

Ueber schwundmindernde Antennen.

H. Brückmann, Berlin.

Im Ausland sind als Antennen für Rundfunksender im Wellenbereich 200 bis 550 m vielfach selbstschwingende Maste mit verhältnismässig grossem Querschnitt, z.B. die sog. Fischbauch-Maste, verwendet worden. Es hat sich gezeigt, dass die schwundmindernde Wirkung dieser Antennen zu wünschen übrig lässt, und dass die Ursache in dem verhältnismässig grossen Leiterquerschnitt und der Speisung am Mast-Fuss liegt.^{x)}

Zunächst wurde bei der Deutschen Reichspost versucht, diese Nachteile von selbstschwingenden Masten durch möglichst grosse Schlankheit hintanzuhalten. Da mit der Verringerung des Mastquerschnitts auch die Windfläche abnimmt, was wiederum eine leichtere und damit schlankere Bauweise ermöglicht, kam man so zu Mastkonstruktionen, die auch hinsichtlich des Eisenverbrauchs einen Fortschritt darstellen. Der in Abb. 1 dargestellte Mast z.B. hat einen Schlankheitsgrad, der etwa dreimal so gross wie der ausländischer Maste ist.

Ausserdem wurde ein Vorschlag zur Verbesserung der schwundmindernden Wirkung von Selbstschwingern verfolgt, die sog. "Obenspeisung"^{x)}. Sie hat zur Voraussetzung, dass der Mast in seinem oberen Teil isolierend unterteilt oder mit einer vom Mast isolierten Reuse umgeben ist. Inzwischen ist diese Massnahme an der Antenne des schweizerischen Rundfunksenders Beromünster praktisch

x) W. Berndt u. A. Gothe, Untersuchungen über das Vertikal-diagramm hoher Rundfunkantennen, Telefunken-Ztg. 17 (1936), Nr. 72, S. 5.

