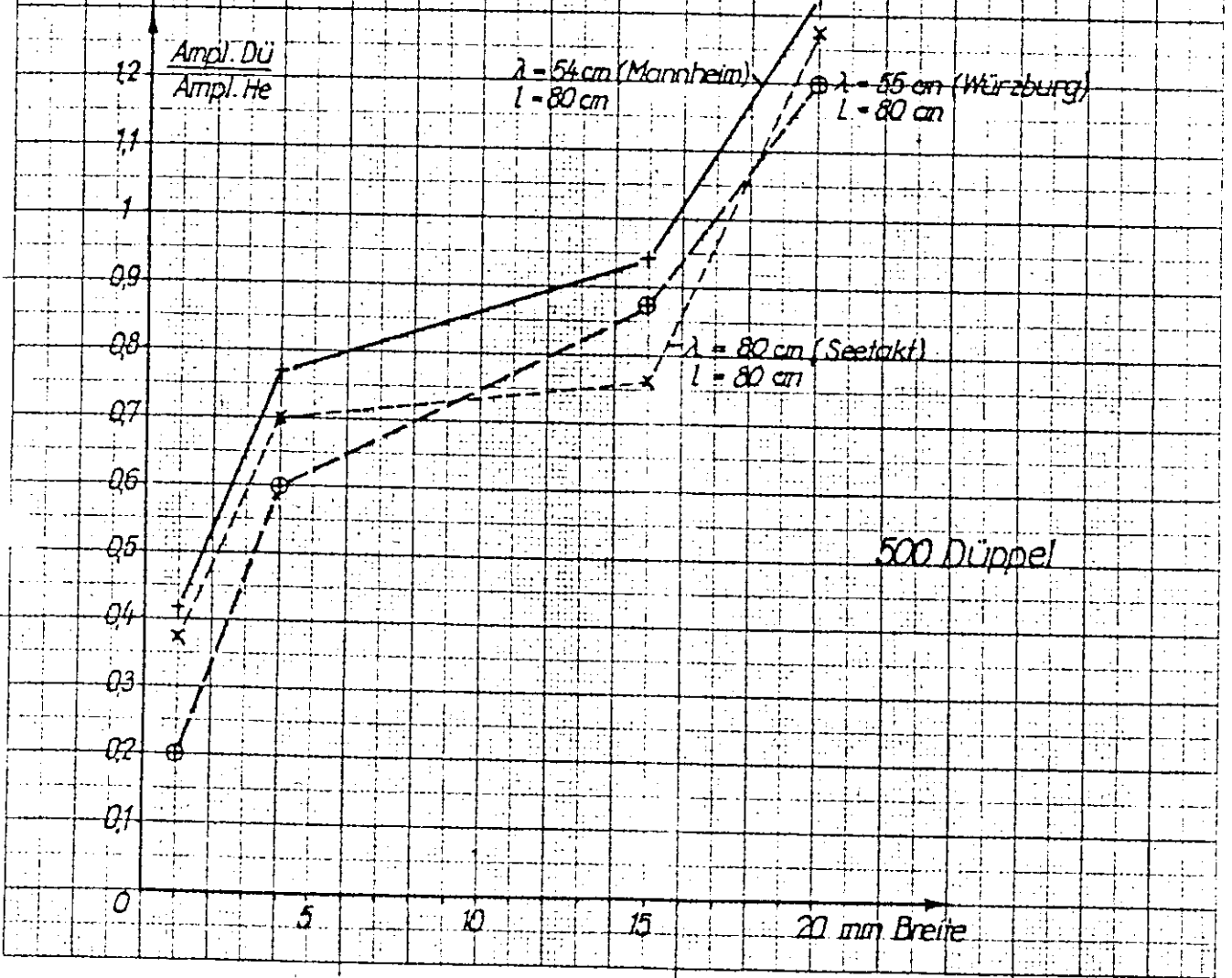
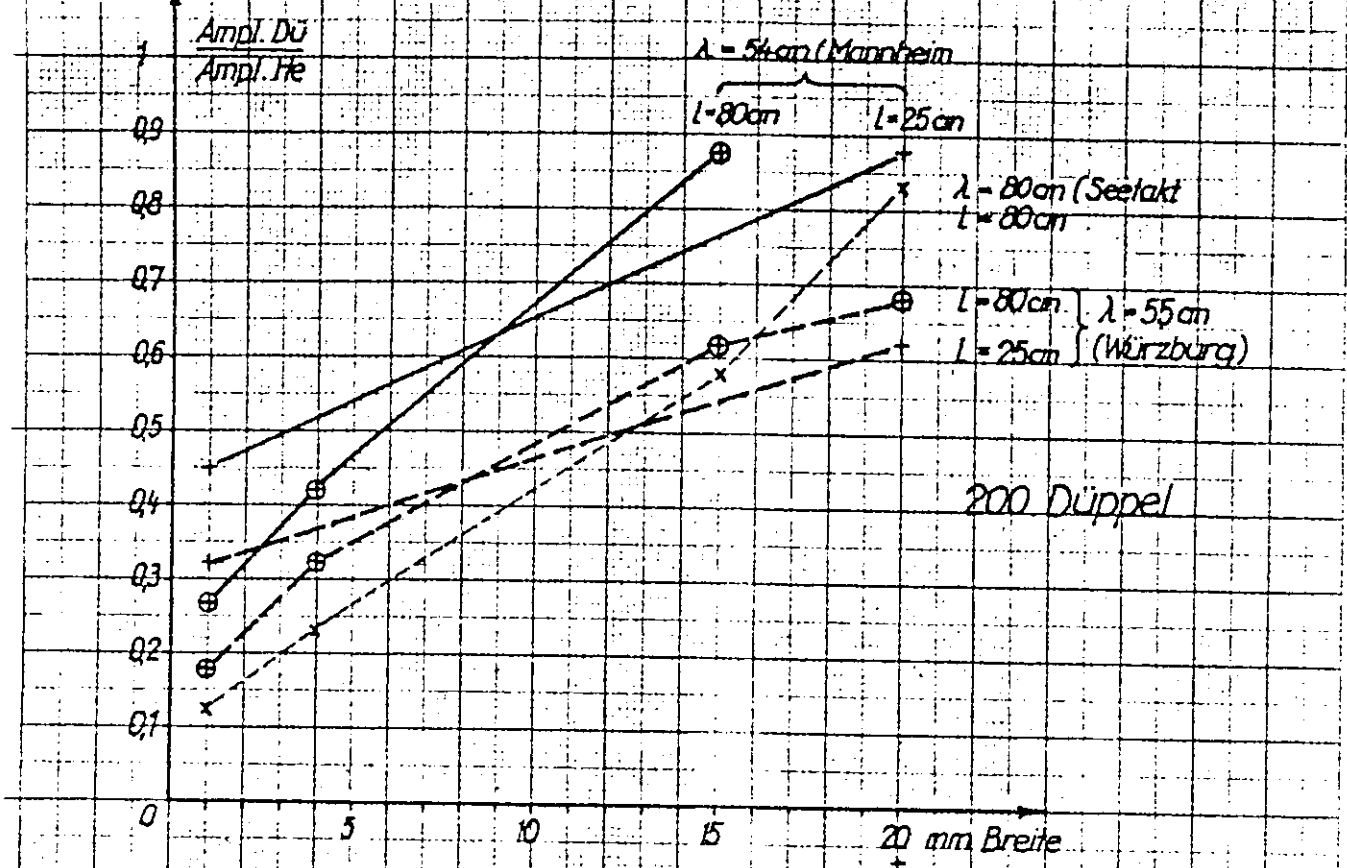
a) Anlage 1 des Abschnittes Ib zeigt den Amplitudengang einer Düppelwolke mit deren Länge, wobei das Verhältnis $\frac{A_{Dü}}{A_{He}}$ d.h. die Störwirkung über der Düppellänge aufgetragen ist. Die Rückstrahlamplitude eines Düppels, dessen Länge $l < \frac{\lambda}{2}$ ist, steigt bei wachsender Länge mit $\left(\frac{l}{\lambda}\right)^3$ an, erreicht bei $l = \frac{\lambda}{2}$ sein erstes Resonanzmaximum, sinkt bei weiterem Anwachsen ab und erreicht bei $l = \frac{3}{4}\lambda$ das erste Minimum. Es folgen weitere Maxima mit fast gleicher Amplitude bei 2, 3, 4, ... $\frac{\lambda}{2}$ und weitere Minima in den dazwischenliegenden Gebieten bei 3, 5, 7, ... $\frac{\lambda}{4}$.

