

Der 13-m-Dipol

Eine kompromißlose, breitbandige Richtantenne

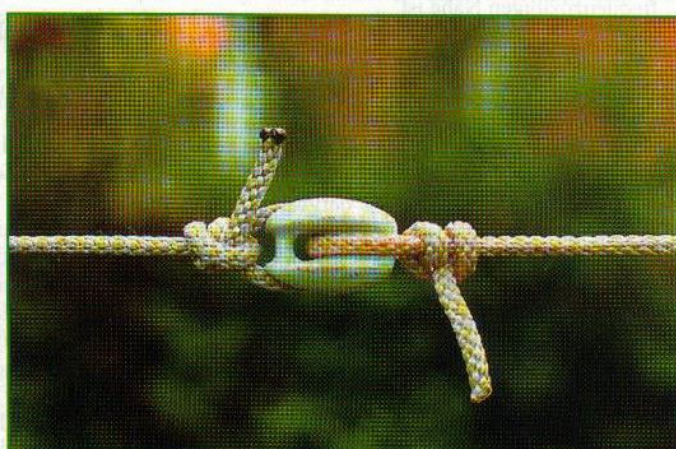
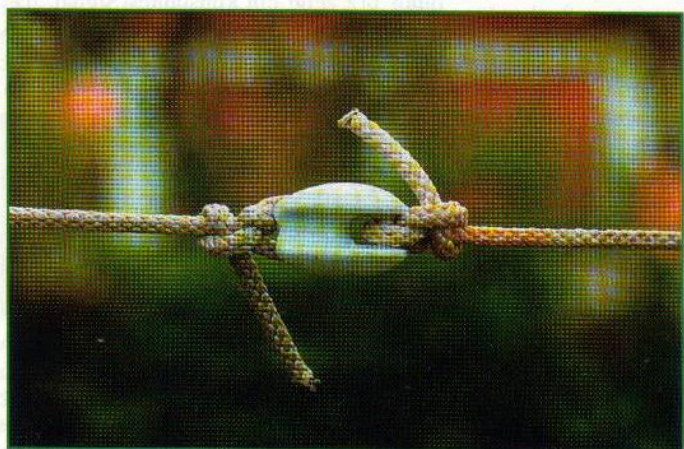
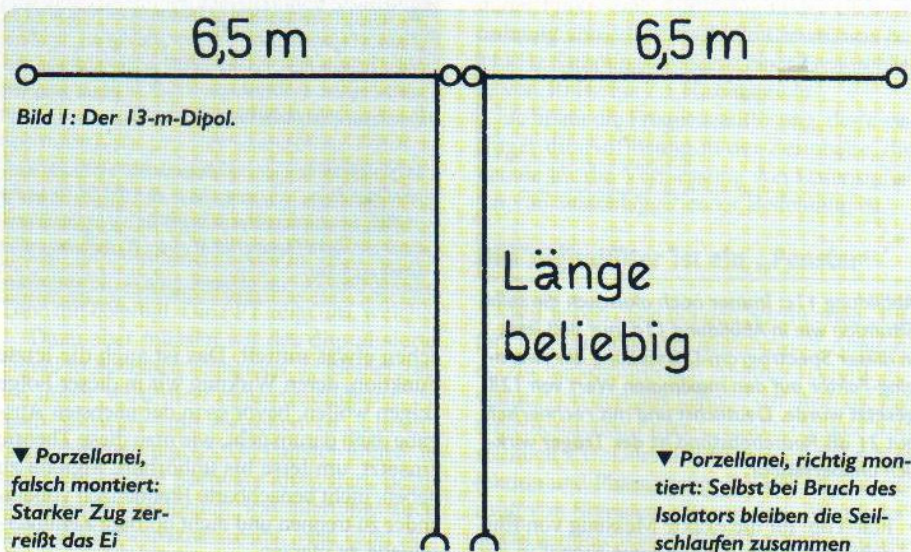
Schon seit langem bemüht man sich in der Funktechnik um breitbandige Richtantennen. Es gibt frappierend gute Lösungen dafür, zum Beispiel die logarithmisch-periodische Dipolantenne. Es gibt leider auch ganz miserable Lösungen, bei denen die kostbare HF-Energie in Widerständen verbraten wird, nur um Breitbandigkeit zu erzielen. Hier soll eine breitbandige Richtantenne vorgestellt werden, die alle eingespeiste Energie auch wieder abstrahlt, wenn wir von den unvermeidlichen Verlusten in den Antennenleitern absehen.