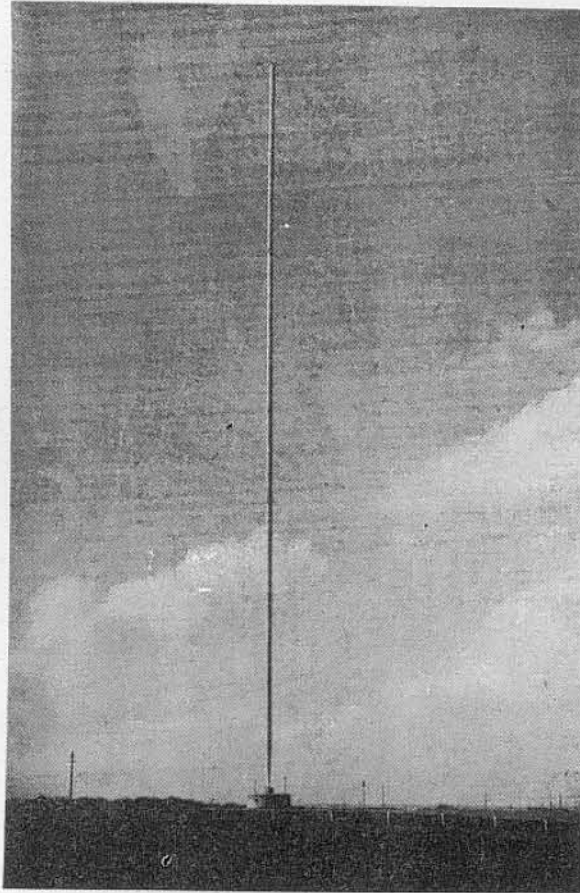


Abb. 1 Selbstschwingender Mast mit grossem
Schlankheitsgrad

durchgeführt worden, anscheinend mit gutem Erfolg.^{x)}

Bei der Deutschen Reichspost musste ausser der Schwundminderung noch einer weiteren Forderung Rechnung getragen werden, nämlich der Forderung, dass die Antenne in einem grossen Wellenbereich verwendbar sein müsse, bei schnellem Wellenwechsel und möglichst unter Beibehaltung der Schwundminderung. Dazu muss die Stromverteilung auf der Antenne regelbar sein. In dieser Richtung sind verschiedene Vorschläge^{xx)} bekannt geworden; doch befriedigten sie nicht bezüglich der Schwundminderung. Die im folgenden beschriebene Antenne,^{xxx)} die von der Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost entwickelt worden ist, gestattet günstigste Schwundminderung mit Obenspeisung im Wellenbereich von etwa 300 bis 400 m (im einzelnen von der Dimensionierung abhängig). Ausserdem lässt sich mit ihr im gesamten Wellenbereich zwischen 200 bis 550 m eine brauchbare teilweise Schwundminderung oder wenigstens eine brauchbare Bodenfeldstärke erzielen. Mit den bisherigen Antennen für Schwundminderung konnte praktisch nur eine einzige Welle optimal betrieben werden, und auch unter Verzicht auf Schwundminderung konnte nur ein beschränkter Wellenbereich ausgenutzt werden.

Der Mastschaft hat äusserlich das gleiche Aussehen wie der in Abb. 1. Er besteht aus einem 170 m langen Rohr von 1,3 m Durchmesser, das zweimal nach je drei Seiten abgespannt und am Fuss wie üblich isoliert ist. In 140 m Höhe ist dieses Rohr im Gegensatz zum Mast der Abb. 1 isolierend unterteilt, wie in Abb. 2 schematisch angedeutet ist.

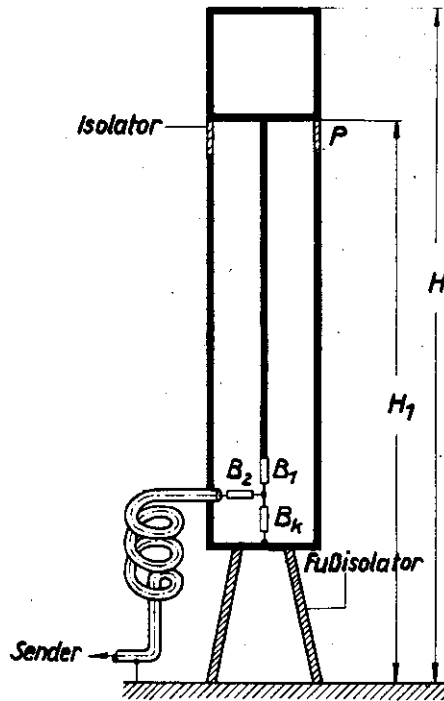
^{x)} E. Metzler u. H. Affolter, Entwicklung im Antennenbau zur Verbesserung des Rundfunkempfanges in der Schweiz. Techn. Mitteilg. schweiz. Telegr. u. Telephonverw. 1940, Nr. 5

^{xx)} G. Z. Eisenberg, Ein-Mast-Antennen mit regelbarer Stromverteilung, Elektrosvjaz (UdSSR) 1940, Nr. 9, S. 28-39.

^{xxx)} DRP. ang. Erf. Dr. Graziadei.

Abb. 2

Selbstschwingender Mast bei Oberspeisung über Rohrleitung (schematisch).



Der 30 m lange obere Mastteil, der also vom unteren Mastteil isoliert ist, ist unmittelbar verbunden (u.U. auch über feste Spulen oder Kondensatoren) mit einem Kupferrohr von 15 cm Durchmesser, das konzentrisch im unteren Mastteil an Isolatoren aufgehängt ist. Das Speisekabel, das vom Sender kommt, ist zu einer Spule aufgewickelt, deren freies Ende am unteren Rande des Mastchaftes in diesen eingeführt ist. Der Mantel dieses Kabels ist vor der Spule mit dem Erdnetz, hinter der Spule mit dem Mast unmittelbar verbunden. Der Innenleiter des Kabels ist über Abstimmittel an den Innenleiter des Rohrmastes angeschlossen.