β) Abbildung 1 zeigt den Amplitudengang bei kleiner werdender Breite der Düppel. Für den Amplitudenrückgang der Kurven mit fallender Breite können mehrere Gründe verantwortlich sein, wie z.B. Knickungen und Zerreißen der Streifen, Verstimmung der einzelnen Düppel infolge ihrer Krümmungen und Verschlingungen während des Falls, Verfilzung der Düppel untereinander. In welchem Umfang die einzelnen Gründe für den Amplitudenrückgang verantwortlich zu machen sind, ist bisher noch nicht näher untersucht worden. Sicher ist jedoch daß für den starken Amplitudenrückgang beim Abwurf schmaler, langer Düppel und hinreichend großer Menge jeder Abmessung die dann regelmäßig beobachtete starke Verfilzung verantwortlich zu machen ist.

II) Rückstrahlverhalten in Abhängigkeit von der Zahl und Orientierung der Düppel.

a) Zur gesamten zerstreuten Leistung einer Düppelwolke liefert jeder einzelne Düppel den gleichen, mittleren Beitrag. Es steigt also die Empfangsleistung mit der Zahl der Düppel, d. Amplitude mit ihrer Wurzel. Das Experiment bestätigt bei

Reziprokes Störverhältnis als Funktion der Düppelbreite



Abwurf geringer Duppelmengen das erwartete Gesetz. Größere Mengen dagegen verfilzen häufig und liefern kleinere Amplituden als erwartet. Der Amplitudenunterschied zwischen errechnetem und gemessenem Wert liefert direkt ein Maß für die Abwurfgröße.

- β) Die Messungen ergaben, daß bei fast allen Duppeltypen jede Lage ihrer Achsen im Raum gleich häufig auftritt. Nur bei 1 mm starken, 50 mm langen Duppel wurde beobachtet, daß sie sich nach einer gewissen Fallzeit entmischen, d.h. daß die im wesentlichen vertikal liegenden Dipole schneller absanken als die horizontal polarisierten. Längere Duppel ändern in den meisten Fällen fortlaufend ihre Polarisationsrichtung.
- γ) Innerhalb einer Duppelwolke ist in der Horizontalabene keine Lage bevorzugt, jede Winkellage gegen die Verbindungslinie Gerät - Ziel ist gleich wahrscheinlich. Es verringert sich daher die von den Duppeln herrührende Empfangsleistung gegenüber der, die von Dipolen herrühren würde, die zur elektrischen Feldstärke parallel ausgerichtet sind. Der Leistungsunterschied von $\lambda/2$ -Strahlern beträgt falls sämtliche Duppel horizontal liegen $3 : 8 = 0,375$. Verteilen sich die Duppel weiterhin in einem gewissen Winkelbereich um die Horizontale so verkleinert sich der Faktor weiterhin und erreicht bei $\lambda/2$ -Dipolen den Grenzwert $1 : 5$, wenn sämtliche Lagen im Raum gleich wahrscheinlich werden.
- δ) Durch den Vergleich der Rückstrahlamplitude mit einer Duppelwolke mit der einer Maschine in gleicher Entfernung und Höhe wurde zunächst die Ersatzduppelzahl bestimmt. Die mittlere Rückstrahlleistung einer Maschine ist für $1 \leq 3$ m unabhängig von der Polarisation; die mittlere Rückstrahlleistung der Duppel kann sich jedoch¹⁰ nach Lageverteilung der Einzeldipole mit dieser ändern. Der Umrechnungsfaktor von Ersatzduppel auf Ersatzdipolzahlen liegt wie o. erwähnt zwischen $3/8$ und $1/5$ entsprechend rein horizontaler Lage bzw. gleichmäßiger Verteilung aller Lagen im Raum.

