

Stocken von UKW-Yagi-Antennen

MARTIN STEYER – DK7ZB

Offensichtlich bereitet die Fragestellung, wie man Antennen im UKW-Bereich zu Gruppen zusammenschalten kann, vielen Funkamateuren doch einiges Kopfzerbrechen.

Mit theoretischen Überlegungen allein ist hier niemandem gedient, der Praktiker möchte konkrete Anleitungen in die Hand bekommen. Dabei geht es prinzipiell um zwei verschiedene Probleme: Das eine ist die Frage, welches denn der richtige Stockungsabstand sei, das andere die nach der praktischen Ausführung des Zusammenschaltens.

An die Fragestellung „Welches ist der richtige Stockungsabstand?“ muß wohl im Sinne von Radio Eriwan herangegangen werden, denn „den richtigen“ Abstand gibt es eigentlich nicht. Es läßt sich lediglich für bestimmte Fälle bzw. Zwecke der korrekten Abstand bestimmen. Dabei sollte man zwei Grenzzustände unterscheiden, die sich schon bei zwei Antennen deutlich herauskristallisieren und entsprechend auch für das Zusammenschalten zu umfangreichen Gruppen gelten.

Möchte man den maximal möglichen Stockungsgewinn von annähernd 3 dB, so wird der Abstand relativ groß und demzufolge kompliziert auch die Mechanik, zudem entstehen gegenüber der Einzelyagi verstärkt Nebenzipfel, jedoch auch Nullstellen im vertikalen Richtdiagramm.

Für eine optimale Unterdrückung der Nebenkeulen, wie es für Sonderanwendungen wie EME sinnvoll ist, sinkt der erreichbare Gewinn bei erheblich geringerem Ab-

stand der Antennen andererseits auf 1,5 bis 1,8 dB.

Ein Beispiel soll die Abhängigkeiten deutlich machen: Die in [1] beschriebene 7-Element-Yagi mit 10,5 dBd Gewinn und 3-m-Boom für das 2-m-Band soll vertikal zu einer Zweiergruppe gestockt werden. Dabei ändert sich in der Horizontalebene das Strahlungsdiagramm nicht, wohl aber in der Vertikalen. Bild 1 zeigt das Richtdiagramm in der H-Ebene (vertikal) im Vergleich zu einer Einzelantenne. Erkennbar sind deutliche Nebenzipfel, die auch bei sehr guten Gewinnreduzierung verringern lassen.

Fall 1: Der Abstand beträgt 3,12 m. Hier tritt der maximale Stockungsgewinn auf, die Gruppe hat 13,9 dBd. Auffällig sind die $\pm 30^\circ$ über und unter der Hauptstrahlrichtung liegenden und nur um 8 dB unterdrückten Nebenkeulen (Bild 2).

Fall 2: Der Abstand wird auf 2,46 m verringert. Die Dämpfung der Nebenzipfel sinkt

auf >12,5 dB, gleichzeitig fällt aber auch der Gewinn auf 13,5 dBd. Dies erscheint noch als günstiger Kompromiß (Bild 3).

Fall 3: Das Richtdiagramm zeigt nun eine geradezu traumhafte Unterdrückung der Nebenzipfel im Bereich um 40° ! Der Abstand beider Antennen schrumpfte auf handliche 1,14 m. Allerdings ist der Gewinn auf 12 dBd abgefallen, und es taucht die Frage auf, ob sich die Mühe und die Verdopplung des Materialaufwands überhaupt gelohnt haben (Bild 4).

An dieser Stelle sei kurz auf die Berechnung der Abstände eingegangen. Kennt man den 3-dB-Öffnungswinkel der Antenne, so kann man durch Einsetzen des entsprechenden Wertes in die Gleichung

$$A = \frac{\lambda}{2 \cdot \sin(\alpha/2)}$$

den für den maximalen Gewinn notwendigen Abstand bestimmen [2]. In der Formel ist α der 3-dB-Öffnungswinkel in der Vertikalebene in Grad.

