

ENERGIETRANSPORT IM NAHFELD VON RICHTANTENNEN

Friedrich Landstorfer

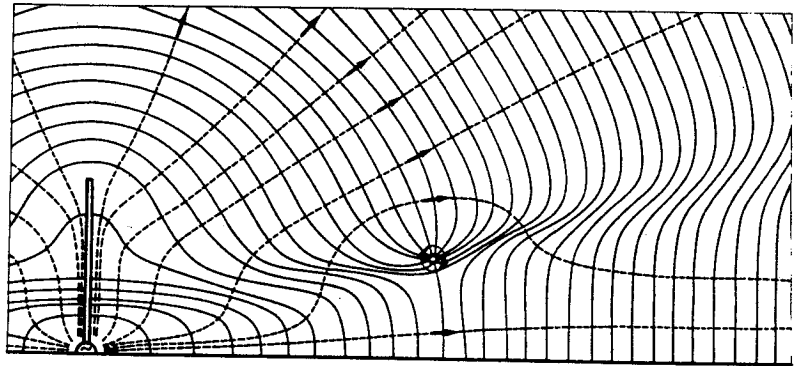
Technische Universität München

Die grundsätzlichen Merkmale der Energiewanderung in elektromagnetischen Wellenfeldern sind im voranstehenden Aufsatz behandelt. Im folgenden sollen die dort aufgezeigten Zusammenhänge auf eine Gruppe neuartiger Richtantennen angewendet werden.

Bild 1 zeigt einen Schnitt durch das rotationssymmetrische Nahfeld eines geradlinigen Monopols der Länge $3\lambda_0/4$ (λ_0 : Wellen-

Bild 1

Phasen- und
Energieströmungs-
linien
eines $3\lambda_0/4$ -
Monopols

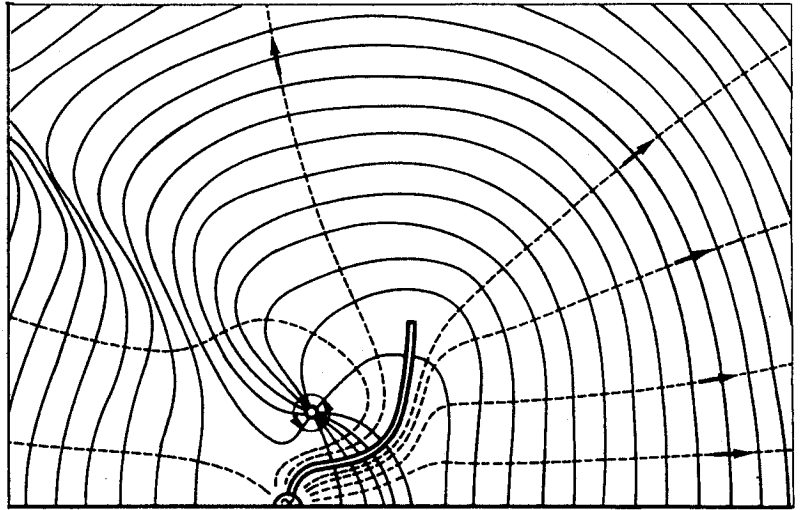


länge). Die Strahlung dieser Antenne ist im Fernfeld, parallel zur leitenden Grundebene, gegenüber einem mit gleicher Leistung gespeisten Viertelwellen-Monopol reduziert. Im Nahfeld äußert sich dies in einer Phasenstauzone, die in größerem Abstand in eine singuläre Stelle, einen Phasenstern, übergeht. Im vorliegenden Fall sind die Flußlinien der zeitgemittelten Energieströmung streng orthogonal zu den Phasenlinien. Damit wird - energetisch betrachtet - aus dem Phasenstern ein Energiewirbel, dessen Achse räumlich einen Kreis mit dem Antennenstab als Mittelpunkt beschreibt. Um die Wirbelachse herum besteht ein Bereich rotierender Energie, den die vom Speisepunkt ausgehende Energie auf Umwegen umströmt. Die hieraus folgende Verdünnung der Strahlungsdichte in Richtung der leitenden Ebene und die Konzentration in einer anderen Raumrichtung sind in Bild 1 deutlich zu erkennen.