Der Bestimmung einer Ersatzdipolzahl wurden z.B. folgende Maßwerte zu Grunde gelegt:

- 1) Ersatzdipolzahl für "Steppch";

Bei $\lambda = 0,5$ m ist die Ersatzduppelzahl 100, daraus ergibt sich für die Ersatzdipolzahl ein Wert zwischen 20 und 27.

- 2) Ersatzdipolzahl für "He 111";

Bei $\lambda = 0,5$ m ist die Ersatzduppelzahl 200, daraus ergibt sich für die Ersatzdipolzahl ein Wert zwischen 40 und 75. Für die Wellen-

länge $\lambda = 9$ cm ist die Ersatzdipolzahl 4000, daraus ergibt sich für die Ersatzdipolzahl ein Wert zwischen 800 und 1500.

B) Allgemeine Betrachtungen über Döppel.

I.) Nach der Reichweitenformel im freien Raum gilt für einen $\lambda/2$ langen Dipol

$$N_E = \frac{N_S \cdot F_A^2}{16 \cdot r^4}$$

N_S = Senderleistung

N_E = Empfängerempfindlichkeit

F_A = Antennenfläche (Simultanbetrieb)

r = Entfernung

Für die weitere Betrachtung sind zwei Fälle zu unterscheiden:

α) Der Öffnungswinkel der Antenne ist konstant, d.h. $\frac{\lambda^2}{F_A} = \text{Konst.}$

Es gilt dann: $N_E = \text{const} \lambda^4 \cdot \frac{1}{16} \cdot \frac{N_S}{r^4}$

Bei konstantem Öffnungswinkel, konstanter Sendeleistung und konstanter Döppelzahl wächst die Empfangsenergie mit der vierten Potenz der Wellenlänge, falls abgestimmte Döppel eingesetzt werden. Die Reichweite im freien Raum wächst unter den gleichen Voraussetzungen proportional der Wellenlänge an.

β) Die Antennenfläche ist konstant, d.h. $F_A = \text{Konst.}$ In diesem Falle gilt

$$N_E = \text{const} \frac{1}{16} \cdot \frac{N_S}{r^4}$$

Bei konstanter Antennenfläche und konstanter Sendeleistung ist die Empfangsenergie und die Reichweite bei Verwendung von abgestimmten Döppeln unabhängig von der Wellenlänge.

II.) Nach diesen prinzipiellen Überlegungen ist für die weitere Betrachtung wichtig die Frage, nach dem Störverhältnis und der Störverminderung bei einem Wellenlängenwechsel, wenn nur mit einer einzigen Döppellänge ℓ gestört wird. Die Empfangsleistung eines Funkmeßgerätes bei Ausbreitung im freien Raum ist

$$N_E = \frac{1}{16} \cdot \frac{N_S}{r^4} \cdot F_A^2 \cdot Z$$

Dabei bedeutet Z entweder $Z = Z_M$, die Ersatzdipolzahl eines Zieles, oder $Z = Z_{DI}$, die Zahl der vom Funkmeßgerät erfaßten Döppel. Die Ersatzdipolzahl ist von der Wellenlänge abhängig. Sie wird gemäß Untersuchungen für $\lambda \leq 3$ m in guter Näherung durch die Beziehung

$$Z_M = \frac{8}{\lambda^2}$$

wiedergegeben. Die von einem Funkmeßgerät erfaßte Döppelzahl ist abhängig von der Entfernung, dem Öffnungswinkel, der Impulszeit und der Döppelzahl pro Raum bzw. Längeneinheit. Dabei ist zu unter-

