

Verwendung von dicken Antennen, insbesondere

Reusen im KW- und UKW-Gebiet.

P. Kotowski und E. Schüttlöffel, Berlin.

Will man eine Antenne breitbandig bauen, so kann man das auf verschiedenen Wegen tun. Der erste Weg ist die Kompensation der Widerstandsschwankung am Fusspunkt der Antenne durch die Vorschaltung elektrischer Kreise oder Stichleitungen, die einen entgegengesetzten Widerstandsgang haben. Diese Kompensation wird nur einfach in Bereichen, in denen der Widerstandsverlauf monoton ist. Der Fusspunktwiderstand einer Antenne zeigt in der komplexen Widerstandsebene einen Spiralverlauf, wobei der erste Durchgang durch die reelle Achse, die $\lambda/4$ Resonanz, etwa bei 30 bis 36 Ohm liegt, und der zweite Durchgang, die $\lambda/2$ Resonanz, bei den meisten Antennen bei mehr als 1000 Ohm stattfindet. Die Kompensation erstreckt sich meistens nur auf den Blindwiderstand und kann daher nur in Bereichen stattfinden, in denen der Wirkwiderstand verhältnismässig wenig schwankt.

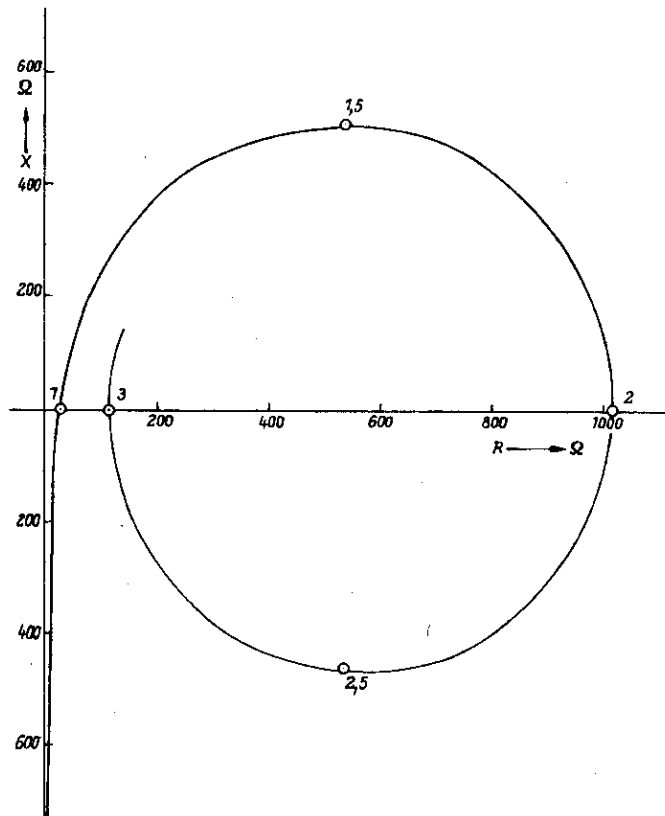


Abb. 1 Ortskurve einer dünnen Antenne.

In der Abb.1 kann also entweder ein Gebiet um den Punkt 1 herum oder um den Punkt 2 herum kompensiert werden. Ueblich ist die Kompensation um den Punkt 2. Sie kann sich äusserstenfalls vom Punkt 1,5 bis zum Punkt 2,5 erstrecken. Die Zahlen bedeuten Vielfache der tiefsten Resonanzfrequenz. Sie ergeben sich experimentell angenähert für dünne Antennen. Bei dicken Antennen wird die Frequenzskala wesentlich rascher durchlaufen, so dass das Verhältnis der Grenzfrequenzen einer kompensierten Antenne, die um den Punkt 2 herum kompensiert ist, nicht 1,5:2,5 gleich ungefähr 1:1,7 sondern höchstens etwa 1:1,4 ist. Ein grundsätzlich anderer Weg ist der in Abb.2 dargestellte der nicht kompensierten dicken Antenne.

