

XVII

Besprechungsprotokoll zu der AGR-Sitzung
am 26.7.1944

XVII

Dieser Bericht umfasst: 76 Textseiten
38 Abbildungen

Die Abbildungen 9 - 16 unterliegen nicht der Geheimhaltung

<u>I n h a l t</u>	<u>Seite</u>
I. Die Dielektrizitätskonst., die Leitfähigkeit und der Reflexionsfaktor des Seewassers b. Zentimeterw. Ausbreitungsuntersuch. an Nebeln u. Flammgasen (Hr. Dr. Hübner)	6 - 12
II. Zum Reflektionsvern. v. FM-Zielen (Hr. Plisch)	13 - 19
III. Röhrenforsch. u.-Situation im Gebiet unterhalb 9 cm (Hr. Huschka)	20 - 25
IV. Neuartige Röhren im cm-Geb. (Hr. Dr. Steimel)	26 - 30
V. Temperaturversionen als Grund anormal. Reichweiten b. cm-Wellen (Hr. Graf v. Soden) ...	31 - 38
VI. Rückstrahlbilder b. 9 cm u. 150 cm Wellenlänge (Hr. Dr. Hähnel)	39 - 43
VII. Tasteinrichtungen f. cm-FM-Geräte (Hr. Dr. Steimel)	44 - 45
VIII. Verschied. Landschaftsform. im "Rotterdam-Bild" (Hr. Zeisberg)	46 - 47
IX. Bericht über ein feindl. Panzer-FM-Gerät Nachtrag zu AGR v. 5.4.44, I/14 (Hr. Pfanschmidt)	48
X. Neue Versuchsergebnisse mit "Düppeln" (Hr. Stepp)	49 - 75

Herr Brandt, als Vorsitzender, eröffnet die Sitzung und bringt den Wunsch des Technischen Amtes und einer Reihe Teilnehmer der Arbeitsgemeinschaft zum Ausdruck, aus Geheimhaltungsgründen den Teilnehmerkreis der Sitzungen möglichst klein zu halten.

Zu diesem Zweck wurden diesesmal erstmalig Einladungskarten, die den Dienststellen und Firmen zugesandt wurden, ausgegeben. Es soll in Zukunft die Teilnahme an den Besprechungen von dem Besitz einer derartigen Karte abhängig gemacht werden.

Anschliessend gibt Herr Staatsrat Esau ein kurzes Vorwort zur heutigen Sitzung, deren Programm im wesentlichen durch Vorträge von der Forschungsseite bestritten wird. Es wurde beschlossen, dass in jeder zweiten Sitzung der Arbeitsgemeinschaft "Rotterdam" über Forschungsaufgaben vorgetragen werden soll.

Herr Staatsrat Esau bittet die Industrie um Stellung von weiteren Aufgaben für die Hochfrequenzforschung und erklärt, dass jetzt alle Voraussetzungen dafür vorhanden sind, die auftretenden Probleme eingehendst zu bearbeiten.

I. Die Dielektrizitätskonstante, die Leitfähigkeit und der Reflektionsfaktor des Seewassers bei Zentimeterwellen.
Ausbreitungsuntersuchungen an Nebeln und Flammgasen
(Hr. Dr. Hübner)

Die hier wiedergegebenen Berichte wurden vom Vortragenden der Arbeitsgemeinschaft eingereicht.

A. Messung der elektrischen Grössen ϵ , σ
 $\tan \delta$ und R bei Zentimeterwellen.

Von Seiten der Industrie war an die Forschung die Frage nach dem Reflexionsverhalten des Seewassers gestellt worden.

Der Reflexionsfaktor hängt ausser vom Einfallswinkel α vom Realteil ϵ' und vom Imaginärteil ϵ'' des komplexen Brechungsindex n ab. Es gelten die Beziehungen:

$$n^2 = \epsilon' - j \epsilon'' \quad \sigma = \frac{\epsilon''}{60 \lambda} \text{ S/cm}$$

An Hand der experimentiellen Arbeiten von Prof. Dr. Esau und seiner Schüler und auf Grund der Rechnungen von Prof. Dr. Falkenhagen kann die gestellte Frage für Seewasser bei einer Temperatur von 18°C beantwortet werden.

In Abb. 2 ist der Gang von ϵ' , ϵ'' und mit der Wellenlänge dargestellt. Für reines Wasser erstreckten sich die Messungen bis zu Wellenlängen von 1,7 cm herunter. Die Kurven haben für ϵ' und ϵ'' Anschluss an die von Rubens ermittelten Werte bei 0,01 und 0,05 cm. Für reines Wasser stimmen gerechnete und gemessene Werte sehr gut überein. Die Abweichungen, die durch den Salzgehalt des Meerwassers hervorgerufen werden, sind errechnet.

Im einzelnen ist zu den Kurven folgendes zu sagen:

1.) $\xi' = f(\lambda)$. Die Kurven für reines Wasser und Salzwasser haben praktisch den gleichen Verlauf. Die Abweichungen sind in diesem Masstab nicht mehr darstellbar. Insgesamt nehmen die Werte für ξ' bei Salzwasser etwas zu, und zwar hat die Zunahme bei Seewasser ihr Maximum bei $\lambda = 0,2$ cm und beträgt dort 10 %, bei $\lambda = 0,5$ cm beträgt die Abweichung nur noch 1 % und überschreitet diesen Wert bis 50 cm nicht mehr.

2.) $\xi'' = f(\lambda)$. Bereits oberhalb von 1 cm beginnen die Werte für das Seewasser über die des reinen Wassers anzusteigen und erreichen oberhalb 5 cm beträchtliche Zunahmen. Die Grösse von ξ'' setzt sich aus dem Anteil der Dipolleitfähigkeit und der Ionenleitfähigkeit zusammen. Man ersieht, dass oberhalb 5 cm die Ionenleitfähigkeit, durch den Salzgehalt hervorgerufen, bereits Werte von der Grössenordnung der Dipolleitfähigkeit annimmt, während unter 1 cm die reine Dipolleitfähigkeit allein ausschlaggebend für den Gang der Kurve ist.

3.) $\delta = f(\lambda)$ Entsprechend dem Verlauf von ξ'' beginnt sich die Kurve für die Leitfähigkeit $\sigma = \frac{\xi''}{\omega\lambda}$ oberhalb 1 cm bereits aufzuspalten, und zwar dergestalt, dass Seewasser in dem Gebiet der längeren Wellen die grössere Leitfähigkeit besitzt.

In Abb. 1 sind aus den Werten der Abb. 2 die Kurven für den Verlustwinkel $\tan \delta = \frac{\xi''}{\xi'}$ und für den Reflexionskoeffizienten R bei senkrechtem Einfall berechnet.

Für die Berechnung des Reflexionskoeffizienten gelten folgende Beziehungen:

$$R = \frac{(n-1)^2 + (nx)^2}{(n+1)^2 + (nx)^2}$$

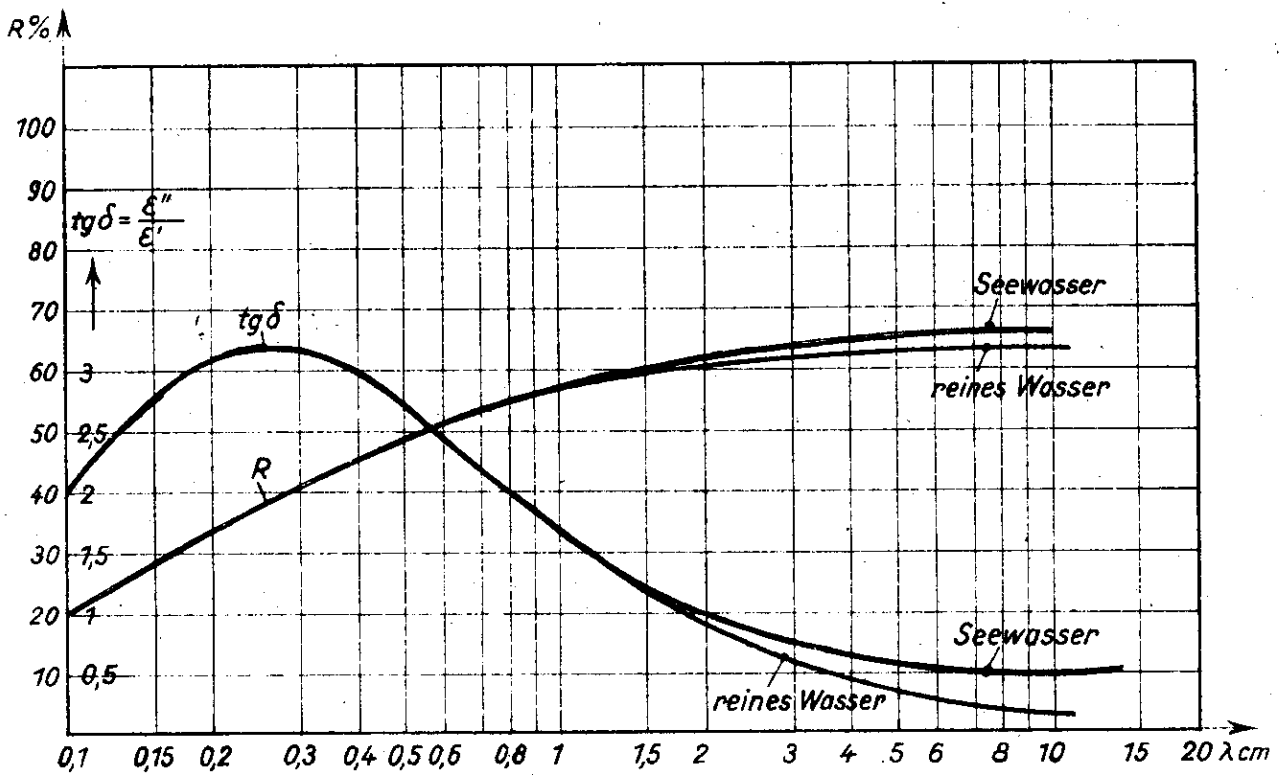
$$n^2(1-jx)^2 = \epsilon' - j\epsilon'' = \epsilon'(1-j \operatorname{tg} \delta)$$

Man ersieht hieraus folgendes:

- 1) Bei Wellen unter 1 cm nimmt der Reflexionskoeffizient mit kleiner werdender Wellenlänge ab.
- 2) Der Salzgehalt hat auf den Reflexionskoeffizienten nur sehr geringen Einfluss. Bei $\lambda = 10$ cm weicht der Reflexionskoeffizient von Seewasser von dem bei reinen Wasser um 5 % ab. Die Abweichung wird nach kürzeren Wellen immer geringer.

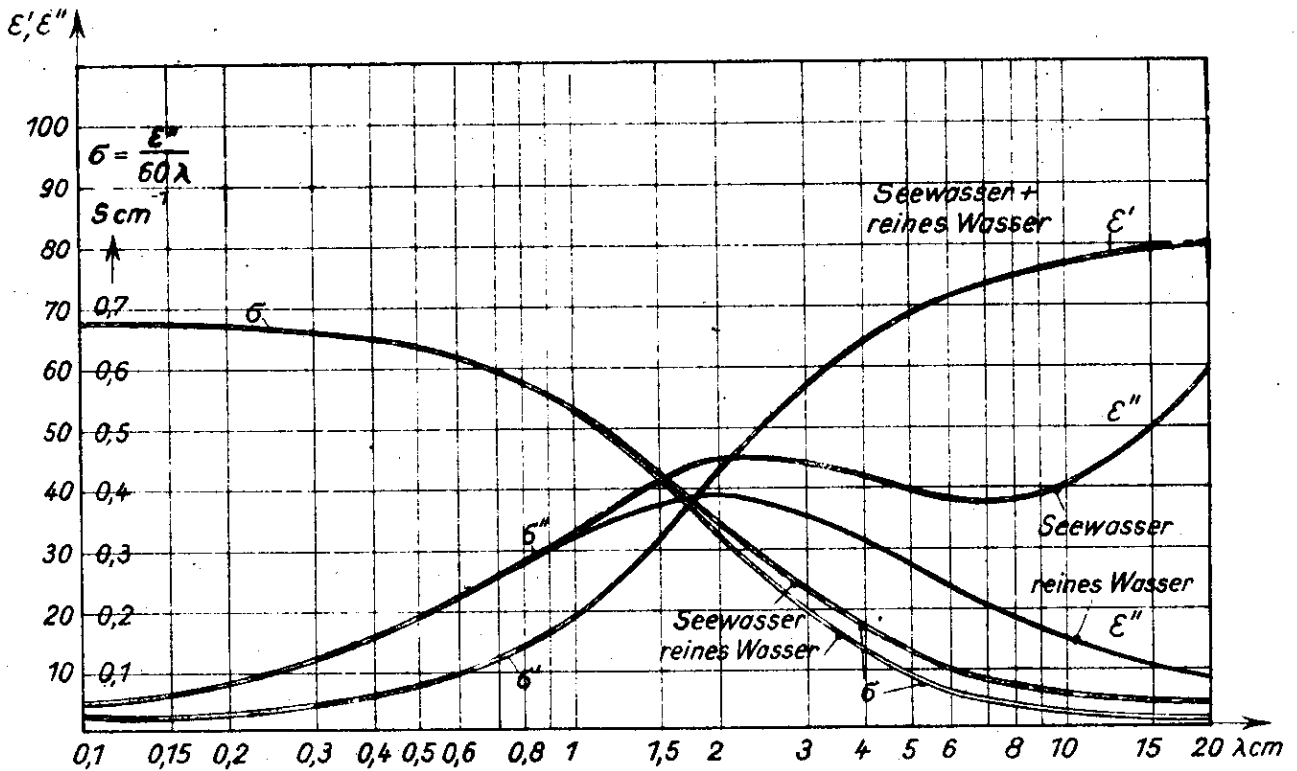
Aus diesen Ergebnissen folgt:

- a) Infolge der bei den kurzen cm-Wellen überwiegenden Dipolleitfähigkeit dürfte es kaum möglich sein, bei der Übertragung von Modellmessungen aus dem dm- und m-Wellengebiet in den Bereich der cm-Wellen, bei denen alle Abmessungen nur im Verhältnis von Wellenlängen verkleinert zu werden brauchen, eine gegebenenfalls erforderliche Erhöhung der Leitfähigkeit durch Zusatz von Salzen zum Wasser zu erreichen.
- b) Infolge der Abnahme des Reflexionskoeffizienten mit der Welle können Metallflächen auf dem



Meßung von $R, \text{tg } \delta = f(\lambda)$ bei 18°C

Abb. 1



Meßung von $\epsilon', \epsilon'', \sigma = f(\lambda)$ bei 18°C

Abb. 2

Wasser von der umgebenden Wasserfläche durch ihr verschiedenes Reflexionsverhalten bei senkrechtem Einfall unterschieden werden.

- c) Bei der Berechnung der Feldstärkekurven von cm-Funkmessgeräten können im allgemeinen die den Pfisterschen Berechnungen zugrundeliegenden Grössen von ϵ' , ϵ'' und verwendet werden.

Bei tieferen Temperaturen bis zu 0°C des Wassers weichen Rechnung und Experiment noch sehr stark voneinander ab. Die Sprungwellenlänge (Stelle grösster Steilheit der ϵ -Kurve, Maximum von ϵ'') wird grundsätzlich mit tieferer Temp. zu längeren Wellen verschoben. Es finden an verschiedenen Forschungsstellen Versuche zur Klärung dieser Diskrepanz statt. Aber selbst unter Zugrundelegung der grössten bisher ermittelten Werte für die Sprungwellenlänge ist der Einfluss auf die Feldstärkeverteilung nur gering.

Wie Hr. Staatsrat Esau noch einmal zusammenfassend erklärt, war die Anregung zu diesen Untersuchungen von Hr. Stepp gekommen. Es stimmten nämlich die gerechneten Werte für die Reichweiten bisher sehr gut mit den praktischen Messungen überein. Bei Verwendung der 10 cm-Welle bei den Versuchen zeigten sich jedoch stärkere Abweichungen, was den Schluss nahe legte, dass man über See infolge der verschiedenen Dielektrizitätskonstante von Seewasser mit veränderten Ausbreitungsverhältnissen zu rechnen habe.

Hr. Stepp stellt nunmehr erneut die Frage, was der Grund für derartige Abweichungen bei den Messungen ist.

B. Dämpfung der Zentimeter-Wellen durch natürlichen und künstlichen Nebel.

Die drei Wehrmachtteile sind ausserordentlich an der Frage interessiert, wie stark die cm-Wellen durch Nebel gedämpft werden und zwar von zwei Gesichtspunkten her:

- 1.) Können Zielobjekte gegen "Rotterdam"- und "Meddo"-Geräte durch künstliche Vernebelung geschützt werden ?
- 2.) Wird die Reichweite der FuMG. durch Nebel herabgesetzt ?

Im Auftrage des BHF hat Hr. Dr. Lehfeldt bei der Firma S. & H. Messungen bei einer Welle von

$\lambda = 10$ cm durchgeführt. Bei einer Entfernung von 500 m zwischen Sender und Empfänger wurde eine etwa 100 m dicke Nebelwand nacheinander mit 4 verschiedenen Nebelsorten, wie sie in den Wehrmachtteilen eingeführt sind, erzeugt.

Eine messbare zusätzliche Dämpfung trat nicht auf.
Dämpfungszunahmen von 10 % wären mit Hilfe dieser Messeinrichtung erfasst worden.

Dieses Ergebnis stimmt mit den Erwartungen und theoretischen Überlegungen durchaus überein.

Es ist berechnet worden, dass zur Erzielung einer Dämpfung von 0,1 Np bei $\lambda = 10$ cm eine 2.500 km dicke Schicht von Wassernebel

eine	235 "	"	"	"	Äthylalkoholnebel
eine	33 "	"	"	"	Dipolstoffen mit einer in das Gebiet von 10 cm verschobenen Sprungwellenlänge

notwendig wäre.

Diese Zahlen zeigen schon, dass die oben gestellten Fragen zu verneinen sind. Es ist auch nicht zu erwarten, dass die Dämpfung bis zu Wellenlängen von 3 cm und 1 cm soweit zunimmt, dass die Verneblung gegen Bodenbetrachtungsgerate Sinn hätte. Die Teilchengrösse des Nebels ist einmal sehr klein gegen die Wellenlänge und zum anderen ist die Verdünnung viel zu gross. Sie beträgt 1 : 40 10^6 bei künstlichem Nebel. Auch der Vorschlag, den Nebel in Form von Seifenblasen zu erzeugen, hat wenig Aussicht auf Erfolg, da dann eine noch stärkere Verdünnung eintritt. Die von der DVL vor einigen Jahren durchgeführten Versuche mit Aluminium-Pulver brachten selbst dann keine messbare Schwächung, als der Staub so dicht war, dass er für das Auge undurchdringlich wurde.

Die Versuche wurden mit einer Welle von $\lambda = 14$ cm vorgenommen.

Herr Stepp vergleicht die Beobachtung eines Gewitters auf Rügen mit dem Bild, das sich beim Anmessen einer Düppelwolke ergibt. Es ist ein wogendes Gebilde, dessen Rückstrahlamplitude beim Auftreten von Blitzen auf 1 : 10 höhere Werte steigt, was wohl auf bestimmte Ionisationseffekte zurückzuführen ist.

C. Reflexion an Flammgasen von Raketen

Bei der ZVH des BHF wurden Versuche über die Reflexionseigenschaften von Flammgasen von Raketen begonnen.

Bisher wurde folgendes Ergebnis erzielt:

Die Gase der eingegrabenen Rakete konnten auf 4 bis 5 km bei einer Welle von 10 cm nachgewiesen werden.

Als Spiegel wurde ein "Würzburg"-Spiegel verwandt. Die Versuche werden fortgesetzt. Dabei soll auch untersucht werden, ob mit Hilfe von FUMG eine Ortung der Nebelwerfer, die akustisch nicht möglich ist, durchgeführt werden kann.

II. Zum Reflexionsvermögen von Funkmesszielen (Hr. Plisch).

Im folgenden wird eine Zusammenfassung, die vom Vortragenden der Arbeitsgemeinschaft eingereicht wurde, gebracht. Ein ausführlicher, über den Rahmen des Vortrages hinausgehender Bericht erscheint in Kürze bei der "Zentralversuchsstelle der Hochfrequenzforschung" des BHF.

A. Die Reichweitengleichung.

Wird die Reflexionsfähigkeit eines Funkmesszieles durch den Wirkungsquerschnitt F_R (in früheren Berichten "wirksame Reflexionsfläche", kurz: "Ersatzfläche" genannt) dargestellt, so gilt für die Reichweite in m:

$$R = 0,63 A \sqrt{\xi^2 F_R \frac{E_s \kappa_s}{\lambda^2} \cdot \frac{F_e}{\kappa_e}} \quad (1)$$

Die von F_R aufgenommene Leistung wird über eine Halbkugel gleichmässig zurückgeworfen. Abweichungen hiervon werden durch den Faktor ξ berücksichtigt.

Es sind:

A = Ausbreitungsfaktor,

ξ = (Spannungs-)Bündelungsfaktor des Funkmesszieles,

F_R = Wirkungsquerschnitt in m^2

F_s, F_e = Sende- bzw. Empfangsfläche des Funkmess-Gerätes in m^2 ,

κ_s, κ_e = Senderleistung bzw. Empfänger-Mindestleistung in W.

Die Gleichung nimmt nach Einsetzen von $F_R = z \frac{3\lambda^2}{4\pi}$ für z Dipole, die wohl optimal orientiert sein müssen, jedoch statistische Verteilung aufzuweisen haben, die bekannte Form an.

Hierbei sind noch ein Faktor 2 (Fläche = Halbkugel-, Dipole = Kugelabstrahlung) und $\xi = 1$ einzusetzen.

$$\kappa = 0,5 \lambda \sqrt{z \lambda^2 \frac{F_s \kappa_s}{\lambda^2} \frac{F_e}{\kappa_e}} \quad (2)$$

Der Vergleich von (1) und (2) ergibt:

In (2) hebt sich $\frac{1}{\lambda^2}$, die Bündelung auf der Geräteseite darstellend, gegen λ^2 , den Gang der "Dipolersatzzahl", weg. z wird daher mit $\frac{1}{\lambda^2}$ verlaufen, was nicht nur unhandlich, sondern für eine Bezugsgrösse unzuweckmässig ist.

B. Reflexion an ebenen und konvexen Flächen

Unter der Voraussetzung, dass die Dimension des Funkmesszieles grösser als $\frac{\lambda}{2}$ ist, ist die aufgenommene Energie proportional der projizierten Fläche, unabhängig von ihrer Form und der Wellenlänge. (I)

Die gesamte über die Halbkugel wieder abgestrahlte Energie der (Metall)-Fläche entspricht der aufgenommenen und ist daher ebenfalls unabhängig von der Wellenlänge. (II)

Bei der ebenen Fläche wird naturgemäss die reflektierte Energie in der Flächennormalen mit kleinerer Welle grösser, in den Nebenzipfeln dafür umso kleiner.

Bereits bei grossen Krümmungsradien schrumpft das Maximum bei senkrechter Anstrahlung zusammen und die Nebenzipfel werden grösser.

Setzt sich das Funkmessziel aus vielen Einzelflächen verschiedener Krümmungsradien zusammen, so ergibt sich im Mittelwert praktisch ein konstantes Reflexionsvermögen.

Der Wirkungsquerschnitt F_r ist daher bei Flugzielen unabhängig von der Wellenlänge (III)

Die Ableitungen überschreiten den Umfang dieser Zusammenfassung, sie erscheinen im oben angeführten Bericht.

C. Messungen an Flugzeugen

Neben den von Stepp und Stützer gemessenen Dipolersatzzahlen sind in der Tabelle die gerechneten Dipolersatzzahlen angegeben, die sich für 1,8 u. 3,6 m² Wirkungsquerschnitt ergeben.

Zur Umrechnung dienen:

$$z = \frac{8F_r}{9\lambda^2} = 2,8 \frac{F_r}{\lambda^2} \quad F_r = 0,36z\lambda^2 \quad (3)$$

	z (gemess.)	z (gerechn.)		Flugzeug Type	Messung von
		$F_r = 1,8$	3,6 m ²		
2 m	2 - 3	1,25	2,5	-	Stepp
50 cm	20 - 50	20	40	-	Stepp
9 cm	600 - 1000	620	1240	-	Stepp
9 cm	400	(1m ² ... z= 350)		(Arado 96)	Stützer
3,8 cm	3800	3500	7000	Ju 52	Stützer
3,8 cm	1950	(1m ² ... z=1900)		(Arado 96)	Stützer

Die Wellenunabhängigkeit von F_r ist ersichtlich. (Siehe auch Abb. 3 u. 4).