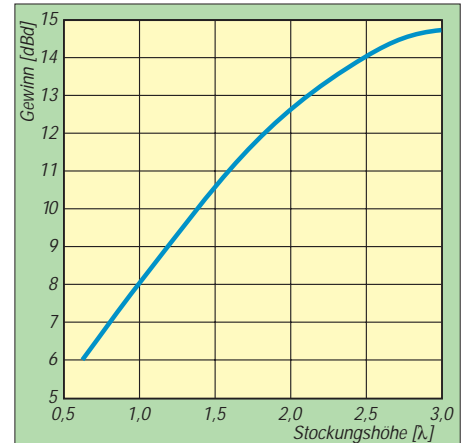


Bild 5: Diagramm für Länge/Stockungsabstand bei optimal dimensionierten Yagis für maximalen Gewinn

Dabei wird von einer idealen Strahlungskeule ohne Nebenzipfel ausgegangen. Berücksichtigt man letztere, so ergeben sich relativ komplizierte Interferenzen zwischen den Feldern, die sich nur per Computersimulation genauer bestimmen lassen. Bei geschickter Ausnutzung dieses Effekts kann sich bei weiter schmaler werdender Strahlungskeule sogar ein höherer Gewinn als der theoretische Maximalwert von 3 dB für das Verdoppeln der Wirkfläche einstellen. Das führt zu den 13,9 dB im geschilderten Fall 1, allerdings um den Preis starker Nebenzipfel.

■ H nicht nur mechanisch problematisch

Bei vertikaalem Stocken macht sich dies in der Praxis nicht nachteilig bemerkbar. Der gleiche Effekt tritt jedoch auch beim horizontalen Zusammenschalten auf und führt zu einer extrem schmalen Hauptkeule. Aus diesem Grund sollte immer zunächst das

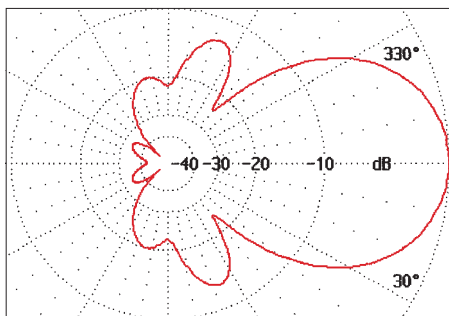


Bild 1: Richtdiagramm in der Vertikalebene (H-Ebene) einer 7-Element-Yagi nach DK7ZB (Gewinn 10,5 dBd)

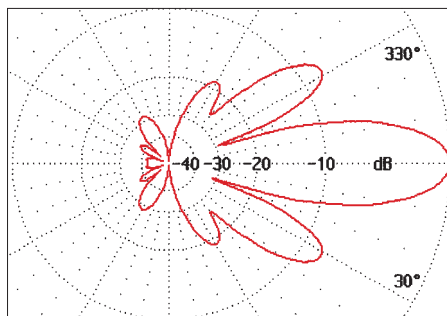


Bild 2: Richtdiagramm in der Vertikalebene (H-Ebene) bei zwei mit 3,12 m gestockten 7-Element-Yagis (Gewinn 13,9 dBd)

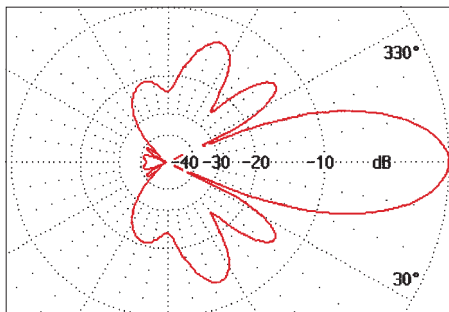


Bild 3: Richtdiagramm in der Vertikalebene (H-Ebene) bei zwei mit 2,46 m gestockten 7-Element-Yagis (Gewinn 13,5 dBd)

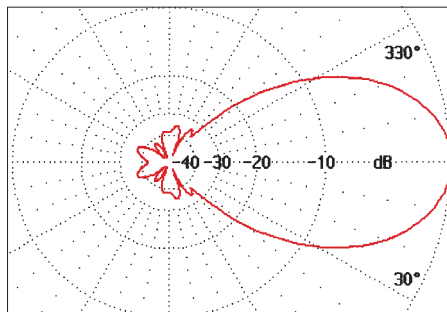
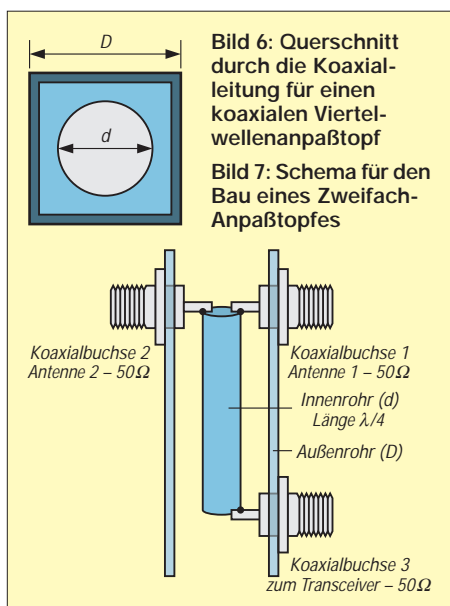