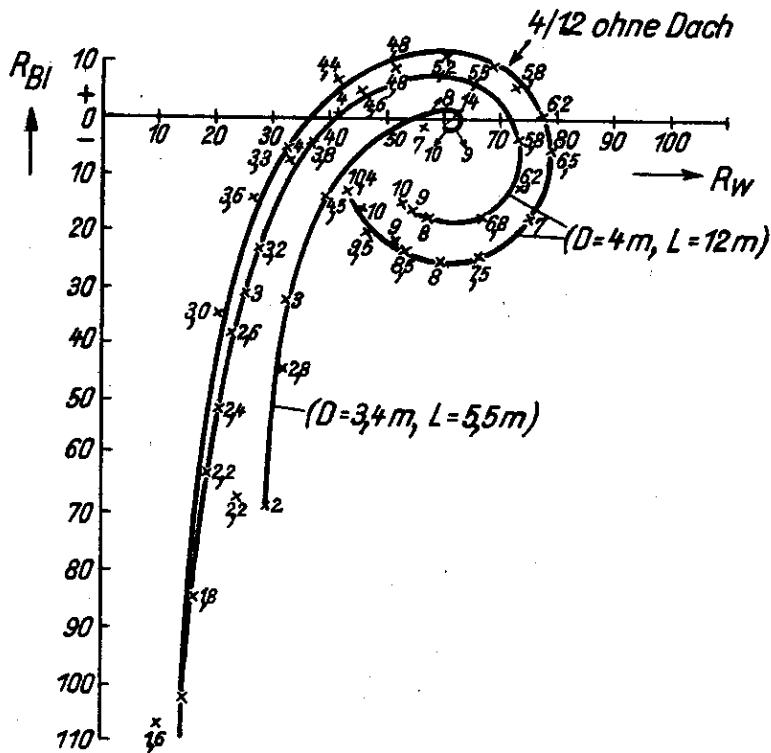


Abb.2 Fusspunktwidestände von Kurzwellenreusen mit und ohne Dach 4/12 und 3,4/5,5.

Dieser Weg, den wir zunächst bei Kurzwellenreusen gegangen waren, führt dann zum Ziel, wenn es gelingt, den Resonanzwiderstand bei der $\lambda/2$ -Resonanz so nahe an den Resonanzwiderstand der $\lambda/4$ -Resonanz von etwa 30 Ohm zu bringen, dass man mit geringen stehenden Wellen die Antenne bei jeder beliebigen Frequenz oberhalb ihrer $\lambda/4$ -Resonanz betreiben kann. Für Schwenkanlagen wurden

wurden derartige Reusen für Frequenzbereiche von 1:2,3 gebaut. Dabei handelt es sich um relativ grosse Abmessungen, da die Reusen im Kurzwellenbereich betrieben wurden. Die Reusen, deren Fusspunkt-widerstand in Abb.2 dargestellt ist, hatten z.B. Durchmesser von 3,4 bzw. 4 m und Längen von 5,5 bzw. 12 m.

