

Langdrahtantennen auf Flugzeugtragflächen.

G. Goubau, Jena.

Ich möchte über Untersuchungen berichten, die wir an Langdrahtantennen durchgeführt haben. Die Langdrahtantennen gehören bekanntlich auch zu der Gruppe der Breitbandantennen. Unsere Untersuchungen erstreckten sich allerdings nicht auf die Breitbändeigenschaften, sondern auf die Abstrahlungsverhältnisse, wenn solche Antennen auf Flugzeugflügeln angebracht werden.

Im Bild 1 sehen Sie die Antennen-Anordnungen, deren Strahlungsverteilungen untersucht werden.

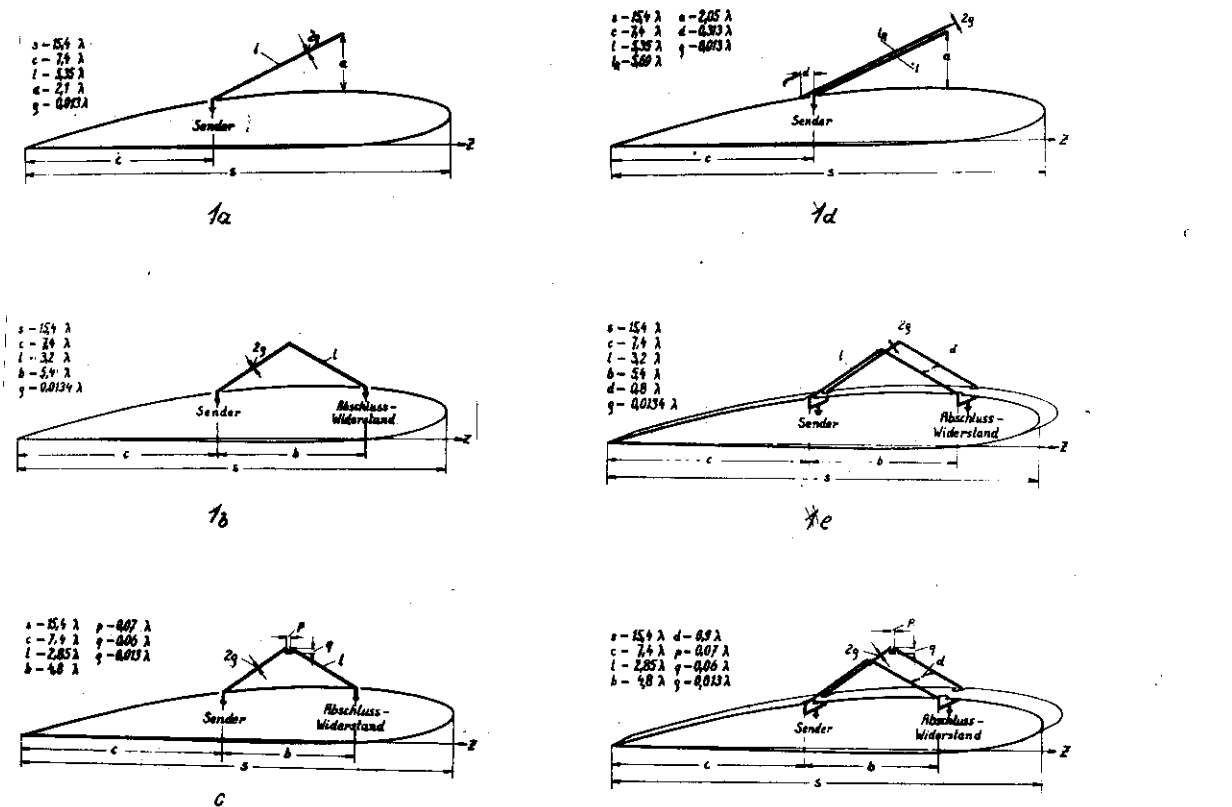


Abb. 1

a. Schrägantenne

c. Λ^{II} -Antenne

e. Zwei parallel gleichphasig erregte Λ^{I} -Antennen

b. Λ^{I} -Antenne

d. Schrägantenne mit Reflektor

f. Zwei parallel gleichphasig erregte Λ^{II} -Antennen

Abb. 1a zeigt eine Schrägantenne, d.h. einen geraden Draht oder Stab, der gegen die Flügeloberfläche geneigt ist und an seinem Fusspunkt erregt wird. Wenn sich ein solcher Stab über einer ebenen unendlich ausgedehnten Metallfläche befindet, stimmt das Strahlungsdiagramm mit dem einer V-Antenne überein, die aus dem Stab und seinem Spiegelbild gebildet wird. Die 2. Anordnung, Abb. 1 b, die wir mit Λ^I -Antenne bezeichnet haben, besteht aus einem geknickten Draht, der an einem Ende erregt wird und am anderen mit einem Widerstand abgeschlossen ist, der so bemessen wird, dass man im wesentlichen nur eine vom Sender ausgehende, längs dem Draht wellenförmig fortschreitende Stromverteilung erhält. Diese Antenne entspricht der Hälfte einer Rhombus-Antenne. Die 3. Antennenform, Abb. 1c, ist ähnlich der vorher beschriebenen nur ist an der Knickstelle des Drahtes eine kleine Induktivität in Form einer Drahtschleife eingeschaltet. Sie wird im folgenden mit Λ^{II} -Antenne bezeichnet. Die 4. Anordnung, Abb. 1 d, besteht aus einer Schrägantenne und einem parallel laufenden Reflektorstab. Bei der 5. Anordnung, Abb. 1 e, handelt es sich um zwei zueinander parallel aufgestellte Λ^I -Antennen, die gleichphasig erregt werden, und die letzte Anordnung, Abb. 1 f, besteht aus zwei parallelen Λ^{II} -Antennen.

