

UKW - Bordantennen

W. Klöpfer, Berlin

Nachdem das Prinzipielle der UKW-Bordantennen und der Flächenanregung bereits behandelt wurde, wenden wir uns nun der praktischen Ausführung der Antennen für Bordnachrichten und Navigationszwecke zu.

Die zu betrachtenden Antennen liegen im Wellenband von ca. 1 bis 10 m und umfassen daraus kleine Teilbereiche. Die Antennen werden für Empfang, Senden, oder beides wechselweise verwendet.

In der Mehrzahl der Fälle ist der Wellenbereich des Funkgerätes ohne Bedienung einer besonderen Antennenabstimmung zu bestreichen, d.h. bei Frequenzwechsel am Gerät muss die Antenne automatisch mit auf die neue Frequenz abgestimmt werden. Dies geschieht durch das am Fusspunkt der Antenne angebrachte Antennen-Abstimm- und Anpassungsgerät.

Als Antennenformen haben sich herausgebildet:

1. Stabantennen
2. Drahtantennen
3. Flächenangeregte Antennen
4. Die Rumpfanregung.

Im Gegensatz zu den Stab- u. Drahtantennen treten die Anregungsschleifen der Flächen- und Rumpfanregung, durch versenkten Einbau am Flugzeug äusserlich nicht in Erscheinung. Dadurch kommt die Flächenanregung der Forderung des Flugzeugbaues nach kleinem Luftwiderstand, Vermeidung von Schussfeldbehinderung und Vereisungsgefahr weitgehend entgegen.

Stab- und Drahtantennen müssen zur Erzielung genügender Strahlungsdämpfung eine Mindestlänge von ca. $\frac{\lambda}{8}$ aufweisen und werden zur Vermeidung von Schussfeldbehinderung entweder eingefahren, oder im toten Winkel der Waffen (z.B. des Leitwerks) angebracht.

Neben einer guten Abstrahlung ist von einer Antenne für Nachrichtenzwecke, wo vorwiegend mit vertikaler Polarisation gearbeitet wird, ein annähernd rundes Horizontal-Diagramm zu fordern. Die Erfüllung dieser Forderung im Verein

mit den Flugzeugforderungen stellt heute die Hauptschwierigkeit bei den UKW Bordantennen dar.

Eine besondere Bedeutung kommt bei den UKW Bordantennen dem Antennenabstimmgerät zu. Dieses stellt die Verbindung zwischen der Antenne und der zum Gerät führenden Energieleitung her.

Von einem Antennenabstimmgerät ist guter Wirkungsgrad und universelle Verwendungsmöglichkeit für die verschiedenartigen Antennenformen zu fordern. Dazu kommen noch die mechanischen Forderungen nach kleinen Abmessungen und stabilem Aufbau.

Abb. 1 gibt einen Ueberblick über die einzelnen Antennenformen.

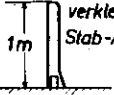
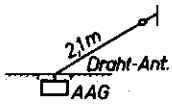
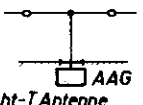
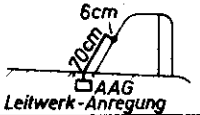
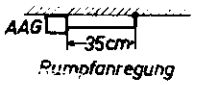
Antennen-Formen	Frequenz Bereich MHz	statische Ant. Werte		Antennen Widerstd.	Antennenwirkungsgrad einschl. Anpassung
		C _{pF}	L _{cm}		
 verkleidete Stab-Antenne 1m	42-48	10pF		9 Ω	50%
 21m Draht-Ant. AAG	38,5-42,3	15pF		30 Ω	80%
 Draht-T Antenne AAG	38,5-42,3	15pF		30 Ω	80%
 6cm 100Ω AAG Leitwerk-Anregung	38,5-42,3		L=900cm	3-6 Ω	60%
 AAG 35cm Rumpfanregung	38		L=300cm	ca. 1 Ω	—

Abb. 1 Uebersicht verwendeter UKW-Antennenformen.