Bündelungseffekte werden nur beim Zukehren grösserer Flächen, wie Rumpfsseiten und Tragflächen bemerkbar. Der Zusammenhang zwischen projizierter Fläche und Wirkungsquerschnitt F_r ist wegen der nötigen Messgenauigkeit noch nicht eindeutig geklärt.

Da die Reichweite nur mit der vierten Wurzel aus F_r eingeht, genügt für die Praxis die Abschätzung:

$$F_r = 1/4 - \text{bis } 1\text{-fache proj. Fläche} \quad (\text{IV})$$

Bei Flugzeugen mit Gemischtbauweise ist F_r beträchtlich geringer. Für den Mosquito-Typ können annähernd $F_r = 0,2 \text{ m}^2$ eingesetzt werden.

D. Untersuchungen an "Düppeln"

In der an den Vortrag anschliessenden Diskussion wurde den Düppeln besondere Betrachtung gewidmet. Die gestellten Fragen wurden nach folgenden Näherungsgleichungen, die sich aus Rechnungen und Messungen von Slevogt und Wessel, Scherzer, Hoffman, Plich ableiten lassen, durchgeführt:

- a) Halbwellendüppel: $F_r = \frac{\lambda}{2}$
- b) $l > \lambda$: $F_r = \frac{\lambda}{2} \cdot l \text{ (MAX)}$; $F_r = \frac{\lambda}{4} l \text{ (MIN)}$
- c) $l < \frac{\lambda}{4}$: $F_r \sim 10 \frac{\lambda^2}{l^2}$ (4)

Die Bezeichnung "Max" bezieht sich auf abgestimmte, lange Düppel. Lange Düppel stören also bis auf einen Faktor 2 - 4 genau so wie Grundwellendüppel, die man durch Zerschneiden der langen Düppel gewonnen hat (Vergl. 4b). (V) Hingegen werden die Funkmessgeräte, die längere Wellen als $\lambda/2$ (des Düppels) haben, mit der 4. Potenz des Wellenverhältnisses weniger gestört. (VI)

Verkleinert man die Breite wie die Länge, so benötigt man zum Stören mittels Resonanzdüppeln die gleiche Gesamtstaniolfläche unabhängig von der Wellenlänge. (VII)

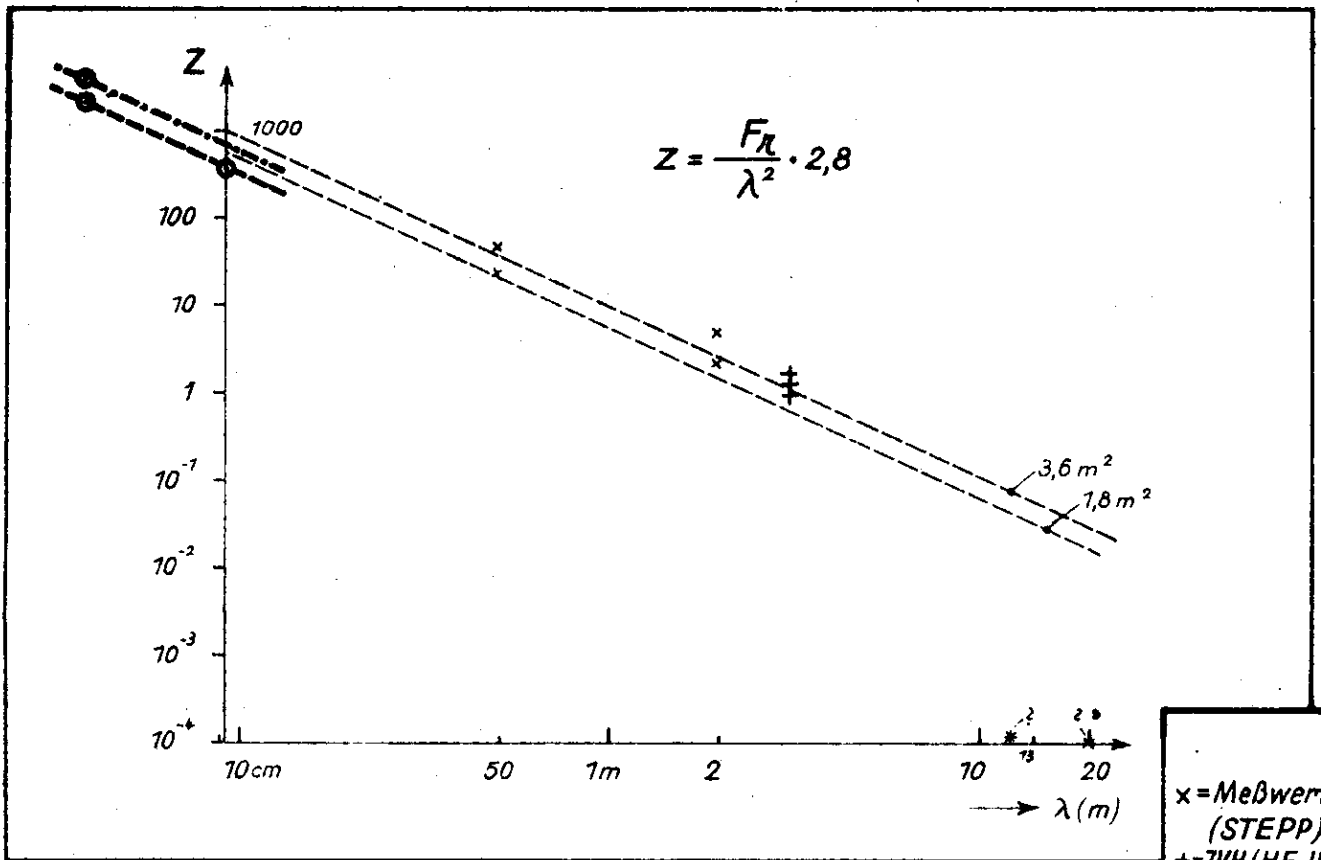


Abb. 3

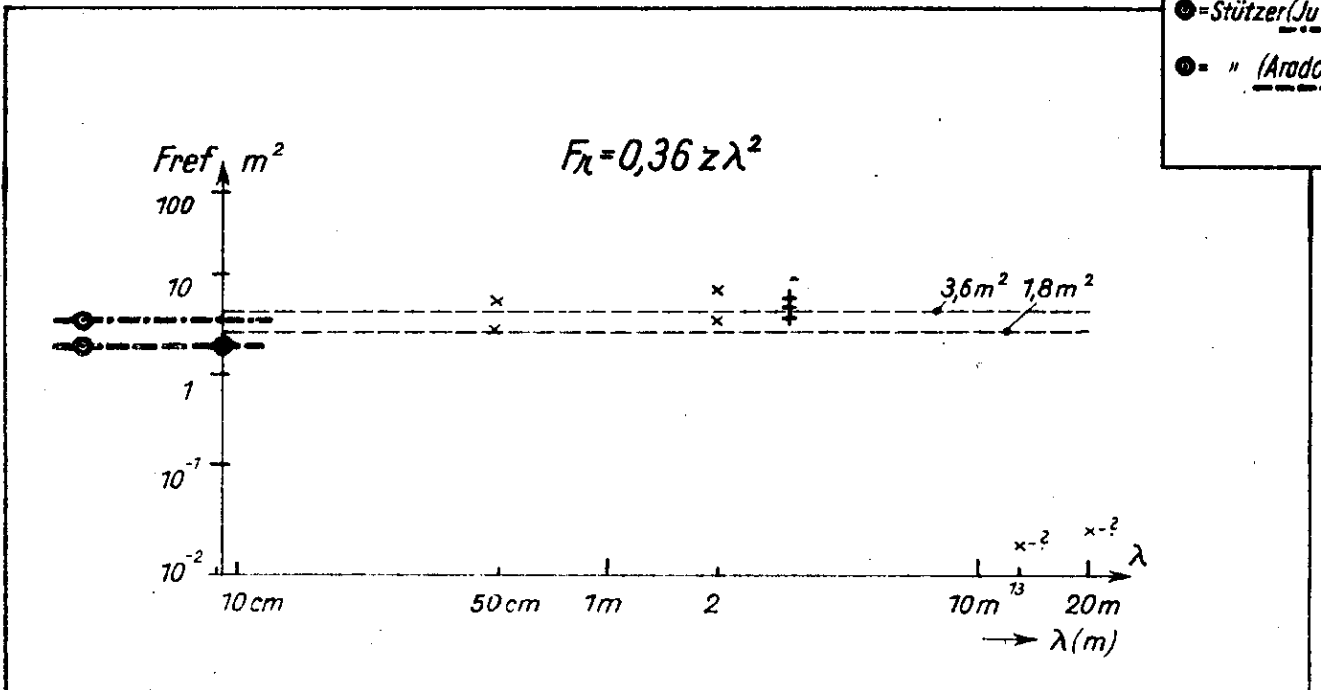


Abb. 4

< „Dipolersatzzahl“ und „Ersatzfläche“
 in Abhängigkeit von der Wellenlänge >

Da lange Düppel im allgemeinen aus Festigkeitsgründen dicker sein müssen, wächst der Düppelaufwand mit grösserer Wellenlänge.

Dies galt für gleiche Bündelung. Kürzere Wellen lassen wohl hohen Bündelungsgrad bei erträglichen Antennengrössen zu, besondere Massnahmen sind jedoch erforderlich, um die Ziele auffinden und halten zu können.

E. Folgerungen

- 1.) Solange die Abmessung des Flugzieles grösser als die Wellenlänge ist, bleibt die Reflexion wellenunabhängig.
- 2.) Nicht nur die Betrachtung, sondern auch für das Rechnen ist die Benutzung des wellenunabhängigen "Wirkungsquerschnittes" anstelle der "Ersatzdipolzahl" vorteilhaft. Die Umrechnung zeigt Gleichung (3).
- 3.) Zentimeterwellen bringen für Panorama-, "Rotterdam"-Geräte usw., wo es auf extrem hohe Bündelung ankommt, Vorteile. Weitere Vorteile der Zentimeterwellen liegen in der geringeren Fremdsenderstörmöglichkeit, sofern die Geräte nicht in enge Frequenzbereiche gelegt werden. durch die mögliche stärkere Bündelung werden sowohl Störsender als auch Düppel weniger breit aufgefasst. Innerhalb der optischen Sicht ist der Ausbreitungsfaktor im Mittel grösser als bei langen Wellen (Tieffliegererfassung).

Eine bessere Reflexion gegenüber längeren Wellen tritt hingegen nicht auf. Soll insbesondere bei nicht rotierenden Suchgeräten die mögliche Bündelung ausgenutzt werden, sind Zielsuch- und Zielhalteeinrichtungen unter Berücksichtigung der Düppelzeichenunterscheidung zu schaffen.

- 4.) Funkmessgeräte bis 14 m (Grenze der Telegrafiestörung) können für Reichweiten grösser als optische Sicht in Betracht gezogen werden. Das höhere siderische Rauschen ist tragbar, da insbesondere bei niederen Tastfrequenzen für diese Wellen Röhren extrem hoher Leistung ohne technologische Schwierigkeiten herstellbar sind. Die besonders auf diesen längeren Wellen deutlich ausgeprägten Überreichweiten bringen allerdings neben Vorteilen auch den Nachteil zeitweiliger Grossdistanzstörmöglichkeit. Alle für kürzere Wellen bestimmte Resonanzdüppel stören praktisch nicht.

"Laus"-Zusätze einfacher Form ermöglichen auch bei sehr starkem Wind die Unterscheidbarkeit von Flugzielen und Düppeln.

- 5.) Funkmesstörungen durch Flächendüppel sind wellenunabhängig (falls Ausdehnung der Düppel grösser als die Halbwelle). Der Aufwand ist viel höher als bei Resonanz- oder langen Düppeln. Resonanzdüppel stören am meisten, lange Düppel stören aber

nur um einen Faktor $1/2$ bis $1/4$ weniger (gleiche Gesamtlänge vorausgesetzt).

Anschliessend wird erörtert, ob nun tatsächlich die Grösse z durch die Grösse F_r ersetzt werden soll. Hr. Stepp vertritt die Ansicht, dass beide Grössen vollkommen gleichwertig sind, dass aber auch F_r in grossen Bereichen wellenabhängig wird. Ausserdem ist die Verwendung der "Reflexionsfläche" beim Anmessen von Schiffen äusserst ungünstig.

Herr Plisch führt aus, dass natürlich dann sowohl " z " als auch " F_r " frequenzabhängig wird, wenn die Wellenlänge grösser als die Abmessung des Flugzieles in der entsprechenden Polarisationsrichtung wird.

Um den Unterschied zwischen der diffusen Reflexionsfläche F_r und der spiegelnden Fläche klar hervorzuheben, schlägt Hr. Prof. Scherzer vor, F_r als Wirkungsquerschnitt zu bezeichnen. Prof. Scherzer betont, dass F_r vorteilhafter gegenüber z sei.

Hr. Dr. Kotowski hält für die Bodenbetrachtungstechnik auch die Grösse F_r günstiger, da bei Verwendung der Grösse z sehr umfangreiche und schwierige Rechnungen nötig werden.

Hr. Dr. Rottgardt wünscht, dass sich die Herren des BHF nach der Sitzung mit Herrn Stepp zusammensetzen und die einzelnen Fragen der Düppelstörungen nochmals miteinander abstimmen, so dass ein einheitliches Ergebnis erzielt wird.

III. Röhrenforschung und -Situation im Gebiet unterhalb 9 cm (Hr. Flg.-Hpting. Huschka).

Der Bericht wurde vom Vortragenden der Arbeitsgemeinschaft eingereicht und ist hier wiedergegeben.

A. Magnetron

Auf dem Gebiet der Magnetfeldröhren ist etwa folgende Aufgliederung möglich:

- 1) Magnetrons für Sendezwecke.
- 2) Magnetrons für Empfangs- und Mischzwecke
- 3) Magnetrons für Messzwecke.

1.) Magnetrons für Sendezwecke

Ausgehend von der LMS 10 (Nachbau-röhre nach der englischen Impulsröhre), die bei 9 cm und einer Leistung von etwa 20 kW arbeitet, sind in schneller Folge Röhren sowohl nach unteren Wellenlängen wie auch nach grösseren Leistungen gefolgt.

λ um	9 cm	5 cm	3 cm	1,5 cm
Type :	LMS 100	LMS 11	LMS 12	LMS 13
Leistung :	$N \approx 100$ kW		$N \approx 10$ kW	$N \approx 5$ kW
Entwicklg. :	abgeschl.	eingest.	abgeschl.	dicht vor Abschluss

Type :	LMS 101
Leistung :	$N \approx 1000$ kW
Entwicklg. :	läuft

In Weiterverfolgung des Zieles nach den kleinsten Wellen kann in kurzer Zeit mit einer Impulsröhre bei 1,05 cm gerechnet werden. Bei diesen Röhren bewegen sich die erforderlichen Magnetfelder in tragbaren Grenzen.

Neben diesen Entwicklungen sind Ergebnisse auf dem Gebiet der Impulsröhren als Nachbauröhren von Erstlösungen von Instituten vorhanden bzw. in Kürze zu erwarten. Z.Zt. ist eine Nachbauröhre (EFO) für den 1,5 cm-Bereich greifbar (Abb.5). Die Daten sind folgende:

$$\begin{array}{llll} \lambda = 1,4 \text{ cm,} & U_a = 6 \text{ kW,} & N \approx 250 \text{ W,} & \text{Mag.f.} = 1 \text{ 500 Gauss.} \\ \lambda = 1,79 \text{ cm,} & U_a = 18 \text{ kV,} & N \approx 2 \text{ kW,} & \text{Mag.f.} = 2 \text{ 500 Gauss} \end{array}$$

Diese Röhre kann in kleinen Stückzahlen den Forschungsstellen zur Verfügung gestellt werden, Lieferung etwa 1 bis 2 Stück/Woche. Es sind also Impulsröhren in dem im Augenblick erforderlichen Mass für den Bereich von 9,3 + 1,5 cm vorhanden und herab bis 1,05 cm in kurzer Zeit zu erwarten.

Bei Telefunken befindet sich ein Teil dieser Röhren in Weiterentwicklung, um in einem gewissen Bereich durchstimmbare Röhren zu erhalten, die zum Aufbau von Störsendern dienen sollen.

Versuche mit hohen Schlitzzahlen in der Grössenordnung 24 + 72 sind zum Zwecke des Niedrighaltens des Magnetfeldes bei der PTR im Gange. Eine Röhre mit 24 Schlitzen ist fertiggestellt und zeigt folgende Ergebnisse:

Dauerstrichbetrieb:

$$\lambda = 8,2 \text{ cm} \qquad N \approx 10 \text{ W (geschätzt)}$$

Impulsbetrieb:

$$\lambda = 6,8 \text{ cm} \qquad N \approx 10 \text{ kW (geschätzt)}$$

Die Magnetfelder liegen bei 500 bis 600 Gauss. Weitere Versuche mit 48 Schlitzen $\lambda = 1 \text{ cm}$ und 72 Schlitzen für $\lambda = 0,5 \text{ cm}$ sind vorbereitet.

2.) Magnetrons für Empfangszwecke und Mischzwecke

Für Empfangszwecke und Mischzwecke liegen die Verhältnisse infolge der notwendigen Forderung nach Durchstimmbarkheit etwas schwieriger. Auf diesem Gebiet sind bis zum Zeitpunkt der eindeutigen Verwendungsmöglichkeit des Klystrons noch Probleme der Magnetfeldröhre zu lösen. Im Vordergrund steht die Forderung nach durchstimmbaren Empfangsröhren unter 3 cm, die auf dem gesamten Durchstimmbereich möglichst frequenz- und leistungskonstant ohne tote Bereiche und Knackerscheinungen arbeiten müssen. Abgesehen von den Untersuchungen der Oberwellenmischung wurde ein Vorschlag von Prof. Habann untersucht. (Abb. 5a). Nach Erstuntersuchungen, die bessere Verhältnisse als mit Detektor vermuten liessen, wurde dieses Rohr bei der Fa. Blaupunkt im Geradeausempfang und Mischbetrieb untersucht. Es zeigte sich, dass vorläufig die Röhre keine besseren Verhältnisse zeigt als der Detektor. Die Röhre soll jetzt zu einem technisch brauchbaren Aufbau gebracht werden, um die vermutlich als hinderlich anzusehenden Unsymmetrien auszuschalten. Ausserdem soll der jetzige Durchstimmbereich (4,5 - 12 cm) auf niedrige Wellen erweitert werden. Ein weiterer Versuch wird mit der vom Amt für Wellenausbreitung entwickelten Röhre durchgeführt, um die Durchstimmbarkheit zu erreichen.

3.) Magnetrons für Messzwecke

Für Messzwecke sind genügend Röhren bis herunter zu 1 cm entwickelt. Als besonders aussichtsreiche Röhre ist die im Nachbau laufende FFO-Röhre (2-Schlitzröhre) bei 1 cm zu bezeichnen. Diese Röhre wird etwa in 3 Wochen greifbar sein. Für Untersuchungen bei Forschungsstellen stehen zu dieser Röhre gleichzeitig die Regelgeräte zur Verfügung. Eine weitere Röhre ist das Nullschlitzmagnetron von FFO, ziehbar von 2 - 20 cm (Abb. 6). Die Leistungen liegen bei 8 cm bei einigen Watt, und bei 2 cm bei etwa 20 mW. Diese Röhre ist für den ziehbaren cm-Generator bestimmt und wird in kleiner Stückzahl nachgebaut. Weitere Messröhren sind die PTR-Röhren bei 1 - 1,5 u. 2,5 cm. Die Fertigung dieser Röhren im Nachbau ist angelassen, es bestehen aber noch Schwierigkeiten infolge zu geringer Fertigungskapazität.

Herr Huschka weist hier darauf hin, dass der Nachbau der verschiedenen Röhren die Bereitstellung einer wesentlich grösseren Fertigungskapazität seitens der Industrie verlangt.

Als weitere Messröhre kann die schon erwähnte Röhre angesprochen werden, die beim Amt für Wellenausbreitung für Ausbreitungsmesszwecke gebaut wird. Diese Röhre ist äusserst einfach im Aufbau und ist vollkommen rückheizfrei.

Sie erscheint infolgedessen für Forschungs- und Entwicklungsstellen als Messröhre am besten geeignet.

B. Klystron

Auf dem Gebiet der Klystrons liegen die Verhältnisse noch etwas anders. Es soll hier nicht auf alle Fragen eingegangen werden und die zahlreichen besonders auf dem theoretischen Sektor geleisteten Arbeiten behandelt werden. Viele Forschungsstellen arbeiten z.Zt. an der Umsetzung dieser theoretischen Erkenntnisse in praktisch brauchbare Röhren. Das Ziel bei Klystrons bis auf geringe Ausnahmen ist, die Empfangsröhre für das cm-Gebiet zu schaffen. Vorläufig sind aber in der Richtung, dieses Ziel zu erreichen, bis auf wenige Ausnahmen nur die Nachbauröhren nach den erbeuteten englischen Röhren vorhanden. Es ist aber in absehbarer Zeit mit den ersten Resultaten der Klystronforschung zu rechnen.

Eines dieser ersten Ergebnisse kann hier angeführt werden. Es handelt sich um ein durchstimmbares Reflexionsklystron, das von Dr. Labus untersucht wurde (Abb. 6a). Die Verstimmung erfolgt auf elektrischem Wege. In den Hohlraum wird ein Condensa - Röhrechen eingeführt, das infolge seiner hohen Dielektrizitätskonstante schon bei kleinen Abmessungen brauchbare Verstimmung erzeugt. Der Vorteil dieser Art der Verstimmung liegt darin, dass das Rohr gewobbelt werden kann, ohne die Lebensdauer infolge mechanischer Schwierigkeiten zu beeinflussen. Die erreichte Wellenlängenänderung (9,6 - 11,4 cm) beträgt 20 %, wie aus den Kurven zu entnehmen ist (Abb. 6b). Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass die Röhre kein Magnetfeld zur Fokussierung benötigt. Das Rohr arbeitet mit Hohlraumspannungen von 150 V aufwärts. Eine Leistung von 250 mW wird bei etwa 1 500 V erreicht.