Von diesen Antennenanordnungen wurden Strahlungskennlinien innerhalb verschiedener Ebenen aufgenommen, die alle durch die z-Achse verlaufen und jeweils um 15° gegeneinander geneigt sind. Die z-Achse ist bei horizontalem Flug etwas nach unten geneigt. Sie entspricht einem Anstellwinkel von etwa -1° . Das Flügelprofil ist das einer He 111.

Auf den Strahlungsdiagrammen, die ich Ihnen nun zeigen möchte, und die von Herrn Koch aufgenommen wurden, ist die Verteilung der Strahlungsenergie aufgetragen. Da die Polarisation bei Langdrahtantennen im allgemeinen - mit Ausnahme von ausgezeichneten Richtungen - elliptisch

ist, ist jedes Diagramm aus zwei Messreihen gebildet, die unter zwei zueinander senkrechten Polarisationsrichtungen aufgenommen wurden. Die Verteilung der Strahlungsenergie gibt gleichzeitig ein Mass für den Verlauf der Empfangsfeldstärke, wenn die Antenne für Reflexionsmessungen gleichzeitig zum Senden und Empfangen verwendet wird.

In Bild 2 sind die Charakteristiken der Schrägantennen wiedergegeben. Die Winkelskala ist so eingezeichnet, dass man die Halbwertsbreite der Hauptkeule sofort ablesen kann. Der Verlauf oberhalb der Horizontalebene ist ungefähr der gleiche, wie er von der V-Antenne her bekannt ist. Man sieht, dass die von der Erregungsstelle gegen das Drahtende fortschreitende Drahtwelle stark gedämpft wird, denn die Strahlung nach rückwärts beträgt nur mehr ein Viertel, d.h. die rücklaufende Drahtwelle hat nur mehr halb so grosse Amplitude, wie die hinlaufende. Daraus ergibt sich, dass die Antenne eine ausserordentlich breite Resonanzkurve besitzen muss. Die Neigung der Hauptkeule gegenüber der Sehne des Flügelprofils hängt ebenso bei den anderen Antennenanordnungen von der Lage des Fusspunktes der Antenne ab. Je weiter dieser nach vorne rückt, desto mehr neigt sich die Strahlungskeule nach unten. Der Winkel, den die Antenne gegen die Flügeloberfläche bildet, ist hauptsächlich vom Einfluss auf die Nebenmaxima, vorausgesetzt, dass er nicht extrem stark von dem Wert abweicht, der zur Ausbildung einer vernünftigen Strahlungskeule erforderlich ist. Macht man den Winkel grösser, so nimmt das Seitenmaximum a zu und das Maximum b ab, und macht man den Winkel kleiner, so wird b grösser und a kleiner.