Aus Bild 1 folgt auch unmittelbar die Grundidee, um die beschriebene Antenne bezüglich ihrer Richtwirkung entscheidend zu verbessern. Eine Konzentration der Energieströmung längs der Grundebene ist dann zu bewirken, wenn es gelingt, die Phasenfronten zu begradigen. Dies wiederum kann man durch entsprechendes Verbiegen des Monopols in Richtung der gewünschten Hauptstrahlung erreichen. Für die vorgegebene Länge von $3\lambda_0/4$ wurde unter der Voraussetzung einer sinusförmigen Strombelegung die optimale Form der Antenne für maximale Richtwirkung berechnet. Sie in Bild 2

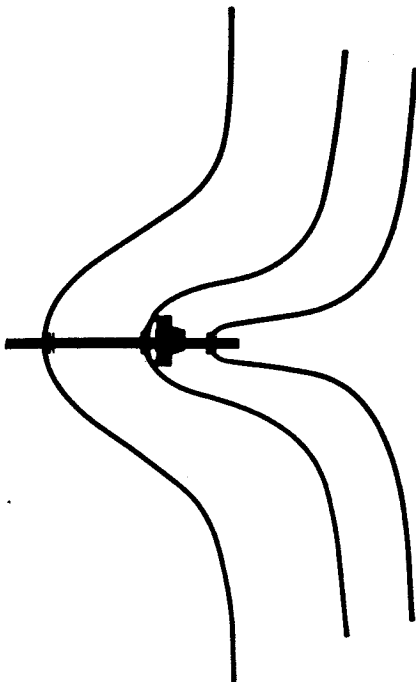
Bild 2

Optimale Form einer
3-Viertelwellen-An-
tenne und genäherte
Phasen- und Ener-
giestromlinien des
Nahfeldes



zusammen mit dem für die E-Ebene näherungsweise berechneten Nahfeld dargestellt /1, 2/. Gegenüber dem geradlinigen Monopol von Bild 1 hat sich der Richtfaktor durch die neue Formgebung um etwa 6 dB auf 7,8 dB (bezogen auf den isotropen Halbkugelstrahler) erhöht. Aus Bild 2 erkennt man auch die wesentliche Verbesserung des Phasenverlaufs und die damit bewirkte Konzentration der Energieströmung in der Hauptstrahlrichtung. Bei der Darstellung der Energiestromlinien wurde, wie auch in den Bildern 6 und 8, von der näherungsweisen Orthogonalität von Phasen- und Energiestromlinien ausgegangen.

Die guten Richteigenschaften der optimierten Antennenform von Bild 2 wurden bei der Konstruktion einer Yagi-Antenne neuer Art nach Bild 3 ausgenutzt. Der gespeiste Mittelstrahler geht aus der in Bild 2 gezeigten Form durch symmetrische Ergänzung hervor. Die Gestaltung des Reflektors und des Direktors erfolgte empirisch, wobei sich eine annähernd konstante Verkopplung, d.h. konstanter

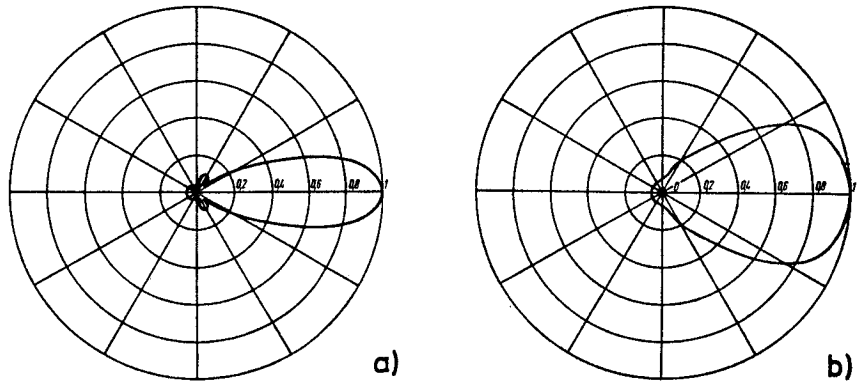
Bild 3

Aus der optimierten Form
von Bild 2 abgeleitete
neuartige Yagi-Antenne

Abstand zwischen den einzelnen Strahlerelementen als günstig erwies. Die Strahlungsdiagramme des Yagis nach Bild 3 sind in Bild 4 zusammengestellt. Mit einem Richtfaktor von ca. 11,5 dB, einem

Bild 4

Strahlungsdiagramme der Yagi-Antenne nach Bild 3
a) E-Ebene
b) H-Ebene



Vor-Rück-Verhältnis von 26 dB und einer Nebenzipfelunterdrückung von 20 dB erreicht diese Antenne Eigenschaften, die sonst nur mit wesentlich größeren Yagi-Antennen erzielbar sind. Gegenüber letzteren ist allerdings die Antenne nach Bild 3 schmalbandiger.