Hinsichtlich der Wirkungsweise ist der untere Mastteil als Fortsetzung des Speisekabels zu betrachten. Erst an der Unterteilungsstelle in 140 m Höhe tritt die Energie aus ihm aus. Dadurch, dass eine Spannung zwischen oberem und unterem Mastteil auftritt, wird der Mast elektrisch erregt, d.h. es bildet sich auf ihm in bekannter Weise eine stehende Welle aus. Die Induktivität der Kabel-

spule bestimmt die Stromverteilung. Durch entsprechende Wahl derselben kann die Strahlungsverteilung in der gewünschten Weise beeinflusst werden, allerdings nur innerhalb gewisser Grenzen. Wie in Abb. 3 veranschaulicht ist, fliesst auf der Innenseite des Mastschaftes ein Strom, der ebenso gross, aber entgegengesetzt gerichtet ist wie der Strom in dem inneren Rohr.

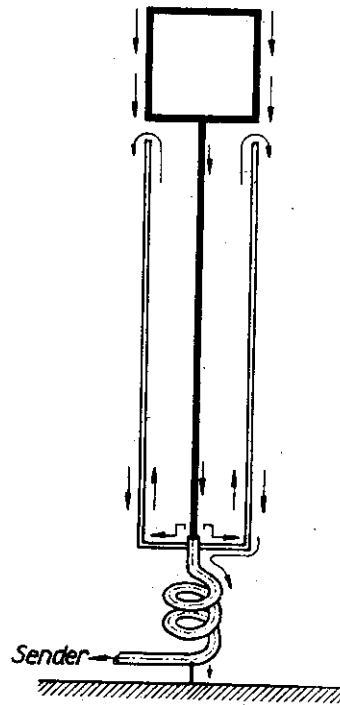


Abb. 3 Stromverteilung bei selbstschwingendem Mast bei Oberspeisung über Rohrleitung.

Diese Ströme erzeugen also keine Strahlung, sondern nur der Strom auf der Aussenseite des Mastschaftes. Daher darf das Ersatzschaltbild von Abb. 4 benutzt werden.

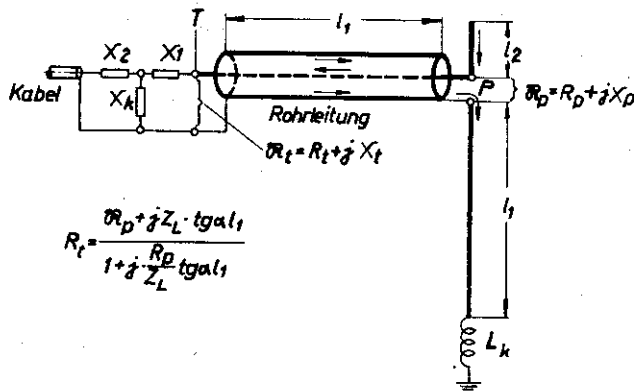


Abb. 4 Ersatzschaltbild eines selbstschwingenden Mastes bei Obenspeisung über Rohrleitung.

Trotz der u.U. grossen Fehlanpassung am Ende der konzentrischen Leitung im Mastinnern sind die Leistungsverluste in dem für die Obenspeisung vorgesehenen Wellenbereich sehr gering, was sich aus den grossen Leitungsabmessungen erklärt. Aus dem gleichen Grunde ist die Fehlanpassung selbst bei 100 kW Senderleistung auch spannungsmässig tragbar. Das vom Sender kommende Kabel muss natürlich angepasst betrieben werden, was durch die im Mastinnern am Fuss vorgesehenen Abstimmittel erreicht wird. Da sämtliche Einstellungen bei Wellenänderung, z.B. die Anpassung an das Energiekabel, vom Erdboden aus vorgenommen werden können, ist ein Wellenwechsel schnell und bequem möglich. Bei Verwendung der bekannten Hilfsgeräte für Schnellabstimmung lässt sich dieser in wenigen Minuten vornehmen.

