

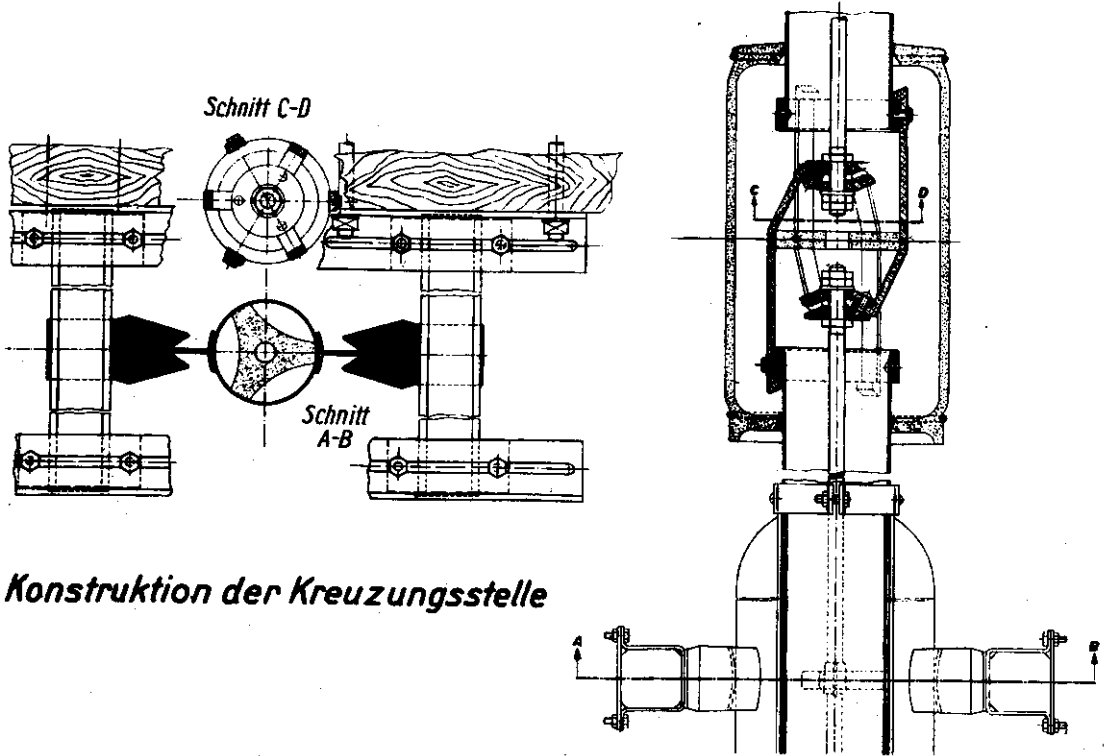
Neue UKW-Richtantenne mit rein vertikaler Polarisation.

R.M. Wundt, Berlin.

Die Forderung nach Aussendung einer rein vertikal polarisierten Strahlung tritt besonders bei der Leitstrahltechnik auf. Wenn Richtantennen benötigt werden, ist die Erfüllung dieser Forderung nicht ganz einfach, da dann fast stets waagrecht verlaufende Leitungen oder Antennenteile vorhanden sind, die eine horizontal polarisierte Strahlung aussenden können, wenn sie nicht genau kompensiert ist. In einer französischen Patentschrift der TSF. und von Dr. Pfister wurde 1935 gleichzeitig und unabhängig voneinander eine gleichphasige Speisung von $\lambda/2$ Strahlern, die in einer Geraden liegen, angegeben, bei der die Strahler rohrförmig ausgebildet sind und die Speisleitung im Innern der Rohre in Form einer konzentrischen Leitung verlegt ist. Hierbei ist eine Strahlung der Speisleitung naturgemäss unmöglich, da sie völlig abgeschirmt ist. Ueber eine konstruktive Form dieser Antenne für UKW und ihre elektrischen Eigenschaften soll kurz berichtet werden.

Der grundsätzliche Aufbau der Antenne ist folgender: Wir denken uns eine koaxiale Rohrleitung in gleichlange Stücke $\lambda/2$ elektrischer Länge zerschnitten. Werden die einzelnen Stücke so zu einer Zeile zusammengeschaltet, dass immer der Innenleiter des einen Stückes mit dem Aussenleiter des benachbarten Stückes verbunden wird, so entsteht durch die abwechselnde Vertauschung von Innen- und Aussenleiter eine gleichphasige Erregung der Aussenleiter (s. Abb. 4).

