

Ergänzung zum Beitrag „Abstrahlwinkel“ in FA 1/09, S. 30 ff.

Ergänzend zu den Bildern 20 bis 25 im Beitrag folgen hier noch die Bilder 26 und 27 für eine Grundplane-Antenne mit 2 m Fußpunkthöhe, die entlang des Geländereiefs hangabwärts verschoben wird. Zur Lage des Geländereiefs vgl. Bilder 18 und 19 im Beitrag auf S. 33.

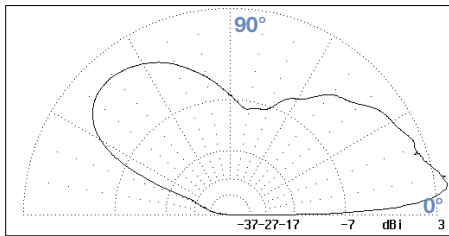


Bild 26: Vertikales Strahlungsdiagramm einer Grundplane-Antenne, Fußpunkt $h = 2$ m, im Abstand $d = 400$ m vom Rampenbeginn an hangabwärts; Maximum bei 9°

■ Anhang: Interferenzen – konstruktiv und destruktiv

Die resultierende Amplitude von zwei sich überlagernden sinusförmigen Schwingungen ergibt sich aus deren phasengerechter Addition. Ist die Phasenverschiebung null,

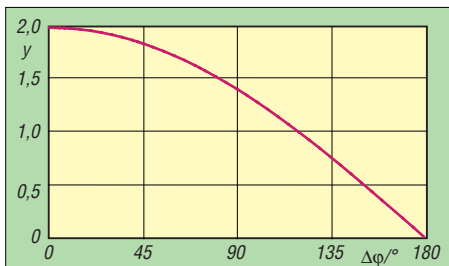


Bild A-1: Resultierende Amplitude von zwei Sinusschwingungen gleicher Amplitude und gleicher Frequenz in Abhängigkeit von ihrer Phasenverschiebung $\Delta\varphi$

so wird bei gleichen Teilamplituden die resultierende Amplitude doppelt so groß. Bei einer Phasenverschiebung von 180° löschen sich die Amplituden gegenseitig aus. Innerhalb diesen beiden Winkeln verläuft das Maximum dieser Summierung entsprechend Bild A-1.

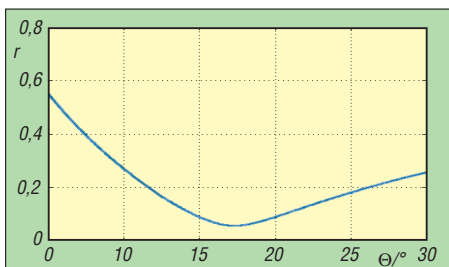


Bild A-2: Reflexionskoeffizient r in Abhängigkeit des Abstrahlwinkels θ für den betrachteten Fall der Marconi-Antenne

Eine konstruktive, also verstärkende Interferenz, tritt bei Phasenverschiebungen zwischen 0° und 120° auf. Destruktive, somit Amplituden abschwächende Interferenzen, zwischen 120° und 180° . Während in den Elevationsdiagrammen der Antennen die konstruktive Interferenz den Fak-

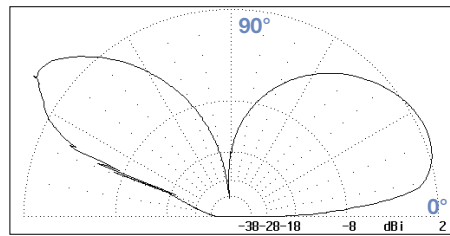


Bild 27: Vertikales Strahlungsdiagramm einer Grundplane-Antenne, Fußpunkt $h = 2$ m, im Abstand $d = 500$ m vom Rampenbeginn an hangabwärts; Maximum bei 25°

tor 2 nicht übersteigt (weil bei ebenem Erdboden nur zwei Teilamplituden interferieren – der direkte und der reflektierte Strahl), kann die destruktive Interferenz die totale Amplitude komplett auslöschen. Ein kleiner Amplitudengewinn durch konstruktive Interferenz muss so unter Umständen mit ausgeprägten Signalabschwächungen bezahlt werden.

Durch Drehen der Antenne können Interferenzlöcher im Azimutwinkel (die bei Richtstrahlern ja erwünscht sind) ausgeglichen werden. Im vertikalen Abstrahlungsdiagramm wird den Interferenzlöchern aber oft zu wenig Beachtung geschenkt.