Ausser der Obenspeisung in dem Wellenbereich von etwa 300 bis 400 m ist in dem gesamten Wellenbereich von 200 bis 550 m noch Fusspeisung vorgesehen. Hierbei hat die Leitung im Mastinnern eine andere Aufgabe. Wie in Abb. 5 veranschaulicht, wirkt sie ähnlich wie die bei der Mehrfachausnutzung erwähnten Blindschwanzleitungen, nämlich so, als wenn an der Unterleitungsstelle ein Kondensator oder eine Spule eingeschaltet wäre.

Anordnung und Ersatzschaltbilder

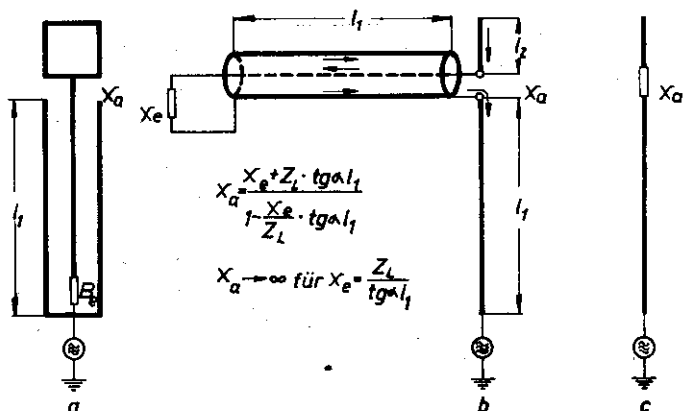


Abb. 5 Selbstschwingender Mast mit Rohrleitung bei Fuss-Speisung.

Der eingeschaltete Blindwiderstand ist gleich dem Eingangswiderstand der Leitung an der Isolationsstelle. Er kann in weiten Grenzen durch die Abstimmittel im Mastfuss verändert werden. Dadurch kann auch bei Fußspeisung die Stromverteilung auf dem Mast und damit die Strahlungsverteilung in der gewünschten Weise beeinflusst werden. Z.B. kann der obere Mastteil elektrisch praktisch ganz abgetrennt werden.

Das Ergebnis der Feldstärkemessungen im Flugzeug an einer Modellantenne ist in den Diagrammen der Abbildungen 6 und 7 dargestellt. Bei Fusspeisung (Abb.6) ist unter den Erhebungswinkeln, die für den Nahschwund kritisch sind, im vorliegenden Falle ($40 - 50^\circ$) noch eine erhebliche Strahlung vorhanden, was für die Schwundminderung ungünstig ist. Diese "Auffüllung" des Nullwinkels ist hauptsächlich durch den grossen Leiterquerschnitt bedingt.