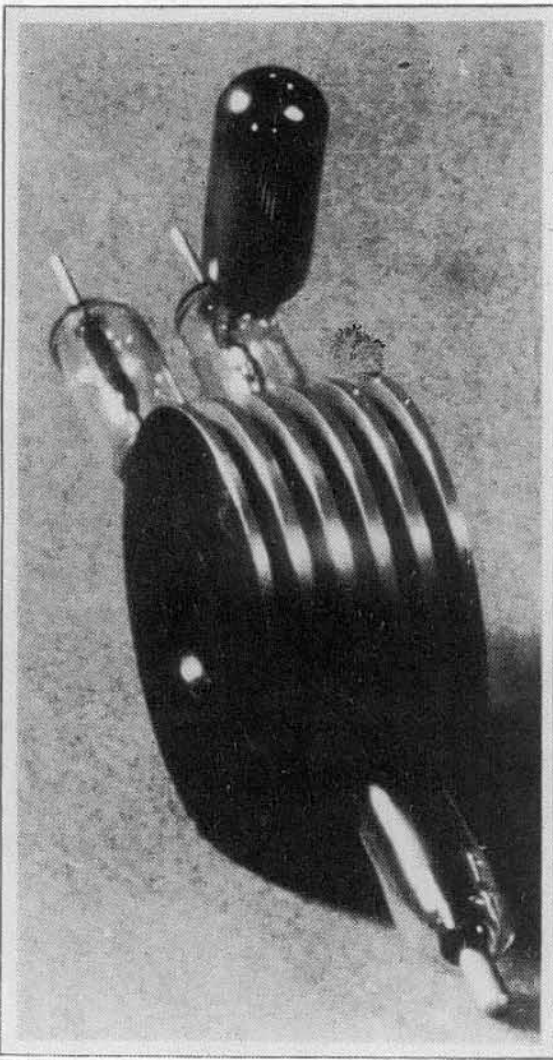


Abb.5
Nachbaurohr v. FFO

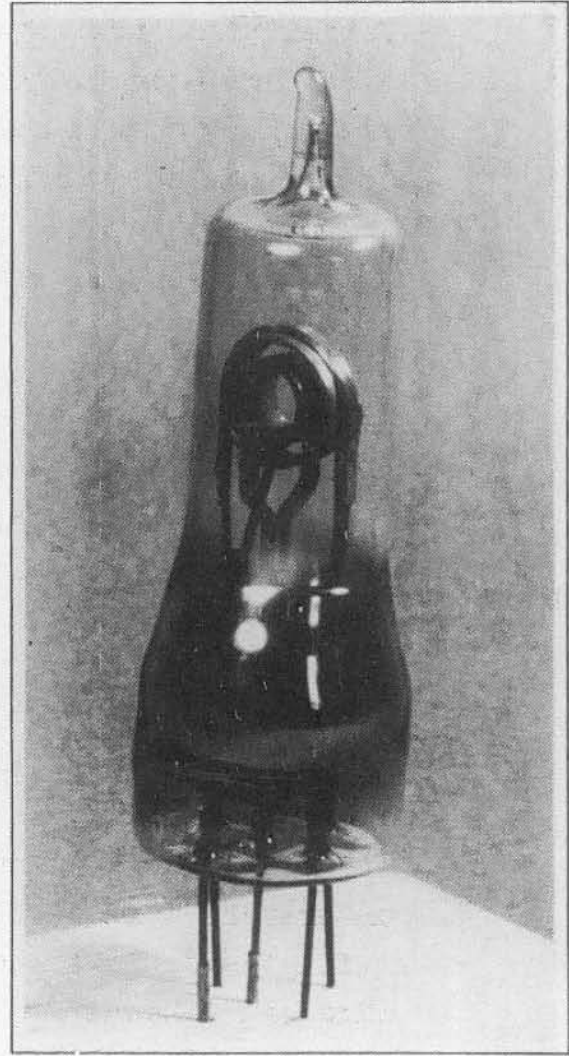


Abb. 5a
*Empfangsrohr nach
Prof. Habann*

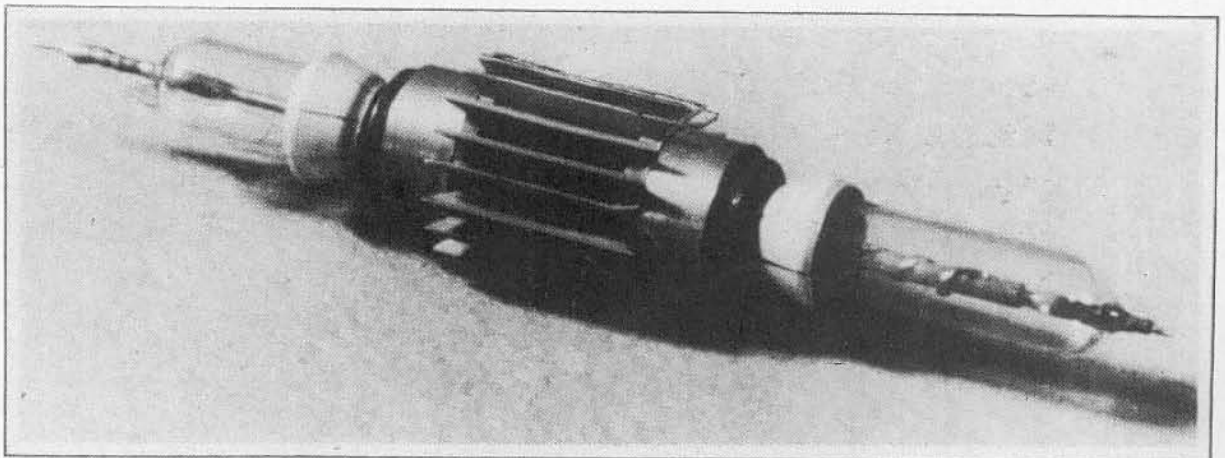
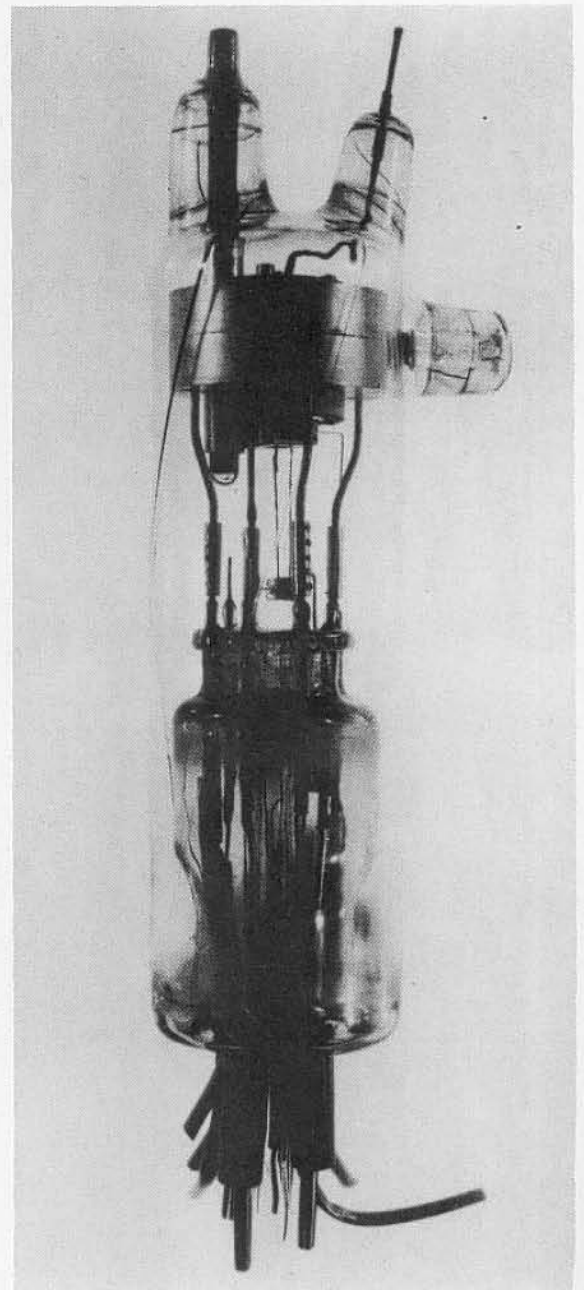
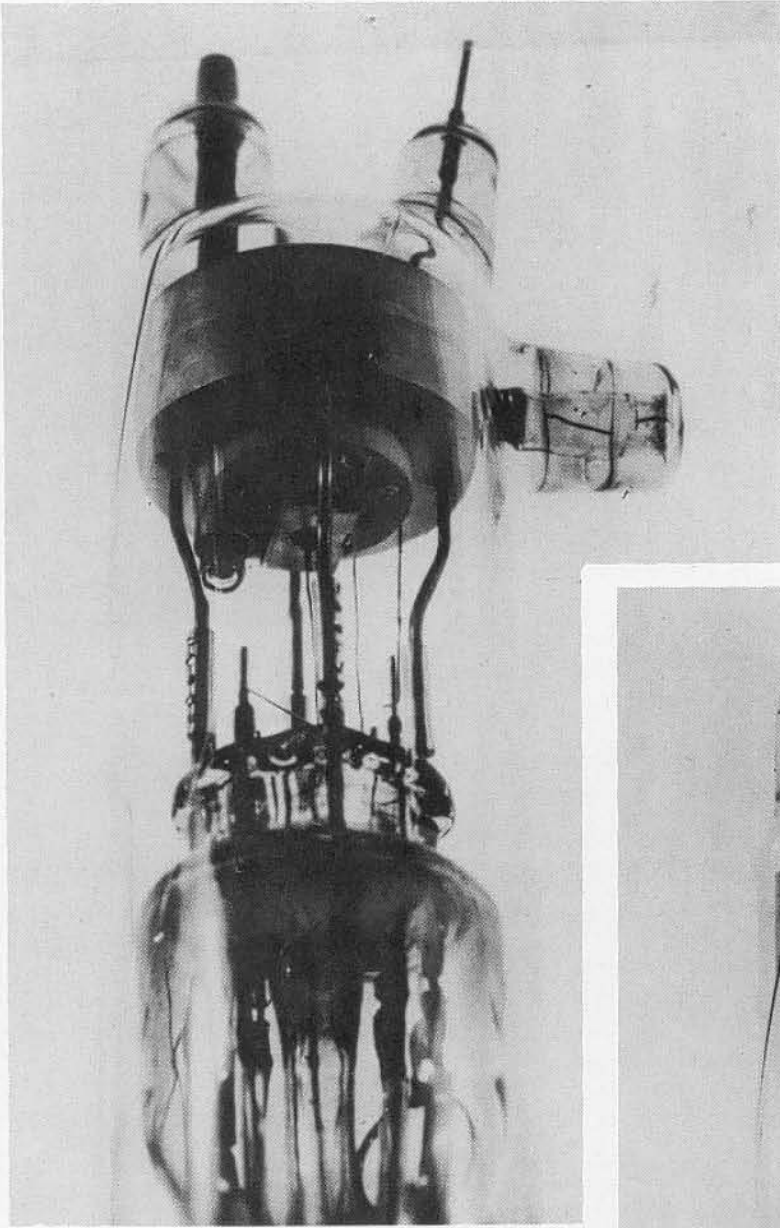


Abb.6
Nullschlitzmagmagnetron v. FFO



*Reflexionsklystron
n. Dr. Labus*

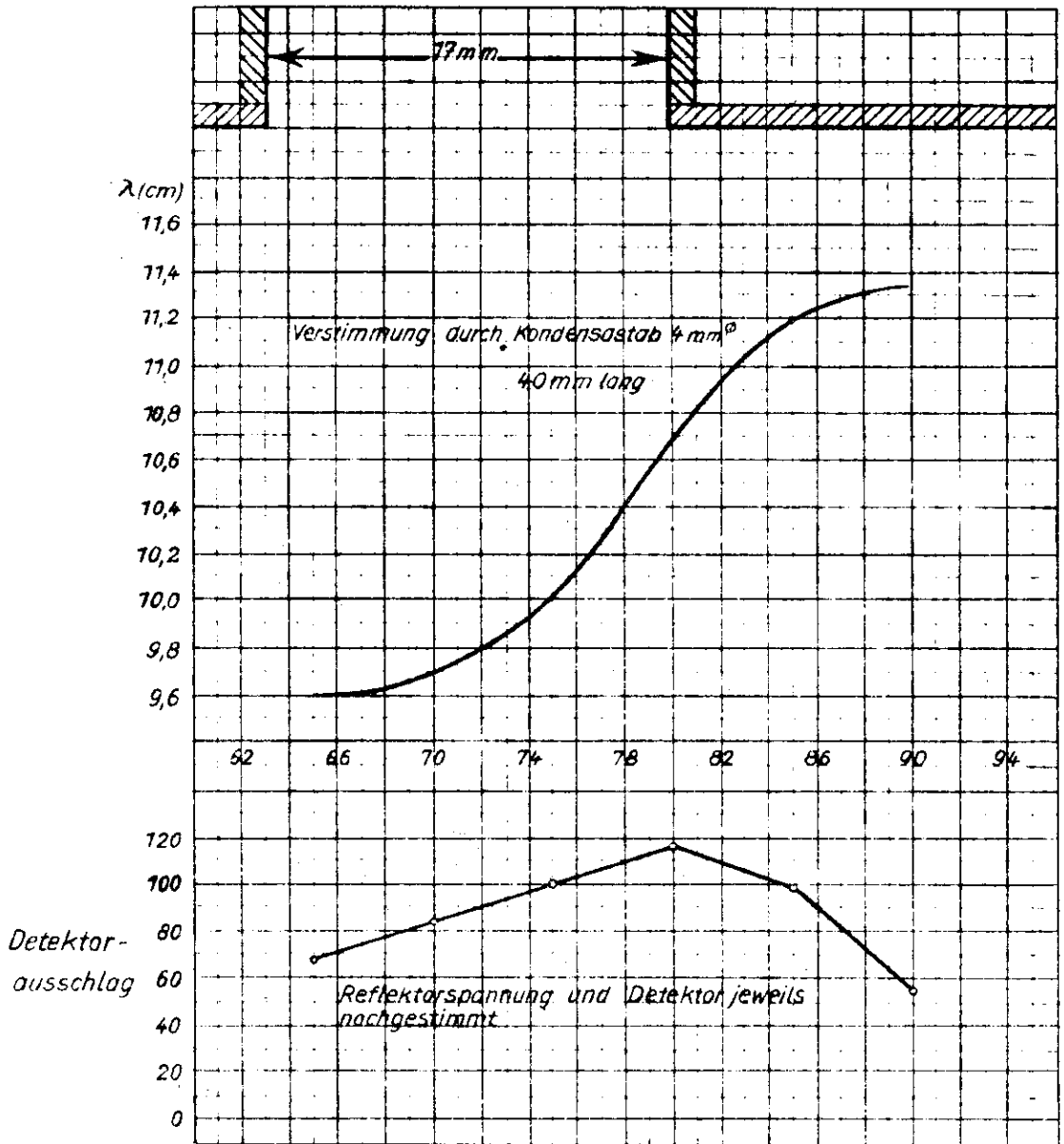


Abb. 5b

**Durchstimmbarkeit des Reflexionsklystrons
nach Dr. Sabus**

G. Sabus

Weitere Versuche zur Vergrößerung des Durchstimmereiches sowie Arbeiten in kleinerem Wellengebiet sind im Gange.

C. Nulloden

Die Aussichten auf dem Gebiet der Sperröhren sind auf Grund der Ergebnisse der Untersuchungen bei 10 cm für Röhren bei 3 - 1 cm nicht schlecht. Schwierigkeiten bilden die Kapazitäten. Diese Schwierigkeiten werden durch entsprechende Keramikausführungen behoben. Vorläufig sind aber für Versuche im Simultantrieb bei 1 - 2 cm bis auf noch zu prüfende Ausweichlösungen (Durchstecknullode, Meddohalbe) keine ausgesprochene Sperröhre vorhanden.

IV. Neuartige Röhren im Zentimeterwellengebiet (Hr. Dr. Steimel)

Einleitend zieht Herr Dr. Steimel die Grenzen, die auf dem Röhrengebiet zwischen Forschung und Entwicklung gesetzt sind und will diesesmal einige Fragen behandeln, deren Lösung unbedingt einen Vorstoss in technisches Neuland nötig machen.

A. Die Durchstimbarkeit

Zunächst soll das Problem und die Forderung an die Röhrenbauer behandelt werden, den Schwingkreis in das Innere des Vakuums zu verlegen, trotzdem aber noch die Möglichkeit zu einer gewissen Durchstimbarkeit zu haben.

Die grösste Schwierigkeit liegt bei diesen Fragen, wenn man als Lösung z.B. das Prinzip des engl. Überlagererklystrons auf 9 cm nehmen würde, in der Technologie der Durchführungen der Metallteile durch Glaswandung. Diese Durchführungen vertragen keine hohen Belastungen und sind daher für Leistungsröhren nicht zu verwenden.

Herr Dr. Steimel behandelt im folgenden verschiedene brauchbare Lösungen;

1.) Elektrische Abstimmung mit einer Stichleitung.

Diese Lösung ist z.Zt. nur für Magnetfeldröhren angewandt und wahrscheinlich dort auch die aussichtsreichste Lösung. An dem System wird eine Stichleitung angebracht, in der ein Schieber hin und her bewegt werden kann. Gleichphasig schwingende Elektronen werden abgefangen und zu dieser Leitung geführt. Ein etwas oberhalb der "Rotterdam"-Welle arbeitendes Rohr brachte trotz der Stichleitung eine Leistung von 30 kW.

allerdings treten bei einem derartigen gekoppelten System die üblichen Zieh-
schleifen auf, d.h. jedesmal, wenn der
Schieber um die halbe Wellenlänge fort-
bewegt wurde, tritt wieder dieselbe
Welle auf.

(Siehe Abb. 7)

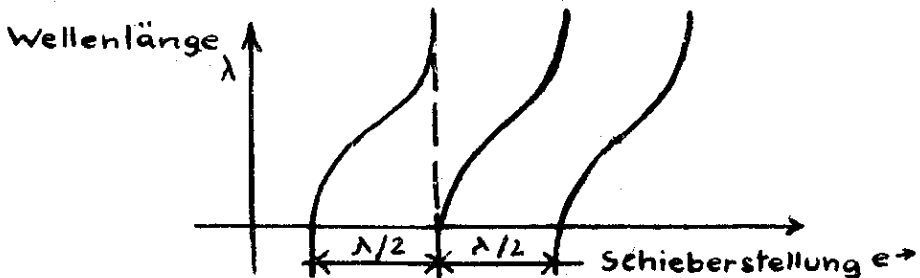


Abb. 7: Zieh-
schleifen beim
Durchstimmen mit Stich-
leitung.

Es besteht also durchaus die Möglichkeit,
dass an den Übergangsstellen bei geringster
Inkonstanz der Schieberstellung bzw. Last-
einkopplung die Welle umspringt.

Unter Anwendung dieses Verfahrens
wurde bei Herrn Dr. Steimel für die
Welle $\lambda = 9$ cm das Rohr LMS 20 fertig-
gestellt und für die Welle $\lambda = 3$ cm das
Rohr LMS 22 in Arbeit genommen.

Die Anbringung einer Stichleitung
zum Durchstimmen ist der historisch am
nächsten liegende Weg; es lassen sich
jedoch durch die geschilderten Umstände
die Wellenbereiche nicht extrem ausnutzen.

2.) Abstimmung durch direkte Veränderung der Schwingkreis Kapazität

Ein weiterer Weg, der vor allem für Klystrons besonders geeignet ist, eine gewisse Durchstimbarkeit zu erzielen, ist die direkte Veränderung der Schwingkreis Kapazität, die entweder durch Verbiegen der Schwingkreiswand oder durch Einbringen eines Verdrängers in die Elektronenströmung beeinflusst werden kann.

a) Die RPF-Variante

In einem stabilen Schwingkreis ist ein verschiebbarer Tubus eingebaut, welcher eines der Gitter trägt, der so die Kapazität und damit die Welle beeinflusst.

Nachteil an dieser Lösung ist, dass die Kontakte, die der Tubus mit dem Kreis bildet, bis zur Rotglut erhitzt werden, wodurch diese Ausführung, obwohl die Strombelegung an der Kontaktstelle schon sehr gering ist, nicht sehr erfolgversprechend erscheint.

b) Die "Meddo"-Variante

Der Schwingkreis wird mit der Aussenwand der Röhre fest verbunden; eine Wand ist gleich der Membrane eines Aneroid-Barometers deformierbar ausgeführt und kann mit einer einfachen Mechanik verstellt werden.

Diese Lösung wurde beim Klystron seit einigen Jahren von FFO und neuerdings auch im "Meddo"-Gerät

verwendet; die Einstellung darf nicht zu oft erfolgen, was jedoch zur sicheren Justierung in einem Prüffeld vollauf genügt.

c) Die Dr.-Labus-Variante

Hier wurde das Prinzip der Abstimmung mit Hilfe eines Verdrängerkörpers benutzt. In einem dünnwandigen Calitröhrchen, das durch den Schwingkreis hindurchragt, kann ein Condensastab in die Schwingkammer eingeführt werden. Die so erzielte Wellenvariation bietet vor allem eine gute Möglichkeit zum Wobbelbetrieb und damit zum Aufbau von Wellenmessern. Auch bei relativ grossen Leistungen hat sich das Reflexionsklystron von Hr.Dr. Labus gut bewährt.

B. Der Vorstoss zu den kürzesten Wellen.

Besonders intensiv wird an Röhren gearbeitet, die den Vorstoss zu den Wellen $\lambda = 1,55$ cm und $\lambda = 1,05$ cm ermöglichen sollen und die Grundbedingung für das Arbeiten in diesen Gebieten darstellen.

Durch proportionale Veränderung der Geometrie des Rohres LMS 12 wurde ein auf $\lambda = 1,57$ cm schwingendes Rohr geschaffen, das 4 bis 5 kW Leistung abgibt und die Bezeichnung LMS 13 führt.

Für die Welle $\lambda = 1,05$ cm liegen von Seiten der Industrie noch keine Ergebnisse vor (inzwischen erreicht, mit etwa gleicher Leistung wie bei 1,55 cm). Die bisher gebauten Röhren waren auf Anhieb nicht zum Schwingen zu bringen.

Die Hauptschwierigkeit ist in der hohen, geforderten Baupräzision zu suchen, die bei solchen kurzen Wellen erforderlich wird. Die Eintauchschlitze dürfen nur mehr 2 mm lang sein; die Kreise müssen sehr genau gearbeitet und können durch Schleifen nicht mehr gekoppelt werden.

Es soll die Möglichkeit untersucht werden, den Anodenblock aus dünnem Blech zu stanzen und das Paket dann zu verlöten.

Für die Oszillatoren muss unter Umständen wieder auf Oberwellenmischung zurückgegriffen werden.

V. Temperaturinversionen als Grund anomaler Reichweiten bei Zentimeterwellen (Graf Soden).

Der Bericht und das Bildmaterial wurde der Arbeitsgemeinschaft vom Vortragenden eingesandt.

A. Anormale Feldverteilung unterhalb der optischen Sicht

Seit dem Einsatz starker Impulssender und hochempfindlicher Empfänger ("Korfu") im Zentimeterwellengebiet sind häufig Reichweiten über die optische Sicht hinaus gemessen worden, die allein aus der Beugung um die Erdoberfläche und aus der Brechung in einer Troposphäre mit ständigem Gefälle der Dielektrizitätskonstante nicht erklärt werden können. Die unten gezeigte Tabelle 1 zeigt Reichweiten, die bei einer Wellenlänge von 9 cm und einer Sendeleistung von etwa 10 kW gemessen worden sind. Im ersten Beispiel wird die geschätzte Sichtweite bei niedriger Empfängerlage um 90 km überschritten, im zweiten Beispiel in grosser Empfangshöhe um 160 km.

Empfangshöhe	Sichtweite roh	Senderhöhe,roh	Gemessene Reichweiten		Höchstwerte
			26.II.43	2./3.10.43	
3 000 m	540 km	6 000 m	450 km	700 km	700 km
1 100	470	6 000	320	400	560
1 000	430	6 000	390	-	500
900	420	6 000	310	550	550
100	370	6 000	460	-	530
10	370	6 000	460	240	440
10	370	6 000	-	320	420

Tabelle 1: Anomale Reichweiten bei Zentimeterwellen.

Solche Reichweiten sind verschiedentlich darauf zurückgeführt worden, dass die Wellen in Temperaturinversionsschichten nur Erdoberfläche hin gebrochen werden und so in das Gebiet unterhalb der normalen optischen Sicht gelangen. Dieser Vorgang ist in Abb. 8 gezeichnet.

In der Tabelle 1 ist auffällig, dass am gleichen Tage die Reichweite auf Bergstationen kleiner oder verhältnismässig kleiner war als in der Ebene. Dieser Effekt kann damit zusammenhängen, dass die gekrümmten Inversionsschichten strahlenbündelnd und strahlenzerstreuend wirken. In den verschiedenen Höhenlagen treten Brennflächen und tote Zonen auf, wie unter idealisierenden Annahmen bei der Beschreibung der Abb. 9 bis 16 noch gezeigt werden soll.

Weitere Messungen über Temperaturinversionsschichten liegen noch vom Amt für Marine-
wetterdienst vor, die bei Ausarbeitung dieses Berichtes aber noch keine Verwendung fanden.

Nach den bisher vorliegenden meteorologischen Untersuchungen sind die mittleren Gradienten der Dielektrizitätskonstante in Temperaturinversionsschichten grosser Schichtdicke zu gering, als dass Totalreflexion an den gekrümmten Schichten auftreten könnte. Im folgenden ist daher der Versuch gemacht, die beobachteten Erscheinungen prinzipiell durch Annahme dünner Schichten mit hinreichenden Gradienten zu deuten.