Neben einer schematischen Darstellung der Antennenformen sind die verwendeten Frequenzbereiche, die statischen Anten-

nenwerte, die Antennenwiderstände sowie der mit den später gezeigten Antennenabstimmgeräten erzielte Antennenwirkungsgrad dargestellt.

Bei einer verkleideten Stabantenne für den Bereich 42-48 MHz wurde eine statische Antennenkapazität von 10 pF und ein mittlerer Antennenwiderstand von 9Ω erreicht. Der Anpassungswirkungsgrad beträgt 50 %.

Eine schräg zum Leitwerk verspannte 2,1 m Drahtantenne ergab im Bereich 38,5 - 42,3 MHz eine Kapazität von ca. 15 pF bei 30Ω Antennenwiderstand. Der Anpassungswirkungsgrad ist ca. 80 %.

Praktisch die gleichen Daten liefert eine T-förmige Drahtantenne mit einem Vertikalteil von ca. 900 mm und einem Horizontalteil von ann. 1500 mm. T-Antennen zeichnen sich durch ein besseres Runddiagramm aus.

Die zur Flächenanregung von Leitwerken benutzte Schleife hat einen induktiven Eingangswiderstand, dem eine Induktivität von ann. 900 cm entspricht. Der Wirkwiderstand beträgt je nach Grösse des Leitwerks und der Frequenz $3-6 \Omega$, der Wirkungsgrad 60%.

In der untersten Zeile ist schematisch eine Rumpfanregungsschleife dargestellt. Sie wurde bisher nur für eine Festfrequenz von 38 MHz verwendet. Die Schleifeninduktivität beträgt ca. 300 cm, der Wirkwiderstand ann. 1Ω .

Wir wollen nun die einzelnen Antennenformen und Anpassungsgeräte näher betrachten.

Abb. 2 zeigt den Einbau einer verkleideten Stabantenne von 90 cm Länge auf der Unterseite der Kanzel der FW 189. Der Einbau erfolgte auf der Unterseite, da die Antenne durch die beiden Rumpfe auf einer bestimmten Frequenz eine Absorbtionsstelle hatte.

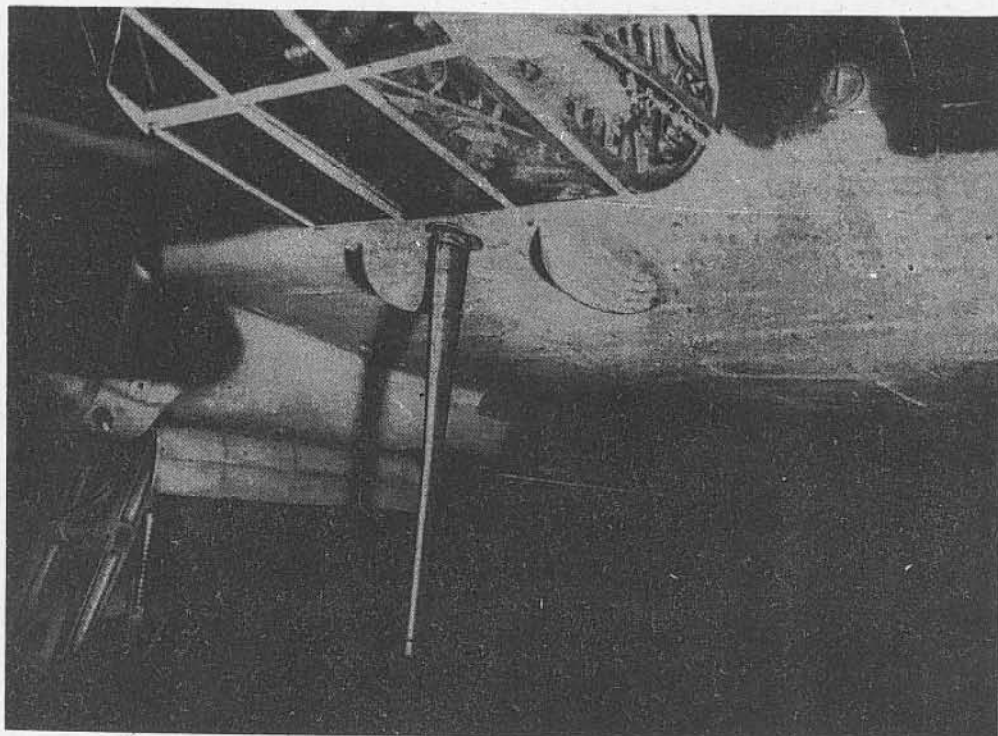
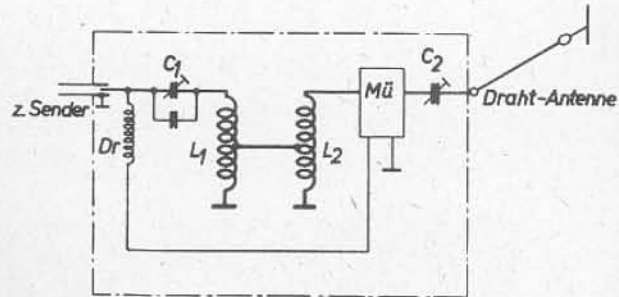
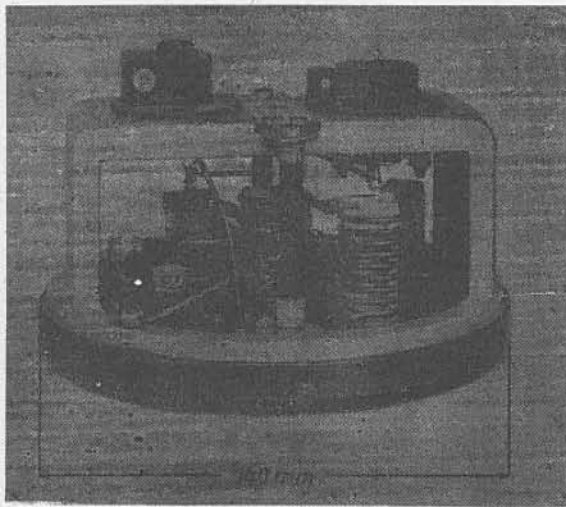