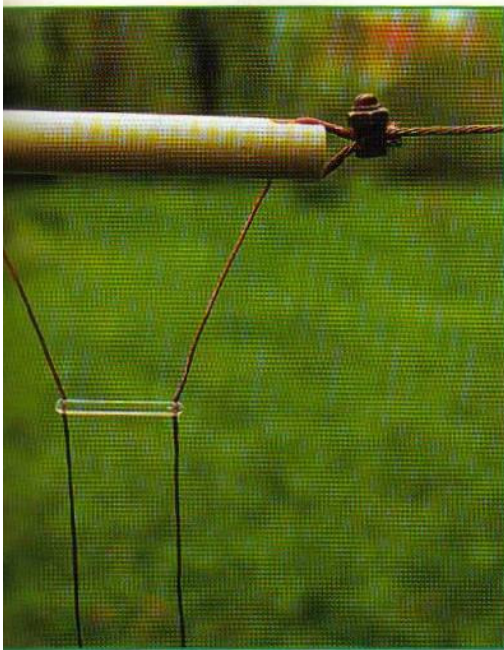
Die logarithmisch-periodische Dipolantenne hat alle guten Eigenschaften in sich, leider ist sie ziemlich groß, und sie war auch recht schwer, bis man bei Rohde & Schwarz auf die Idee kam, für die strahlenden Dipolelemente Bronzelitze zu verwenden. Titanex setzte noch eins obendrauf und baute die Logperiodic mit superleichten Rohren aus Titanlegierung. Damit ist zwar das Gewicht, aber bedauerlicherweise nicht der Preis kleinzukriegen. Die übelste Art, eine Antenne breitbandig zu machen, ist es, den Speisepunkt der Antenne mit einem Widerstand zu belasten. Damit wird die Welligkeit auf dem Kabel heruntergeknüppelt, sie ist dann immer nahe 1:1. Der Wirkungsgrad geht bis auf 10 % oder manchmal noch weniger zurück. So etwas kann man beim besten Willen nicht mehr als gängige Lösung bezeichnen; das ist höchstens ein Notbehelf für Dum-

me, die einen Antennenkoppler nicht bedienen können.

Eine Mittelstellung nehmen die Antennen ein, in denen der hochfrequente Strom erst eine beträchtliche Strecke im Draht zurücklegt und dabei abstrahlt, bis er in einem Schluckwiderstand verschwindet. Zu dieser Klasse gehört die TFD-Antenne, der „Terminated Folded Dipole“, und auch die neue D2T-Antenne von Giovannini/WiMo. In dieser durchfließt der Strom erst den Strahler und darauf den Direktor, bis er sich im Absorptionswiderstand verabschiedet. Königin dieser Klasse ist die ebenfalls mit einem Widerstand abgeschlossene Rhombusantenne.

Wir wollen im Gegensatz zu all diesen Antennen eine Antenne ohne Energie schluckenden Widerstand vorstellen. Darüber hinaus soll diese Antenne einfach und damit konkurrenzlos billig sein. Und sie soll ohne Schwierigkeiten nachzubauen sein. Trotzdem soll sie vom 80-m-Band bis zum 10-m-Band als Richtantenne die Energie bündeln und diese nicht als Rundstrahlantenne gleichmäßig in alle Richtungen verkleckern. Die Lösung ist





Mitte des 13-m-Dipols, Speiseleitung, Isolator und Antennendraht mit Kupferklemme.



Hartgezogener Kupferdraht, hält hohem Zug stand und längt nicht.

einfach; aber in dieser Einfachheit und Preiswürdigkeit liegt eben gerade das Raffinierte.

Diese breitbandige Richtantenne ist nichts anderes als ein Dipol mit einer Schenkellänge von 6,50 m. Das heißt: Der Dipol hat eine Spannweite von 13 Metern (Bild 1). Er ist damit auch kein Halbwellendipol. Auf allen Bändern von 3,5 MHz bis 27,9 MHz ist er kürzer oder länger als eine Halbwelle [1]. Wir verzichten ganz bewußt auf Resonanz. Die Antennentheorie lehrt nämlich, daß die Strahlung einer Antenne überhaupt nicht von der Resonanz beeinflusst wird. Spätestens hier wird sich der Unmut der Leser rühren, ich würde eine mehr als simple Antenne als Breitbandantenne und Richtantenne anpreisen wollen. Nun: Ich bin kein Antennenverkäufer, der durch Werbung seinen Umsatz zu erhöhen trachtet. Es wäre aber eine Unterlassungssünde, eine so gute Antenne der breiten Öffentlichkeit vorzuenthalten.