Die von Lorenz durchgeführte Konstruktion der Antennenzeile ist in Abb. 1 dargestellt.



Konstruktion der Kreuzungsstelle

Abb. 1 UKW - Richtantenne
mit rein vertikaler Polarisation

Der einzelne $\lambda/2$ -Strahler besteht aus einem Aluminium-Rohr von 70mm ϕ . Im Innern ist koaxial ein Messingstab von 10mm ϕ durch einige Calitstücke gehalten. Die Kreuzungsstelle ist so ausgeführt, dass an den Enden der Innenleiter je 3 konisch verlaufende Klauen angeschraubt sind, die sich gegenseitig durchdringen und am gegenüberliegenden Rohrende festgeschraubt sind. Die 6 Bänder werden durch einen 6-eckigen Calitstern in der Kreuzungsmittle in der richtigen Lage gehalten. Sie müssen genügenden Abstand voneinander haben, um bei der hier auftretenden grössten Spannung überschlagssicher zu sein. Zum Schutz gegen atmosphärische Einflüsse ist die Kreuzungsstelle von einer zweiteiligen Calitschale umschlossen, die durch Oppanolband gedichtet wird. Die Aufhängung der Zeile erfolgt in einem Holz-

mast mit zweiteiligen Auslegern dicht unterhalb jeder Kreuzungstelle. Das oberste Rohr wird im Strombauch bzw. Spannungsknoten fest auf einen Ausleger angeschraubt. Die anderen Rohre hängen mit den Klauen aneinander und werden gegen seitliche Verschiebungen durch eine Führung dicht unterhalb der Kreuzungsstellen gesichert, die an zwei zwischen den beiden Auslegerbalken angebrachten Calitstäben angeschellt ist. Die am Rohr angebrachten Führungsschienen gleiten zwischen zwei eingekerbten Gummipuffern. Auf diese Weise können sich die temperaturbedingten Längenänderungen ohne weiteres ausgleichen.

Die Konstruktion der Aufhängung zeigt Abb.2.

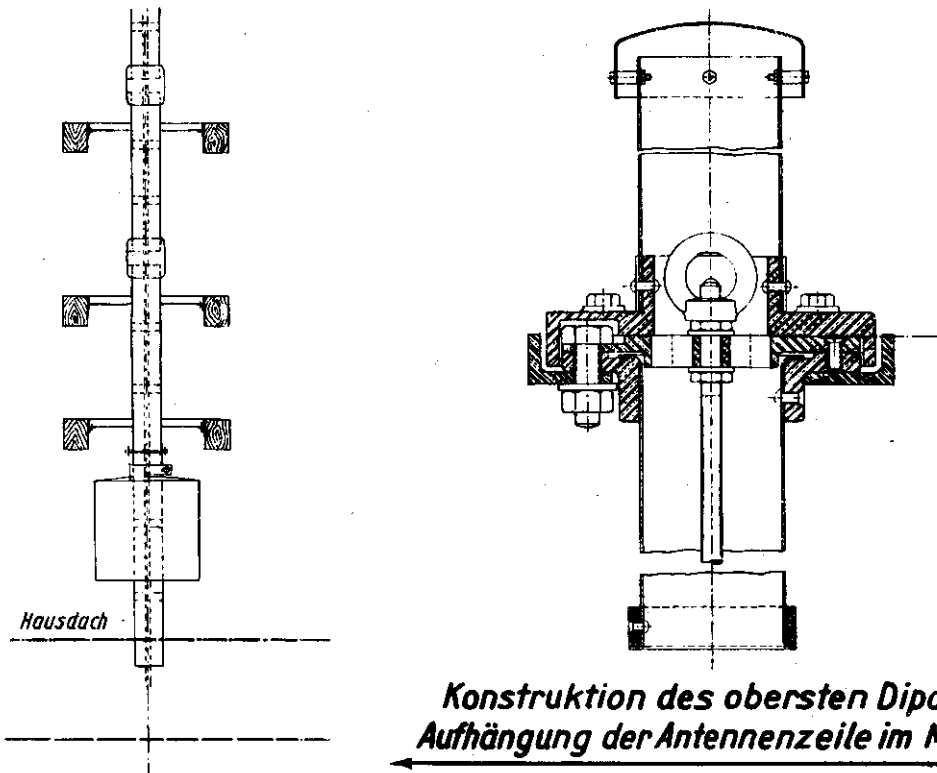


Abb. 2 UKW-Richtantenne mit rein vertikaler Polarisation

Der Innenleiter endigt in Dipolmitte an einem Flansch, der mit dem Antennenrohr fest verbunden ist. Dieser Kurzschluss ist hier ohne weiteres möglich, da in der Mitte des obersten Rohres ein Spannungsknoten entsteht, an dem die Spannung infolge des Fehlens eines weiteren Energietransportes zu darüberliegenden Rohren verschwindet.