Eine konsequente Erweiterung der zweidimensionalen Struktur von Bild 2 stellt die dreidimensionale Antenne nach Bild 5, bestehend aus einem symmetrischen Leiterpaar dar. Jeder Leiter mißt vom Speisepunkt zum Ende gerechnet $3\lambda_0/4$. Auch die Form dieser Antenne wurde bezüglich ihres Richtfaktors mit einem Rechnerprogramm

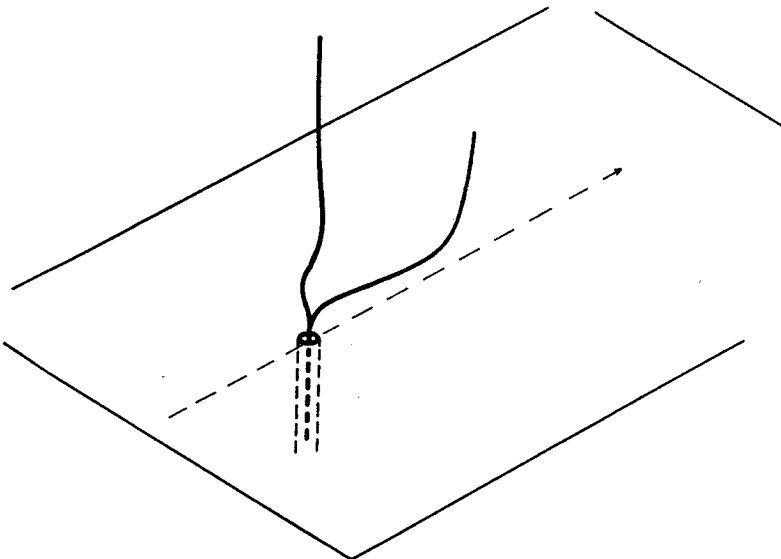


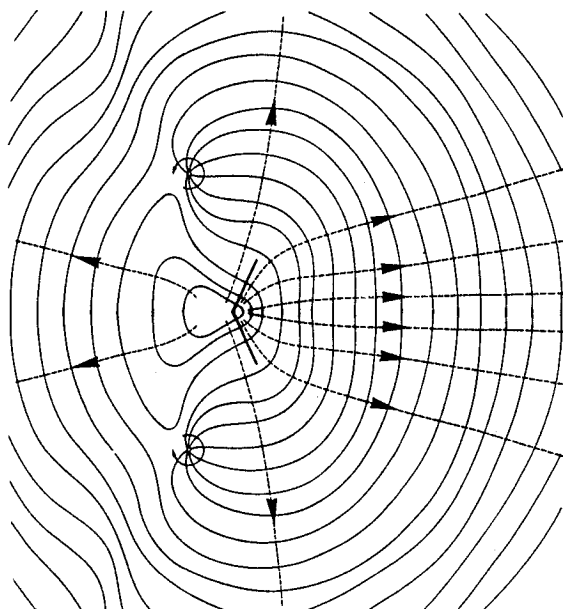
Bild 5

Dreidimensionale optimierte 3-Viertelwellen-Antenne

optimiert. Es wird ein Richtfaktor $D \approx 10,4$ dB erreicht. Gemessene Linien konstanter Phase des E-Feldes und genäherte Energieströmungslinien entlang der leitenden Grundfläche dieser Antennenanordnung finden sich in Bild 6. Durch die V-förmige Struktur der

Bild 6

Gemessene Phasen- und genäherte Energiestromlinien der Antenne nach Bild 5



Leiter entstehen in der Hauptstrahlungsrichtung z.T. konkave Phasenfronten, die - ähnlich der Wirkung dielektrischer Linsen - eine Konzentration des Energieflusses in der Hauptstrahlungsrichtung bewirken. Die Rückwärtsstrahlung wird z.T. durch die in Bild 6 mit ihrem Drehsinn markierten Wirbel - (Strudel-) Gebiete bestimmt.