scheiden, ob die Düppel in einer Schneise ausgeworfen werden oder ob der ganze Raum verdüppelt wird. Für den Schneisenwurf ist die Düppelzahl $Z_J = \frac{Z}{2} \cdot S$, für den verdüppelten Raum ist sie $Z_J = \frac{Z}{2} \cdot \frac{\lambda^2}{F_A} \cdot r \cdot \varrho$. Dabei bedeuten: Z die Impulslänge, s bzw. ϱ die Zahl der Düppel pro Längeneinheit bzw. Raumeinheit, $\frac{\lambda^2}{F_A}$ den räumlichen Öffnungswinkel der Antenne, r die Entfernung des Meßpunktes.

Das Störverhältnis V ist definiert durch das Verhältnis der von der Ziel zu der von der Düppelwolke in den Empfänger gelangenden Amplitude. Es gilt also

$$V = \sqrt{\frac{N_{Em}}{N_{E\pi u}}} \sim \sqrt{\frac{Z_m}{Z_{Jü}}}$$

Für die beiden skizzierten Sonderfälle ergibt sich dann:

$$\text{Düppelschneise: } V = \sqrt{\frac{\frac{8}{\lambda^2}}{s \cdot \frac{Z}{2}}} = \sqrt{\frac{16}{s \cdot T \cdot \lambda^2}}$$

$$\text{verdüppelter Raum: } V = \sqrt{\frac{\frac{8}{\lambda^2}}{r \cdot \frac{\lambda^2}{F_A} \cdot \varrho \cdot \frac{T}{2}}} = \sqrt{\frac{16 \cdot F_A}{r \cdot \lambda^4 \cdot \varrho \cdot T}}$$

Nach diesen Überlegungen läßt sich eine Aussage gewinnen über die Veränderung des Störverhältnisses bei einem Frequenzwechsel des Funkmeßgerätes, wenn die Düppel auf eine Frequenz abgestimmt sind. Es sei λ_1 die Wellenlänge, auf die die Düppel abgestimmt sind, und V_1 das zugehörige Störverhältnis. λ_2 sei eine Wellenlänge, die kleiner λ_1 ist und V_2 das dazugehörige Störverhältnis, λ_3 eine Wellenlänge, die größer λ_1 ist und V_3 das dazugehörige Störverhältnis. Auf Grund der obigen Formeln in Verbindung mit den oben dargelegten Überlegungen über die Änderung des Reflexionsvermögens eines Düppels bzw. einer Düppelwolke mit der Wellenlänge ergibt sich für die Veränderung des Störverhältnisses folgendes Bild, das in der Tabelle zusammengefaßt ist.

$l = \frac{\lambda_1}{2}$		I. Duppelschneise		I. verduppelter Raum	
		a) $\Omega = \frac{V_2^2}{V_1^2} = konst$	b) $F = konst$	a) $\Omega = \frac{\lambda_2^2}{\lambda_1^2} = konst$	b) $F = konst$
$\frac{\lambda_2}{2} < l$	$\frac{V_2}{V_1}$	$\left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)^2$	$\left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)^2$	$\left(\frac{\lambda_3}{\lambda_1}\right)^2$	$\frac{\lambda_3}{\lambda_1}$
$\frac{\lambda_3}{2} > l$	a)	$\frac{\lambda_1}{\lambda_3}$	$\frac{\lambda_1}{\lambda_3}$	$\frac{\lambda_1}{\lambda_3}$	$\left(\frac{\lambda_4}{\lambda_3}\right)^2$
	b)	$\left(\frac{\lambda_1}{\lambda_3}\right)^{\frac{1}{2}}$	$\left(\frac{\lambda_1}{\lambda_3}\right)^{\frac{1}{2}}$	$\left(\frac{\lambda_4}{\lambda_3}\right)^{\frac{1}{2}}$	$\left(\frac{\lambda_4}{\lambda_3}\right)^{\frac{3}{2}}$

Die Werte unter a) in der Tabelle setzen voraus, daß das Reflexionsvermögen für eine Länge größer $\frac{\lambda_2}{2}$ im Mittel konstant bleibt und gleich der im Punkt $l = \frac{\lambda_2}{2}$ ist; die Werte unter b) dagegen setzen voraus, daß das Reflexionsvermögen mit der Wurzel aus der Länge ansteigt (siehe Anlage 1 Abschnitt Ib).