Die Lage der Zeile zwischen den Turmauslegern ist aus der linken Skizze ersichtlich. Dicht unterhalb jeder Kreuzungsstelle ist ein Ausleger. Das unterste Rohr wird von 2 Auslegern gehalten, beim obersten Rohr liegt der Ausleger in der Mitte. Die Speisung der Zeile erfolgt hier durch eine koaxiale unsymmetrisch gespeiste Rohrleitung derselben Art wie die Antenne, die am Übergang zum untersten Dipol mit einem $\lambda/4$ - Sperrtopf versehen ist, worauf später noch eingegangen wird.

Eine Kombination von 4 Zeilen mit je 6 Dipolen zu einer Richtantenne ist in Abb. 3 gezeigt. Wir sehen einen Holzturm mit $2 \times 7 = 14$ Auslegern, zwischen denen die Zeilen hängen. Die Bauweise des Turmes ist so gewählt, dass möglichst wenig Holz im Feld der Antenne ist. Die beiden vorderen Zeilen im Abstand von einer halben Wellenlänge (dahinter) sind die Projektoren. Im Abstand von $1/4$ Wellenlänge dahinter liegen die Reflektoren. In dem Häuschen am Fusse des Turmes sind die für die Speisung und Anpassung der Zeilen notwendigen elektrischen Kreise untergebracht. Die beiden Projektoren sind durch $\lambda/2$ -Leitungen mit eingebauten Gliedern zur Regelung der gegenseitigen Phase und Amplitude parallel geschaltet. Zwischen dem Verzweigungspunkt und dem vom Sender kommenden HF Kabel ist noch ein Anpassungsglied eingebaut.

Es soll nun auf die Wirkungsweise einer Zelle und das Verhalten bei Frequenzänderungen eingegangen werden. Sie ergibt sich aus Messungen der Strom- und