Zur Erzielung eines niedrigen $\lambda/2$ -Widerstandes, d.h. auch zur Erzielung einer grossen Breitbandigkeit haben wir zwei Mittel benutzt : Das wichtigste ist die Verringerung des Schlankheitsgrades, d.h. des Verhältnisses von Länge/Durchmesser der Antenne. Gute Ergebnisse werden erst bei relativ kurzen, dicken Reusen erzielt, deren Schlankheitsgrad etwa 2 ist. Bei einer runden Reuse vom Schlankheitsgrad 3 ist, wie die Abb.2 zeigt, das Verhältnis des $\lambda/2$ zum $\lambda/4$ -Resonanzwiderstand $77/37 \approx 2$. Hier ist auch gezeigt, dass die Schwankung des Fusspunkt-widerstandes noch wesentlich verringert werden kann, wenn man die Reuse mit einem Schluckende versieht, d.h. mit einer Endkapazität in Form eines Daches, die über einen Wirkwiderstand mit dem Antennenende verbunden wird. Bei der Reuse vom Durchmesser 4 m und der Länge 12 m ist das Widerstandsverhältnis durch Einführung des Schluckendes von 2 auf 1,7 gefallen. Die Kurve für die Antenne ohne Schluckende ist mit 4/12 ohne Dach bezeichnet, die der Antenne mit Schluckende ist die ein wenig zusammengezogene mittlere Kurve. Bei geeigneter Dimensionierung bleibt der Wirkungsgrad trotzdem dauernd über 80 %. Dabei ist zu bedenken, dass auch die Reuse ohne Schluckende infolge ihrer Fehlanpassung und auch durch die Erhöhung der Kabeldämpfung durch stehende Wellen eine Verkleinerung des Wirkungsgrades ergeben würde. Die besten Reusen dieser Art mit Schlankheitsgraden unter 2 mit Kegelwinkeln von etwa 120° ergaben mit Schluckende Diagramme, wie sie in Abb.2 als innerste Kurve dargestellt sind. Die Widerstandsschwankung im Bereich einer Oktave von 7 ... 14 MHz ist hier kleiner als 10 %. Diese Reuse weicht im ganzen Frequenzbereich von 7 ... 14 MHz so wenig von 60 Ohm ab, dass sie praktisch einen reflektionsfreien Abschluss eines 60 Ohm-Kabels bildet. Man kann auf diese Weise den ganzen ersten Umlauf der Widerstandsspirale ausnutzen. Es ist jedoch nicht erforderlich, sich auf den ersten Umlauf der Widerstandsspirale zu beschränken, sofern man die Richtwirkung in Kauf nimmt, die jeder gerade Leiter hat, sobald er ausreichend

lang wird. In Abb.3 sind die Eigenschaften einer solchen langen Schrägreuse mit Schluckende dargestellt, die als etwa 4 m breiter und 100 m langer Läufer aus Draht ausgebildet war.

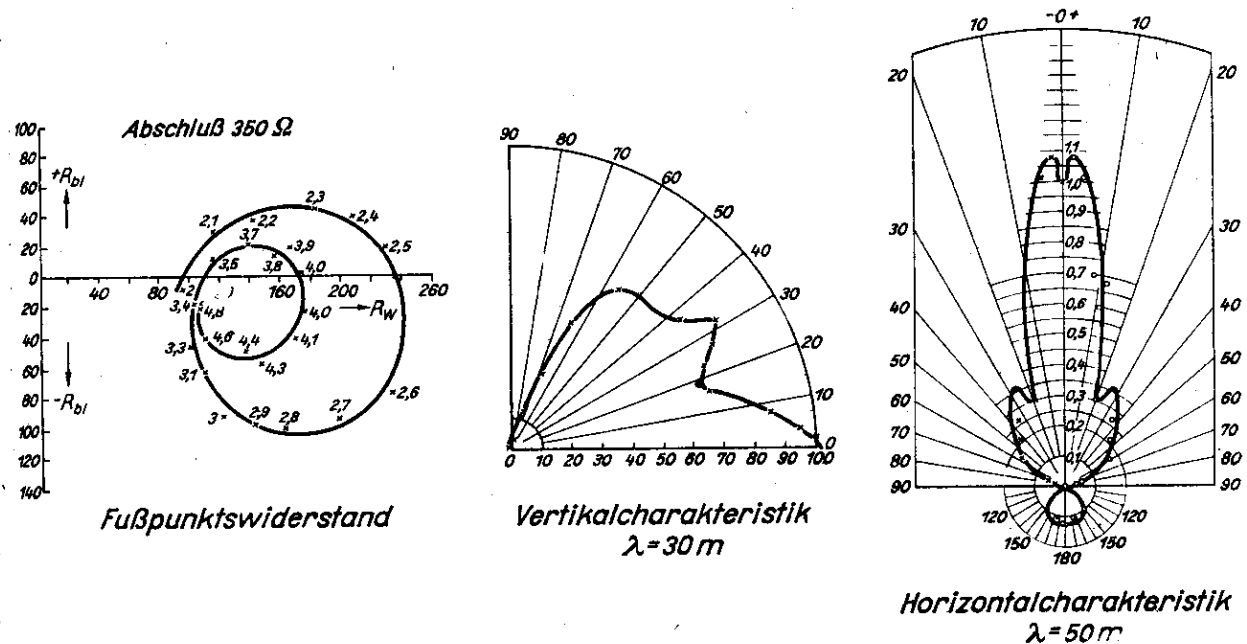


Abb.3 Einmastbreitbandantenne.