Abb. 2 Einbau einer Mastantenne in FW.189.

Abb. 3 zeigt ein für eine Drahtantenne mit $\frac{\lambda}{4}$ - Charakter entwickeltes Bandfilteranpassungsgerät. Es ist Ansicht und Innenschaltung dargestellt.



Antennen-Anpassung 38,5-42,3 MHz
für 2,1m Drahtantenne.

Abb. 3 Bandfilter - Anpassung.

Vom Funkgerät führt ein HF-Kabel auf den Eingangskreis des Bandfilters. Dieser Kreis ist galvanisch induktiv mit dem Antennenkreis gekoppelt. Die Trimmer C_1 und C_2 dienen zum Abgleich auf ann. konstanten Strom über den Frequenzbereich.

Als Antennen finden entweder ein schräg zum Leitwerk gespannter Draht von 2,1 m Länge oder eine T-förmige Drahtantenne Verwendung. Die Drahtantennen haben gegenüber den Stabantennen den Vorteil, dass es z.B. bei der T-Antenne durch Anbringung einer Endkapazität möglich ist, $\frac{\lambda}{4}$ -Charakter bei geringeren Bauhöhen zu erzielen.

Die linke Seite des Bildes zeigt die Ausführung des Gerätes. Es sind der Kabelanschluss, die Spulen und die Schraubenziehereinstellung der Trimmer zu erkennen.

Die Antenne wird auf der Unterseite der Grundplatte angeschlossen.

Die einmalige Abstimmung des Gerätes ist bei Antennenwiderständen von 30Ω ziemlich einfach, jedoch hat sich eine Verwendung der Bandfilterschaltung bei Antennenwiderständen $< 10 \Omega$ infolge schwieriger Abstimmung nicht bewährt.

Als Beispiel einer ausgeführten Drahtantenne ist der Aufbau einer T-Antenne auf dem Jäger FW 190 gezeigt. (Abb. 4).