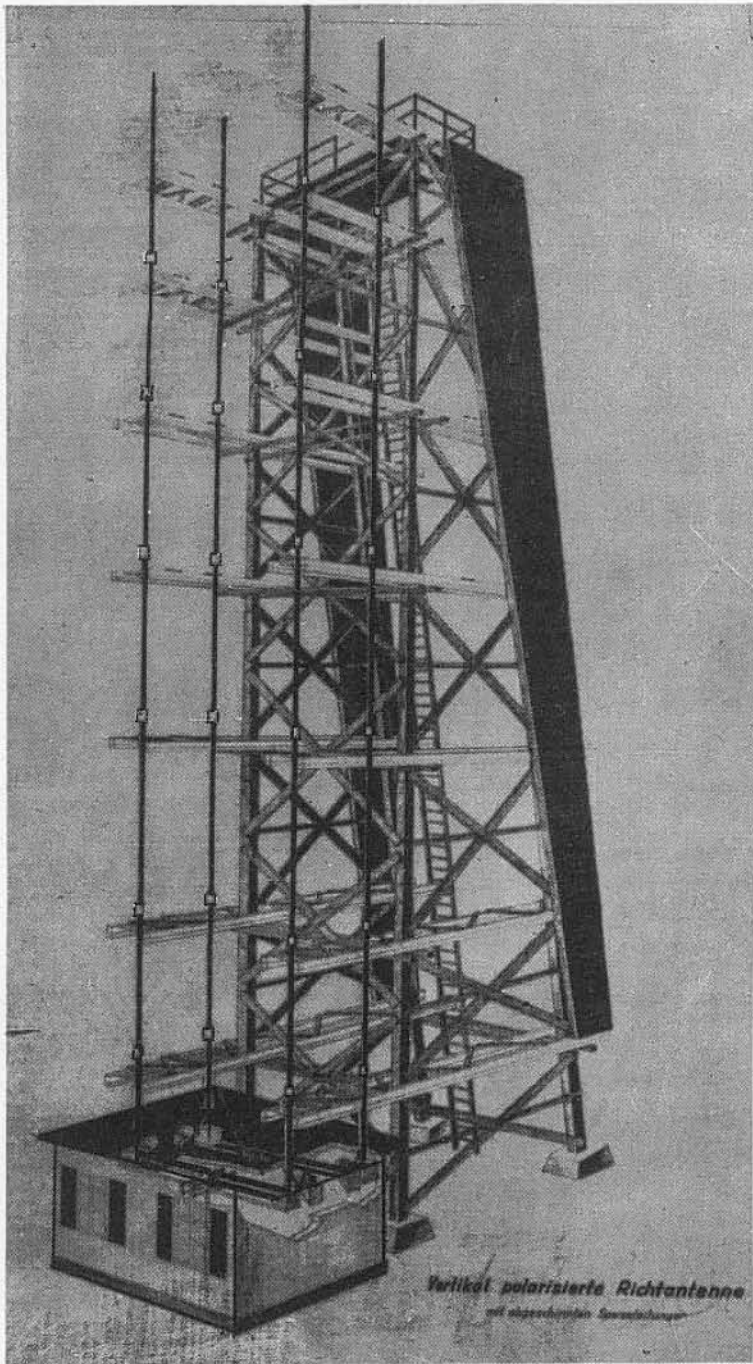


Abb. 3 Vertikal polarisierte Richtantenne.

Spannungsverteilung, des Eingangswiderstandes und der Feldstärke bei verschiedenen Frequenzen. Daraus ergibt sich folgendes Gesamtbild: Die Speiseleitung, die den einzelnen Dipolen die Energie zuführt, wird durch den Innenleiter und die Innenfläche des Mantelrohres gebildet. Auf der Aussenfläche desselben fliesst der strahlende Antennenstrom, der an den Kreuzungsstellen in Verbindung mit der konzentrischen Speiseleitung steht. Wir haben also auf dem Mantelrohr zwei verschiedene Ströme zu unterscheiden, die durch eine praktisch stromlose Schicht der Rohrwandung voneinander getrennt sind. Der Spannungsverlauf, der durch Abtastung längs des Rohres gemessen werden kann, zeigt in der Mitte des Rohres einen Knoten und an den Enden desselben Bäuche, die bei benachbarten Strahlern gegenphasig sind. Daher erfolgt an der Kreuzungsstelle ein weiterer scharfer Nulldurchgang der Spannung. Aus der Gegenphasigkeit der Spannungen benachbarter Rohrenden folgt, dass die koaxiale Energieleitung symmetrische Spannungen gegenüber Erde führt, im Gegensatz zu der bei koaxialen Leitungen üblichen unsymmetrischen Betriebsart mit geerdetem Aussenmantel. Infolgedessen muss auch die Speisung am unteren Ende symmetrisch erfolgen. Dies kann entweder durch eine symmetrische Energieleitung oder Kabel am unteren Ende der Zeile erfolgen, oder durch Speisung mit einem unsymmetrischen Kabel unter Einfügung eines Symmetriergliedes z.B. in Form eines Sperrtopfes, so wie es in Abb. 2 gezeigt ist.

Die Strom- und Spannungsabtastung zeigt, dass die Speisung der Strahler, d.h. der Aussenfläche des Rohres nicht an jeder Kreuzungsstelle erfolgt, sondern nur an jeder zweiten, anfangend bei der obersten. Die Stromabtastung ergibt nämlich folgendes Bild: Die Stromverteilung auf jedem einzelnen Rohr ist etwa sinusförmig mit Strombäuchen in der Mitte des Rohres und Stromknoten an den Kreuzungsstellen. Die Stromknoten sind ver-

schieden gross. Am oberen Ende der Zeile und ebenso an jeder übernächsten Kreuzungsstelle ist der Strom Null, an den dazwischenliegenden Kreuzungsstellen aber etwa 20% des Strombauches. Dieses Bild bleibt auch bei Abweichung von der Resonanzfrequenz erhalten. Bei Frequenzänderungen verschieben sich die Spannungsknoten in entsprechender Weise, d.h. die Spannungsknoten zweier Rohre, die einer Kreuzungsstelle benachbart sind, deren Stromknoten nicht Null ist, bewegen sich gleichzeitig zur Kreuzungsstelle hin- oder weg. Der Antennenstrom ist also an dem von der Speisestelle abgelegenen Ende jedes Rohres Null, gerade so, als ob das Rohr hier unterbrochen wäre.