Diese aperiodische Richtantenne hat den Vorzug, nur einen Mast zu brauchen und Richtwirkungen zu ergeben, die fast an die der Rhomben heranreichen. Das Horizontaldiagramm macht bei relativ langen Wellen die grössten Schwierigkeiten. Wie man in Abb.3 sieht, ist aber schon bei 50 m eine relativ gute Bündelung erreicht. Das in der Mitte dargestellte Vertikal-Diagramm zeigt, dass im ganzen Bereich der Winkel, die für die Kurzwellenstrahlung in Frage kommen, nämlich zwischen 5° und 40° ausreichende Energieanteile zur Verfügung stehen. Das Diagramm des Fusspunktwidestandes ist leider nur bis 5 MHz gemessen worden und zeigt die erwartete Aufrollung zu einer immer enger werdenden Spirale.

Bei der Uebertragung der Ergebnisse in das UKW-Gebiet stellten wir uns die Aufgabe, von der runden aus Drähten hergestellten Reuse zu Blechformen überzugehen, die bei kleinen Abmessungen leichter herstellbar sind. Es wurde daher zunächst der

Widerstand bei der $\lambda/2$ -Resonanz und bei der $\lambda/4$ -Resonanz als Funktion des Schlankheitsgrades von Blechstreifen untersucht. Die Ergebnisse sind in Abb.4 als Kurven $\lambda/2$ bzw. $\lambda/4$ dargestellt.

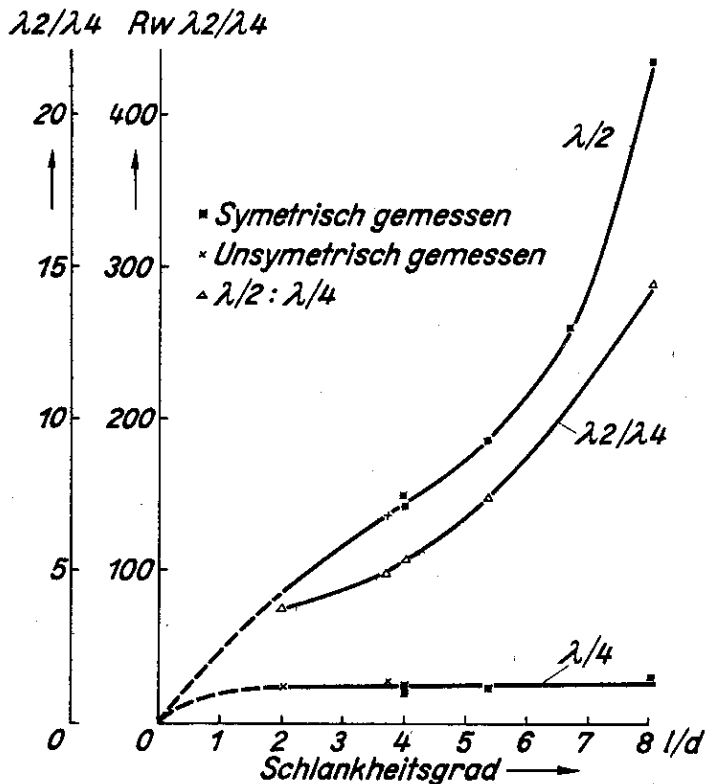


Abb.4 Bandantenne
Wirkwiderstand $\lambda/2$ und $\lambda/4$ in Abhängigkeit vom Schlankheitsgrad.