2.) Verdüppelung von Seezielen.

Die oben theoretisch wiedergegebenen Überlegungen gelten entsprechend für die Verdüppelung von Seezielen. In der Praxis wurden zur Störung der Ortung von Seezielen Versuche unternommen, durch Erzeugung von Düppelwolken gleiche Reflexionsgebilde wie das zu ortende Ziel darzustellen. Hierzu wurden Raketen verwendet, die in passender Höhe entsprechende Düppelmengen ausstoßen. Es wurden prinzipielle Untersuchungen über Anzahl und Art der zu verwendenden Düppel und über ihren möglichst verfilzungsfreien und sauberen Ausstoß aus der Rakete durchgeführt.

Es standen 8,6 cm Raketen zur Verfügung, die nach 1000 m Flugbahn die Füllung ausstoßen. Diese Rakete besitzt eine Fülllänge von ca. 22 cm bei einem Durchmesser von ca. 73 mm. Kurze Düppel wurden in Manschetten mit 73 mm Durchmesser zusammengefaßt und soviel Manschetten eingelegt, als die Fülllänge erlaubte. Längere Düppel wurden in Zickzackform über die gesamte Füllraumlänge gelogt oder in Rollen mit 73 mm Durchmesser aufgewickelt. So konnten beispielsweise ca. 100.000 Düppel von der Größe 50 x 1 mm, wobei vier Manschetten zu

je 25.000 Stück verwendet wurden, oder ca. 400 Düppel von der Größe 80 x 2 cm in Zickzackform mit einer Knicklänge von 20 cm oder auch in 10 Rollen zu je 40 Düppel eingelegt werden.

Es wurde gefordert, eine Düppelrakete zu laborieren, deren Düppelwolke sowohl für das Rotterdamgerät (9 bis 10 cm), als auch für das ASV-Gerät (150 cm) das Reflexionsvermögen eines Schnellbootes darstellt. Hierzu waren in der Rakete ca. 100.000 Düppel von der Größe 45 x 1 mm und ca. 40 Düppel von der Größe 80 x 2 cm gepackt. Die kurzen Düppel waren in vier Manschetten von je 25.000 Stück lose eingelegt, die langen Düppel zu einer Rolle zusammengewickelt. Theoretisch ist der Aufwand hinsichtlich der Düppelzahl viel zu groß, jedoch wurden durch die unvermeidliche Verfilzung, Beschädigung und nicht vollständige Entfaltung der Düppel in der Praxis gerade ein befriedigendes Ergebnis erzielt.

Weitere Versuche sollten zeigen, ob die Verwendung anderer Düppelarten, vor allem Düppel anderer Breite, einen besseren Wirkungsgrad bringen. Diese Versuche konnten jedoch nicht mehr zum Abschluss gebracht werden.

c) Störverfahren für Fernlenk Waffen.

1) Aufgabenstellung und Grundgedanke.

Das Gerät soll zur automatischen Störung und Abwehr funkgesteuerter Lenkkörper dienen. Der Grundgedanke des Verfahrens ist folgender: Ein Empfänger wird über einen gewissen Frequenzbereich gewobbeln. Wird in dem durchwobbelten Bereich ein Fremdsender aufgegriffen, so wird automatisch die Wobblung unterbrochen und der Empfänger auf der Frequenz des Fremdsenders angehalten. Ein Magnetophon zeichnet die durch den Empfänger aufgenommene Modulation (Tonfrequenz) des als amplitudenmoduliert vorausgesetzten Fremdsenders auf. Danach wird ein Störsender, dessen Frequenz der Empfängerfrequenz parallel geführt wird, eingeschaltet und mit der von dem Magnetophon aufgezeichneten Modulation ^{dieser} moduliert. Hierdurch wird der Steuermechanismus des Lenkkörpers gestört und ^{dieser} dadurch aus seiner Bahn gebracht.