In der gezeigten Bilderfolge Abb. 9 - 16 wird anschaulich gemacht, wie sich der Strahlenverlauf einer Lichtquelle ändert,

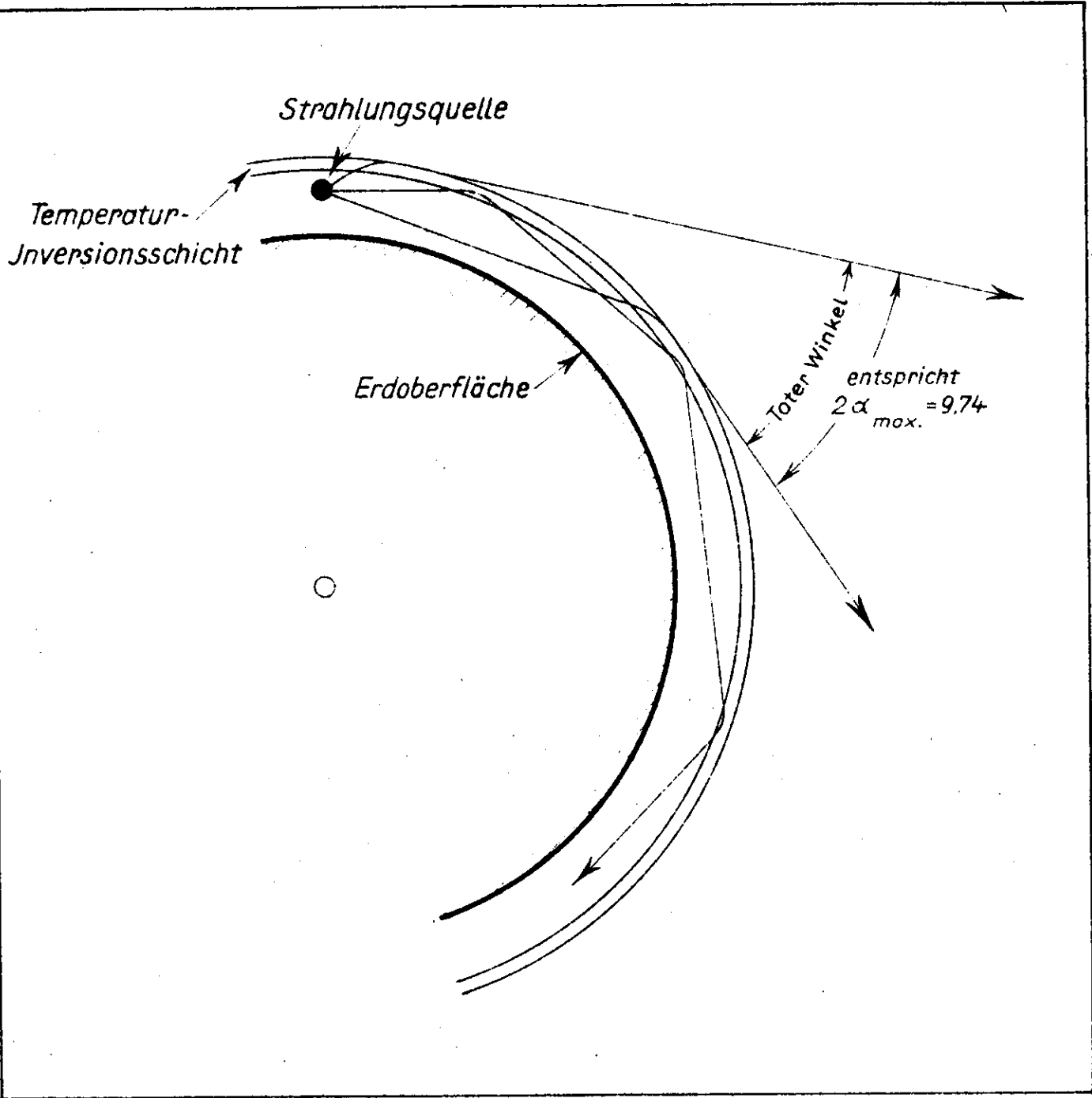


Abb. 8

Brechung in einer Inversionsschicht

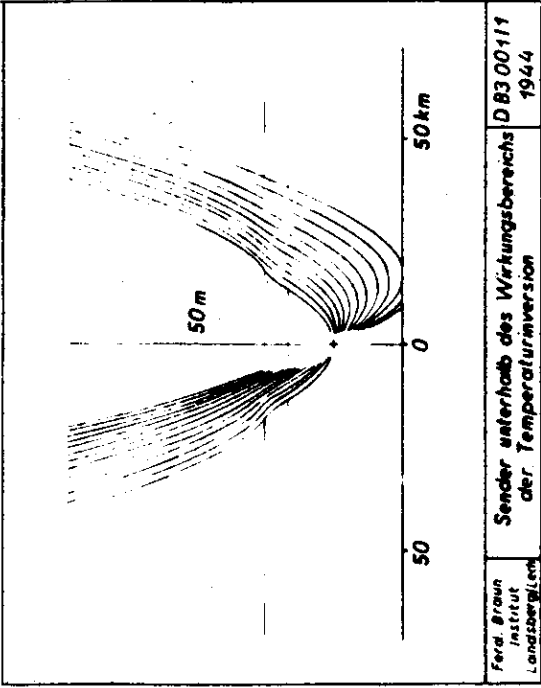


Abb. 9

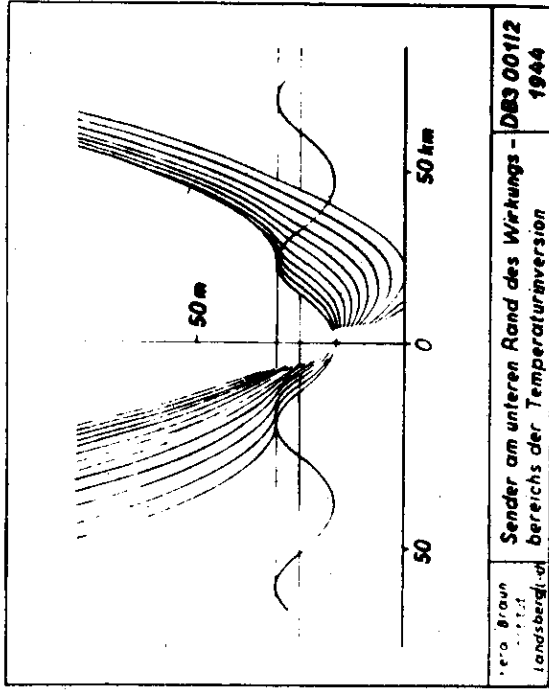


Abb. 10

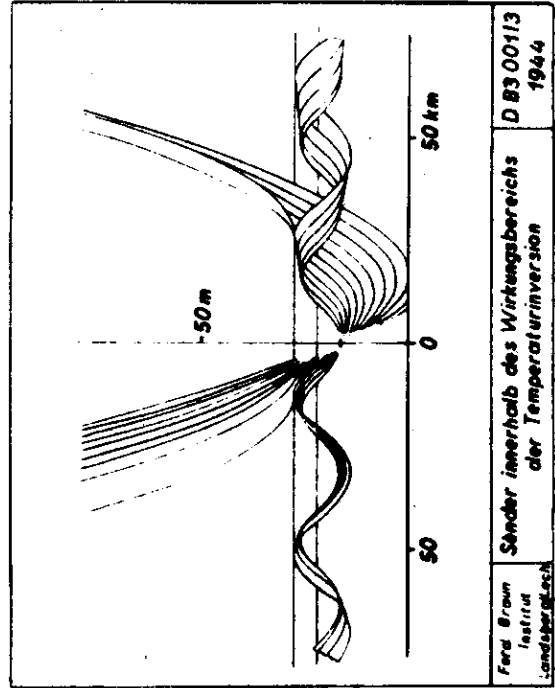


Abb. 11

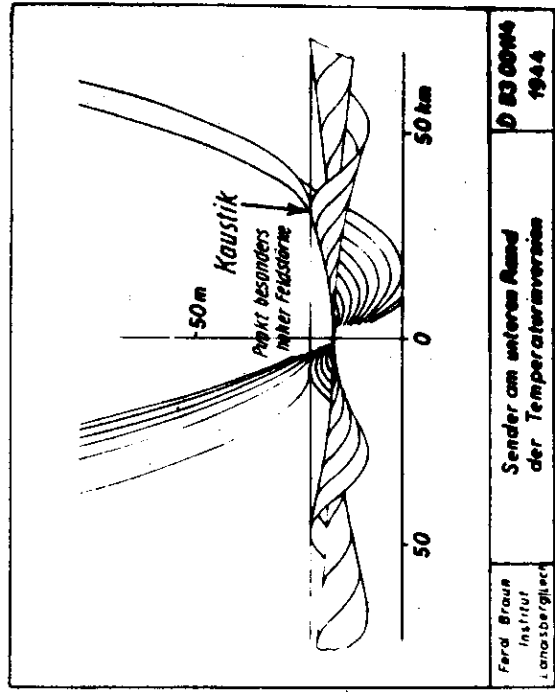


Abb. 12

wenn eine Inversionsschicht (von Bild zu Bild) zum Erdboden herabsinkt. Anstelle der Lichtquelle kann auch ein Empfänger gesetzt werden. Die Bilder zeigen dann an, aus welchen Raumteilen Strahlen zum Empfänger gelangen können. Die Erdoberfläche ist bei allen Darstellungen eben gezeichnet. Strahlen, die an und für sich geradlinig wären, gehen bei dieser Abbildungsart in Parabolförmige Strahlen über, die von der Erdoberfläche weggekrümmt sind.

Die Strahlen im rechten Teil der Bilder verlaufen von der Quelle aus nach unten, die im linken nach oben. Diese Aufteilung ist erforderlich, da sich beide Strahlenbündel gegenseitig durchdringen können und in der Zeichnung nicht zu trennen wären. Die 13 Strahlen, die jeweils gezeichnet sind, schliessen einen Winkel von etwa 9° ein, verlaufen also fast horizontal. Die Strahlungsquelle ist als räumliche Punktquelle ohne Richtwirkung gedacht. Den gesamten Strahlenverlauf erhält man durch Drehen der Bilder um ihre vertikale Mittelachse. Die Gesamtfeldstärke würde sich durch Addition der Felder der einzelnen, sich durchdringenden Strahlenbündel nach Amplituden und Phase ergeben. Die räumlich gewundene Struktur jener Strahlen, die der Inversionsschicht entlanglaufen, hat keine physikalische Bedeutung; sie dient nur zur leichteren Unterscheidung der einzelnen Strahlenbündel.

Aus den Bildern ist zu ersehen:

- 1.) Die Strahlen pflanzen sich nur dann entlang der Inversionsschicht fort (Abb. 10 - 14), wenn sich die Strahlungsquelle in Nähe der Inversion - im Wirkungsbereich (Wegener) der Inversion - befindet.

(Dies gilt unter der hier getroffenen Annahme einer weit ausgedehnten Schicht. Bei verstreut liegenden, kleineren Schichten ist für diese Übertragung längs der Schichten eine Lage von Sender und Empfänger auch oberhalb der Schichten möglich. Die Senderstrahlen dringen dann von oben kommend durch Schichtlücken in den Raum unterhalb der Inversionsschichten ein, streifen diese von unten kommend, pflanzen sich weiterhin an den Schichten fort, wie in den gezeigten Bildern, und gelangen durch eine Schichtlücke zum höher gelegenen Empfänger).

Der obere Rand des Wirkungsbereiches der Inversionsschicht fällt mit der oberen Schichtgrenze zusammen (Abb. 14). Der untere Rand ist durch den unteren Scheitelpunkt der Bahn eines Strahls gegeben, der die obere Schichtgrenze tangiert (Abb. 10).

- 2.) Die Anzahl Strahlen, die an der Schicht entlanglaufen, hat einen Grösstwert, wenn die Quelle am unteren Rande der Inversion liegt (Abb. 12). Der horizontale Strahl läuft auf diesem Rande, die anderen Strahlen pendeln um den Rand auf und ab. Was für die optimale Lage der Quelle gilt, gilt auch für den Empfänger. Optimaler Empfang ist zu erwarten, wenn Quelle und Empfänger auf dem unteren Inversionsrand liegen.

Benachbarte Strahlen, die an der Schicht entlanglaufen, vergrössern ihren Abstand proportional der Senderentfernung. Die Feldstärke im einzelnen Strahlenbündel nimmt umgekehrt proportional der Entfernung ab.

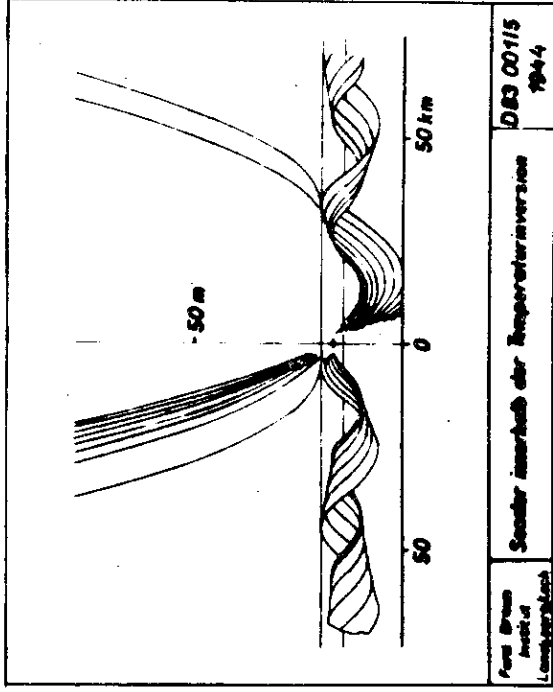


Abb. 73

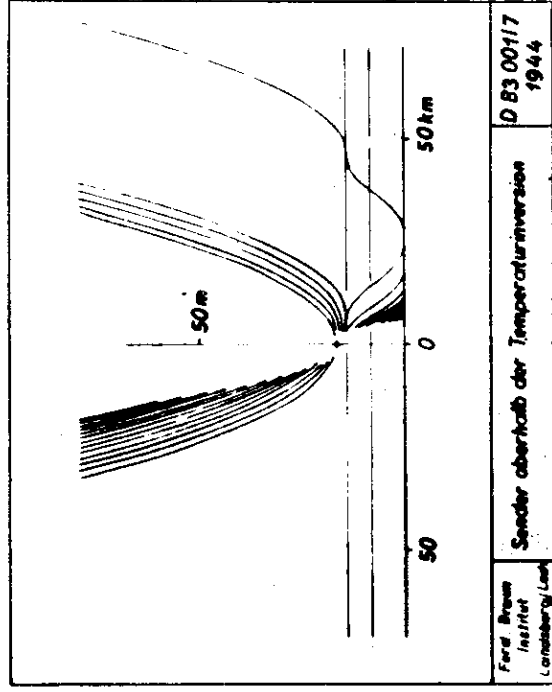


Abb. 75

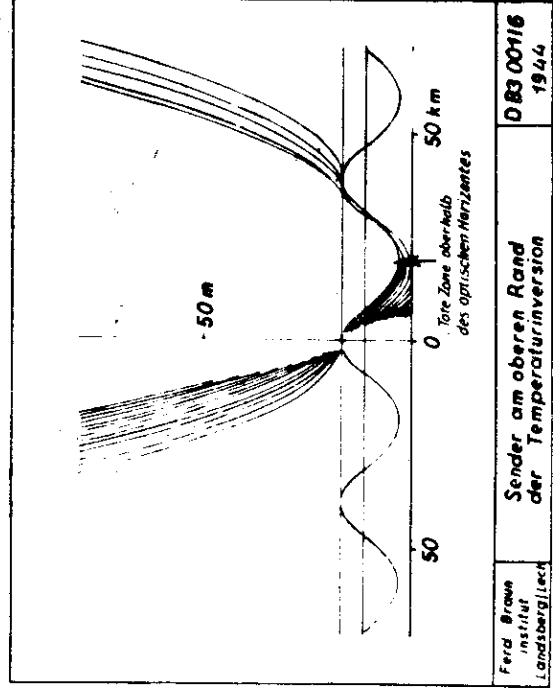


Abb. 74

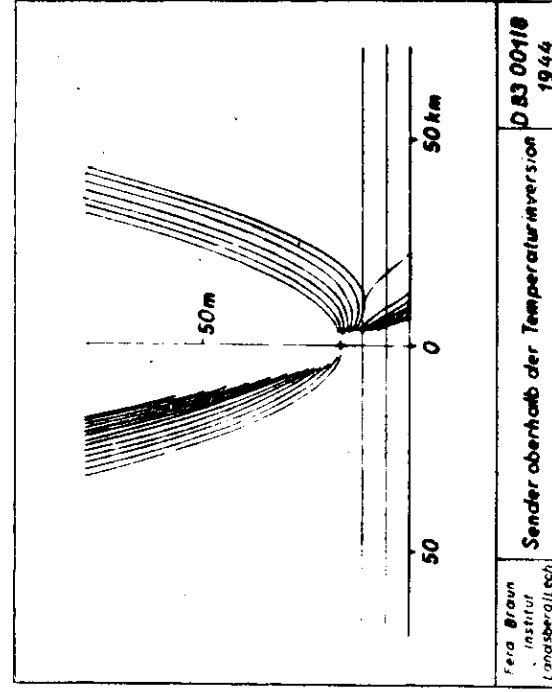


Abb. 76

Da die Strahlenenergie nach der Strahlenoptik aus dem Wirkungsbereich nach oben und unten nicht wegfließt, ist zu erwarten, dass die Gesamtfeldstärke aller überlagerten Strahlenbündel umgekehrt proportional der Wurzel aus der Senderentfernung abnimmt.

- 3.) Die Energie, die längs der Inversion strömt, geht dem übrigen Feld verloren. Denkt man sich die linke Bildseite auf die rechte Bildseite gelegt, so sieht man, dass in Bild 11 bis 13 zwischen den beiden nach rechts oben verlaufenden Strahlenbündeln eine Lücke entsteht. Die hier fehlenden Strahlen pflanzen sich längs der Inversion fort. Die Strahlenlücke in Bild 14 und 15 entsteht nur durch Auseinanderdrängen der Strahlen. Im Raum oberhalb des optischen Horizonts, der durch den dem Erdboden tangierenden und nach rechts oben verlaufenden Strahl dargestellt wird, entsteht ein Feldstärkeminimum.
- 4.) Oberhalb der Schicht, zwischen dem optischen Horizont und der Inversion tritt ein weiteres Feldstärkenminimum auf - bei fehlender Inversionschicht das Schattengebiet unterhalb der optischen Sicht.
- 5.) Der Strahlenverlauf wird wenig gestört, wenn die Quelle unterhalb des Wirkungsbereiches der Inversion liegt. (Abb. 9) Die Strahlen fallen so steil auf die Schicht auf, dass ihre Richtung in der Schicht kaum geändert wird.

Die Energiefortleitung im Wirkungsbereich der Inversion kann mit der Energiefortleitung in dielektrischen Stäben verglichen werden. Wie dort ist zu erwarten, dass nur solche Wellen entlang der Inversion gleiten können, deren Wellenlänge vergleichbar oder kleiner als die Tiefe des Inversionswirkungsbereiches ist. Am Rande einer Brennfläche, wie sie z.B. am unteren Scheitelpunkt der Strahlenbahnen im Inversionswirkungsbereich Abb. 12 auftritt, nimmt das Feld bei unendlich kleiner Wellenlänge unendlich schnell auf Null ab. Im Rahmen der Strahlenoptik kann das Gesetz des Feldstärkeabfalls angegeben werden.

Mit den Bezeichnungen:

h_s Höhe der unteren Parabolscheitel über dem Erdboden.

h Höhe des Messpunktes über dem Boden.

λ Senderwellenlänge

a Erdradius.

$\frac{1}{n} \frac{dn}{dh}$ relativer Brechungsgradient im Raum unterhalb des Parabolscheitels.

folgt näherungsweise für die Feldabnahme unterhalb des Parabolscheitels

$$\exp \left\{ \frac{-2i}{2} \frac{2}{3} \left(h_s - h \right)^{3/2} \sqrt{2} \left[\left(\frac{1}{n} \frac{dn}{dh} \right)_1 + \frac{1}{a} \right]^{1/2} \right\}$$

Fordert man, dass das Feld in einer Höhe von 7 m unterhalb des unteren Parabolscheitelpunktes auf $1/e$ des Wertes am Scheitelpunkt abgesunken ist, so ergibt sich mit

$$h_s \text{ ——— } h = 7 \cdot 10^{-3} \text{ km}$$

$$\left(\frac{1}{n} \frac{dn}{dh} \right)_1 = 3,7 \cdot 10^{-5} \text{ 1/km}$$

$$1/a = 15,7 \cdot 10^{-5} \text{ 1/km}$$

eine Wellenlänge von 0,4 cm.

Bei längeren Wellen wird der Exponent der e-Funktion kleiner. Die Feldenergie ist weniger stark in der Umgebung des Wirkungsbereichs der Inversionsschicht konzentriert. Bei langen Wellen kann schliesslich von einer besonderen Energiefortleitung längs der Schicht nicht mehr gesprochen werden.

Die praktischen Auswirkungen solcher Temperaturinversionsschichten auf die Reichweiten von Bordrundsuchgeräten lassen sich nun leicht erklären. Die Welle eines hochfliegenden Flugzeuges dringt in eine darunterliegende Temperaturinversionsschicht ein, gleitet ein Stück an der Schicht entlang und erreicht so einen viel weiter entfernten Punkt, als sonst üblich.

Allerdings spielen bei diesen Vorgängen noch eine Reihe weiterer Faktoren mit, so darf z.B. eine gewisse Mindestgeschwindigkeit des Windes nicht überschritten werden, weiter besteht eine Abhängigkeit von den Jahreszeiten und von der Feuchtigkeitsanreicherung in der Luft.

Im Anschluss an den Bericht von Graf Soden findet eine kurze Aussprache der Teilnehmer statt.

Hr. Obltn. v. Sanden berichtet, dass vor einiger Zeit mit eigenen Bordfunkmessgeräten feindliche Tiefflieger in 20 m Höhe bis zu einer Entfernung von 200 km aufgefasst werden konnten.

Es wird von Hr. Dr. Rottgardt die Klärung der Frage verlangt, ob das Auftreten von Temperaturinversionen bestimmten Gesetzmässigkeiten unterliegt, die vom Feinde bereits erkannt sind und die dieser zur Reichweitensteigerung seiner Fernleitverfahren benutzt.

Nach einer Erklärung des Hr. Dr. Roessler sind die Überreichweiten nicht nur durch das Vorhandensein von Temperaturinversionsschichten zu erklären, sondern es sind noch weitere Ursachen hierfür vorhanden.

Abschliessend erklärt Hr. Dr. Kramar, dass die genaue Erforschung der Temperaturinversionsschichten die Grenzen der Entfernungsmessgenauigkeit im Funkmessbetrieb festlegen wird. Es ist nämlich zu erwarten, dass durch die Abweichung des Weges der Impulse vom Sender zum Ziel und zurück zum Empfänger von der Geraden die direkte Beziehung zwischen Ziel-Entfernung und Laufzeit gestört ist.

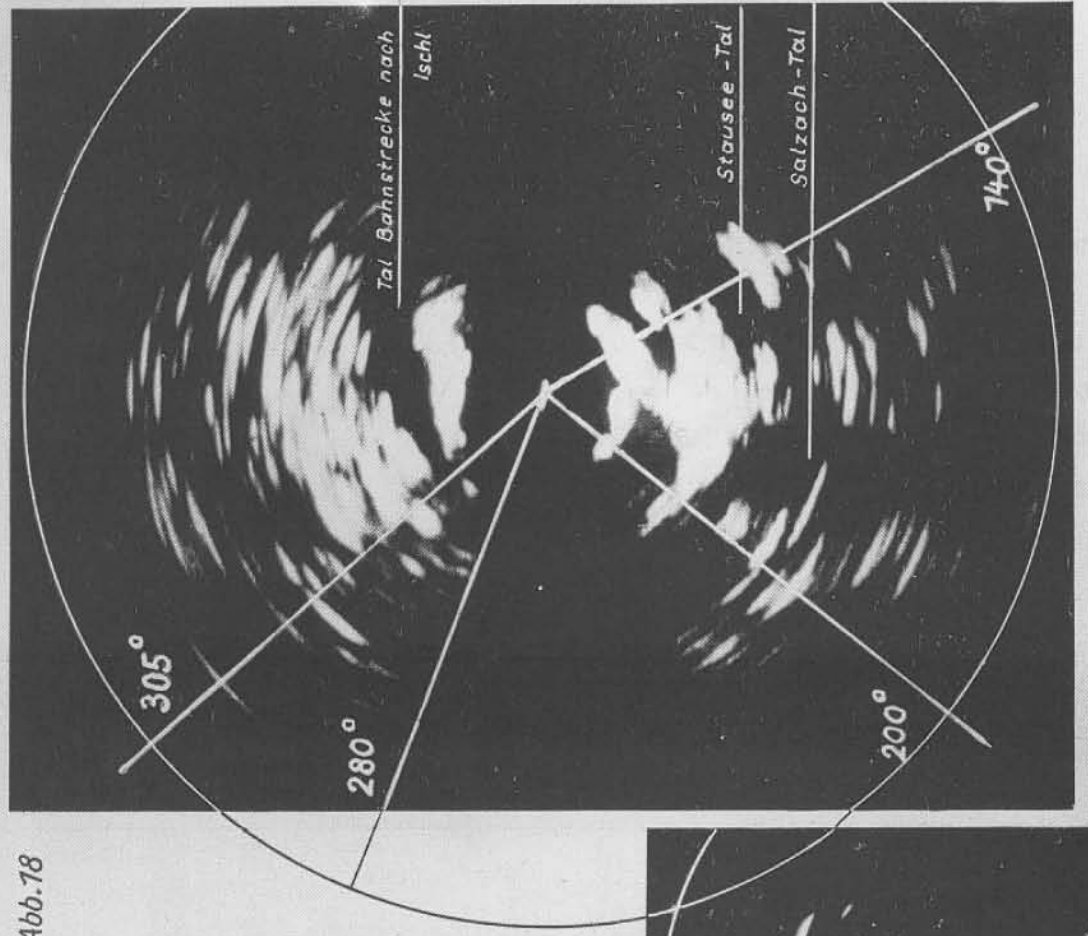
Es ist vom BHF beabsichtigt, Messungen mit hochgeschossenen Sonden vorzunehmen, die Klarheit in diese Fragen bringen sollen.