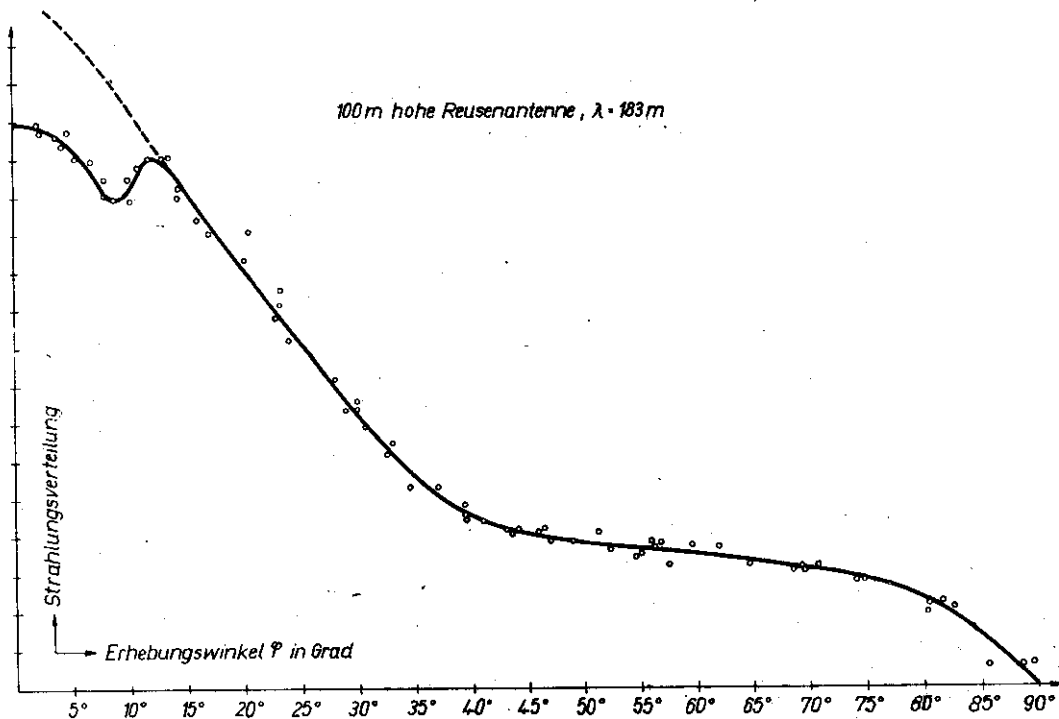


Abb. 6 Vertikale Strahlungskennlinie bei Fuss-Speisung
(73 Messwerte mit Flugzeug).

Bei Obenspeisung dagegen (Abb.7) ist der Nullwinkel scharf ausgeprägt, sodass günstigste Schwundminderung möglich ist.

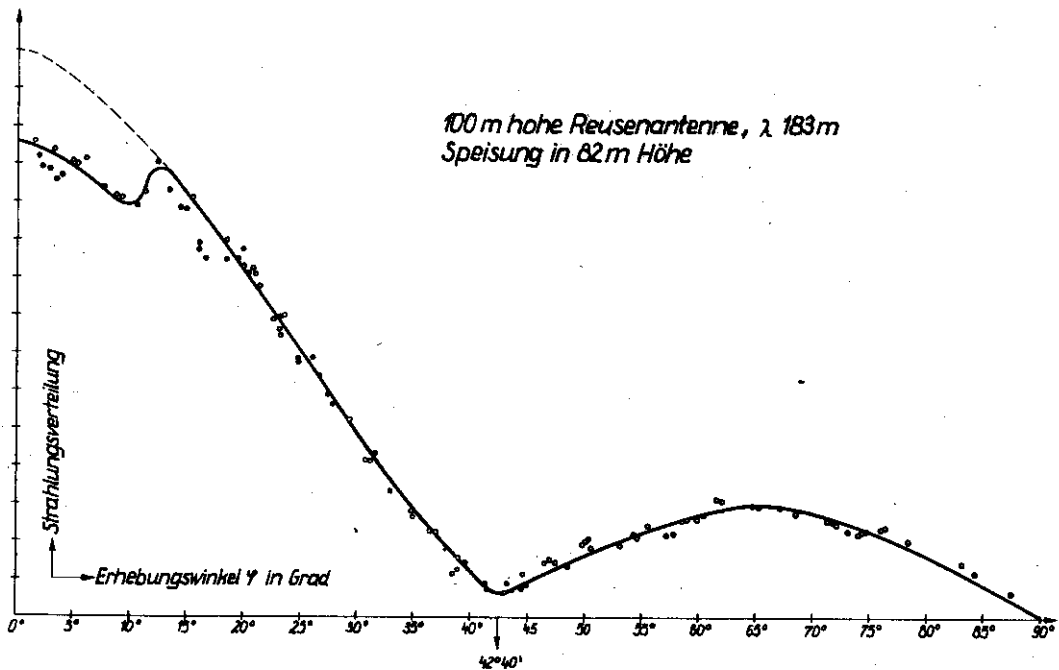


Abb.7 Vertikale Strahlungskennlinie bei Obenspeisung
(102 Messwerte mit Flugzeug)