Bild 4: Richtdiagramm in der Vertikalebene (H-Ebene) bei zwei mit 1,14 m gestockten 7-Element-Yagis (Gewinn 12 dBd)



Durchmesser für koaxiale Anpaßöpfe nach Bild 6

2 Antennen Z = 35,4 Ω		4 Antennen Z = 25,0 Ω	
D [mm]	d [mm]	D [mm]	d [mm]
10	6	7	5
15	9	14	10
20	12	21	15
25	15	24	17
30	18	28	20

D – Innenmaß des quadratischen Außenleiters
d – Außendurchmesser des runden Innenleiters

vertikale Zusammenschalten den Vorzug erhalten; vier Antennen übereinander sind in der Praxis weit besser als vier Stück im H-Kreuz, denn bei dem Kreuz werden die mechanischen Probleme schnell so groß, daß man diese Konstruktion schon für Antennen mit einer Länge von $1,5 \lambda$ meist nicht mehr umsetzen kann.

Neben der komplizierteren mechanischen Konstruktion kann dabei auch das hohe sogenannte Flächenträgheitsmoment der H-Konfiguration stören. Das Flächenträgheitsmoment verhält sich bei der Drehbewegung zum Drehmoment wie die Masse zur Kraft bei der linearen Bewegung. Da das Flächenträgheitsmoment mit dem Abstand der in Drehbewegung zu versetzenden Masse vom Drehpunkt bzw. der Drehachse des Systems steigt, ist leicht einzusehen, daß (auch symmetrisch) außermittig angebrachte Antennen ein viel größeres Flächenträgheitsmoment als vertikal gestockte mit ihrem Schwerpunkt etwa im Drehpunkt aufweisen.

Wer schon einmal versucht hat, bei einem Portabeinsatz eine größere Yagigruppe in H-Konfiguration per Hand zu drehen, wird wissen, daß das im Vergleich zu denselben einfach übereinander montierten Antennen ein gewaltige Quälerei ist und schon aus diesem Grunde zu der einfach vertikal gestockten Anordnung zurück-

kehren wollen. Es dauert beim H einfach zu lange, um es in Bewegung zu bringen, um jeder Situation gerecht werden zu können.

Entsprechendes gilt beim stationären Einsatz selbstverständlich auch für den Rotor. Er hat (nicht nur) während das Beschleunigungs und Bremsens beim H ganz erheblich größere Torsionskräfte aufzunehmen, die bei einem kleineren Typ schnell das Zulässige überschreiten.

■ **Vertikales Stocken meist günstiger**

Zurück zu den Richtdiagrammen: Der Vergleich der Diagramme 1 und 2 verdeutlicht den oben angesprochenen Effekt:

Durch die Interferenzen zwischen den Nebenkeulen tritt eine Verstärkung bzw. tiefere Absenkung beim Zusammenschalten auf. Eine deutlich vergrößerte Fläche der Nebenkeulen kann das Aufnehmen von Störungen und terrestrischem Rauschen bedeuten. Aus diesem Grund sollte man bei EME-Anlagen auf optimale Diagramme bei den Einzelantennen achten, weil schlechte Nebenzipfelunterdrückung in weit verstärktem Maße zu unerwünschten Keulen bei einer Gruppe führt. Dieser Effekt macht sich natürlich nicht nur in der H-Ebene, sondern bei nebeneinander angeordneten Yagis auch in der E-Ebene bemerkbar.

Hier sei lediglich die Empfehlung gegeben, daß es meist am sinnvollsten ist, zwei lange Antennen vertikal gestockt als Zweiergruppe einzusetzen. Eine Vierergruppe bei H-Anordnung mit kürzeren Yagis hat zwar nominell den gleichen Gewinn, der erheblich reduzierte horizontale Öffnungswinkel schränkt die Gebrauchsfähigkeit für terrestrischen Verkehr jedoch meist stark ein.