Zur Klärung der Wirkungsweise dieser Antenne ziehen wir die Stromverteilung heran. Der Strom fließt auf der Antenne in erster Näherung sinusförmig, es sei denn, die Antenne ist in Wanderwellen erregt, z.B. bei der Rhombus, der TFD und der D2T. Der 13 m spannen-

de Dipol ist in jedem Fall in Stehwellen erregt. An den Enden des Dipols fließt kein Strom mehr. Dort ist der Strom Null. Von Null ausgehend können wir die Stromstärke in Form einer Sinuskurve zeichnen, wobei wir den geradlinigen Draht als Achse oder Null-Linie verwenden. Auf diese Weise kommen die Diagramme der Stromverteilungen von 3,5 MHz bis 28 MHz zustande (Bild 2). Deutlich sehen wir: Die Stromverteilung auf beiden Ästen des Dipols ist spiegelbildlich gleich. Dies ist ein großes Plus für diese Antenne: Das elektromagnetische Feld baut sich zwischen den beiden Ästen des 13-m-Dipols auf. Deswegen braucht es dafür nicht die Mitwirkung der natürlichen Erde oder einer künstlichen Groundplane. Das Hin- und Herfluten des Nahfeldes spielt sich zwischen den Dipolästen ab. Der verlustbringende Erdboden wird dazu nicht benötigt. Verluste gibt es freilich auch hier. Wenn die horizontal polarisierte Wellenfront die Antenne bereits verlassen hat, wird sie schließlich von der Erde reflektiert. Die dabei auftretenden Verluste durch die Reflexion sind aber nicht zu vermeiden und treten bei jeder Antenne auf. Die Einkopplung von Bäumen, Büschen und Häusern in das elektromagnetische Feld des

Bild 2:
Die Stromverteilungen auf dem 13-m-Dipol.
3,5 MHz:

7 MHz:

10,1 MHz:

14 MHz:

18,1 MHz:

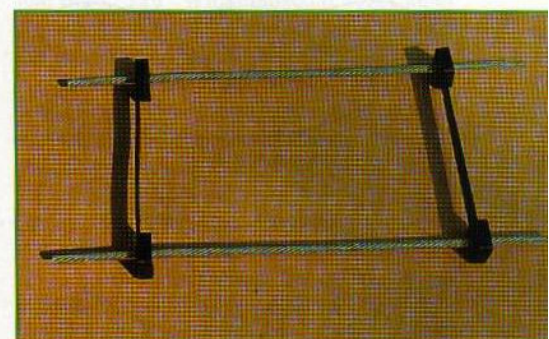
21 MHz:

24,9 MHz:

28 MHz:

horizontal aufgespannten 13-m-Dipols ist ebenfalls gering, was wir im dicht besiedelten Europa als weiteren Vorteil zu werten haben.

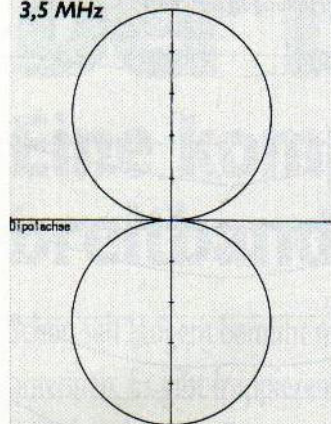
Auf 3,5 MHz und 7 MHz ist die Stromverteilung beinahe dreieckförmig, weil dort der Dipol recht kurz ist. Auf 10,1 und 14 MHz ist der Dipol nahezu ein Halbwellendipol, etwas zu kurz und etwas zu lang. Bei 18,1 MHz und 21 MHz nähert sich die Stromverteilung immer mehr einer doppelten, positiven Sinuskurve. Auf 24,9 MHz und 28 MHz ist der 13-m-Dipol bereits länger als zwei Halbwellen und bildet eine sogenannte „Extended Double Zepp“. Der Strom fließt dort zu einem geringen Teil in der Gegenrichtung, was wir uns nicht wünschen; denn dadurch entstehen Nebenkeulen, die der Hauptkeule Energie entziehen. Betrachten wir bei allen Abbildungen die