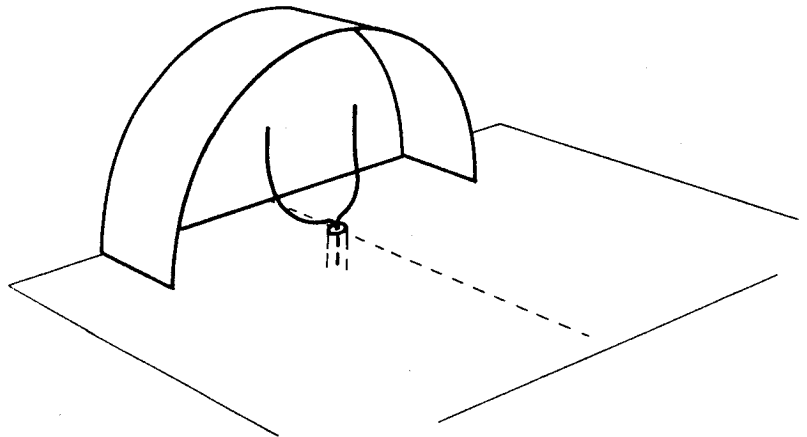
Die Ergänzung der optimierten Antenne nach Bild 5 durch einen Reflektor und Direktor, die wiederum empirisch mit dem Ziel maximaler Richtwirkung optimiert wurden, ergibt eine neuartige Yagi-Struktur. Der Richtfaktor dieser Antenne wurde meßtechnisch zu $D \approx 13,6$ dB bestimmt.

Eine interessante Konfiguration stellt die Kombination der Antenne nach Bild 5 mit einem flächenhaften, kreisförmigen Reflektor mit Kragen dar. Bild 7 zeigt diese Anordnung in unsymmetrischer Ausführung, wie sie für die Messungen verwendet wurde. Der gespeiste Strahler ist nach Bild 7 so orientiert, daß seine Hauptstrahlungsrichtung auf den Reflektor weist. Der Richtfaktor dieser Antenne beträgt $D \approx 15,5$ dB. Die meßtechnisch bestimmten Phasenlinien der elektrischen Feldstärke längs der Grundebene in Bild 7 sind in Bild 8 zusammen mit genäherten Energieströmungslinien dargestellt. Der Hauptteil der aus dem Speisepunkt austretenden Energie wird zunächst zwischen der Antennenstruktur und den Reflektorwänden geführt. Durch die leicht konkaven Phasenfronten zusammen mit den eingezeichneten Wirbelgebieten entsteht wiederum eine deutliche Energiekonzentration in der Hauptstrahlungsrichtung. Energieströmungen senkrecht zur leitenden Grundebene können bei derartigen Messungen natürlich nicht erfaßt werden. Ihr energetischer Anteil dürfte je-

doch gering sein.

Bild 7

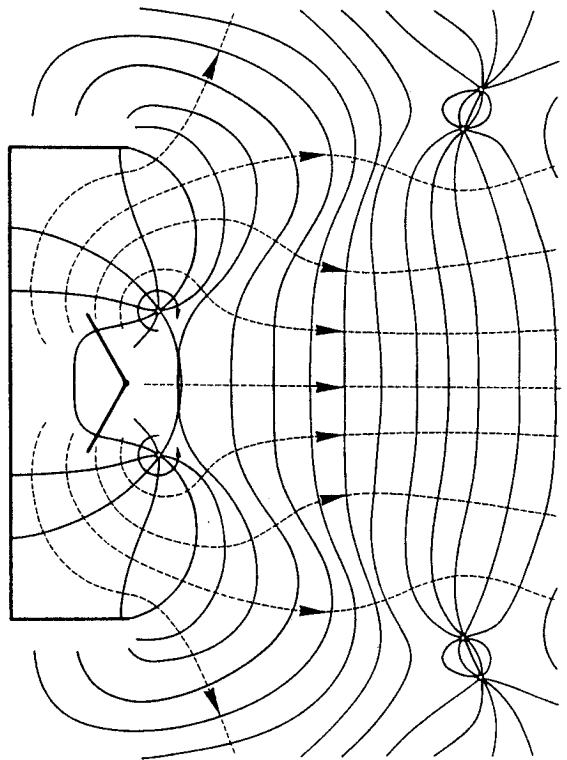
Optimierter Strahler
nach Bild 5 mit Re-
flektor



Ein besonderer Vorzug der in Bild 7 gewählten Anordnung besteht darin, daß sich das Phasenzentrum der gespeisten Antenne mit wachsender Frequenz auf den Reflektor zu bewegt. Daraus resultiert eine relativ geringe Frequenzabhängigkeit des Richtfaktors dieser Antenne. Erste Messungen bestätigen diesen Sachverhalt. Genauere Angaben werden zum Zeitpunkt der Tagung zur Verfügung stehen.

Bild 8

Gemessene Phasen- und ge-
näherete Energiestromlinien
der Antennenanordnung nach
Bild 7



Schrifttum

- /1/ Landstofer, F.: Neue Wege zur Optimierung des Empfangs. Kleinheubacher Berichte 19 (1976), S. 95 - 105.
- /2/ Landstorfer, F.: Zur optimalen Form von Linearantennen. Frequenz (1976), im Druck.