Am Beispiel einer senkrecht auf dem Erdboden stehenden Viertelwellen-Vertikalantenne (Marconi-Antenne) soll die Wirkung dieser Interferenz auf die vertikale Abstrahlung verdeutlicht werden. Der Untergrund um die Antenne sei eben. Ein elektrisch perfekter Untergrund wird mit einem elektrisch realen Untergrund der Leitfähigkeit $\sigma = 0,002$ S/m und der Dielektrizitätszahl $\epsilon_r = 10$ verglichen. Die Frequenz beträgt 14 MHz. Bild A-4 zeigt die vertikale Abstrahlung dieser Antenne über elektrisch perfektem

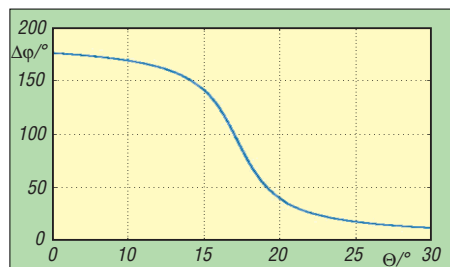


Bild A-3: Phasenverschiebung $\Delta\varphi$ in Abhängigkeit des Abstrahlwinkels θ für den betrachteten Fall der Marconi-Antenne

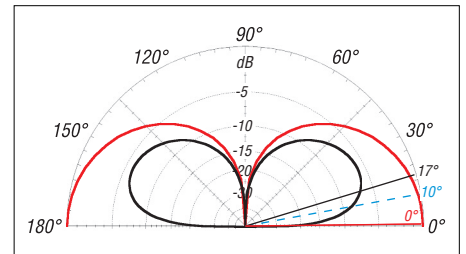


Bild A-4: Vertikales Strahlungsdiagramm einer Marconi-Antenne über elektrisch perfektem (rot, Brewster-Winkel 0°) bzw. über realem Grund mit $\sigma = 0,002$ S/m und $\epsilon_r = 10$ (Brewster-Winkel 17°); zu dem bei 10° gestrichelt eingezeichneten Abstrahlwinkel siehe Text. Berechnung mit EZNEC, MiniNEC-Grund.

sowie über realem Untergrund. Beide Diagramme ergeben sich aus einer Überlagerung eines direkten und eines am Erdboden reflektierten Strahls (Spiegelung der Antenne am Boden).

Bild A-2 zeigt die dazugehörigen Reflexionskoeffizienten. Der Brewster-Winkel für diesen realen Grund liegt bei $17,3^\circ$, die Phasenverschiebung gemäß Bild A-3 bei $\Delta\varphi = 90^\circ$. Der Reflexionskoeffizient unter diesem Winkel beträgt $r = 0,06$. Die reflektierte Welle hat demnach nur wenig Einfluss auf das vertikale Strahlungsdiagramm. Wesentlich ungünstiger sähe es für einen Abstrahlwinkel $\theta = 10^\circ$ (in Bild A-4 gestrichelt eingezeichnet), d. h. unter-

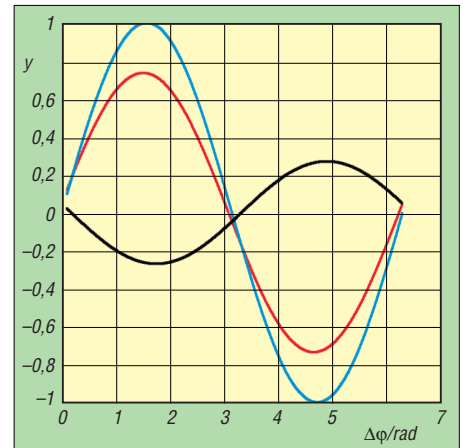


Bild A-5: Überlagerung von direktem Strahl (blau) und reflektiertem Strahl (schwarz) zum resultierenden Strahl (rot)

halb des Brewster-Winkels, aus. Die Phasenverschiebung des reflektierten Strahls liegt hier bei $\Delta\varphi = 170^\circ$, der Reflexionskoeffizient beträgt $r = 0,27$. Die Superposition des direkten und des unter diesem Winkel reflektierten Strahls beträgt im Maximum 0,73 (Bild A-5).

Bei der Antenne mit perfekt leitendem Erdboden erreicht die Überlagerung bei $\theta = 10^\circ$ Elevation den Summenwert von $y = 1,45$. Der durch Interferenz herrührende Unterschied beträgt demnach 6 dB ($20 \log 1,45/0,73$). Das mit EZNEC gerechnete Bild A-4 zeigt eine Differenz bei $\theta = 10^\circ$ von 8,5 dB. Die Frage muss hier allerdings offen bleiben, wie dieser Unterschied von 2,5 dB zu Stande kommt.