Um auch die Grossrundfunksender im Langwellenbereich (1200 bis 2000 m) mit schwundmindernden Antennen auszurüsten, sind seit 1933 bei der Deutschen Reichspost umfangreiche Entwicklungsarbeiten geleistet worden. Geplant ist eine Kreisgruppe mit einem Radius von etwa $0,9 \lambda$, deren Einzelstrahler gleichphasig mit gleich grossen Strömen erregt sind, mit einem weiteren Einzelstrahler in der Mitte. Zur Erleichterung der Vorstellung ist in Abb.8 ein Modell einer ähnlichen Anlage wiedergegeben.

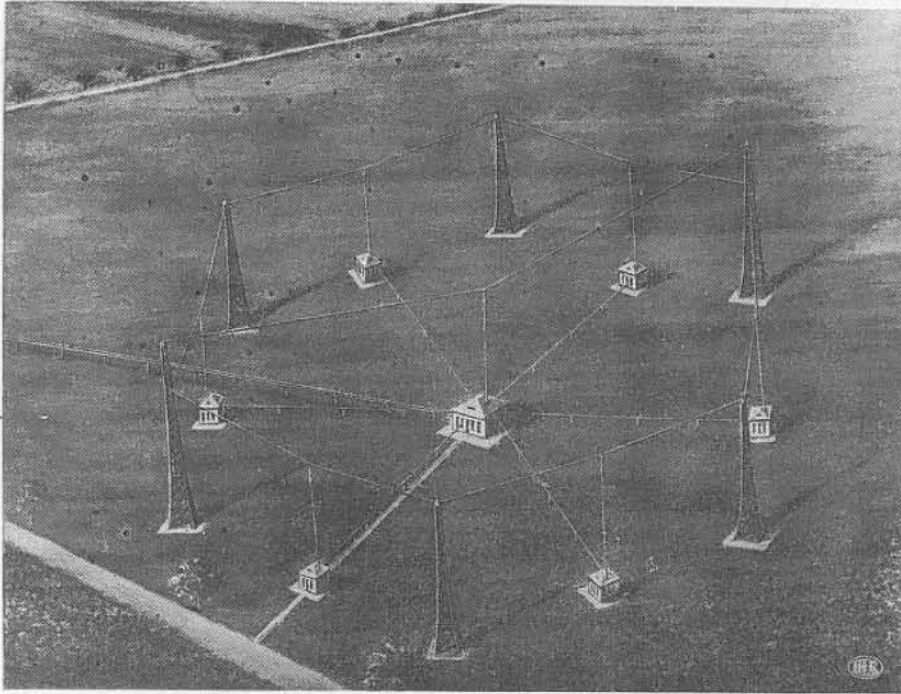


Abb.8 Kreisgruppe mit 6 Einzelstrahlern
und 1 Mittelstrahler.

Um Erfahrungen zu gewinnen, ist übrigens ein Rundfunksender im Mittelwellenbereich mit einer derartigen Antenne ausgerüstet worden. In dem abgebildeten Modell sind die Einzelstrahler Drahtantennen, die zwischen Holztürmen aufgehängt sind. Für Langwellensender sind dagegen selbstschwingende Maste vorgesehen. Ihre Zahl wird, anders als bei dem Modell, das aus 6 Aussenstrahlern besteht, mindestens 7 und höchstens 10 betragen. Bei langen Wellen wird es zweckmässig sein, die Speisung nicht von der Mitte aus vorzunehmen, sondern je einen Sender in möglicher Nähe der Einzelstrahler vorzusehen, der von einem gemeinsamen Steuersender aus erregt wird. Dank des verhältnismässig grossen Kreisradius ist es bei geeigneter Einstellung des Mittelstrahlers im Verhältnis zu den Aussenstrahlern möglich, eine vertikale Strahlungsverteilung zu erzielen, die

zwei dicht benachbarte Nullwinkel in dem kritischen Bereich des Erhebungswinkels hat,^{x)} Dadurch wird die für den Nahschwund verantwortliche Raumstrahlung weitgehend unterdrückt.