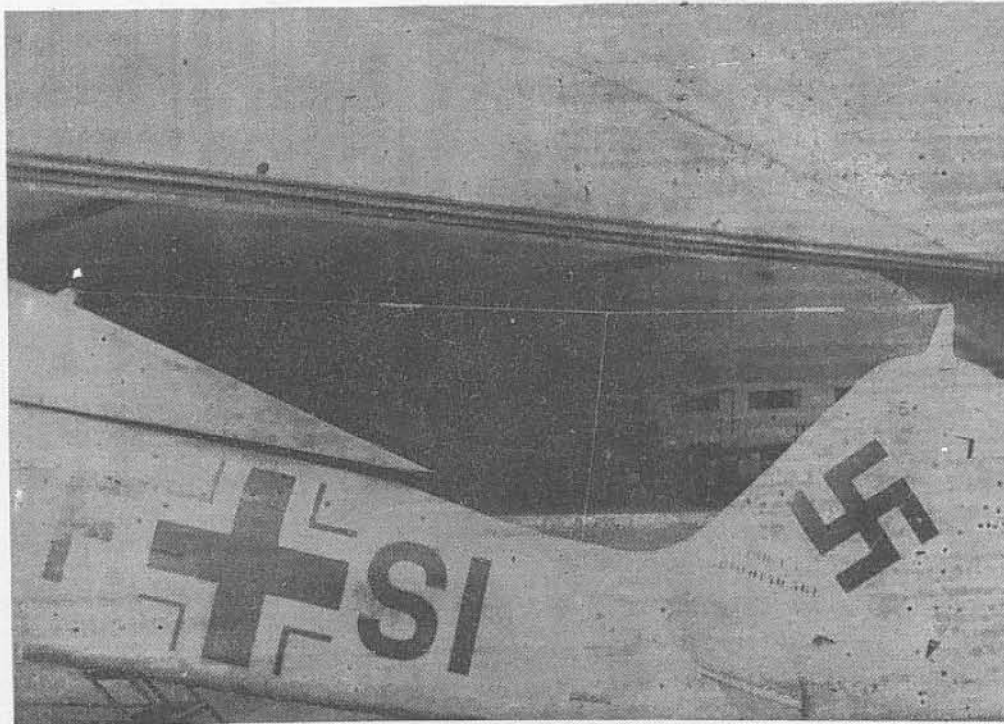


Abb. 4. T-förmige Drahtantenne.

Der vertikale Teil der Antenne beträgt 950 mm, der horizontale Teil 1550 mm. Die Antenne ist durch eine Plexiglasscheibe kapazitätsarm in den Rumpf eingeführt.

Der Aufbau der Antenne bietet ein Beispiel dafür, wie durch geeignete Wahl des Abstandes der Antenne vom Leit-

werk ein gutes Horizontaldiagramm erreicht werden kann. Das Diagramm ist stark von der Wahl des Rumpfdurchbruchpunktes abhängig. Rückt der Durchbruchpunkt vom Leitwerk weg, so tritt eine Richtwirkung nach vorn auf. Das Umgekehrte geschieht beim Annähern des Durchbruchpunktes zum Leitwerk. Dazwischen liegt ein Punkt, der fast ideale Rundstrahlung liefert.

Dieser Punkt muss für den Flugzeugtyp einmal durch Versuch festgelegt werden.

Diese Methode gibt bei Leitwerkshöhen $< \frac{\lambda}{4}$ gute Resultate, bringt jedoch Ausführungsschwierigkeiten bei Leitwerken von $\frac{\lambda}{4}$ oder grösser. In solchen Fällen muss die Antenne sehr dicht an das Leitwerk herangeführt, oder von der Leitwerkskante abgeführt werden. Der Vorschlag solcher Drahtantennen stammt von Herrn v. Hauteville, E-Stelle Rechlin.

Die FW 190 besitzt ein Leitwerk, das kleiner als $\frac{\lambda}{4}$ ist. Das erzielte Horizontaldiagramm zeigt Abb. 5.