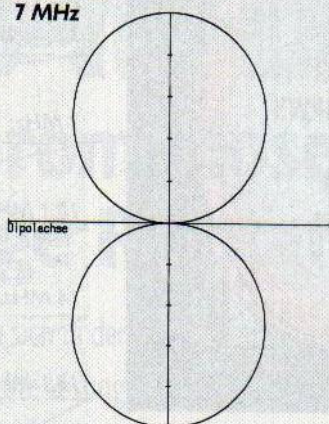
▲ Gut geeignet: Spreizisolatoren für die Hühnerleiter von GB HF Antennas & Towers.

◀ Ein Mittelisolator der Kilowatt-Klasse.

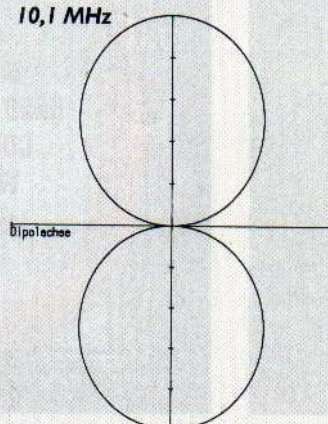
Bild 3: Die Abstrahlungsdiagramme des 13-m-Dipols
3,5 MHz



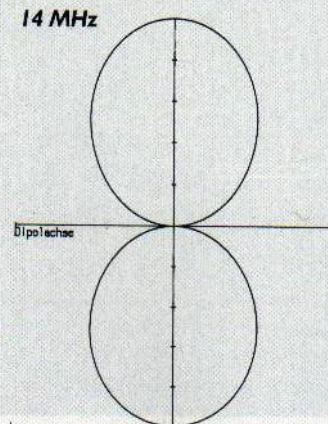
7 MHz



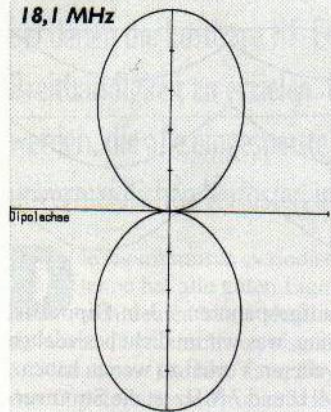
10,1 MHz



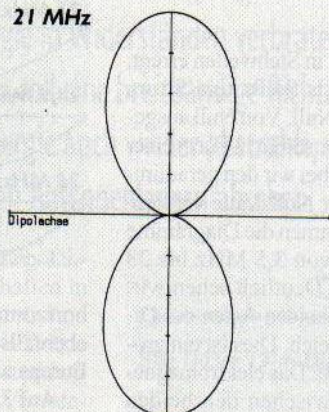
14 MHz



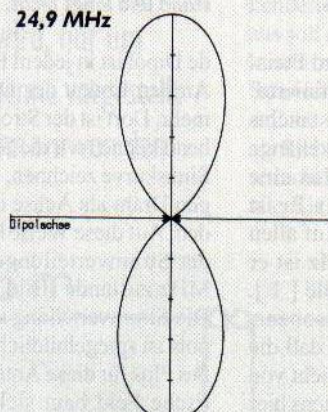
18,1 MHz



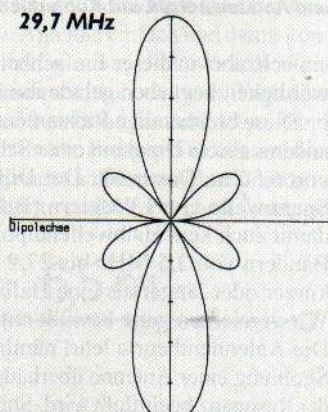
21 MHz



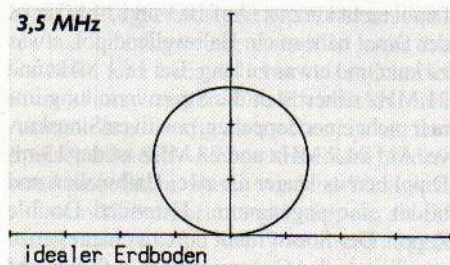
24,9 MHz



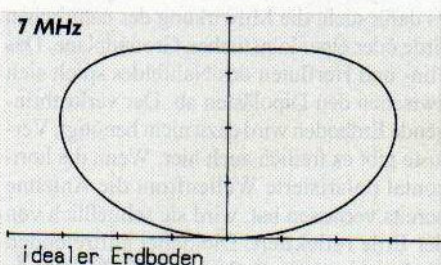
29,7 MHz



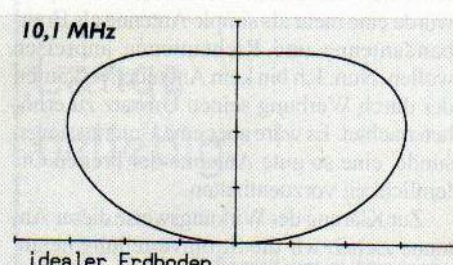
3,5 MHz



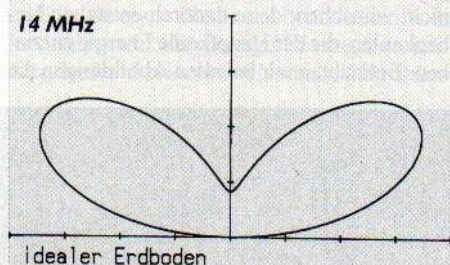
7 MHz



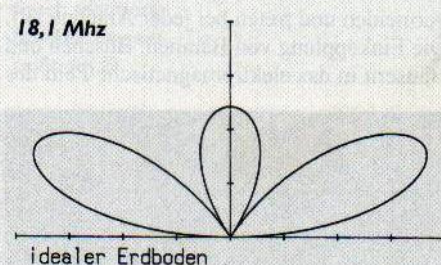
10,1 MHz



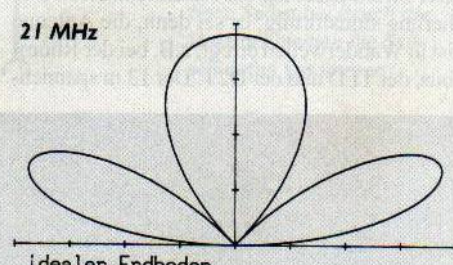
14 MHz



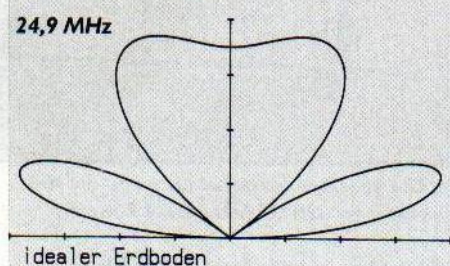
18,1 MHz



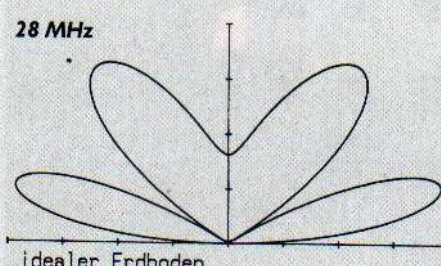
21 MHz



24,9 MHz



28 MHz