Abb. 17



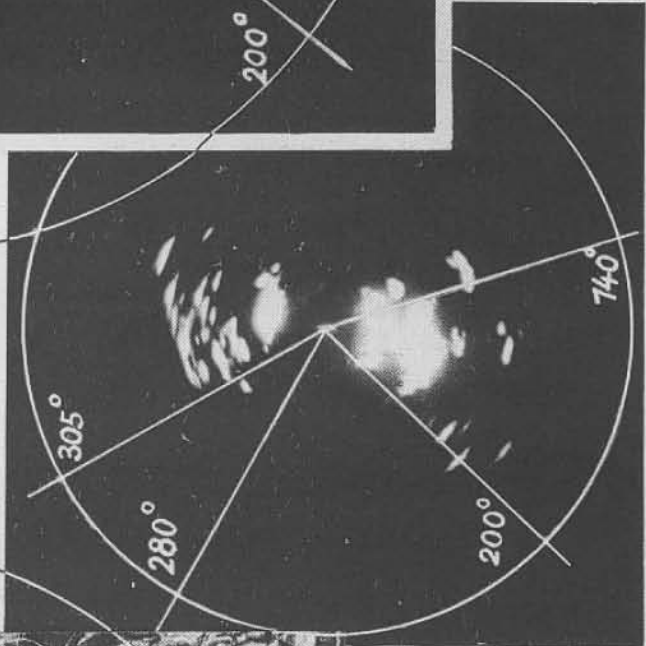
Karte der Umgebung des Gaisberges

Abb. 18



ROTTERDAM - Bild bei maximaler Empfindlichkeit

Abb. 19



VI. Rückstrahlbilder bei 9 cm und 150 cm Wellenlänge (Hr. Dr. Hähnel)

Der Bericht wurde vom Vortragenden der Arbeitsgemeinschaft eingereicht.

Übersicht:

Mit einer auf 9,1 cm Wellenlänge arbeitenden, stationären "Rotterdam"-Anlage wurden Bilder der Umgebung von Salzburg aufgenommen. Verglichen wurden diese Aufnahmen mit konstruierten "Rückstrahl-Bildern" unter Zugrundelegung der am gleichen Ort bei 150 cm Wellenlänge gemessenen Rückstrahlwerte.

1.) Messanordnung der "Rotterdam"-Anlage

Die Messungen wurden mit einem "Rotterdam"- und einem "Freya"-Gerät vom Gaisberg bei Salzburg aus durchgeführt, wobei die vertikale Richtcharakteristik der "Rotterdam"-Antenne so eingestellt war, dass sich bei Zielentfernungen bis 30 km ein optimales Schirmbild ergab. Eine ungehinderte Abstrahlung beider Geräte war nur in den auf der Karte (Abb. 17) gekennzeichneten Sektoren möglich.

2.) Beobachtungen bei 9 cm Wellenlänge

Bei maximaler Empfindlichkeit des Empfangsteiles wurde das "Rotterdambild" (Abb. 18 aufgenommen. Der Radius des Entfernungskreises entspricht einem Zielabstand von 22 km. Die Abb. 17 und 18 sind in annähernd gleichem Masstab wiedergegeben, sodass ein direkter Vergleich von Karte und "Rotterdam"-Bild möglich ist.

Auf letzterem sind die Täler deutlich erkennbar; dagegen ist es schwierig dieser Aufnahme zu entnehmen, dass es sich bei dem unteren Teil um eine Gebirgsabbildung handelt, die obere Bildhälfte dagegen einem fast ebenen Gelände entspricht. Auffällig ist, dass schwache Bodenwellen und Waldgebiete ebenso hell gezeichnet werden wie gleichweit entfernte, bis 2 000 m hohe Gebirge, Dies geht besonders deutlich aus dem bei verringerter Empfangsverstärkung aufgenommenen Bild 19 hervor.

Um festzustellen, ob dieser Effekt auf eine ungünstige Anordnung des Antennensystems (Parabolspiegel - Oberlippe - Dipol) zurückzuführen ist, wurde das vertikale Antennendiagramm (Abb. 20) ermittelt. Ein Vergleich mit dem eingezeichneten Geländeschnitt durch das 30 km südlich Salzburg gelegene Tennengebirge zeigt, dass auch Gebirge, die höher sind als der Aufstellungsort der "Rotterdam"-Antenne, nur unwesentlich schwächer angestrahlt werden als entsprechende ebene Geländeabschnitte.

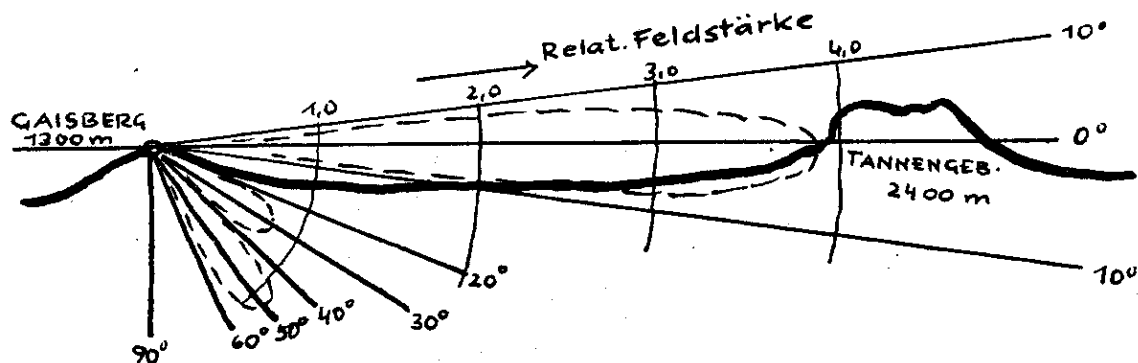
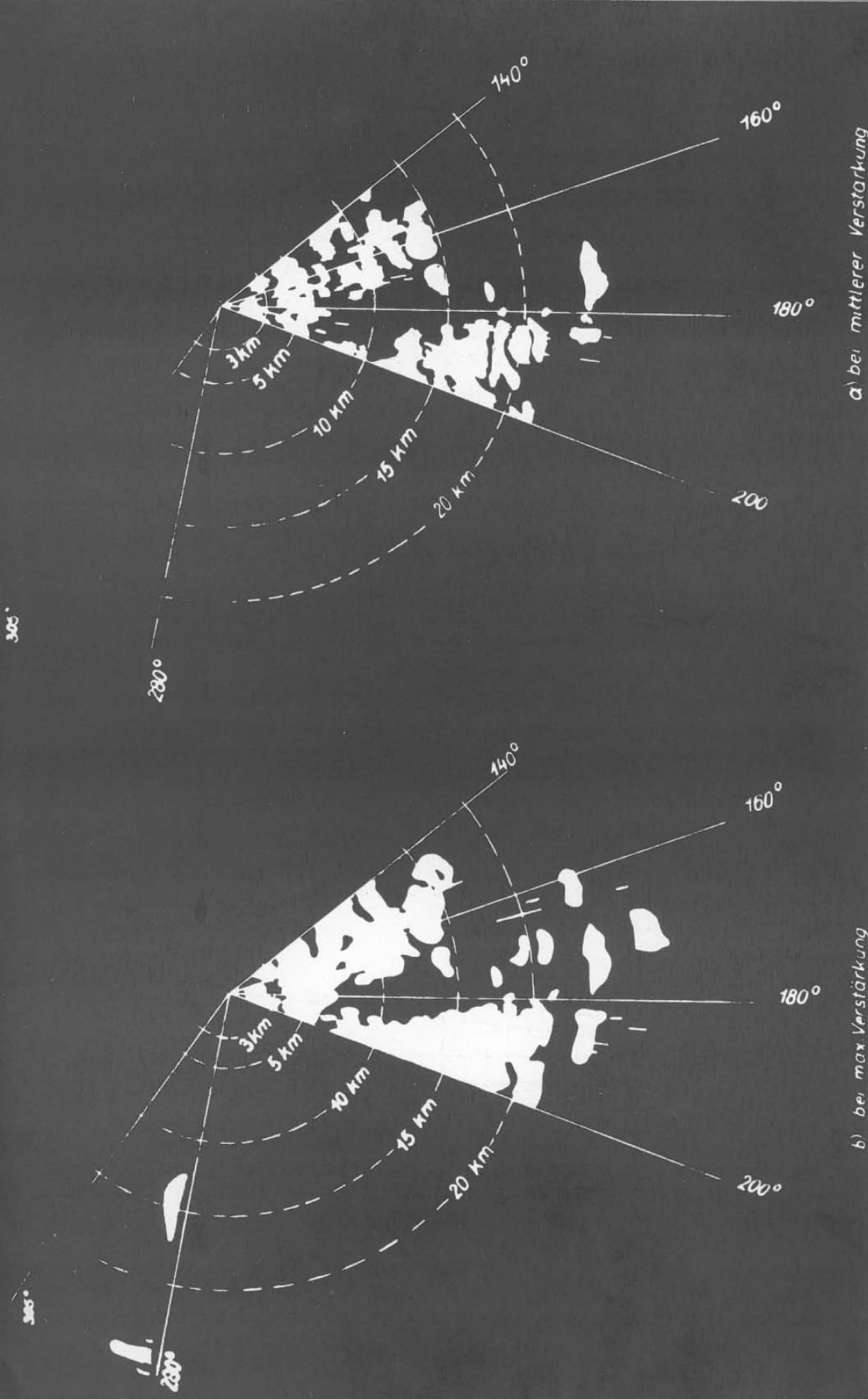


Abb. 20: Richtcharakteristik der "Rotterdam"-Antenne.



a) bei mittlerer Verstärkung

b) bei max Verstärkung

„ROTTERDAM - Bilder“ bei 150 cm Wellenlänge

3.) Messungen bei 150 cm Wellenlänge

Für diese Versuche stand ein "Freya"-Gerät vom Typ "Insel-Ypern" zur Verfügung. Die auf dem Braunschen Rohr sichtbaren Echoamplituden wurden in den Sektoren 140 bis 200° (Gebirge) und 280 bis 305° (Flachland) fotografiert. Nach willkürlicher Annahme der zur Erzeugung eines Lichtpunktes auf einem Panoramarohr erforderlichen Minimalamplitude wurden alle darüber hinausgehenden Echo-Impulse des "Freya"-Gerätes aufgezeichnet. Wählt man diese Amplitude so, dass das zeichnerisch ermittelte Panorama-Bild im Gebirge etwa die gleiche Auflösung zeigt wie das "Rotterdam"-Bild, so wird in dem genannten Flachlandsektor kein Ziel sichtbar. (Abb. 21a) Bei Vergrößerung der Empfindlichkeit, in diesem Fall bei kleiner angenommener Minimalamplitude, werden, wie aus Bild 21b ersichtlich ist, vereinzelt Echo-Impulse der Ebene abgebildet; dann aber treten die reflektierten Impulse des Gebirges als eine nicht mehr auflösbare Fläche in Erscheinung.

4.) Vergleich zwischen den Abbildungen bei 9,1 cm und 150 cm Wellenlänge

Das Verhältnis der Echo-Amplitude des Gebirges zu der der Ebene nimmt mit grösser werdender Wellenlänge zu. Diese Erscheinung kann so gedeutet werden, dass bei 9 cm die durch die Bodenbedeckung gegebenen kleinen Reflexionsflächen wirksam werden, die in der Ebene

etwa in der gleichen Anzahl vorhanden sind wie im Bergland. Der relative Anteil grosser Flächen (Bergmassive) an der Rückstrahlung tritt demgegenüber zurück.

Bei längeren Wellen dagegen verringert sich der Einfluss der Bodenbedeckung und es bleibt der Einfluss der grossen Flächen übrig, die im Gebirge einen günstigeren Winkel zur Einfallrichtung als in der Ebene haben.

Für Bodensuchgeräte ergibt sich die Folgerung, dass der störende Einfluss von Festzeichen, insbesondere im Gebirge, mit der Wellenlänge abnimmt.

Da die Bodenbewachsung und sonstige für die Ortung unwesentliche Feinheiten mit weiter verringerter Wellenlänge immer stärker das Bild beeinflussen, wird es erforderlich werden, statt der jetzigen harten hell-dunkel-Zeichnung ein getöntes Bild einzuführen, um ohne Veränderung der Empfängerempfindlichkeit eine Unterscheidung der Ziele, ihrem Reflexionswert entsprechend, zu ermöglichen.

Bei beiden Wellenlängen sind kurzzeitige Amplitudenschwankungen einzelner Ziele festzustellen, während andere gleichzeitig beobachtete Ziele eine nahezu konstante Echo-Amplitude ergeben. Ob besonders unstete Impulse bei 9 cm und 150 cm jeweils von gleichen Reflexionsflächen herrühren, wird noch überprüft, ist jedoch nicht wahrscheinlich. Es entstand der Eindruck, dass heftig

schwankende Echo-Impulse nicht Reflexionen einzelner markanter Rückstrahlflächen sind, sondern eine Addition mehrerer benachbarter, für sich allein betrachtet unwesentlicher Ziele entstammen.

Nach Vorliegen weiterer experimenteller Ergebnisse wird über die physikalischen Ursachen der Amplitudenschwankungen (Flimmererscheinungen) rückgestrahlter Zeichen in Abhängigkeit von der Wellenlänge berichtet werden.

Anschliessend an den Vortrag des Herrn Dr. Hänel erklärt Herr Staatsrat Esau, dass sobald als möglich die entsprechenden Versuche mit einem 3 cm-Gerät durchgeführt werden sollen. Ausserdem sollen die Rückstrahlbilder der verschiedenen Geräte bei Benutzung des "Taunus"-Verfahrens aufgenommen werden.

VII. Tasteinrichtungen für Zentimeter-Funkmessgeräte (Hr. Dr. Steimel).

Eines der Kernprobleme der gesamten Funkmess-technik ist die Frequenzkonstanz des Senders. Die Untersuchungen haben ergeben, dass im 9-cm-Gebiet bei Trioden eine Frequenzänderung um 10^5 Hz pro Proz. Spannungsänderung, was als noch tragbar zu bezeichnen ist, und bei Magnetrons eine Änderung von 10^6 Hz pro Proz. Spannungsänderung zu verzeichnen war.

Um hier eine bedeutende Besserung zu erzielen, ist es notwendig, die gesamte Tasttechnik auszugestalten und neue Wege zu beschreiten. Um sämtliche Vorgänge messtechnisch erfassen zu können, was bei Impulsbetrieb erheblich schwieriger als bei Dauerstrichbetrieb ist, wurde im Röhrenlabor ein Zentimeter-Spektrometer gebaut, dessen Wirkungsweise in folgendem erläutert werden soll.

Der zu messende Sender arbeitet auf eine Mischstufe, die ausserdem aus einem gewobbelten Oszillator gespeist wird (siehe auch Abb. 22). Die so entstehende Zwischenfrequenz (Bandbreite etwa 10 bis 20 KHz) wird auf das eine Plattenpaar einer Braunschen Röhre gegeben, die Ablenkspannung für das andere Paar liefert die Oszillator-Anodenspannung; der Oszillator seinerseits erregt noch einen Wellenmesser, mit dessen Hilfe eine scharfe Zacke abgeleitet und in das Bild geschrieben wird.

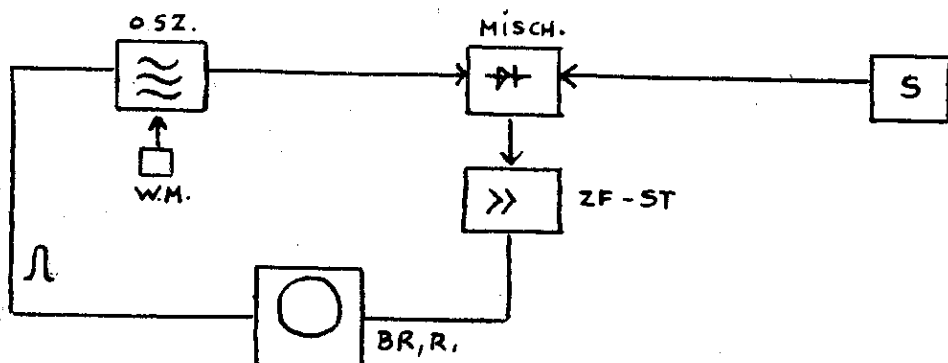


Abb. 22: Zenti-Spektrometer

Die Untersuchungen an der LMS 10 mit Hilfe dieser Messeinrichtung ergeben bei Impulsbetrieb eine Frequenzänderung von 1 MHz pro 10 % Stromänderung. Infolge des steilen Anstieges bei Magnetronröhren ist es günstiger, die Stromänderung als Vergleichsgrösse zu nehmen. Es entsprechen 10 % Stromänderung ungefähr 1 % Spannungsänderung. Die dadurch entstehende Verbreiterung des Impulses ist 1 : 4 bei 1 μ sec. Tastzeit.

Die Probleme werden bei $\lambda = 3$ cm noch bedeutend schwieriger, es muss unbedingt eine Stromstabilisierung während des Impulses vorgenommen werden. Eine derartige Massnahme ist bei dem amerik. "Meddo"-Gerät bereits zu erkennen.

VIII. Verschiedene Landschaftsformen im "Rotterdam"-Bild
(Hr. Zeisberg).

Der Bericht wurde vom Vortragenden der Arbeitsgemeinschaft als BHF-Bericht 44/05 eingereicht und ist im folgenden auszugsweise wiedergegeben.

A. Übersicht

Es ist eine Reihe von Schirmbildern zusammengestellt, die durch Vergrößerung auf den Masstab 1 : 100 000 gebracht sind. Es sind jeweils durchsichtige Karten im gleichen Masstab beigelegt.

Die Zusammenstellung erfolgte so, dass verschiedene Landschaftsformen abgebildet sind. Die Aufnahmen sind mit einem Nachbaugerät "Rotterdam", $\lambda = 9,1$ cm (Gerät Nr. 2) aufgenommen.

(Es wird hier nur die auch in der Sitzung gezeigte Aufnahme der Stadt Jena gebracht und erläutert).

B. Aufnahme der Stadt Jena und Umgebung (Abb. 22)

Masstab 1 : 100 000
aufgenommen am 26.5.44
Flughöhe 500 m über Null.

Die Aufnahme kann als Beispiel für die Abbildung einer hügeligen Landschaft gelten.

Durch Vergleich des "Rotterdam"-Bildes mit einer normalen Karte konnte keine brauchbare Zuordnung der Ziele erreicht werden. Es wurden daher aus Messtischblättern die Höhenlinien von 200, 300, 350 und 400 m gezeichnet und die angrenzenden Gebiete so schraffiert, dass die grösseren Höhen dunkler erscheinen.

Die Maschine befindet sich über dem Saaletal 7 km nordwärts Jena. Infolge der Reflexionen unterhalb des Flugzeuges ist das Tal in seinem Verlauf nicht zu erkennen. Im Stadtgebiet von Jena kommen kräftigere Reflexionen.

Die Kernberge treten sehr charakteristisch hervor. An ihren vorderen Hängen sind starke Reflexionen, der rückwärtige Hang und das Tal sind vollkommen abgeschattet. Diese charakteristischen Formen wurden bei Wiederholung des Anfluges wiedererkannt und während des ganzen Anfluges beobachtet. Eine Ausnutzung derart charakteristischer Hügel als Abflugpunkt erscheint möglich zu sein.

Es wird von Herrn Staatsrat Esau die Frage aufgeworfen, ob nicht auf einer Höhe bei Jena ein Störsender aufgestellt werden kann, der die Stadt anstrahlt und so einen grossen Bereich zudeckt.

Herr Dr. Geos berichtet daraufhin kurz über seine Erfahrungen mit Störsendern, die in den meisten Fällen als Anflugsender ein Auffinden des zu tarnenden Zieles nur erleichterten. Ausserdem sind die Störsender immer sehr selektiv und stören nur einen ganz engen Wellenbereich, sodass man zum erfolgreichen Abdecken eines grösseren Gebietes eine Unzahl solcher Geräte nötig hätte.

Es wird von Herrn Dr. Kotowski berichtet, dass in Kürze in Grossversuchen mit Störsendern alle zur Diskussion stehenden Fragen geklärt werden sollen.

Es wurde beschlossen, dass anschliessend an die nächste Sitzung der AGR im kleinen Kreise eingehend auf die Fragen der Stör- und Tarntechnik eingegangen wird.

**IX. Bericht über ein feindliches Panzer-Funkmess-
gerät (Nachtrag zur AGR-Sitzung vom 5.4.44, I/14)
(Herr Regierungsrat Pfannschmidt)**

Der Bericht stützte sich auf eine V-Mann-Meldung über einen neuen britischen 18 t-Panzer, in den ein Ortungsgerät eingebaut ist, mit dem feindliche Panzer im Umkreis von 15 km ausgemacht werden können. Die Meldung bringt zwar keine brauchbaren technischen Einzelheiten, lässt aber erkennen, dass beim Gegner zumindest versuchsweise auch auf diesem Gebiet gearbeitet wird. Die Möglichkeit der Anwendung der Funkmesstechnik zur Panzerortung verdient mithin grösste Beachtung.

Die dem vorstehend wiedergegebenen Bericht zu Grunde liegende Meldung wurde inzwischen durch eine weitere ergänzt, die Angaben über den taktischen Einsatz der Ortungs-panzer enthält. Das Vorhandensein für den genannten Zweck geeigneter Geräte beim Gegner dürfte damit feststehen und erfordert dringend entsprechende Massnahmen von unserer Seite.



Camburg

Apolda

Naschhausen

Jena

X. Neus Versuchsergebnisse mit Düppeln (Hr. Stepp)

Der Bericht wurde der Arbeitsgemeinschaft vom Vortragenden eingereicht und ist bei der Fa. Telefunken als EF-Bericht 05 erschienen.

Vorwort:

Als Teilergebnis eines umfangreichen Versuchsprogramms, das auf Anregung des RLM, GL/CE 4 von einem Kommando des Lu-Versuchs-Regimentes Köthen gemeinsam mit dem NVK, Kiel, und Telefunken durchgeführt wird, bringt vorliegende Arbeit ohne Anspruch auf Vollständigkeit einen vorläufigen Bericht über die bisher durchgeführten Versuche zur Frage der Verdüppelung.

Das Rückstrahlverhalten

von Einzeldipolen in Abhängigkeit von ihren geometrischen Abmessungen (Länge, Breite, Schichtdicke) und von vielen Dipolen einer bestimmten Grösse bei statistischer Verteilung ihres Ortes und der Orientierung ihrer Achsen im Raum (Düppel) wird untersucht.

Durch Vergleich mit den Rückstrahlamplituden einer bestimmten Zahl von $\lambda/2$ -Düppeln wird die Ersatzdipolzahl von Zielen bestimmt.

Im zweiten Abschnitt werden technologische Fragen wie Sinkgeschwindigkeit, Steifigkeit von Streifen-Düppeln und Platten, sowie Abwurfeinrichtungen diskutiert.

Anwendungen der Ergebnisse auf praktische Fragen schliessen sich an.

- 1.) Störverminderung durch Wellenwechsel bei Störung durch Düppel einer Länge und
- 2.) die zweckmässigste Verdüppelung d.h., die Dimensionierung der Düppellast einer Maschine bei geringstem Gewichtsaufwand wird angegeben, falls mehrere Frequenzbänder gleichzeitig gestört werden sollen.

Anschliessend werden der Einfluss der Verfilzung von Düppeln und schliesslich die zur Verdüppelung nötigen Düppelzahlen besprochen.

Versuchsprogramm.

Einleitung:

Bemerkung über die Messanordnung.

A. Physikalische Untersuchungen.

I. Rückstrahlverhalten in Abhängigkeit von der Abmessungen der Düppel.

- a) Amplitude als Funktion der Düppellänge (l),
- b) Amplitude als Funktion der Breite und Schichtdicke,
- c) Rückstrahleffekt verfilzter Gebilde,
- d) Rückstrahleffekt verbogener, verstimmter und geknickter Düppel.