Wie man sieht, erreicht man auch hier bei geringen Schlankheitsgraden geringe Widerstandsschwankungen. Der Widerstand bei der $\lambda/4$ -Resonanz fällt nämlich mit fallendem Schlankheitsgrad nur langsam. Dagegen fällt der Widerstand bei der $\lambda/2$ -Resonanz sehr rasch. Das Verhältnis der beiden Widerstände, als Kurve λ_2/λ_4 bezeichnet, ein unter gewissen Annahmen brauchbares Maß für die Breitbandigkeit, fällt rasch bis zum Schlankheitsgrad 2-3 auf Werte von etwa 4. Es muss dabei betont werden, dass sich dieses Diagramm nur auf Blechstreifen bezieht, die unter 120° angespitzt waren. Bei runden Reusen oder Blechkörpern mit T- oder U-Profil wird dieses Verhältnis noch günstiger bis zu Werten von etwa 2 ohne Schluckende. In der Abb.5 ist die sogenannte Verlängerung dargestellt, d.h. das Verhältnis $100 \cdot \frac{l_e - l_A}{l_A}$ in %, wobei l_e und l_A die elektrische bzw. die mechanische Länge des Dipols sind.

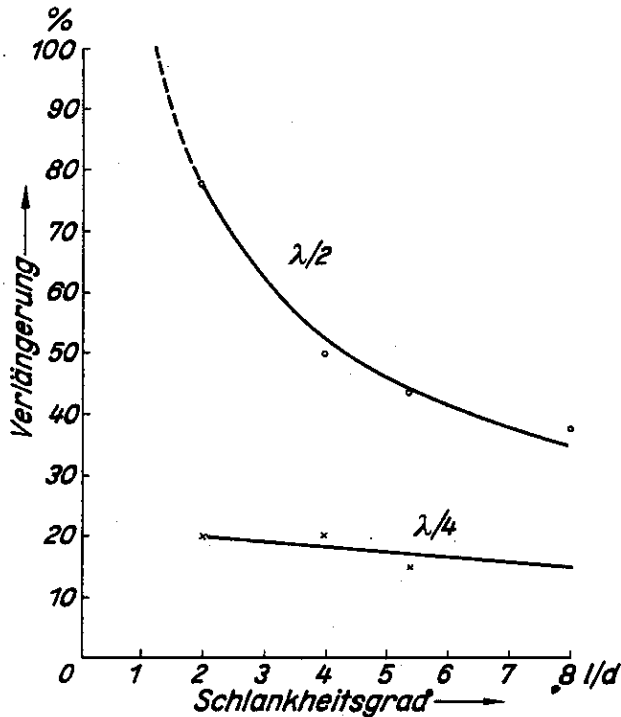


Abb. 5

Bandantenne

elektrische Verlängerung in % gegenüber der mechanischen Länge in Abhängigkeit vom Schlankheitsgrad.

Wie sich aus Abb. 5 ergibt, ist die mechanische Länge bei der $\lambda/2$ -Resonanz relativ kürzer zur elektrischen als bei der $\lambda/4$ -Resonanz. Die Frequenzskala wird also bei dicken Antennen schneller durchlaufen als bei dünnen Antennen. Dieser Effekt verringert etwas die Brauchbarkeit der dicken Reusen bzw. Blechstreifen. Die besten Ergebnisse erhält man durch Anwendung von T- oder U-Profilen, bei denen man etwa die Ergebnisse der Kurzwellenreusen wiederfindet. Der Reflektoreinfluss ist solange erträglich als der Reflektor als ausreichend grosse Wand ausgebildet ist und mindestens $\lambda/4$ vom Dipol entfernt ist.

In der Abb. 6 ist gezeigt, wie die Widerstandscharakteristik sich verschlechtert, wenn dieser minimale Abstand unterschritten wird.