Die Reflexionsfaktoren einer horizontal polarisierten Antenne von 10 m Höhe über idealem Erdboden.

funk

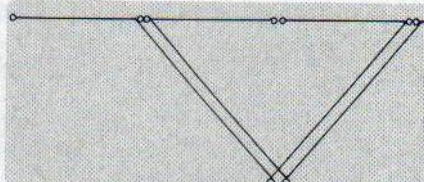
in der Mitte des 13-m-Dipols liegende Speisestelle, so sehen wir, daß auf den niederen Bändern immer in der Nähe des Strombauches gespeist wird. Der Strom ist hoch, daher muß der Speisewiderstand niedrig sein. Auf den hohen Bändern von 18,1 MHz bis 29,7 MHz wird in der Nähe des Stromknotens gespeist. Der Strom ist gering, deshalb muß der Speisewiderstand hoch sein. Von Band zu Band sind die Speisewiderstände recht verschieden. Auf den hohen Bändern herrschen am Speisepunkt hohe Spannungen. Deswegen sind am Speisepunkt nur sehr gute Isolatoren zu verwenden. Die hohen Spannungen lassen ebenfalls eine Speisung mit niederohmigem Koaxialkabel nicht geraten sein. Also muß der 13-m-Dipol mit einer offenen Zweidraht-Speiseleitung oder, was viel praktischer ist, mit Zweidraht-Bandkabel, dem 450-Ohm-Bandkabel „Wireman“ gespeist werden.