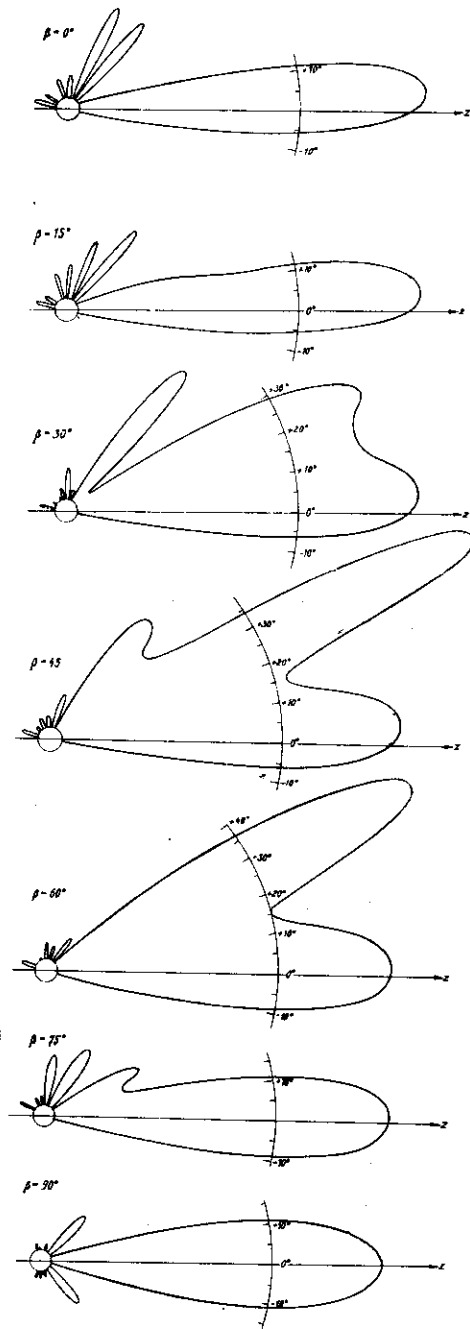
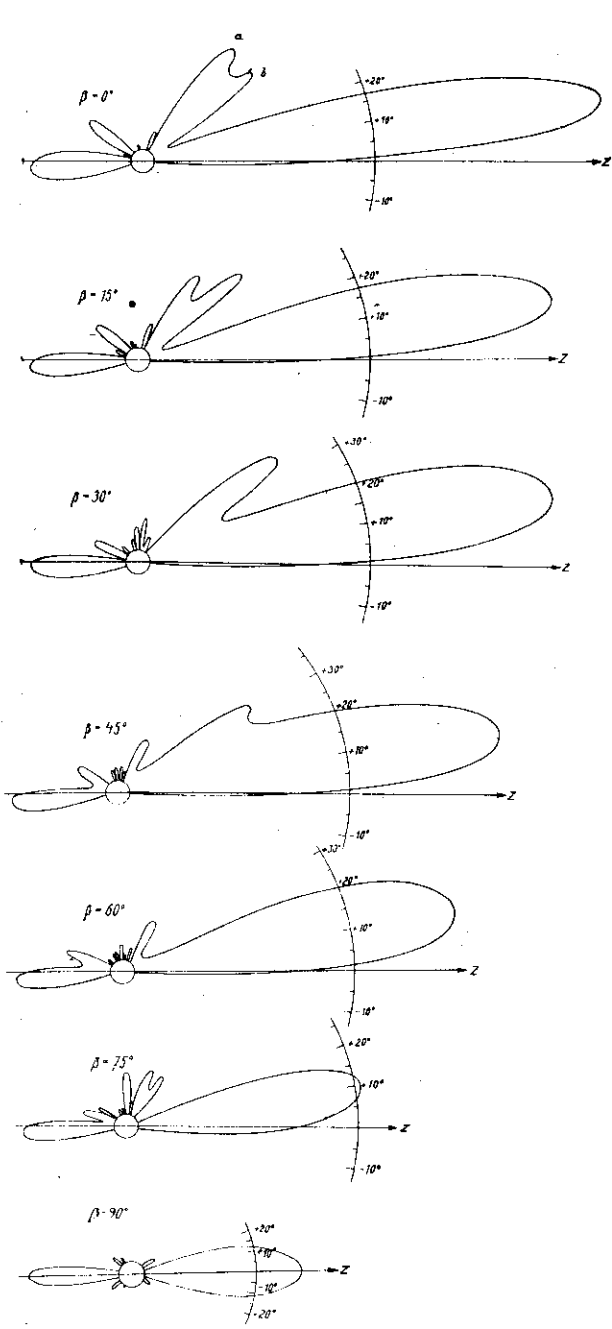