2) Durchgeführte Entwicklung und Erprobung.

a) Anlage A für den Bereich 46 - 51 MHz.

Ein magnetisch gewobbelter Empfänger, der den Bereich mit einer Wobblfrequenz von 50 Hz überstreicht, wird durch eine Empfängernachstimmung mit dem Fremdsender auf ± 10 kHz scharf abgestimmt. In vereinfachender Weise ist angenommen, daß die für die zu störende Funklenksteuerung verwandte Tonfrequenz bekannt ist. Damit konnte das Magnetophon entfallen. Es ist ersetzt durch ein Tastgerät, das die Tonfrequenz (1000 Hz) erzeugt und den sofort nach Anhalten des Empfängers eingeschalteten Störsender moduliert. Die Frequenz des Störsenders ist auf magnetischem Wege grob mit der Empfängerfrequenz in Gleichlauf gebracht und wird ihr mit einer Sendernachstimmung auf etwa ± 10 kHz genau angeglichen. Die abgegebene Hochfrequenzdauerstrichleistung beträgt etwa 10 W. Eine labormäßige Erprobung der Anlage wurde sowohl für den Fall, daß der Störsender im Dauerstrich (unmoduliert) als auch für den Fall, daß der Störsender moduliert arbeitet, durchgeführt. Im Fall des unmodulierten Störsenders beträgt die Abweichung der Störfrequenz von der Fremdfrequenz etwa ± 10 kHz. Der Störsender hält seine Frequenz für etwa 30 - 60 Sec. innerhalb der genannten Grenzen. Für den Fall des moduliert arbeitenden Störsenders entstanden Schwierigkeiten bei der Sendernachstimmung, deren Beseitigung bereits eingeleitet waren. Nachteilig wirkt sich eine starke Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen und eine lange Einlaufzeit aus. Die noch vorhandene Abhängigkeit der Anlage von der Amplitude des einfallenden Senders läßt sich beheben.

b) Anlage B für den Bereich 36 - 54 MHz.

Es sind vorhanden ein magnetisch gewobbelter Empfänger, ein von der Fa. Hagenuk gebauter Störsender mit 50 W Ausgangsleistung, ein Magnetophon (entwickelt von der Reichsrundfunkgesellschaft). Die Zusammenstellung der Anlage steht bevor.

c) Anlage C für den Bereich 500 - 750 MHz.

Bei der Fa. Hagenuk war vom NVK die Erstellung einer vollständigen Anlage in Auftrag gegeben. Die Wobblung sollte durch umlaufende Drehkondensatoren vorgenommen werden. Die Abstimmittel von Empfängern und Störsender sollen durch eine Achse betätigt werden, so daß ein guter Gleichlauf erreicht wird. Das Gerät ist noch nicht fertig gestellt.

3) Zusammenfassung.

Die Erfahrung mit der Anlage A lassen erkennen, daß der Verzicht auf mechanisch bewegte Abstimmittel erhebliche Schwierigkeiten für den Gleichlauf von Empfänger und Störsender, für die Konstanthaltung der Frequenz nach dem Anhalten und für die Betriebssicherheit mit sich bringt. Ein weiterer Nachteil der Anlagen A und B liegt in der Verwendung einstufiger Sender, die stark belastungsabhängig sind; deshalb war für die Anlage C ein mehrstufiger Sender vorgesehen.

Für sämtliche Anlagen steht noch die Entwicklung einer breitbandigen Rundstrahlantenne aus. Allen Anlagen gemeinsam ist die Empfindlichkeit gegen Störungen seitens des Gegners, da die Anlagen auf jeden Sender ansprechen. Vorversuche zur Ermöglichung der Störung zweier oder auch mehrerer im gewobbelten Bereich arbeitender Fremdsender wurden vom Inst. für theoretische Physik der T.H. Darmstadt durchgeführt und hatten befriedigende Ergebnisse.