Die Speisung mit Hühnerleiter oder Bandkabel bedingt die Anwendung eines Antennenkopplers, entweder eines symmetrischen Kopplers oder eines asymmetrischen Kopplers mit Balun zur Symmetrierung. Die Zweidraht-Speiseleitung oder das Bandkabel können beliebig lang sein. Es verdient besonders betont zu werden, daß die Verluste beider symmetrischen Leitungen nur minimal sind, ganz wesentlich geringer als die Verluste von Koaxialkabeln.

Das Abstrahldiagramm der Feldstärke um den horizontalen Dipol ist von den Himmelsrichtungen abhängig, die mit dem Azimutwinkel ϕ (Phi) gemessen werden. Es ist recht einfach mit dem folgenden Ausdruck zu berechnen.

$$F = \frac{\cos(\beta l \times \cos \phi) - \cos \beta l}{\sin \phi}$$

Die Ergebnisse sehen wir in Bild 3. Bei den niedrigen Bändern 3,5 MHz, 7 MHz und 10,1 MHz sind die Abstrahlkeulen nahezu kreisförmig, werden jedoch immer schlanker und sind bei 14 MHz, 18 MHz und 21 MHz schon eiförmig. Erst bei 24,9 MHz treten winzige Nebenkeulen auf, die sich bei 28 MHz und mehr noch bei 29,7 MHz zu beachtlichen „Hasenohren“ ausweiten, eine Folge der in der Antennenmitte gegensinnig fließenden Ströme (Bild 2). Eines ist aber sehr deutlich: Die Hauptstrahlung erfolgt immer quer zum Dipol, ganz gleich, auf welcher Frequenz gearbeitet wird. Damit ist der 13-m-Dipol eine Richtantenne, die breitbandig von 3,5 MHz bis 29,7 MHz die Richtung beibehält und nicht rundum strahlt. Weil die Antenne nach vorn wie nach hinten gleich stark strahlt, ist das Vor-/Rück-Verhältnis gleich eins oder 0 dB. Es wäre von solch einer einfachen Antenne zu viel verlangt, daß sie auch noch die Rückwärtsstrahlung wesentlich vermindere. Allerdings können wir durch die Kombinati-



▲ Bild 5: Eine Dipollinie aus zwei Dipolen.

► Bild 6: Eine Lazy-H aus zwei 13-m-Dipolen.

on zweier 13-m-Dipole eine Gruppenantenne aufbauen, die sich durch ein ausgeprägtes Vor-/Rück-Verhältnis auszeichnet.

Die Eignung dieser Antenne für Deutschland-, Europa- und DX-Betrieb können wir beurteilen, wenn wir ihre Abstrahlung im praktischen Aufbau studieren. Eine Höhe des 13-m-Dipols von 10 Metern ist wohl am häufigsten zu verwirklichen, zumal in vielen Ländern der Bundesrepublik eine Antennenhöhe von 10 m keiner Genehmigung bedarf. Wir blicken also in dieser Höhe auf das Ende des einen Dipolastes und sehen, wie sich die Feldstärke in ihrer Erhebung mit dem Erhebungswinkel Δ (Delta) verhält. Nehmen wir die Leitfähigkeit des Bodens als ideal an, so ist der Reflexionsfaktor das Maß für das Verhalten der Abstrahlung. Er ist:

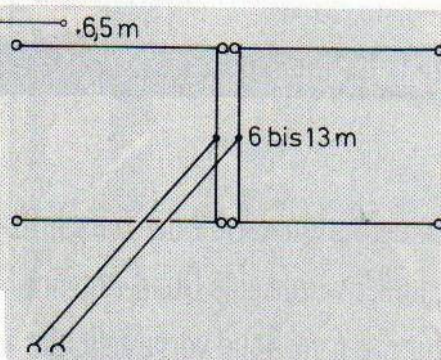
$$F_R = \sin(\beta h \times \sin \Delta)$$

In den folgenden Bildern ist dies für 10 m Höhe über idealer Erde dargestellt. Die Höhe ändert sich mit der Betriebswellenlänge, da sie ja in Lambda gemessen wird. Die folgende Tabelle zeigt, wieviel Lambda dies bei 10 m Bauhöhe ist:

Frequenz in MHz	Band	Höhe in Lambda
3,5	80 m	0,1167
7,0	40 m	0,2333
10,1	30 m	0,3367
14,0	20 m	0,4667
18,1	17 m	0,6033
21,0	15 m	0,7000
24,9	12 m	0,8300
28,0	10 m	0,9333

Wenn wir die Diagramme von Bild 4 betrachten, sehen wir, daß das 3,5 MHz-Diagramm kleiner als alle anderen ist. Die reflektierte Feldstärke hat wegen der relativen Bodennähe noch nicht den vollen Wert. Die praktischen Ergebnisse bestätigen dies weitgehend, obschon das 80-m-Signal noch gut brauchbar ist, und ich sogar auf dem 160-m-Band QSOs fahren konnte.

Eine erste Abflachung tritt auf dem 10,1-MHz-Band ein, wo die Flachstrahlung bereits gutes DX beschert. Auf dem Haupt-DX-Band 14 MHz ist der Erhebungswinkel rund 30° und wird auf 18,1 MHz noch flacher. Die kleine, vertikale Nebenkeule sorgt für Europaverkehr. Bei 21 MHz und 24,9 MHz wächst sich die Nebenkeule weiter aus; dies ist nicht gerade wünschenswert, doch mit den flachen Keulen ist DX sehr gut möglich. Bei 28 MHz spaltet sich die Kopfkeule in zwei Keulen auf. Mit allen vier Keulen läßt sich gut DXen, wobei die flachen Keulen für die Weitverbindungen gut sind.



Wer nach Höherem strebt, der braucht nur mehrere 13-m-Dipole zu kombinieren und erhält damit eine Gruppenantenne. Die einfachsten Gruppen sind die Zweiergruppen aus zwei Antennen. Wir können die horizontalen Dipole in einer Linie hintereinander setzen (Bild 5) und erhalten dann eine Dipollinie. Die Dipollinie bündelt in der Horizontalen schärfer. Die Abstrahlkeule wird schmaler, und es kann passieren, daß wir damit z.B. nur noch die nördlichen Staaten der USA, die südlichen aber nicht mehr erreichen können. Die Dipollinie ist also nicht immer empfehlenswert, es sei denn, wir streben nur Verbindungen mit einem begrenzten Gebiet der Welt an.

Stocken wir zwei 13-m-Dipole übereinander (Bild 6), so bekommen wir eine sogenannte Lazy-H-Antenne (liegendes H). Im Gegensatz zur Dipollinie verschmälert sich die horizontale Abstrahlkeule nicht. Dafür wird die vertikale Strahlung flacher und damit DX-trächtiger; denn alle Weitverbindungen leben von der Flachstrahlung. Ideal wäre es, die 13-m-Dipole zwischen zwei 20-m-Masten aufzuhängen, den oberen 20 m hoch, den unteren 10 m hoch. Beide müssen in gleicher Phase erregt werden. Aber es genügen zwei 12-m-Masten, wo die Dipole in 12 m und 6 m Höhe gespannt sind. Auch hier muß phasengleich gespeist werden, das heißt, die Speiseleitungen müssen gleich lang sein. Der Gewinn aus zwei solchen Dipolen ist um 3 dB höher als der Gewinn eines Dipols, dazu kommt noch der Gewinn aus der Flachstrahlung mit etwa 3 dB.

Meistens werden wir uns mit einem 13-m-Dipol begnügen müssen. Der sollte zweckmäßig in Nord-Süd-Richtung aufgehängt werden, um in Ost-West-Richtung zu strahlen; denn da gibt es das meiste DX. Mit drei Dipolen, die in 120° Winkelabstand aufgehängt sind, können wir DX in jeder Richtung und auf jedem Band durchführen. Ich habe diese Antenne in Tarawa als T30CT aufgebaut, weil für eine Stromsummenantenne in dem dichten Baumbestand kein Platz war. In 300 m Entfernung war T30ED mit einem 10-m-Dipol in baumfreier Lage QRV. Ich konnte ihn mit dem 13-m-Dipol stets übertreffen.

Der 13-m-Dipol ist einfach, preiswert, leicht zu bauen und nimmt wenig Platz in Anspruch. Machen Sie doch mal einen Versuch!

Karl H. Hille, DL1VU

Literatur:

[1] Karl H. Hille, Der Dipol in Theorie und Praxis, Theuberger Verlag, Berlin, 2. Aufl. 1998, ISBN 3-910159-06-0