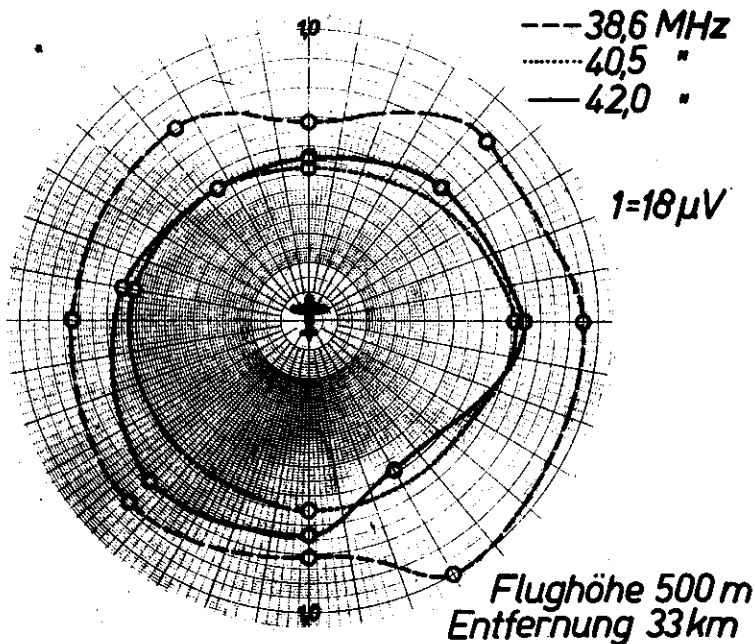


Abb. 5 Horizontal-Strahlungsdiagramm einer T-Antenne.

Es sind Flugmessungen von drei Frequenzen dargestellt. Das Diagramm sowie die erzielte Abstrahlung sind als sehr gut zu bezeichnen.

Wir kommen nun zu der Flächenanregung von Leitwerken. Das Prinzip der Flächenanregung wurde vom Flugfunkforschungsinstitut München ausgearbeitet, während von C. Lorenz die Entwicklung und Konstruktion der Schleifen und der Abstimmgeräte durchgeführt wurde.

In dem Vortrag von Herrn Dr. Zieler wurde das Grundsätzliche der Flächenanregung dargelegt.

Abb. 6 zeigt den praktischen Einbau einer Anregungsschleife in ein geteiltes Seitenleitwerk.



Abb. 6 Schleifenanregung eines Seitenleitwerks.

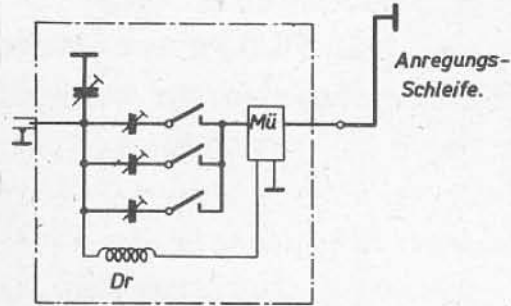
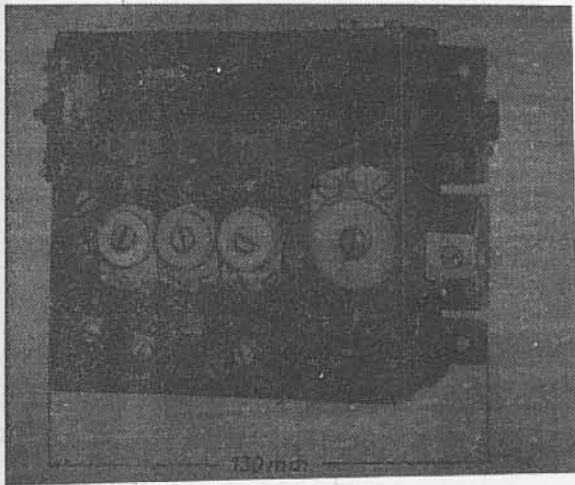
Auf dem linken Bild ist die Holzverkleidung abgenommen. Die Anregungsschleife besteht aus einem Eisenrohr von

10 mm \varnothing und 700 mm Länge in 60 mm Abstand vom Leitwerk. Das obere Ende ist metallisch mit dem Leitwerk verbunden, das untere Ende führt durch einen kapazitätsarmen Isolator unmittelbar zum Abstimmgerät. Die Schleife ist durch eine Holznase verkleidet, so dass die Form des Leitwerks ergänzt wird. Die Antenne tritt dadurch äusserlich am Flugzeug nicht in Erscheinung, was für schnelle Maschinen einen wesentlichen Vorteil darstellt. Die durch die Anregungsschleife von 700 mm Länge gegebene Ankopplungsbreite ist für den Wellenbereich von 6-10 m ausreichend. Die Anregungsschleifen können bei einer Nachrüstung auch auf die Leitwerksnase aufgesetzt werden.