Abb. 2 Strahlungskennlinien für φ^2
der Anordnung Abb. 1a

Abb. 3
der Anordnung Abb. 1b

Im nächsten Bild (3) sehen Sie nun die Strahlungsverteilung der Λ^I -Antenne. Während das Vertikal- und das Horizontaldiagramm brauchbar aussehen, treten in den Schnittebenen, die gegen die Vertikale um 45° und 60° geneigt sind, sehr starke Strahlungskeulen auf, die sogar stärker als die mittlere Keule sein können, wie das

nier der Fall ist. Eine solche Strahlungsverteilung ist natürlich nicht erwünscht. Wir werden aber nachher sehen, dass sie sich durch eine Kombination von zwei solchen Antennen kompensieren lässt.

Nun zur Λ^{π} -Antenne mit der Selbstinduktion an der Knickstelle (Bild 4). Sie sehen, dass der Verlauf der Strahlungskennlinien in grossen Zügen ähnlich dem ist, wie er im vorigen Bild zu sehen war, jedoch sind die Nebenmaxima kleiner.

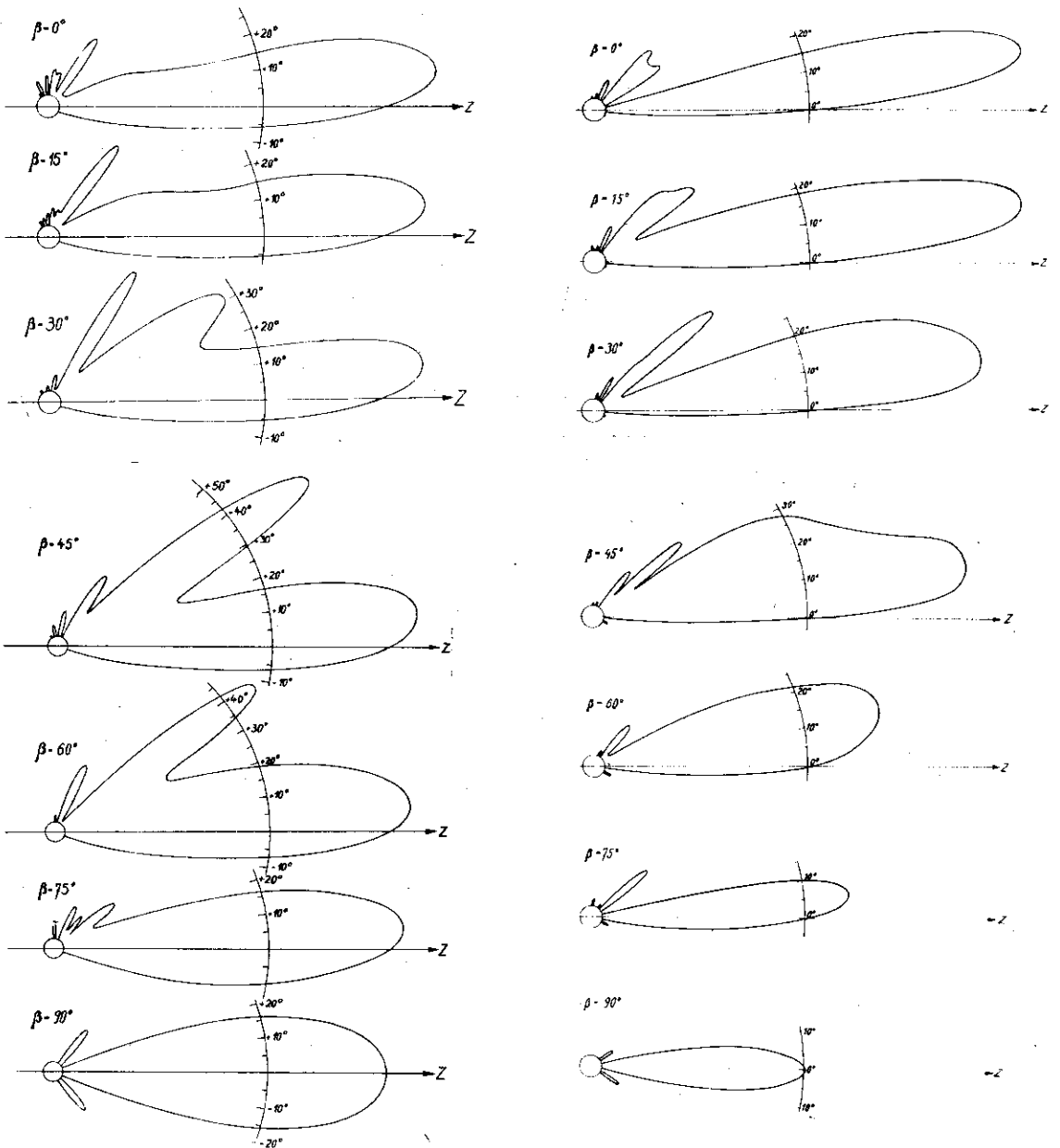


Abb. 4
der Anordnung Abb. 1c

Strahlungskennlinien für φ^2
der Anordnung Abb. 1d

Abb. 5

Die Einstellung der Selbstinduktion ist übrigens gar nicht kritisch. Schaltet man hingegen anstelle der Selbstinduktion eine Kapazität ein, so wird die Strahlungscharakteristik ungünstiger.

Nun komme ich zu den Antennen-Kombinationen. Bringt man hinter der Schrägantenne einen Reflektorstab an, so lässt sich die rückwärtige Strahlung restlos beseitigen. Im Übrigen verändert sich am sonstigen Verlauf der Strahlungscharakteristik nicht sehr viel, nur die Nebenmaxima werden etwas kleiner. Sie sehen das am nächsten Bild (5). Wenn die rückwärtige Strahlung vollkommen kompensiert werden soll, muss die Länge des Reflektors ziemlich genau eingestellt werden. Es ist daher zu vermuten, dass die Kompensation der Rückstrahlung nicht über einen sehr grossen Frequenzbereich gleichzeitig vorhanden ist.

Durch Nebeneinanderstellen von zwei gleichphasig erregten Λ^Z -Antennen gelingt es, wie schon erwähnt, die schräg nach oben gerichteten grossen Keulen zu kompensieren. Sie sehen das aus den Kennlinien des folgenden Bildes (6). Die Grösse des Abstandes kann dabei in weiten Grenzen variiert werden, ohne dass eine wesentliche Verschlechterung der Strahlungskennlinien auftritt. Das Strahlungsmaximum fällt bei Horizontalflug ziemlich genau in die Flugrichtung.