Interessant ist es nun, dass mit einer derartigen Kreisgruppe nur durch entsprechende Einstellung der Amplituden und Phasen der Einzelstrahlerströme eine ausgeprägte Richtstrahlung möglich ist (Abb. 9).

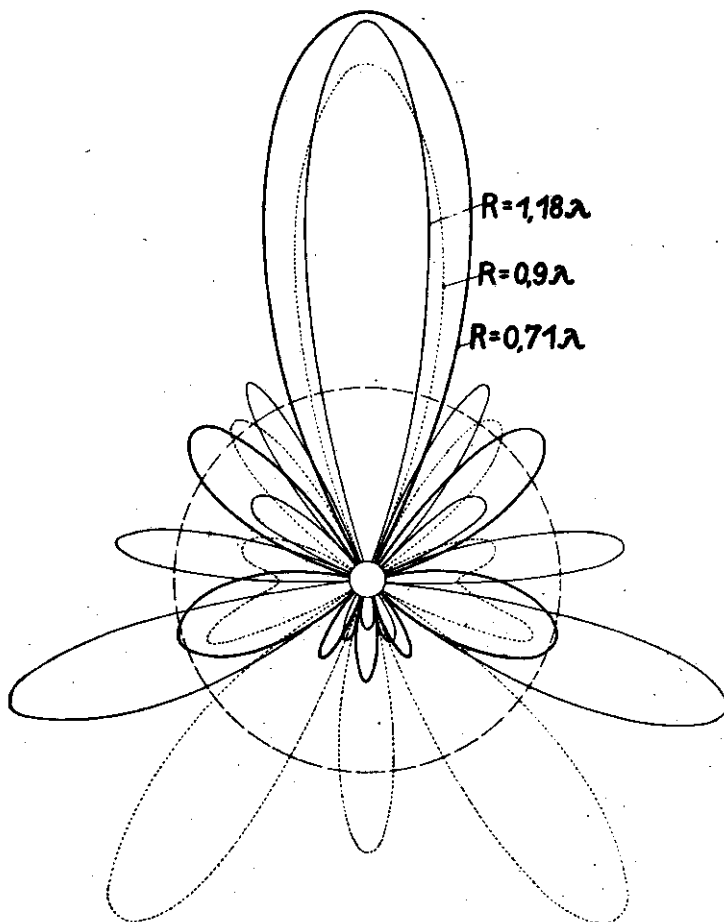


Abb. 9 Strahlungsverteilung einer Kreisgruppe aus 10 Rundstrahlern (Halbmesser R).

Die Hauptrichtung kann beliebig gelegt werden, ohne dass sich die Schärfe der Bündelung ändert. Infolge der Strahlungskopplung der Einzelstrahler untereinander sind die Strahlungswiderstände beim Betrieb verschieden. Sie können sogar negativ werden, d.h. es kann eintreten, dass

x) H. Brückmann, Antennen, ihre Theorie und Technik, S. Hirzel, Leipzig 1939, S. 292.

einem Einzelstrahler zur Erzielung einer vorgegebenen Amplitude und Phase Leistung entzogen werden müsste. Eingehende Untersuchungen haben aber gezeigt, dass auch dann noch günstige Richtstrahlung möglich ist, wenn dem Einzelstrahler eine vorgegebene Leistung (z.B. die volle Senderleistung) zugeführt wird.