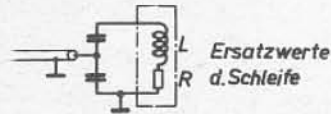
Die Schleifenanregung stellt eine Parallelspeisung des vertikalen Teiles des Leitwerks dar. Durch die gewählte Ankopplungsbreite ist der Eingangswiderstand der Schleife ziemlich klein, in der Grössenordnung von 3 - 5 Ω . Die im Leitwerk fliessenden Ströme verteilen sich mit Ausnahme der unmittelbaren Umgebung der Schleife ziemlich gleichmässig über die Fläche und haben annähernd vertikale Richtung. Eine starke Stromverdrängung nach den Leitwerkskanten, wie sie nach der quasistationären Betrachtungsweise der Stromverteilung zu erwarten wäre, konnte durch Abtastmessungen nicht nachgewiesen werden.

Was das Abstimmgerät für die Flächenanregung betrifft, so ist mit einer einfachen Bandfilterschaltung bei dem geforderten Bereich von 38,5 - 42,3 MHz infolge des kleinen Widerstandes der Schleife von 3-6 Ω nicht mehr auszukommen, es wurde daher eine Grobstufenabstimmung mit 3 Relais gewählt.

Bild 7 zeigt das Abstimmgerät mit der Innenschaltung. Da der Blindwiderstand der Schleife induktiv ist, muss die Abstimmung mit Kapazitäten erfolgen.



Antennen-Anpassung 38,5-42,3 MHz



Prinzip-Schema

Abb. 7 Anpassung für Leitwerkanregung.

Der Frequenzbereich ist in drei Stufen eingeteilt. Die jeweils notwendigen Trimmer werden durch Relais vom Fernantrieb des Funkgerätes geschaltet. Die Anpassung des Ohmschen Schleifenwiderstandes auf das Kabel Z von 60Ω erfolgt durch eine Querkapazität. Das Prinzip ist rechts unten dargestellt. Die Schleife bildet mit den Kapazitäten einen Parallelschwingkreis. An dem nach Erde liegenden Kondensator werden die 60Ω abgegriffen.

Links ist die Ausführung des Abstimmergerätes zu sehen. In einem Kästchen sind die drei Trimmer über den 3 Relais, der Quertrimmer und der Messwandler angeordnet. Die Antenne wird links, das HF-Kabel rechts angeschlossen. Die Abstimmung ist sehr einfach. Sie erfolgt auf Antennenstrommaximum

bei 3 bestimmten Frequenzen.

Die Abstrahlungsergebnisse eines geteilten Seitenleitwerks sind in Abb. 8 dargestellt.