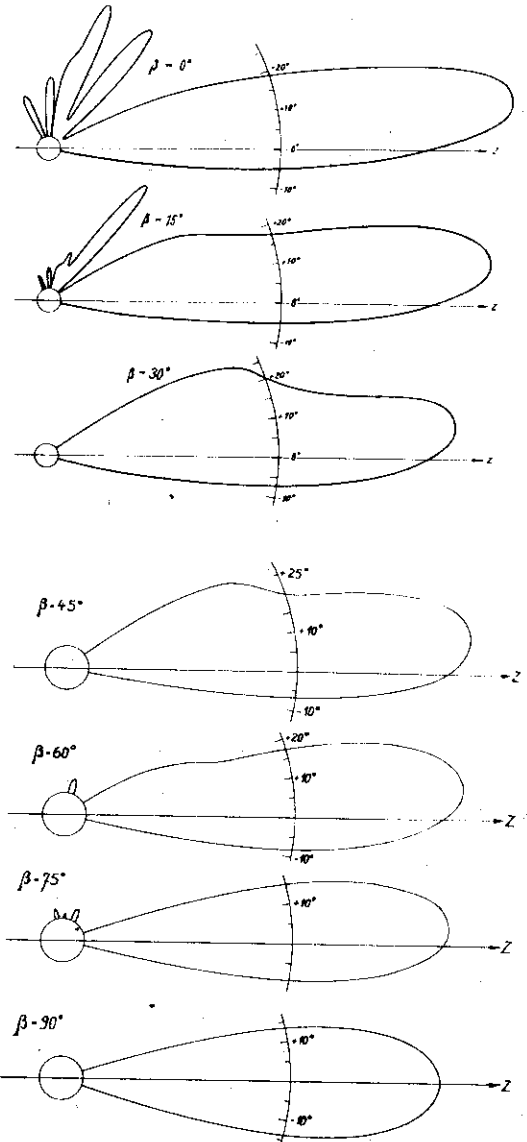
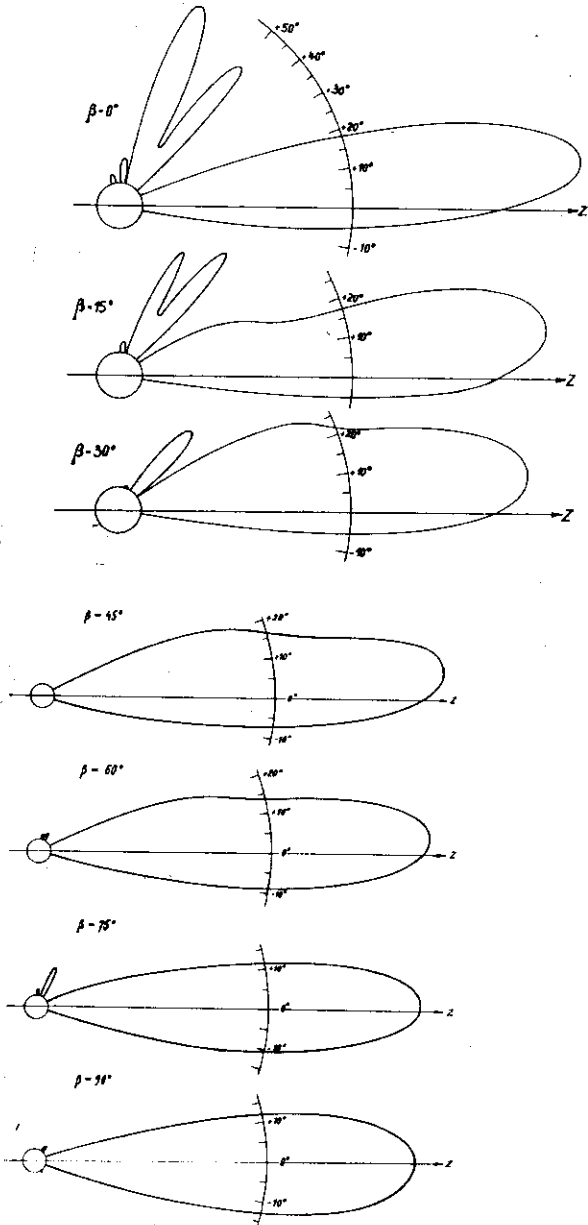


Abb. 6

Strahlungskennlinien

[φ^2]

Abb. 7

der Anordnung Abb. 1a

der Anordnung Abb. 1f

Die Strahlungskennlinien (Bild 7) beziehen sich auf zwei nebeneinander gestellte und gleichphasig erregte Λ^{II} -Antennen. Die grosse, schräg nach oben gerichtete Keule ist auch hier verschwunden. Die Nebenmaxima sind kleiner, als in den vorher gezeigten Kennlinien der Λ^{I} -Antennen.