Ein weiterer Versuch vervollständigt das Bild des Speisungsmechanismus. Unterdrückt man den Antennenstrom eines Rohres durch einen Sperrtopf, so wird auch der Antennenstrom eines jeden übernächsten Dipols unterdrückt, sodass also nur jeder zweite Dipol strahlt. Dieselbe Erscheinung tritt bei einer unsymmetrischen Speisung der Antenne auf. Diese Vorgänge lassen sich zwanglos erklären, wenn man folgendes Ersatzschaltbild annimmt, bei dem Speiseleitung und Strahler voneinander getrennt sind. In Abb. 4 ist links eine 4-teilige Antennenzeile mit den Kreuzungsstellen schematisch dargestellt, in der Mitte das Ersatzschaltbild mit getrennter Darstellung von Speiseleitung und Antenne und rechts ein Widerstandsschema. Die sich entsprechenden Leitungsteile sind in den Skizzen durch gleichartige Zeichen gekennzeichnet. Es war schon gezeigt worden, dass die Speiseleitung symmetrisch sein muss. Da die Strahler eine unsymmetrische Belastung gegen Erde darstellen, brauchen wir einen geerdeten Nulleiter. Wir stellen daher die Speiseleitung durch zwei koaxiale Rohrleitungen mit geerdetem Mantel dar. Die Strahler selbst stellen wir, da die Spannungen der Antenne gegen Erde gerechnet werden, ebenfalls