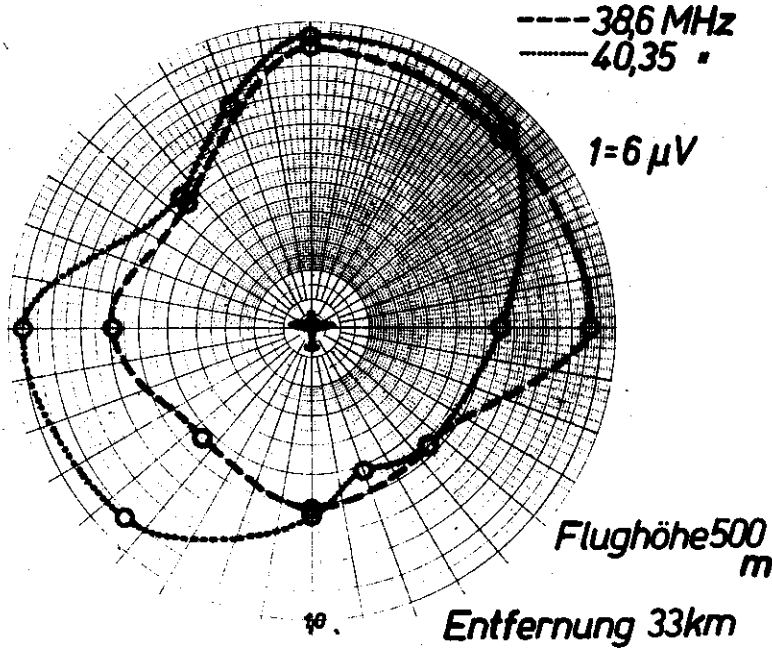


Abb. 8 Horizontal - Strahlungsdiagramm, schleifenerregtes Leitwerk.

Das Horizontaldiagramm ist als gut zu bezeichnen. Der Absolutwert der Abstrahlung ist dagegen annähernd der dritte Teil der verhin gezeigten T-Antenne, aber noch ausreichend.

Was die bisherigen Ergebnisse der Leitwerksanregung betrifft, so sind diese sehr verschieden. Die Abmessungen des Leitwerks gehen auf den Absolutwert der Abstrahlung, wie auch auf das Diagramm ein. Leitwerkshöhen, die klein bzw. gross gegen $\frac{\lambda}{4}$ sind, scheinen wenig geeig-

net für die Anregung zu sein. Am besten scheinen sich Leitwerke in der Grössenanordnung von $\frac{\lambda}{4}$ zu eignen.

Neuerdings wird das Leitwerk bei manchen Flugzeugen aus Holz hergestellt. Ein solches Leitwerk bietet durch einen metallischen Ueberzug die Möglichkeit der Serienerregung. Infolge des kleinen Z der Leitwerksflosse ist ein Breitbandverhalten zu erwarten. Entsprechende Versuche sind im Gange.

Die bisher betrachteten Abstimmgeräte waren immer nur für eine bestimmte Antenne zu gebrauchen. Es ergaben sich daher im Lauf der Zeit eine ganze Reihe von verschiedenen Ausführungsformen der einzelnen Typen. Aus diesem Grunde lag es nahe, bei der Neuentwicklung eines Nachrichtengerätes wenigstens für dieses Gerät ein Universalabstimmgerät zu schaffen (Abb. 9).

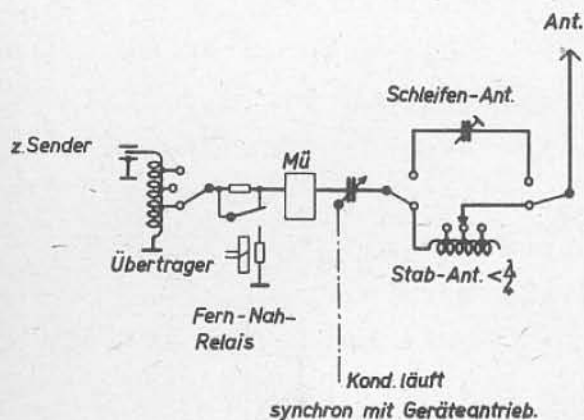
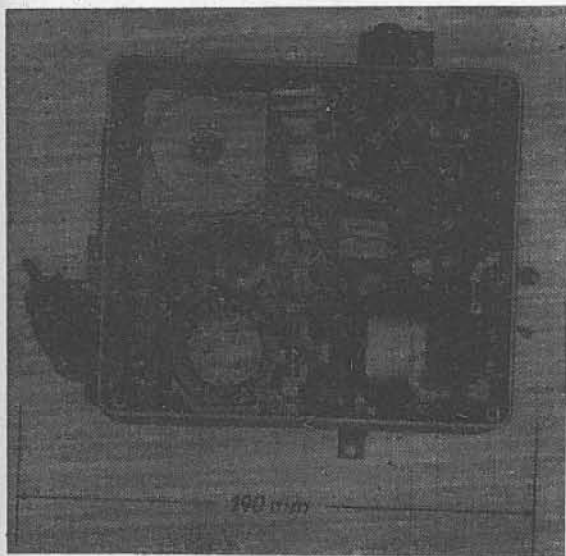


Abb. 9 Universalanpassung 6,25 - 7,9m für Stab-, Draht- und Schleifenantennen.