Nun noch ein paar Worte über die Strahlung nach unten. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass keine Erregung des Flugzeugflügels auftritt, wie das bei den längeren Wellen der Fall ist, sondern die von den Antennen erregten Wellen lösen sich vom Flügel ab. Die Unterseite der Flügel ist offenbar feldfrei. Soweit Energie nach unten gestrahlt wird, rührt sie von einer Beugung der an den Flügelkanten sich ablösenden Wellen her. Wir konnten leider nicht die Strahlung nach unten bis zu sehr kleinen Werten verfolgen, da wir aus der Umgebung zu viel Störreflexionen bekamen. Trotzdem möchte ich Ihnen im nächsten Bild (8) eine Messkurve zeigen, die den Strahlungsverlauf innerhalb einer Vertikalebene im logarithmischen Masstab wiedergibt und zwar für die Antennenanordnung mit den beiden parallel zueinander aufgestellten Λ^{II} -Antennen.

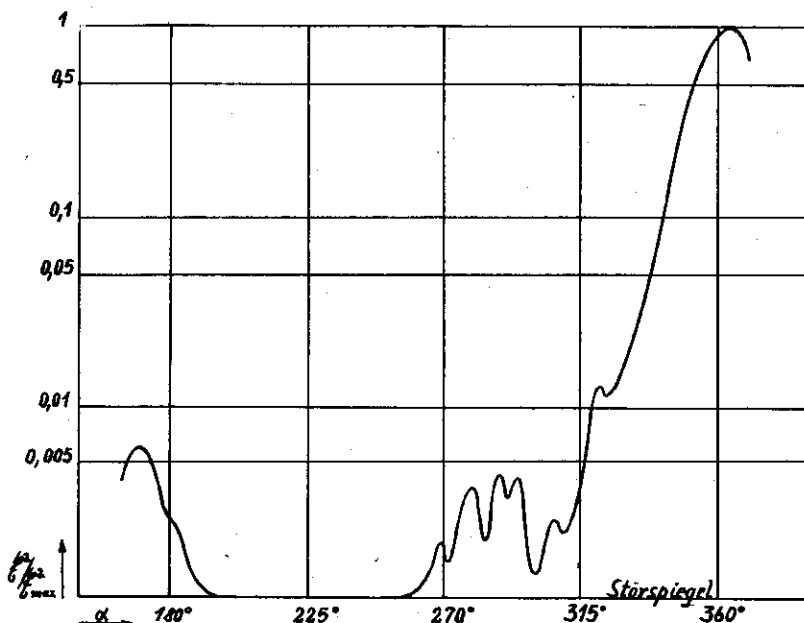


Abb. 8 Strahlungsverteilung in der unteren Hälfte der Vertikalebene für die Anordnung von Abb. 1f

Für Energiewerte unter etwa 5 % des Strahlungsmaximums sind die Messwerte aus dem erwähnten Grund unsicher.

In der Ausstellung sind einige Modelle von Strahlungscharakteristiken aufgestellt, aus denen vielleicht besser wie aus den Kurven die räumliche Strahlungsverteilung zu ersehen ist.

Die Untersuchungen haben jedenfalls gezeigt, dass man mit Langdrahtantennen auf Flugzeugflügeln sehr ordentliche gebündelte Strahlungen herstellen kann. Es ist klar, dass die Bündelung umso besser wird, je kleiner die Wellenlänge im Verhältnis zu den Abmessungen des Flügels wird. Inwieweit die Drahtstärke der Antennen von Einfluss auf die Strahlungscharakteristiken ist, haben wir noch nicht untersucht.