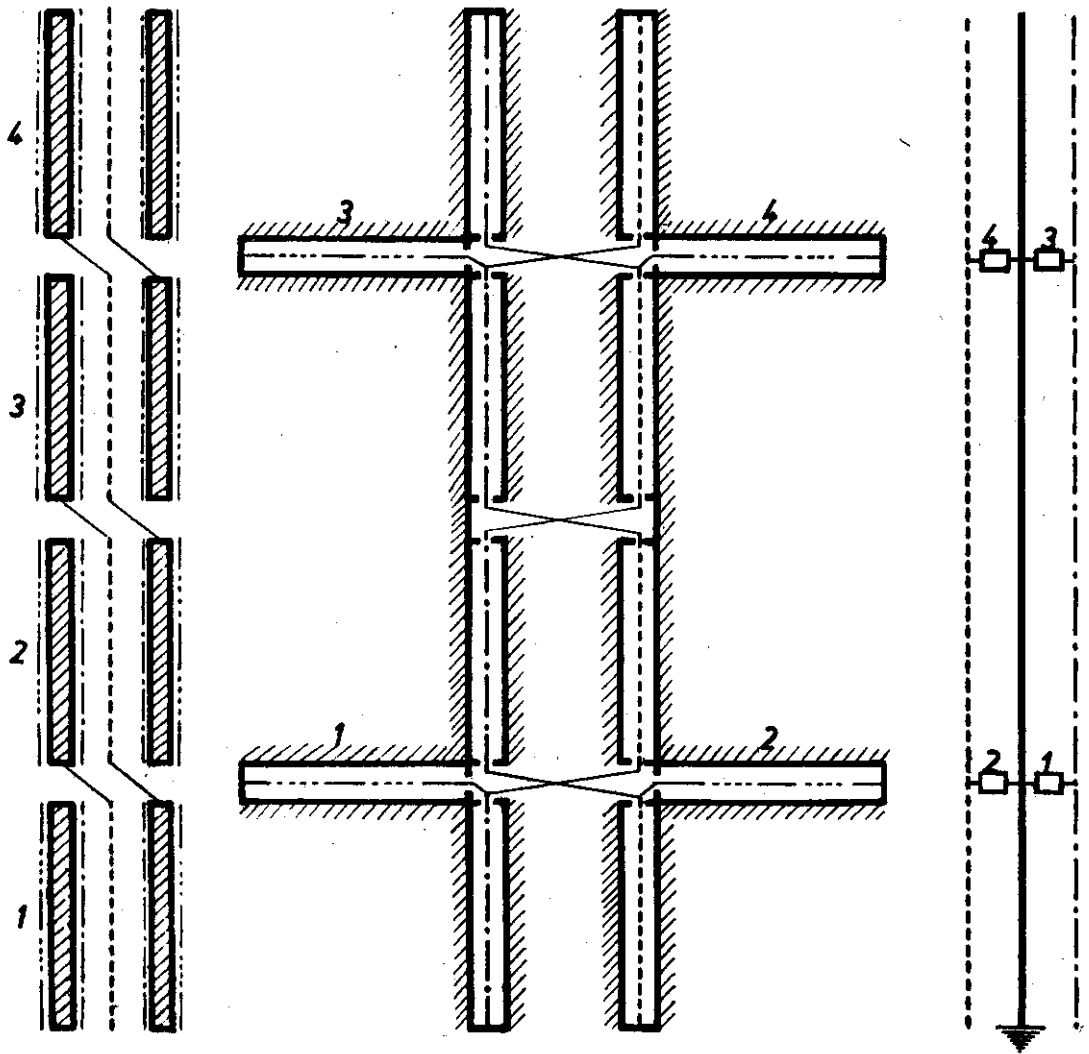


Abb. 4 Ersatzschaltbild der Antenne

durch koaxiale Rohrleitungen dar, die an den entsprechenden Kreuzungsstellen jeweils an die entsprechende koaxiale Speiseleitung angeschlossen sind, sodass also jede zweite Kreuzungsstelle frei bleibt.

An Hand dieses Ersatzschemas lassen sich die erwähnten Erscheinungen leicht verstehen. So erklärt sich die Unterdrückung der Strahlung auf jedem zweiten Strahler durch den am Ende aufgesetzten Sperrtopf dadurch, dass die eine Speiseleitung an der dem Sperrtopf zunächst gelegenen Kreuzungsstelle durch das Aufsetzen des Sperrtopfes kurzgeschlossen wird, d.h. dass die eine Ader der symmetrischen Speiseleitung geerdet wird, und sich dieser Kurzschluss durch die eine Wellenlänge lange Speiseleitung auf die übernächste Kreuzungsstelle überträgt. Erregt man andererseits die Zeile unsymmetrisch, so erhält nur die eine Speiseleitung Spannung, während die andere spannungslos bleibt und es werden daher die an sie angeschlossenen Strahler nicht erregt. Schliesst man an einer Kreuzungsstelle Innenleiter und Mantelrohr kurz, so kann die ganze Zeile nicht mehr schwingen, da sich dieser Kurzschluss der Speiseleitung auf alle Kreuzungsstellen überträgt. Man hat so ein einfaches Mittel, um die Strahlung einer Zeile zu unterdrücken, was bei Messungen oft sehr wertvoll ist.

Das Widerstandsschema zeigt, wo und in welcher Weise die Strahlerwiderstände an die Speiseleitung angekoppelt sind. Die Grösse der einzelnen Widerstände ergibt sich durch Transformation des im Strombauch jedes Strahlers wirkenden Strahlungswiderstandes auf den Speisepunkt des Strahlers. Da die Strahlungswiderstände der symmetrisch zur Mitte liegenden Strahler paarweise gleich, die einzelnen Paare aber verschieden gross sind, so ist die Belastung der Speiseleitung am Fusspunkt symmetrisch, aber an den einzelnen Kreuzungsstellen unsymmetrisch. Der Fusspunktwiderstand einer Zeile ergibt sich aus dem Widerstandsschema ohne weiteres.

Der Eingangswiderstand einer Zeile ergibt in der komplexen Ebene aufgetragen ein Kreisdiagramm, woraus man schliessen kann, dass die Antenne im entsprechenden Frequenzbereich durch eine verlustfreie Leitung dargestellt werden kann, die mit einem ohmschen Widerstand abgeschlossen ist, der in diesem Frequenzbereich konstant bleibt. Als Beispiel einer Messung, an einer 6-teiligen Zeile sei erwähnt, dass der Eingangswiderstand bei einer Resonanzfrequenz ohmisch ist und etwa 375Ω beträgt. Die maximale Blindkomponente ist etwa $\pm 150 \Omega$ und die kleinste Wirkkomponente etwa 50Ω . Die Frequenzänderung für einen Umlauf betrug etwa $\pm 3\%$. Die Zeile hat also eine ziemlich scharfe Resonanzkurve und nur einen engen Wellenbereich.

Feldstärkenmessungen zeigen, dass die Strahlungscharakteristik in dem angegebenen Frequenzbereich von $\pm 3\%$ unverändert bleibt, woraus gefolgert werden kann, dass auch der Strahlungswiderstand konstant bleibt, wie es auch die Scheinwiderstandsmessungen bestätigen. Bei den angegebenen Frequenzänderungen bleibt die ausgestrahlte Feldstärke bei konstanter Eingangsleistung unverändert. Die ausgeflogenen Strahlungsdiagramme stimmen mit den berechneten genau überein.

Die Konstruktion der Antenne ist nicht ganz einfach, vor allem da sie gegen Witterungseinflüsse abgedichtet werden muss. Sie kommt daher hauptsächlich dann in Frage, wenn besonders scharfe Anforderungen an die Polarisation gestellt werden.