Das Gerät ist in Entwicklung. Flugergebnisse dieses Gerätes liegen noch nicht vor, aber solche eines ähnlichen Gerätes.

Die Rumpfanregungsschleife ersetzt die Dipolanordnung, jedoch ist die Einstellung infolge der kleinen Schleifendämpfung als kritisch zu bezeichnen.

Abb. 12 zeigt einen UKW Zielflugrahmen.

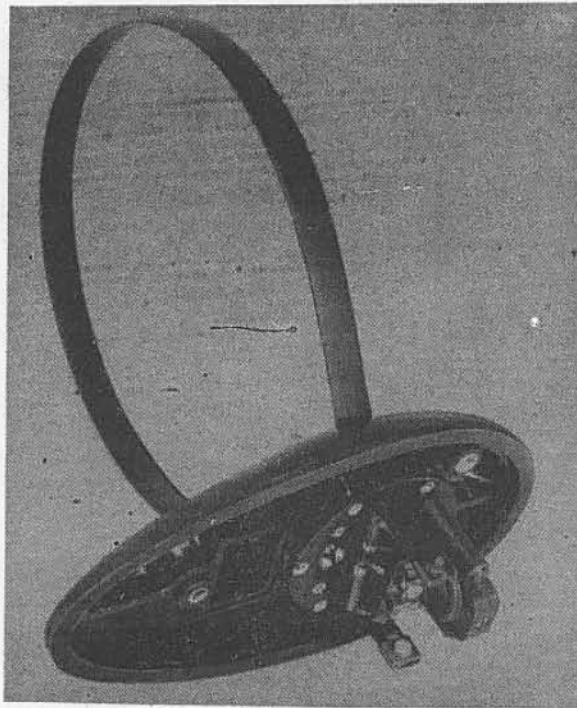


Abb. 12 Zielflugrahmen für UKW
20 cm Rahmen \emptyset .

Der Rahmen \emptyset beträgt 20cm. Die Hilfsantennenspannung wird aus dem Rahmen durch Phantomschaltung genommen, daher gilt für das Hilfsantennendiagramm das bei den Stab- und Drahtantennen Gesagte. Um ein Runddiagramm zu erzielen, muss ein geeigneter Einbauort am Flugzeug gewählt werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden:
Die steigende Zahl der an Bord verwendeten UKW-Geräte

macht eine entsprechende Zahl von Antennen notwendig. Die Entwicklung der UKW Bordantennen führte neben der Verwendung von Stab- und Drahtantennen zu der Anwendung der Flächenanregung.

Mit Rücksicht auf die Geschwindigkeit und die Bewaffnung der Flugzeuge muss es das Ziel sein, wenigstens einen Teil dieser Antennen am Flugzeug nicht in Erscheinung treten zu lassen. Diese Möglichkeit bietet die Flächen- und Rumpfanregung.

Da aber die Flächenanregung in vielen Fällen bezüglich der erzielten Diagramme und der abgestrahlten Leistung nicht den Anforderungen genügt, ist eine Untersuchung der Zusammenhänge notwendig, um brauchbare Ergebnisse für die Vorausbestimmung von Einbauort und Einbauart der Anregungsschleifen zu gewinnen. Zu diesem Zweck werden von C. Lorenz Modellversuche an Flugzeugmodellen im Masstab 1 : 10 durchgeführt.

Was die Stabantenne betrifft, so wäre die Festlegung eines Festmastes und eines einfahrbaren Mastes mit gleichen elektrischen Daten zweckmässig.

Für die Antennenabstimmgeräte gilt die Forderung der möglichst vielseitigen Verwendungsmöglichkeit bezüglich Flugzeugtypen und Antennenarten.

Grundsätzlich wäre eine Verlagerung des heutigen Wellenbereichs der UKW Bordgeräte für den Nachrichtenverkehr nach kürzeren Wellen (ca. 3 m) von der Antennenseite zu begrüssen, da die heutigen Antennenlängen im Bereich von 6-10 m kleine Antennenwiderstände liefern, welche bei jeder Art von Abstimmgeräten zu Schwierigkeiten führen.