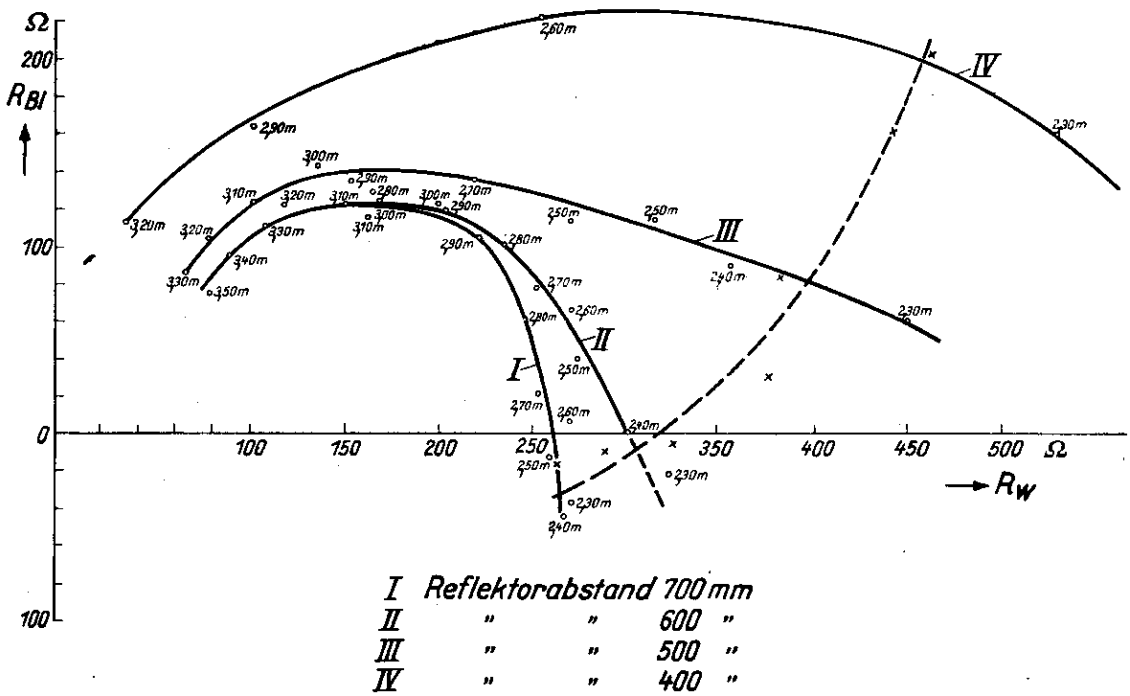


Abb.6 Bandantenne 800 x 200 mm
 Fusspunktwiderstände in Abhängigkeit
 vom Reflektorabstand.

Je näher die Antenne an den Reflektor heranrückt, um so geringer wird ihr Strahlungswiderstand. Damit wird sie zu einem immer weniger gedämpften Schwingungskreis. Mit sinkender Entfernung vom Reflektor sinkt also auch der Frequenzbereich, in dem eine Antenne brauchbar ist. Dabei hat es wenig Sinn, den Abstand $\lambda/4$ erheblich zu überschreiten, wie die Abb.6 zeigt, da die Kurve 1 mit einem Reflektorabstand von $0,27 \lambda$ nicht wesentlich besser ist als die Kurve 2 mit einem Reflektorabstand von $0,23 \lambda_0$. Dagegen ist die Kurve 3 mit einem Reflektorabstand von etwa $0,2 \lambda_0$ schon merklich schlechter. Diese Verhältnisse werden bei Antennen mit Schluckende wesentlich anders. Die gestrichelte Kurve ist eine Kurve gleicher Frequenz, die anzeigt, dass auch Blindwiderstände vom Abstand der Reflektorwand abhängen.

Es ist anzunehmen, dass durch systematische Uebertragung der Kurzwellenergebnisse auf die UKW-Antennen auch hier ähnlich kleine Widerstandsschwankungen von etwa $\pm 10 \%$ im Bereich von mehr als einer Oktave erzielt werden können, wobei

wobei allerdings eine Wirkungsgradverringering durch Schluckwiderstände in Kauf genommen werden muss. Ohne Schluckende können die Antennen in kleineren Frequenzbereichen oder mit geringeren Qualitätsanforderungen betrieben werden. Häufig können besondere Vorteile durch unmittelbaren Anschluss der Antenne an ein Kabel erzielt werden.