II. Rückstrahlamplitude in Abhängigkeit von Zahl und Orientierung der Düppel.

- a) Das physikalische Gesetz und Vergleich mit den Versuchsergebnissen,
- b) Verteilung der Lage der Düppelachsen im Raum (Polarisation),
- c) Beziehung zwischen Ersatzdipol- und -Düppelzahlen,
- d) Bestimmung von Ersatzdipolzahlen von Flug-, See- und Bodenzielen.

B. Technologische Fragen.

I. Sinkgeschwindigkeit von Düppeln.

II. Untersuchung der Steifigkeit.

III. Abwarfeinrichtungen.

C. Allgemeine Betrachtungen über Düppel.

I. Störwirkung bei verschiedenem Verhältnis von Düppel- zu Wellenlänge ($\lambda = \text{konst.}$

$l/\lambda \text{ konst.}$)

II. Störwirkung bei verschiedenen Frequenzen und abgestimmten Düppeln ($l/\lambda = 1/2$,

$\lambda \text{ konst.}$).

a) bei konstanter Antennenbündelung

($\frac{\lambda^2}{F} = \text{konst.}$)

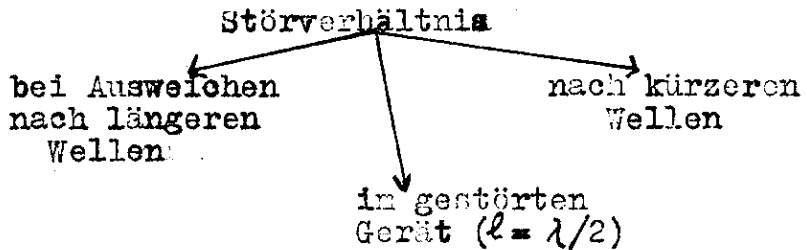
b) bei konstanter Antennenfläche

($F = \text{konst.}$).

D. Anwendung der Ergebnisse auf praktische Fragen

Diskutiert werden zwei Fälle:

1.) Störung der verschiedenen Frequenzgebiete durch Düppel einer einzigen Länge (l).



2.) Störung verschiedener Frequenzgebiete durch jeweils abgestimmte Düppel

($l_1 = \frac{\lambda_1}{2} \dots l_n = \frac{\lambda_n}{2}$).

Es sind für 1.) und 2.) die beiden Sonderfälle zu unterscheiden:

I. Es ist eine Schneise

II. Der Raum ist verdüppelt.

I. und II. zerfallen in die weiteren Untergruppen:

- a) konstante Bündelung der Antennen,
- b) konstante Antennenfläche.

E. Verfilzung in der Düppelwolke.

- a) Rückstrahlungsmessungen,
- b) Beobachtungen aus der abwerfenden Maschine und vom Boden.

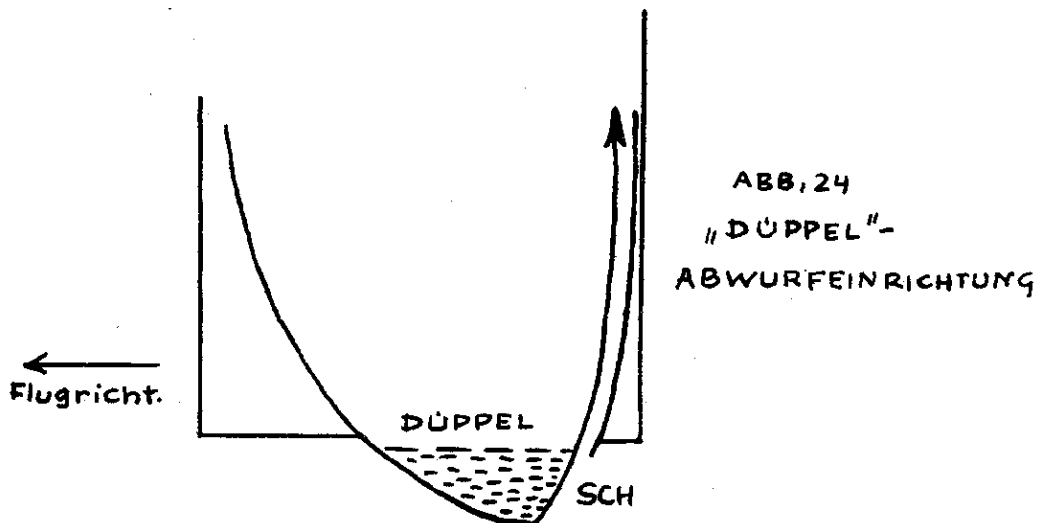
Die Messanordnung.

Für die Arbeiten stehen Funkmessgeräte mit den Wellenlängen $\lambda = 0,8; 0,5; 0,2$ und $0,1$ m zur Verfügung, die nebeneinander aufgebaut gleichzeitige Messungen ermöglichen.

Eine ausführliche Beschreibung gibt ein Sonderbericht über den Geräteinsatz bei den Versuchen auf Rügen.

Ein besonderes Augenmerk musste bei den Arbeiten auf die Abwurfeinrichtung gelegt werden. Sie muss gestatten, eine bestimmte Düppelzahl praktisch gleichzeitig und ohne Verfilzung der einzelnen Streifen untereinander auszustossen.

Nach kurzen Vorversuchen wurde folgende Abwurfeinrichtung in die Maschine eingebaut: Anstelle von zwei Bombenschächten der He III wurde ein Blecheinsatz nach Abb. 24 als Abwurfbehälter eingesetzt. Düppel können bis zu Längen von etwa 50 cm quer zur Flugrichtung parallel nebeneinander eingelegt werden. Sie werden bei Hochziehen eines Schiebers (Sch) durch den Fahrtwind schnell herausgerissen. Bei grossen Abwurfmengen werden zwei bzw. vier derartige Schächte gleichzeitig verwendet.



Versuche an einzelnen Streifen in einer zu diesem Zweck erstellten Messtrecke liefern wertvolle Ergänzungen zu den eigentlichen Messungen durch Beobachtung der aus der Maschine abgeworfenen Düppel.

Die Messtrecke besteht aus einem Dauerstrich-Sender mit Richtstrahler, aus dem Empfangsteil des Mannehim, der weitgehend vom Sender entkoppelt ist und aus der Halterung des Messobjekts, die etwa 20 m von dem Gerät entfernt, in etwa 7 m Höhe am Strand das zu vermessende Objekt in definierten Lagen anzuordnen gestattet. (Die Anordnung wird z.Zt. noch erprobt).

In ihr werden die Rückstrahldiagramme der verschiedenen Düppeltypen aufgenommen und mit der des abgestimmten $\lambda/2$ -Dipols verglichen. Das so normierte und quadrierte Diagramm wird einmal zur Mittelwertbildung in der Ebene, zum anderen über den Raum herangezogen und liefert die mittlere Rückstrahlleistung des jeweiligen Einzeldüppels, die mit der Zahl der Düppel multipliziert, die gesamte Störleistung liefert (s. Sonderbericht).

A) Physikalische Untersuchungen.

I. Rückstrahlverhalten und Abmessungen der Düppel.

a) Abb. 25 zeigt den Amplitudengang einer

Düppelwolke mit deren Länge. Kurve a) ist durch Mittlung mehrerer Abwürfe von Düppeln entsprechender Länge und 20 mm Breite gewonnen worden. Kurve b) ist das Ergebnis der Auswertung der am Einzeldüppel gemessenen Diagramme und wird unter Vorbehalt wiedergegeben, da. z.Zt. noch einige Störungsquellen der Messanordnung beseitigt werden.

Wie die Abbildung zeigt, steigt die Rückstrahlamplitude eines Düppels, dessen Länge $l \ll \lambda/2$ ist, bei wachsender Länge mit $(l/\lambda)^3$ an, erreicht bei $l = \lambda/2$ sein erstes Resonanzmaximum, sinkt bei weiterem Anwachsen und erreicht bei $l = \frac{3}{4} \lambda$ das erste Minimum. Es folgen weitere Maxima fast gleicher Amplitude bei 2, 3, 4 ... $\lambda/2$ und weitere Minima in den dazwischen liegenden Gebieten bei 3, 5, 7 ... $\lambda/4$ (Der Wert der Minima ist von den Breiteabmessungen (Wellenwiderstand) der Düppel abhängig).

b) Abb. 26 u. 27 zeigen den Amplitudengang bei kleiner werdender Breite der Düppel.

Für den Amplitudenrückgang der Kurven der Abb. 27 mit fallender Breite können mehrere Gründe verantwortlich sein.

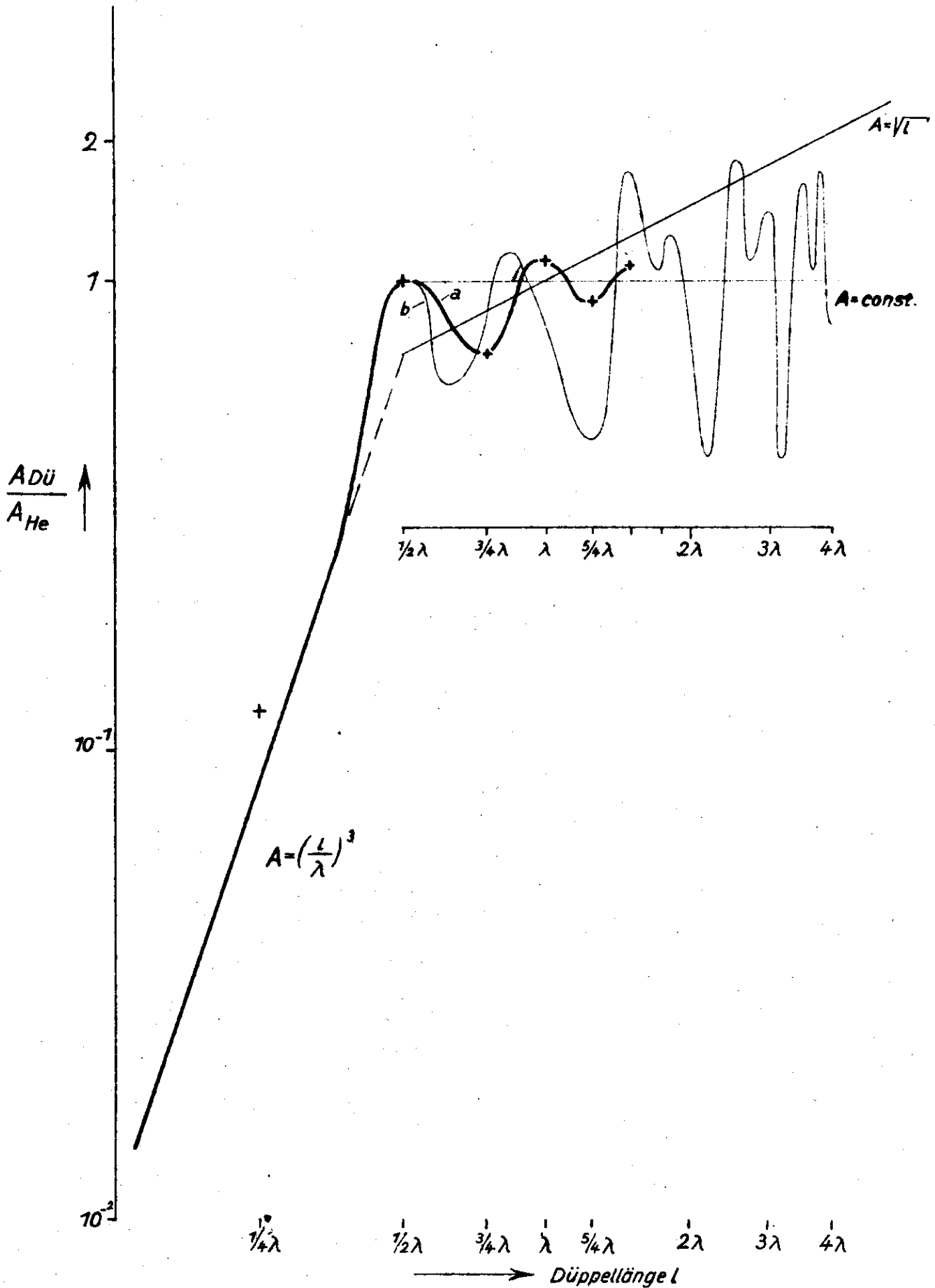
1. Knickungen und Zerreißen der Streifen.
2. Verstimmungen der einzelnen Düppel infolge ihrer Krümmungen und Verschlingungen während des Falls.

Dieser Grund müsste sich für Düppellängen

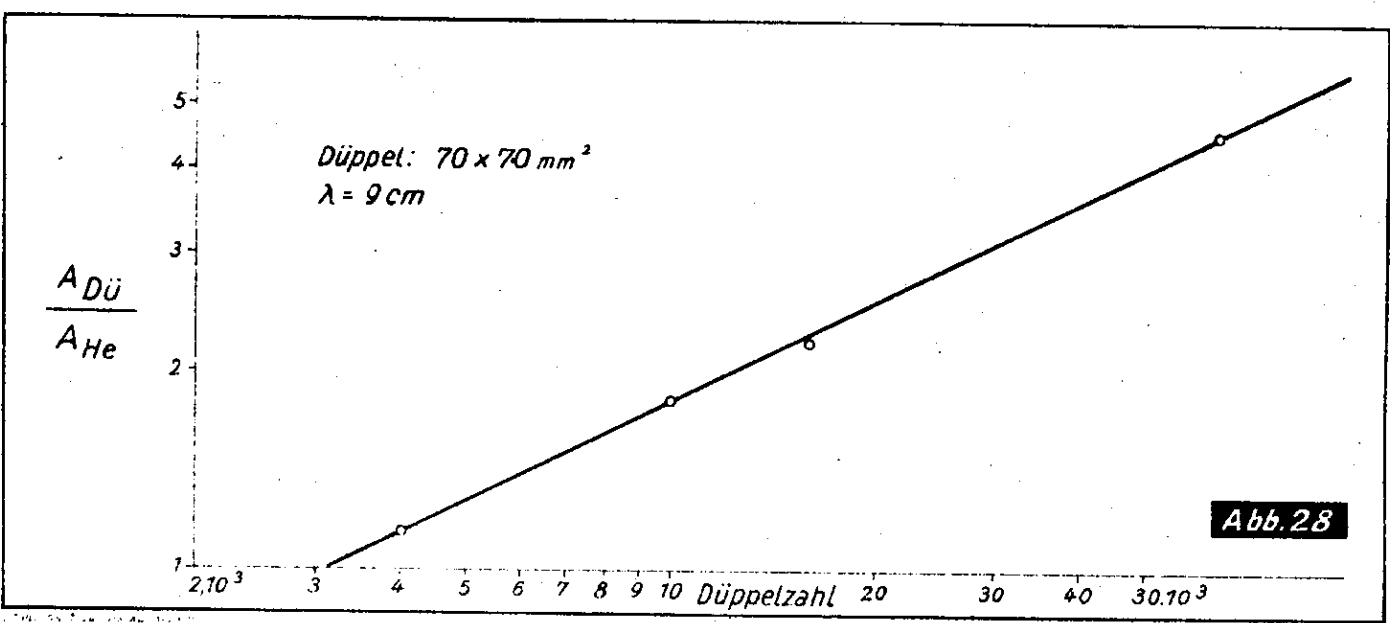
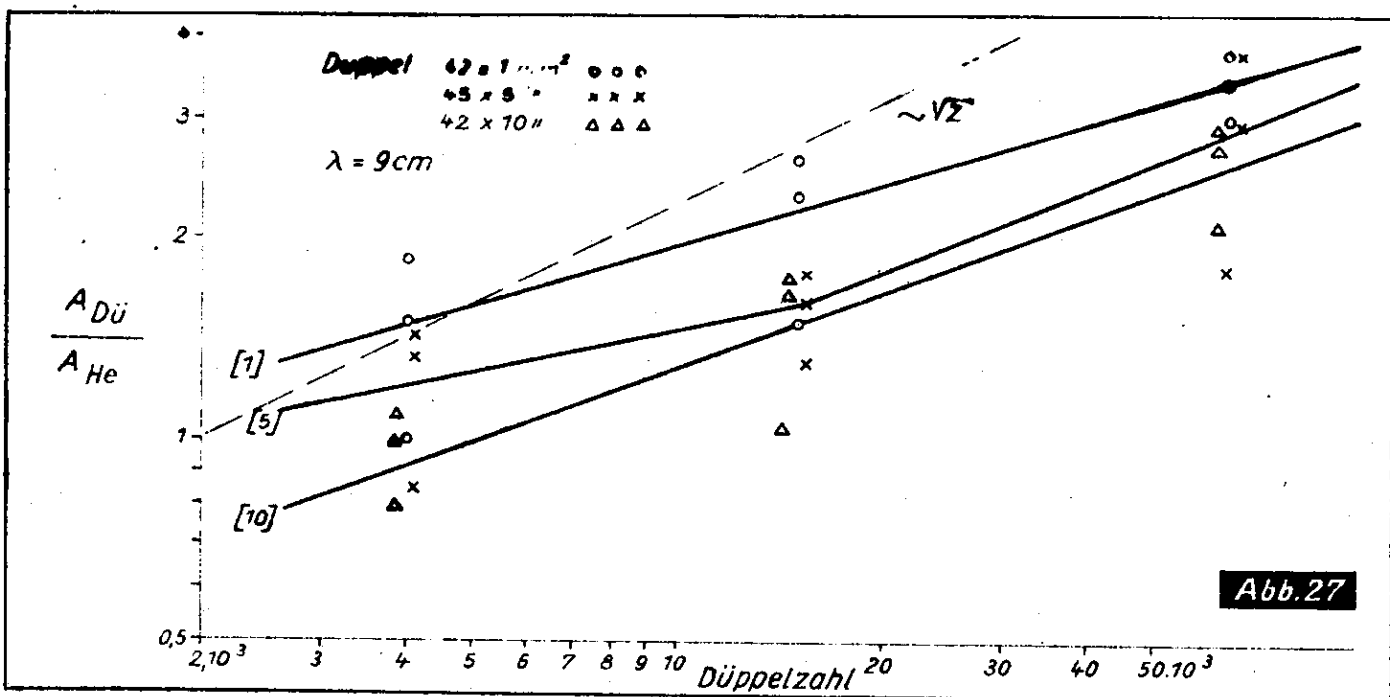
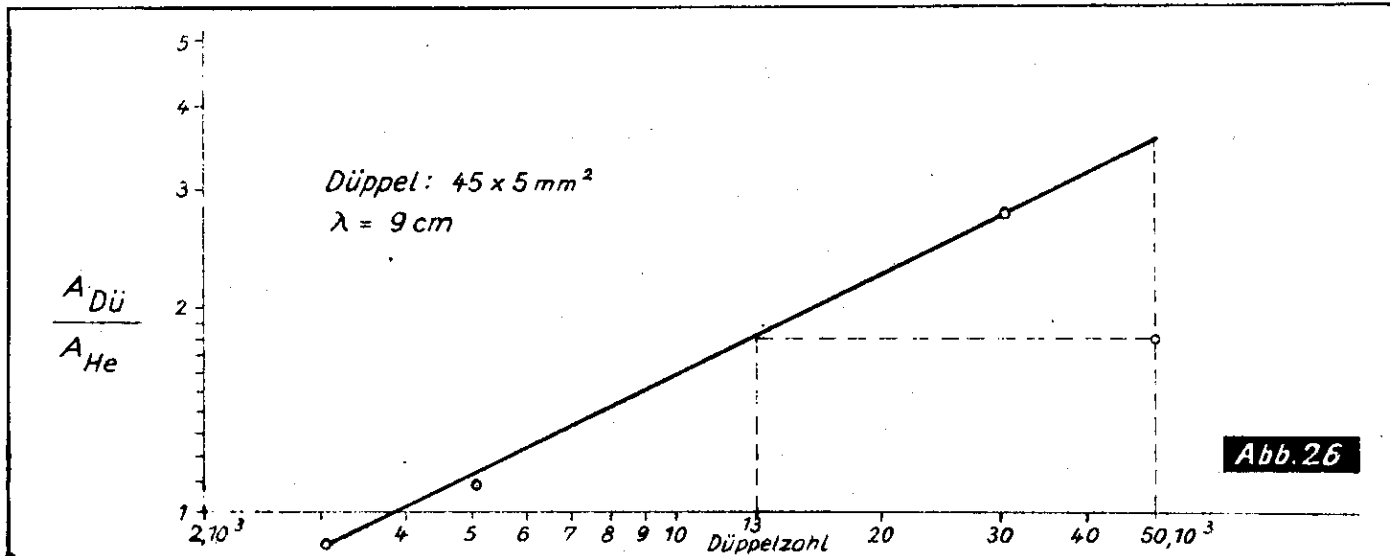
$l \approx \frac{\lambda}{2}$ stärker bemerkbar machen als
für $l > \frac{\lambda}{2}$

Düppelamplitude

- a.) durch Abwürfe von Düppeln entspr. Länge aus der Maschine
- b.) " Messung am Einzeldipol u. Mittelung über den Raum gewonnen.



Reziprokes Störverhältnis in Abhängigkeit von der Düppelzahl



3. Eine Verfilzung der Düppel untereinander.

Diese liefern dann - wie später ausführlicher gezeigt wird - geringeren Rückstrahl als die gleiche unverfilzte Menge und fallen schnell aus der Düppelwolke aus.

In welchem Umfang die einzelnen Gründe für den Amplitudenrückgang verantwortlich zu machen sind, steht z.Zt. noch offen und wird erst nach endgültigen Messungen an Einzeldüppel geklärt werden.

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.

Eine gelegentlich geäusserte Behauptung, die zusätzlichen Verlustwiderstände infolge der Stromverdrängung könnten den Strahlungswiderstand der Düppel übersteigen und damit die Rückstrahlenergie wesentlich verringern, wurde durch theoretische Überlegungen des Herrn Dr. Fränz und durch Messungen widerlegt.

Bis zu den kleinsten praktisch interessierenden Breitenabmessungen ist die Dämpfung durch Verlustwiderstände ohne Einfluss auf die zerstreute Leistung (vgl. die Wirkung von Streifen und quadratischen Blättchen).

Bei Verringerung der Breite des Streifens, also Erhöhung seines Wellenwiderstandes bleibt bei Resonanzabstimmung ($\ell = 1, 2, 3 \dots \dots \lambda/2$) die zerstreute Leistung konstant. Dabei geht die zur elektrischen Abstimmung erforderliche Verkürzung gegen die geometrische Länge von einigen Prozenten zurück. Lediglich im Gebiet $\ell < \lambda/2$ und in den Minima im Gebiet $\ell > \lambda/2$ fällt die zerstreute Leistung, d.h. die Minima werden tiefer.

Die Entwicklung schmaler $\lambda/2$ -Düppel mit hinreichender Steifigkeit würde wesentliche taktische Vorteile mit sich bringen, nämlich neben einer wesentlichen Verringerung der durch die Maschine mitzuführenden Düppellast eine beträchtliche Einsparung der zur Fertigung aufzuwendenden Aluminiummenge.

- c) Der Rückstrahleffekt einzelner verfilzter Düppelknäuel wurde quantitativ noch nicht untersucht. Aus der Beobachtung beim Abwurf grosser Düppelzahlen ergibt sich aber, dass bei Verfilzung ein bedeutender Amplituden rückgang auftritt (s. E a - b).
- d) Untersuchungen in der Messtrecke werden noch durchgeführt.

II. Rückstrahlamplitude in Abhängigkeit von Zahl und Orientierung der Düppel: Ersatzdipolzahl

a) Das physikalische Gesetz und Vergleich mit den Versuchsergebnissen.

Zur gesamten zerstreuten Leistung einer Düppelwolke liefert jeder einzelne Düppel den gleichen mittleren Beitrag.

Es steigt also die Empfangsleistung mit der Zahl der Düppel, die Amplitude mit ihrer Wurzel.

Das Experiment bestätigt bei Abwurf geringer Düppelmengen das erwartete Gesetz. Größere Mengen dagegen verfilzen häufig und liefern kleinere Amplituden als erwartet. Der Amplitudenunterschied zwischen errechneten und gemessenem Wert liefert direkt ein Mass für die Abwurfgröße (s. C, III).

b) Verteilung der Lage der Düppelachsen im Raum (Polarisation).

Die Messungen ergeben, dass bei fast allen Düppeltypen jede Lage ihrer Achsen im Raum gleich häufig auftritt.

Nur bei 1 mm starken, 50 mm langen Düppeln wurde beobachtet, dass sie sich nach einer gewissen Fallzeit entmischten, d.h. dass die im wesentlichen vertikal liegenden Dipole schneller absanken als die horizontal polarisierten.

Längere Düppel ändern in den meisten Fällen fortlaufend ihre Polarisationsrichtung.

c) Beziehung zwischen Ersatzdipol- und Düppelzahlen.

Innerhalb einer Düppelwolke ist in der Horizontalebene keine Lage bevorzugt, jede

Winkellage gegen die Verbindungslinie Gerüchteziel gleich wahrscheinlich. Es verringert sich daher die von Düppeln herrührende Empfangsleistung gegenüber der, welche von Dipolen herrühren würde, die zur elektrischen Feldstärke parallel gerichtet sind. Der Leistungsunterschied bei

$\lambda/2$ -Strahlern beträgt, falls sämtliche Düppel horizontal liegen, $3 : 8 = 0,375$. Verteilen sich die Düppel weiterhin in einem gewissen Winkelbereich um die Horizontale, so verkleinert sich der Faktor und erreicht bei $\lambda/2$ -Dipolen den Grenzwert $1 : 5 = 0,2$, wenn sämtliche Lagen im Raum gleich wahrscheinlich werden.

d) Die Bestimmung von Ersatzdipolzahlen von Flugzielen.

Durch den Vergleich der Rückstrahlamplitude einer Düppelwolke mit der einer Maschine in gleicher Entfernung und Höhe wird zunächst die Ersatzdüppelzahl bestimmt.

Die mittlere Rückstrahlleistung einer Maschine ist für $\lambda \approx 3$ m unabhängig von der Polarisation, die der Düppel kann sich je nach der Lageverteilung der Einzeldipole in Raum mit dieser ändern. Der Umrechnungsfaktor von Ersatzdüppel- auf -Dipolzahlen liegt 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 Messwerte zugrunde gelegt:

1. Ersatzdipolzahl für "Sterch" bei einer früheren Versuchsserie,

$\lambda = 0,5 \text{ m}$; $z_{\text{Dü}} = 100$, Verhältnis der Düppelamplituden bei horizontaler und vertikaler Polarisation

$\rightarrow : \uparrow = 3 : 1.$

Ersatzdipolzahl: $100 \times 0,375 > z_{\text{Di}} > 100 \times 0,2$

Die Ersatzdipolzahl liegt also zwischen 20 und 38.

2. Ersatzdipolzahl für eine He III bei neueren Versuchen:

$\lambda = 0,5 \text{ m}$; $z_{\text{Dü}} = 200$; Amplitudenverhältnis $\rightarrow : \uparrow = 1 : 1$ (Düppel aus anderer Fertigung) d.h. sämtliche

Düppellagen im Raum sind gleich

wahrscheinlich. $z_{\text{Di}} = 200:5 = 40.$

$\lambda = 9 \text{ cm}$; $z_{\text{Dü}} = 4 \text{ 000}$; $1:1$; $z_{\text{Di}} = 800.$

Ersatzdipolzahlen von See- und Bodenzielen folgen in dem Bericht über die entsprechenden Ziele.

B. Technologische Fragen

1. Aus einer grösseren Anzahl von Messungen ergibt sich eine mittlere Sinkgeschwindigkeit von 70 - 100 m/min für Düppel von 50 - 80 cm Länge und von 50 m/min für Düppel von 45 mm Länge und 5 mm Breite. Sobald Verfilzungen auftreten, wächst die Sinkgeschwindigkeit für die verfilzten Knäule auf das 3 bis 4-fache.

Die Düppel treten als engbegrenzte, dichtgedrängte Wolke aus der Maschine aus und verteilen sich während ihres Falles mit wachsender Zeit in stets grösser werdende Räume, die nach 1 000 m Fallweg mehrere hundert Meter Durchmesser aufweisen.

ringerer Mengen zweckmässiger erscheint. Diese Aufgabe kann mit der Abwurf Bombe nicht gelöst werden.

Ihr Wirkungsgrad, d.h. das Verhältnis der Zahl der wirksamen Düppel zur Zahl der wirksamen verfilzten und zerstörten wird noch bestimmt.

Geeignete Abwurfvorrichtungen müssen offenbar noch entwickelt werden. Vorgeschlagen wird eine Einrichtung, etwa ein zwischen Höhen- und Seitenruder in der Achsrichtung der Maschine liegendes Rohr, die gestattet, aus dem Heck der Maschine in Richtung der abströmenden Luft Düppel auszustossen. Eine derartige Vorrichtung ist besonders zum Abwurf langer Düppel erforderlich, da diese bei schnellen Maschinen und Abwurf durch die Bodenfläche durch den Fahrtwind zerissen und an die Abwurföffnung derart angedrückt werden, dass ein einwandfreier Abwurf unmöglich wird.

C. Allgemeine Betrachtungen über Düppel

- I. Mittlere Rückstrahlleistung eines Düppels, falls bei konstanter Senderfrequenz seine Länge geändert wird. ($\lambda = \text{konst.}$; $l/\lambda \neq \text{konst.}$)

Wie bereits unter A, I gezeigt wurde, steigt zunächst im Gebiet $l < \lambda/2$ die Rückstrahlleistung mit $(l/\lambda)^6$ an, erreicht bei $l = \lambda/2$ ein erstes Maximum und schwankt bei weiter wachsender Länge um einen Mittelwert. Ob und nach welchem Gesetz dieser mittlere Wert, um den die Leistung pendelt, langsam mit wachsender Länge weiter anwächst (Prof. Scherzer vom NVK, Kiel, vermutet einen

linearen Leistungszuwachs mit der Länge) oder konstant bleibt, ist weder theoretisch noch experimentell geklärt. Die Ergebnisse der Abb. 25 rechtfertigen keine endgültige Entscheidung. Es werden daher vorläufig beide Lösungsmöglichkeiten diskutiert. Messungen zur Klärung der Frage sind im Gange.

II. Mittlere Rückstrahlleistung eines abgestimmten, d.h. $\lambda/2$ langen Düppels bei wachsender Senderfrequenz ($l/\lambda = 1/2$; $\lambda \neq \text{konst.}$ und gleichmässiger Verdüppelung des Raumes.

a) Konstanter Öffnungswinkel der Antenne ($\lambda^{2/3} = \text{konst.}$).

Bei konstant gehaltener Senderleistung ist die Feldstärke am Zielort konstant, unabhängig von der Wellenlänge. Die von einem Dipol zerstreute Leistung ist, da er in Kurzschluss arbeitet, proportional seiner 4-fachen Absorptionsfläche,

$$N_{\lambda} \sim 4 \frac{3}{8} \pi \lambda^2 = \frac{3}{2} \pi \lambda^2 ;$$

d.h., die von abgestimmten Düppeln zerstreute Leistung wächst bei konstanter Feldstärke am Zielort proportional dem Quadrat der eingesetzten Wellenlänge, oder mit anderen Worten, proportional dem Quadrat der Düpellänge.

Am Empfänger eines Funk-Mess-Gerätes steht, da die Empfangsantenne mit der Sendeantenne identisch ist, ihre Absorptionsfläche daher ebenfalls mit dem Quadrat der Wellenlänge anwächst, eine mit der 4. Potenz der Wellenlänge anwachsende Empfangsenergie bereit.

Das gleiche Ergebnis liefert die Reichweitenformel für Funk-Mess-Geräte unmittelbar.

$$(1) \quad N_e = \frac{1}{16} N_s z F^2 \left(\frac{A}{r}\right)^4$$

Mit $z = 1$; $A = 1$ (freier Raum)

$\frac{\lambda^2}{F}$ = konst. (konstante Bündelung) wird daher:

$$(2) \quad N_e = \frac{1}{16} \frac{N_s}{r^4} c \lambda^4$$

Bei konstantem Öffnungswinkel und konstanter Senderleistung wächst die Empfangsenergie mit der 4. Potenz der Wellenlänge falls abgestimmte, d.h. $\lambda/2$ -Düppel eingesetzt werden.

Die Reichweite im freien Raum wächst bei konstanter Düppelzahl z proportional der eingesetzten Wellenlänge.

b) Konstante Antennenfläche ($F = \text{konst.}$)

Der räumliche Öffnungswinkel wächst proportional dem Quadrat der Wellenlänge. Wird wieder die Senderleistung konstant gehalten, so wächst die Energiedichte am Zielort umgekehrt proportional dem Quadrat, die Feldstärke umgekehrt proportional der Wellenlänge. Die durch abgestimmte Düppel zerstreute Leistung ist frequenzunabhängig, da der Gang der Energiedichte und der der Absorptionsfläche der Düppel gegenläufig sind und sich gerade kompensieren. Da ferner die Absorptionsfläche der Empfangsantenne unverändert bleibt, wird auch die Empfangsenergie unabhängig von der Wellenlänge.

Gleichung (1) liefert mit $z = 1$;

$$A = 1; F = \text{konst.}$$

$$(3) \quad N_e \frac{k}{16} \cdot \frac{N_5}{r^4}$$

d.h. Empfangsenergie und Reichweite sind bei konstanter Zahl von $\lambda/2$ -Düppeln unabhängig von der Wellenlänge.

D. Anwendung der Ergebnisse auf praktische Fragen:

- 1.) Die Frage nach dem Störverhältnis und der Störverminderung durch Wellenwechsel, falls mit Düppeln einer einzigen Länge (ℓ) gestört wird, lässt sich durch eine Tabelle erschöpfend beantworten.

Die so formulierte Fragestellung berücksichtigt die augenblickliche Lage, in der im wesentlichen Düppel von 25 cm Länge vom Feind eingesetzt werden.

Falls eine grössere Zahl von Ausweichwellen bei grösserem Frequenzabstand eingesetzt werden, wird nach einem anderen Düppelplan gestört werden müssen, der weiter unten behandelt wird.

Im folgenden Abschnitt bedeuten z_M die Ersatzdipolzahl der Maschine und z_{DU} die auf Ersatzdipolwerte reduzierte Düppelzahl. (s.A, II, c). Meist wird $z_{DU} = 1/5$ der gemessenen Düppelzahl, d.h. bei den meisten Düppelarten ist jede Richtung ihrer Achsen im Raum gleich häufig, ihre mittlere zerstreute Leistung ist daher $1/5$ der maximalen bzw. der von Ersatzdipolzahlen.

Die Ersatzdipolzahl für eine Maschine ist für $\lambda \approx 3$ m in guter Näherung durch die Beziehung

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

gegeben.

Empfangsleistung und Störverhältnis

Allgemein steht am Empfänger eines Funk-Mess-Gerätes bei Ausbreitung im freien Raum die Leistung zur Verfügung

$$N_e = \frac{N_s}{\lambda^4} z F^2$$

Darin bedeutet in unserem Falle entweder $z = z_M(\lambda)$ die Ersatzdipolzahl eines Zieles, die nur von der Wellenlänge abhängt, oder $z = z_{Du}(\tau_s)$ bzw. $z = z_{Du} \left(\frac{\lambda^2}{\pi} \tau^2 \right)$ die reduzierte Zahl der erfassten Düppel je nachdem eine Schneise oder der Raum verdüppelt sind. Es bedeuten dabei τ die Impulslänge, S die Zahl der Düppel je Längeneinheit der Schneise, q die Düppelzahl je Raumeinheit $\frac{\lambda^2}{\pi}$ den räumlichen Öffnungswinkel der Antenne und r die Entfernung des Messpunktes.

Mit diesen Beziehungen errechnet sich das Quadrat des Störverhältnisses zu

$$\gamma^2 = \frac{N_e N}{N_e D^2} = \frac{z M}{\lambda^2 D^2}$$

Wir erhalten für die Sonderfälle:

Düppelschneise

$$\gamma^2 = \frac{8/\lambda^2}{8 \tau^2} = \frac{16}{5 \tau^2 \lambda^2}$$

Der Raum ist verdüppelt

$$\gamma^2 = \frac{8/\lambda^2}{4 \sqrt{f^2} q \tau^2} = \frac{16 F}{\lambda^4 q \tau^2}$$

Die Verbesserung des Störverhältnisses bei Frequenzwechsel wird durch folgende Tabelle 1 gegeben.

$V_{2,3}$ ist das Störverhältnis bei einer kleineren, bzw. grösseren Ausweichstelle, V_1 bei der Wellenlänge, auf die die Düppel abgestimmt sind.

Die Werte unter a) setzen voraus, die Störwirkung bleibe für $l > \lambda/2$ im Mittel konstant und gleich dem Wert im Punkt $l = \lambda/2$ die Werte unter b) dagegen, die Störleistung steige linear mit l an. Die Resonanzüberhöhung im Punkte $l = \lambda/2$ soll durch Verkleinerung der Amplitude für den mittleren Wert im Verhältnis

$\sqrt{2} : 1$ berücksichtigt werden.

$l = \frac{\lambda_1}{2}$		I. Düppelschneise		II. Gleichm. Verdüpp. Raum	
		a) $\Omega = \frac{F}{f} = \text{Konstant}$	b) $F = \text{Konstant}$	a) $\Omega = \frac{\lambda_1}{F} = \text{Konstant}$	b) $F = \text{Konstant}$
$\frac{\lambda_2}{2} < l$	a. $\frac{v_2}{v_1}$	$\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$	$\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$	$\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$	$\left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^2$
	b.	$\sqrt{2} \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^{1/2}$	$\sqrt{2} \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^{1/2}$	$\sqrt{2} \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^{1/2}$	$\sqrt{2} \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^{3/2}$
$\frac{\lambda_3}{2} \gg l$	$\frac{v_3}{v_1}$	$\left(\frac{\lambda_3}{\lambda_1}\right)^2$	$\left(\frac{\lambda_3}{\lambda_1}\right)^2$	$\left(\frac{\lambda_3}{\lambda_1}\right)^2$	$\frac{\lambda_3}{\lambda_1}$

2.) Störung mehrerer Frequenzbänder mit grösserem Abstand voneinander.

Vergleich der Materialmenge bei Einsatz einer einzigen Düppllänge oder verschieden langer abgestimmter $\lambda/2$ -Düppel, falls mehrere Frequenzbänder gestört werden sollen.

I. Störung mehrerer Frequenzbänder durch Düppel einer einzigen Länge.

Es sollen folgende Wellenlängen eingesetzt sein: $\lambda_1 < \lambda_2 < \dots < \lambda_n$

Bei Düppeln bis zu 250 mm Länge und $d = 2$ mm Dicke des Papierträgers hat sich das Ver¹⁰hältnis Länge (l) : Breite (b) = $k = 50$ bewährt.

Stabilitätsuntersuchungen müssen jedoch auf jeden Fall in grösserem Umfange noch aufgenommen werden, um das geringste Gewicht und den geringsten Materialaufwand für eine geforderte Störwirkung zu sichern.

a) Unter der Annahme konstanter Rückstrahlenergie für $l > \lambda/2$ wird die Zahl der einzusetzenden Düppel proportional der grössten Ersatzdipolzahl des Zieles, also proportional der für die kürzeste Wellenlänge

$$Z = Z_1 = c \frac{8}{\lambda_1^2}$$

Das Volumen des Einzeldüppels ist jedoch durch die längste Welle bestimmt.

$$V = l_n \cdot b_n \cdot d = \frac{\lambda_n}{2} \cdot \frac{\lambda_n}{2k} \cdot d = \lambda_n^2 n \frac{d}{4k}$$

Gesamtvolumen

$$V_g = \frac{c d}{4k} \left(\frac{\lambda_n}{\lambda_1} \right)^2$$

Wenn dagegen im Gebiet λ die Energie proportional der Düpellänge ℓ steigt, so wird entsprechend $z = \frac{z_1}{2} \frac{\lambda_1}{\lambda_n} = \frac{4c}{\lambda_1 \lambda_n}$ und

$$V_g = \frac{cd}{k} \frac{\lambda_n}{\lambda_1}$$

II. Verdüppelung durch abgestimmte Düppel verschiedener Länge.

Die notwendige Düppelzahl wird jetzt

$$z_g = (Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n) = 8c \left(\frac{1}{\lambda_1^2} + \frac{1}{\lambda_2^2} + \dots + \frac{1}{\lambda_n^2} \right)$$

Volumen des Einzeldüppels $\frac{\lambda_1^2 d}{4k}$

Gesamtvolumen

$$V_g = \frac{2cd}{k} n$$

d.h. die zur Verdüppelung benötigte Materialmenge ist unabhängig von der Wellenlänge und steigt proportional der Zahl der zu verdüppelnden Frequenzgebiete.

Die Gegenüberstellung der beiden Fälle

1) und 2)

$$\left. \begin{array}{l} 1a) V_g = \frac{2cd}{k} \left(\frac{\lambda_n}{\lambda_1} \right)^2 \\ 1b) V_g = \frac{2cd}{k} \cdot \frac{1}{2} \frac{\lambda_n}{\lambda_1} \end{array} \right\} 2) V_g = \frac{2cd}{k} n$$

zeigt, dass, falls die Frequenzgebiete nicht sehr nahe benachbart liegen, die Verdüppelung nach 2) wesentlich sparsamer ist.

Sind z.B. drei Wellenlängen = 3 cm;
= 10 cm; = 150 cm gleichzeitig zu verdüppeln, so wird das Verhältnis der Materialmengen

$$\begin{array}{l} 2) : 1a) \quad 3 : 2\ 500 \\ 2) : 1b) \quad 3 : \quad 25 \end{array}$$

Die Zahlen beweisen klar die grosse Überlegenheit der Störung durch abgestimmte Düppel, falls die zu störenden Wellenlängen um mehr als 2 : 1 auseinander liegen.

Es kann leicht nachgewiesen werden, dass bei Verdüppelung nach 2) in jedem Wellenband die zusätzliche Störung der auf die anderen Bänder abgestimmten Düppel unberücksichtigt bleiben kann.

E. Der Einfluss der Verfilzung auf die Rückstrahlenergie wurde auf folgende Weise untersucht:

Falls sämtliche Düppel nach Abwurf aus der Maschine sich frei entfalten können, wächst die Störampplitude mit der Wurzel aus der der Düppelzahl an. Trägt man die Amplitude als Funktion der Düppelzahl doppellogarithmisch auf, so müssen die Messpunkte auf einer Geraden liegen. Die Abweichung von der Geraden ist ein Mass für die durch Verfilzung ausfallende Düppelzahl. Abb. 26 zeigt als Beispiel den Abwurf von 3 000, 5 000, 30 000, und 50 000 Rotterdam-Düppeln ($45 \times 5 \text{ mm}^2$). Bis zu 30 000 Stück wurden praktisch ohne Verfilzung ausgestossen. Der Wurf zu 50 000 Stück war aber sehr stark verfilzt, was durch die Beobachtung aus der Maschine bestätigt wurde. Wie man leicht abliest, tritt

ein Amplitudenverlust von mehr als 1:2 auf. Die effektive Wirkung der 50 000 Düppel entspricht der von 15 000 unverfilzten.

35 000 Stück, also 70 % der Gesamtlast fallen für die Störwirkung aus und sind als Blindlast in der Maschine nutzlos mitgeführt.

Abb. 29 zeigt als 2. Beispiel, wie längere Düppel bereits bei kleinen Stückzahlen zu verfilzen beginnen.

Abb. 28 zeigt weiter, was durch optische Beobachtungen in allen Fällen bestätigt wurde, dass Blättchen-Düppel von $70 \times 70 \text{ mm}^2$ sich besonders gut selbst bei Würfeln hoher Stückzahlen entfalten. (Quadratische Düppel) erfordern aber einen wesentlich höheren Materialaufwand bei gleicher Störwirkung als Streifendüppel mit $k = 50$).

b) Von einem zum Studium dieser Erscheinung durchgeführten Versuchsflug gibt Obltn. Weber folgenden Bericht, der im Anhang im Wortlaut beigelegt wird.

Im wesentlichen stellt er fest, dass 250 mm-Düppel der Breite ($b = 10 \text{ mm}$) bis zu 2 000 Stück ohne Störung abgeworfen werden, darüberhinaus beginnt die Verfilzung und wächst mit wachsender Stückzahl. Bei 1 mm Breite beginnt die Verfilzung bereits bei 200 Stück. Kürzere Düppel lassen sich bis zu höheren Zahlen einwandfrei abwerfen, z.B. 5 000 Stück der Abmessung $45 \times 5 \text{ mm}^2$. Blättchen von $70 \times 70 \text{ mm}$ wurden sogar bis zu 70 000 Stück einwandfrei verteilt, ohne dass damit eine obere Grenze festgelegt ist.

*Reziprokes Störverhältnis in Abhängigkeit
von der Düppelzahl*

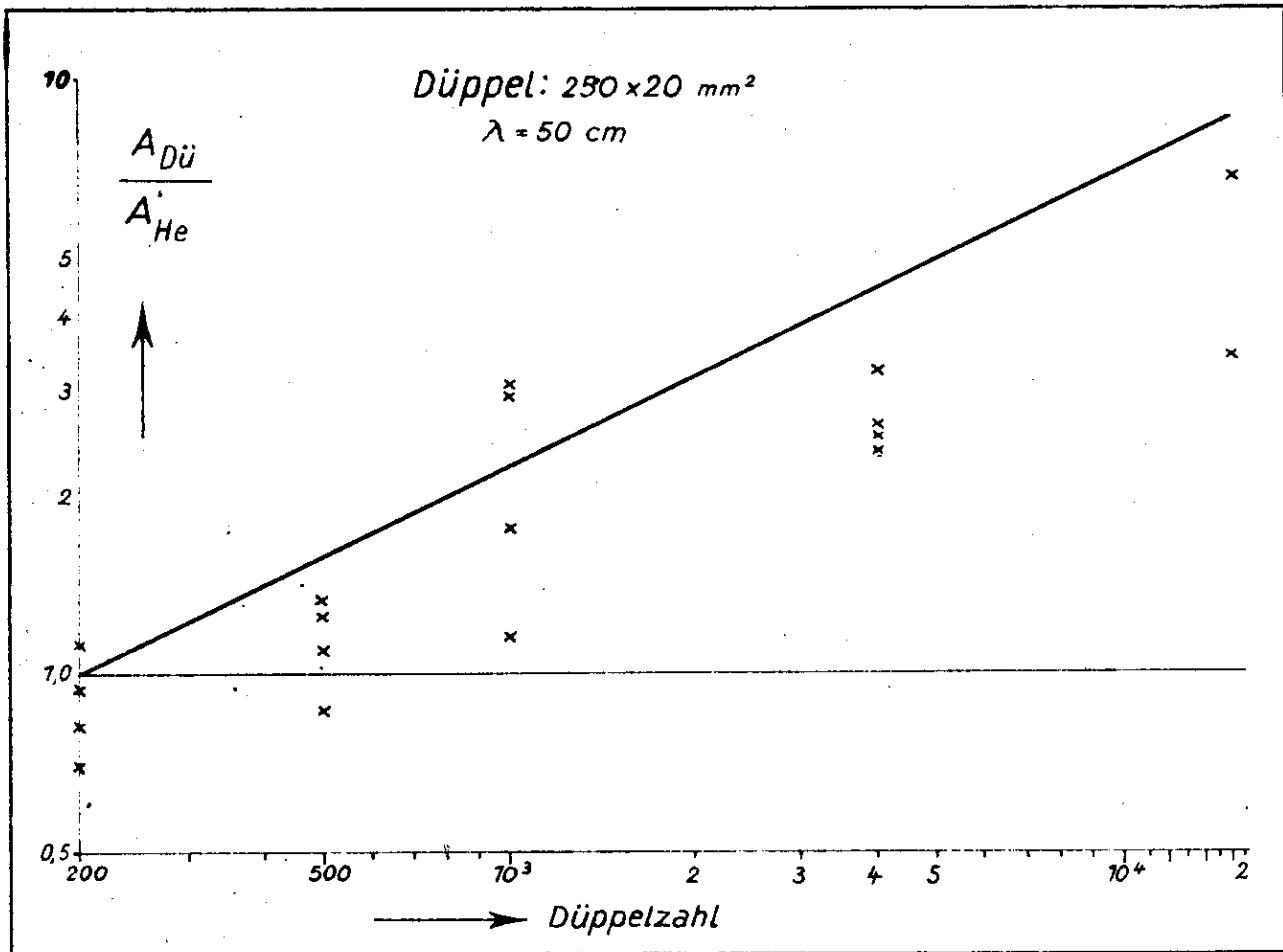


Abb. 29

Ersatzdipolzahl $Z_M = f(\lambda)$ He111

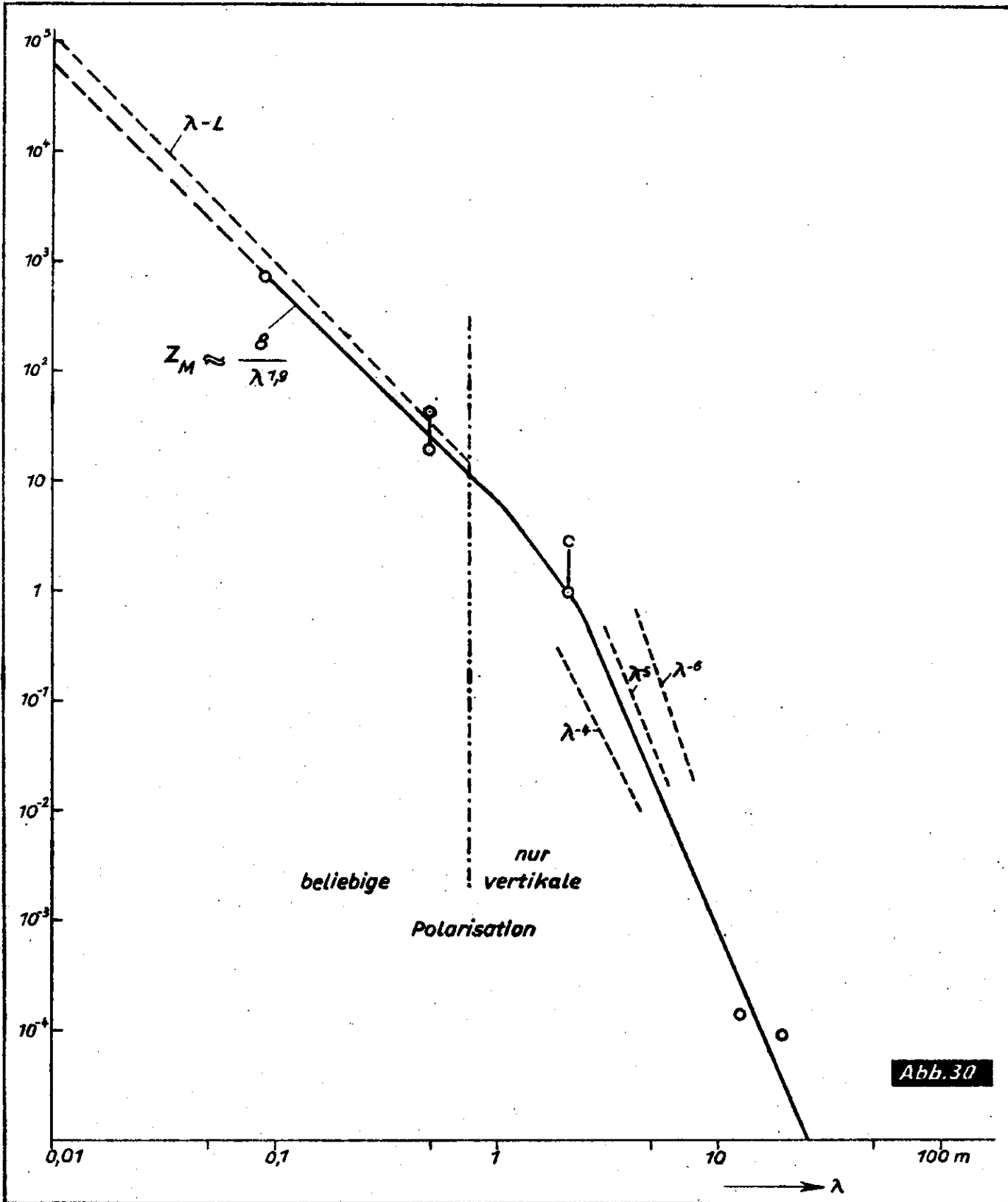
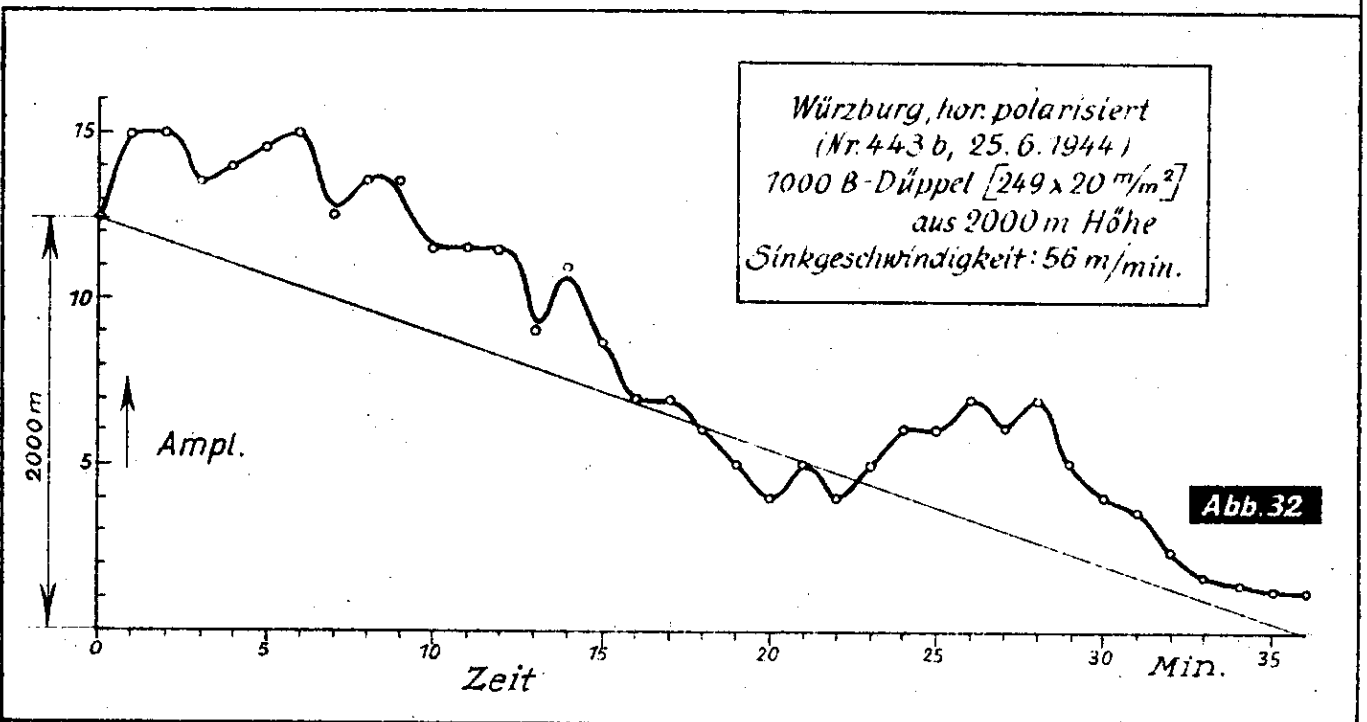
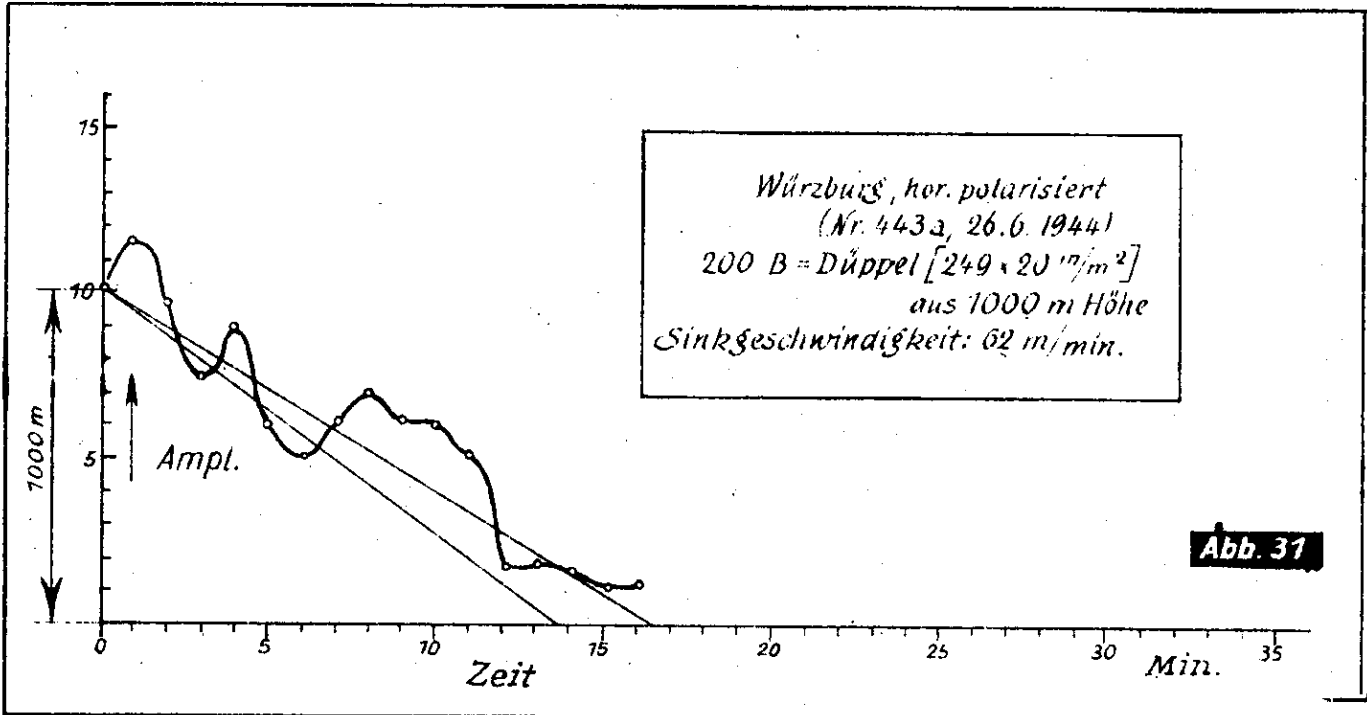


Abb. 30

Amplitude von Düppelwolken in Abhängigkeit von der Zeit



Amplitude von Düppelwolken in Abhängigkeit von der Zeit.

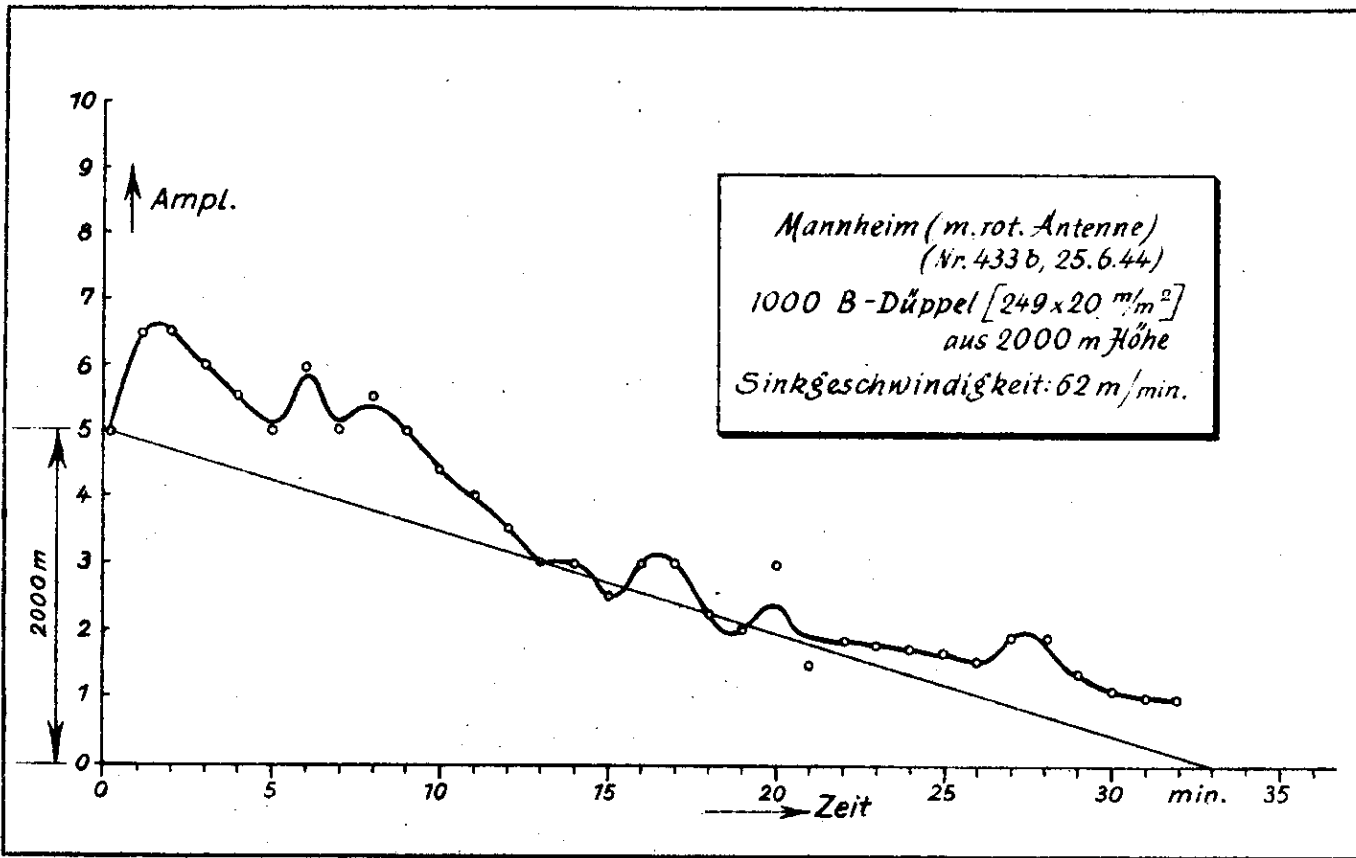


Abb. 33

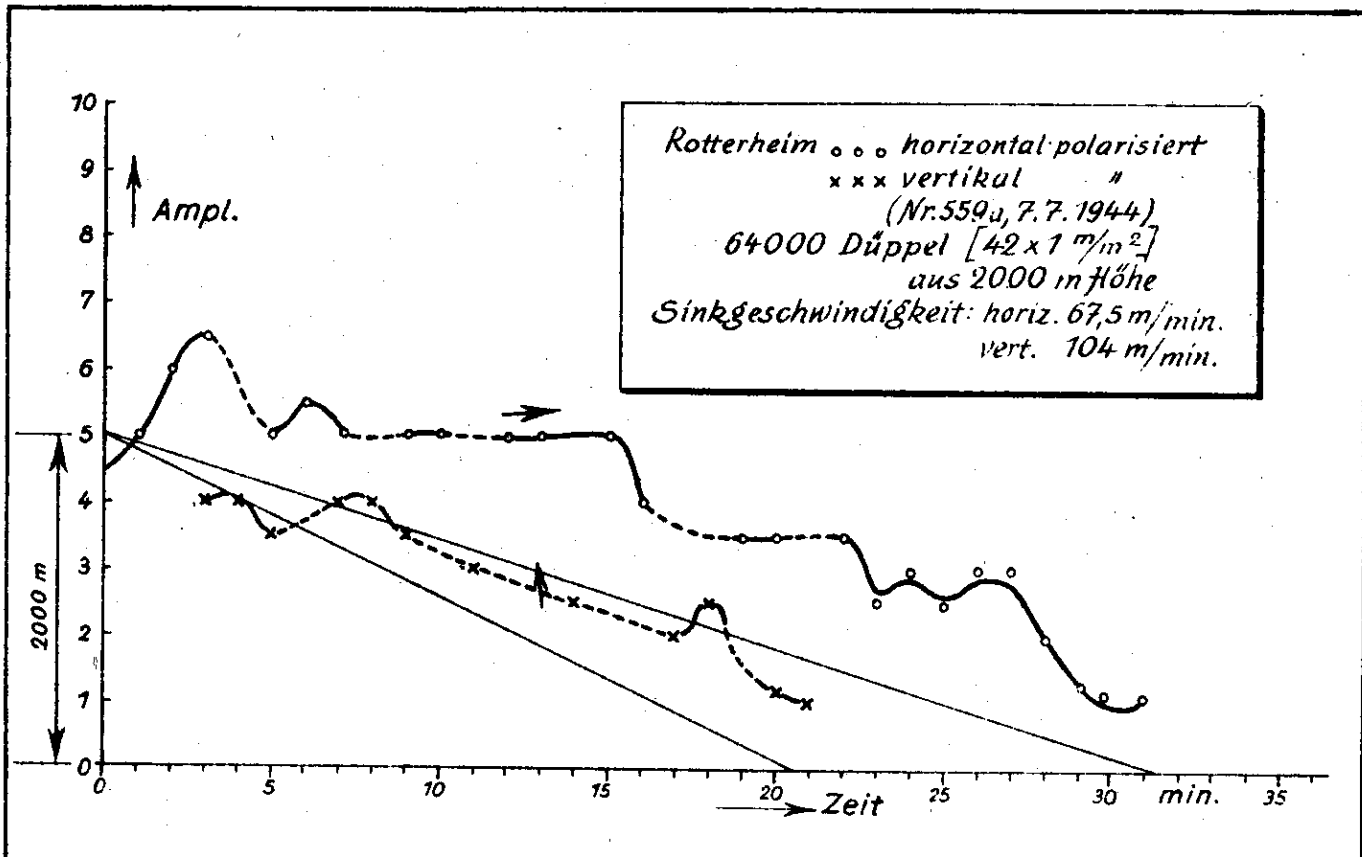


Abb. 34

Die verfilzten Knäuel lösen sich schnell aus der Düppelwolke heraus und sinken mit wesentlich grösserer Fallgeschwindigkeit zu Boden.

Sobald Verfilzung eintritt, geht die Störwirkung meist trotz steigender Abwurfmengen zurück.

Z u s a m m e n f a s s u n g .

Die Rückstrahlleistung von Düppelwolken steigt, falls die einzelnen Dipole wesentlich kürzer als die halbe Wellenlänge sind, mit $(\ell/\lambda)^6$ an. Sie erreicht bei $\ell = \lambda/2$ das erste Resonanzmaximum und pendelt bei weiterem Anwachsen der Düpellänge um einen Mittelwert. Weitere Maxima liegen bei etwa

$$\ell = 2, 3, 4, \dots \lambda/2, \text{ die Minima bei } \ell = 3, 5, 7 \lambda/4.$$

Ob der Mittelwert, um den die Leistung bei Änderung der Länge im Gebiet $\ell > \lambda/2$ pendelt, konstant bleibt, oder langsam ansteigt, ist noch nicht völlig geklärt. Es werden daher vorläufig zwei Fälle, einmal "konstanter Mittelwert" und zum anderen "mit der Länge linear ansteigender Mittelwert der Leistung" diskutiert. Das Verhältnis der numerischen Werte für das Störverhältnis wächst mit $(\ell/\lambda)^{1/2}$.

Der Einfluss der Breite und der Schichtdicke der Streifen ist für die praktisch in Frage kommenden Abmessungen vernachlässigbar. Selbst quadratische Blättchen liefern nur geringen Leistungszuwachs gegenüber Streifen-Düppeln.

Die Rückstrahlleistung wächst allgemein proportional der Düppelzahl. (Aus diesem Gesetz lässt sich eine einfache Prüfvorschrift für die Güte von Abwurfeinrichtungen herleiten).

Alle Lager der Düppelachsen im Raum sind in den meisten Fällen gleich häufig. Die mittlere Rückstrahlleistung eines $\lambda/2$ -Düppels ist daher $1/5$ von der eines zum elektrischen Feldstärkevektor parallel gerichteten Dipols.

Die Ersatzdipolzahl einer He 111 ist für Wellenlängen unterhalb $\lambda \approx 3$ m mit guter Näherung durch die Beziehung $z_M = \frac{8}{\lambda^2}$ gegeben. Die Gültigkeitsgrenze dieser Formel nach kleinen Wellen hin ist noch unbekannt.

Der Exponent (zwei) der Wellenlänge besagt, dass der im allgemeinen Fall zu Rückstrahlungsmessungen erfasste Energieanteil von der Maschine im Raum gleichmässig zerstreut wird und unabhängig von der Wellenlänge ist. (Der enggebündelte, nach Spiegelungsgesetzen an ebenen, grossen Flächen reflektierte grosse Energieanteil wird nur selten vom Gerät erfasst). Das Ziel kann daher in dem angegebenen Wellenbereich auch durch eine diffus reflektierende Platte von konstanter Fläche in seinem Rückstrahlverhalten angenähert werden. (Diffus reflektierende Platten sind jedoch praktisch nicht darstellbar).

Im Gebiet konstanter Feldstärke wächst die zerstreute Leistung eines $\lambda/2$ -Dipols wie seine Absorptionsfläche proportional mit dem Quadrat der Wellenlänge.

Ein Funk-Mess-Gerät mit konstanter Senderleistung und veränderlicher Frequenz nimmt daher bei konstanter Antennenbündelung im Empfangszweig eine mit der vierten Potenz der Wellenlänge ansteigende Empfangsleistung auf (Fläche der Sende- und Empfangsantenne steigen mit dem Quadrat der Wellenlänge). Bei konstanter Antennenfläche dagegen ist die Empfangsleistung unabhängig von der Wellenlänge.

Düppel, die wesentlich kürzer als die halbe Wellenlänge sind, liefern nur geringe Störleistung.

Bei Störung durch Düppel einer einzigen Länge geht die Störwirkung beim Ausweichen in Gebiete grösserer oder kleinerer Wellen mit wachsendem Abstand der Ausweichfrequenz von der gestörten zurück.

Ist ein einzelnes enges Frequenzband zu stören, so sind die Düppel auf die längste zu störende Frequenz abzustimmen.

Sind jedoch mehrere enge Frequenzbänder in grösseren Abständen zu verdüppeln, so müssen die einzelnen Bänder unabhängig voneinander durch Düppel gestört werden, die auf die jeweils längste Frequenz jedes Bandes abgestimmt sind.

Wird diese auf eine gegebene Materialmenge bezogene wirksamste Verdüppelung eingesetzt, so ist eine Herabsetzung der Störwirkung einzig durch Erhöhung der Antennenbündelung möglich. Bei konstanter Bündelung bringt eine Verkleinerung oder Vergrösserung der Wellenlänge keinen Gewinn, da die aus einer gegebenen Materialmenge unter der gemachten Voraussetzung herstellbare Düppelzahl proportional der Ersatz-Dipolzahl der Maschine ansteigt. - Dabei wird das Störverhältnis unabhängig von der Wellenlänge durch das eingesetzte Düppelgewicht allein bestimmt. - Das zur Störung aufzuwendende Gewicht wächst proportional der Zahl der zu störenden Frequenzbänder.

Die Sinkgeschwindigkeit von Düppelwolken beträgt 50 - 100 m/min. Verfilzte Knäuel fallen mit 3 - 4-facher Geschwindigkeit.

Schmale, lange Düppel neigen zur Verfilzung

und zwar um so stärker, je geringer ihre Steifigkeit, ihre Breite und je grösser ihre Länge und die Zahl der gleichzeitig abgeworfenen Streifen wird. Die Störampplitude je Störelement nimmt bei Verfilzung schnell untragbar kleine Werte an.

Eine Pappbombe zum Abwurf von Düppeln wurde erst kürzlich angeliefert, ihre Wirkung wird noch vermessen. Stahlbomben, die einem gleichen Zweck dienen sollen, erscheinen ungeeignet, da ihr Eigengewicht gleich dem der Nutzlast, ihr Abwurfwirkungsgrad d.i. das Verhältnis der wirksamen zur tatsächlich abgeworfenen Zahl gering ist und sie nur wenige Abwürfe bei einem Einsatz ermöglichen.

An zuständigen Stellen müssen dringend noch folgende Fragen bearbeitet werden:

- 1.) Fertigung langer Düppel hinreichender Steifigkeit,
- 2.) Schaffung geeigneter Abwurfeinrichtungen.

Eine Verminderung der Düppelstörungen wird, falls keine neuen Verfahren angewandt werden, nur durch Vergrösserung der Antennenbündelung, die aber aus taktischen Gründen nicht beliebig weit getrieben werden kann und durch Wahl einer grösseren Zahl von Frequenzkanälen erreicht.

Ist der Frequenzabstand hinreichend gross, so erhöht sich die notwendige Düppellast in den störenden Maschinen proportional der Zahl der Kanäle, falls alle in gleichem Mass gestört werden sollen. Sie kann schliesslich untragbar hohe Werte erreichen.

Düppel, die länger als 25 mm werden, können zusätzlich grössere Dicke erfordern und dadurch ein Anwachsen des Gesamtgewichtes bedingen.

i.A. gez. Fey