Bild 8: Selbstgebauter Vierfachverteiler für das 70-cm-Band



Bild 9: Blick in einen Vierfachverteiler ▼



Ein sehr geringer vertikaler Öffnungswinkel ist im Normalfall vorzuziehen, weil man dann einen möglichst hohen Strahlungsanteil in Richtung Horizont bündeln möchte. Eine Ausnahme machen nur Satellitenfunk oder MS bzw. Aurora über kürzere Distanzen, bei denen ein höherer Erhebungswinkel vorteilhaft sein kann.

Für den Praktiker, der den Öffnungswinkel seiner Antenne meist nicht kennt, habe ich für diverse (gute!) Antennen durchgerechnet, welcher Stockungsabstand sich für zwei Yagis in der Vertikalen für maximalen Gewinn ergibt. Setzt man voraus, daß die Elementbelegung und der Gewinn einer Langyagi nahezu optimal sind, ergibt sich eine klare Abhängigkeit zwischen Antennengewinn und Stockungsabstand.

Dabei differieren die Öffnungswinkel langer Antennen nur noch so wenig, daß man den Abstand als Funktion des Gewinns ansehen kann. Diesen Zusammenhang habe ich grafisch aufgetragen (Bild 5). Dabei zeigt sich, daß man mit den angegebenen Werten innerhalb einer Toleranz von 0,2 dB um das Maximum der Gewinnzunahme liegt.

■ **Praxis beim Zusammenschalten von Yagi-Antennen**

In den meisten Fällen erfolgt die Lösung von Anpassungsproblemen auf UKW mit Hilfe von Viertelwellen-Transformationsgliedern. Hier soll nur auf koaxiale Technik eingegangen werden, obwohl es beim Zusammenschalten sehr großer Gruppen mit langen Antennen nicht unbedingt ratsam ist, als Verbindungsleitungen Koaxialkabel zu verwenden. Sie können in ihrer Gesamtheit schnell die Länge von einigen ...zig Metern mit entsprechender Zusatzdämpfung er-

reichen. Zudem sind dämpfungsarme Kabel schwer und bringen einen nicht unerheblichen Massezuwachs mit sich.

Aus diesen Gründen verwenden Spezialisten in großen EME-Anlagen selbstgebaute Zweidrahtleitungen, die wesentlich leichter und dämpfungsarm sind. Man muß sich dabei allerdings bei Feuchtigkeit auf ein Ansteigen des SWR einstellen, und bei Vereisung oder Rauhreif geht nichts mehr.

■ **Koaxiale Anpaßöpfe**

Koaxiale Anpaßöpfe nutzen die Tatsache, daß der Wellenwiderstand koaxialer Leitungen vom Verhältnis der Durchmesser

von Innen- und Außenleiter abhängig ist. Auch die Eigenschaften des Dielektrikums, hier Luft, spielen eine Rolle.

Im Grunde ist dabei die Querschnittsform der Leiter beliebig, deshalb darf der Querschnitt des Außenleiters auch bei rundem Innenleiter quadratisch sein (Bild 6). Das hat den Vorteil, daß man so bequem Koaxial-Flanschbuchsen anschrauben kann, was bei Rundleitern nicht so ohne weiteres gelingt. Bild 7 zeigt den schematischen Aufbau eines solchen Anpaßtopfes für zwei Antennen. Das Verhältnis D/d bestimmt den Wellenwiderstand der Anordnung. Er läßt sich mit folgender Näherungsformel [3] bestimmen:

$$Z = 138 \log D/d + 3,54.$$

Die errechneten Maße müssen relativ genau eingehalten werden, nur haben leider handelsübliche Rohre und Profile meist nicht die richtigen Durchmesser. Nach Berechnungen von DC9NL in [4] sind einige mögliche Werte für D und d in der Tabelle zusammengestellt.

Für einen Vierfachverteiler gibt es leicht zu beschaffendes Aluminium-Vierkantprofil $25 \text{ mm} \times 25 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ mit einem Innenmaß von $21 \text{ mm} \times 21 \text{ mm}$, das mit einem 15-mm-Innenrohr aus Kupfer (Standardmaß für Heizungsrohre) den notwendigen Wellenwiderstand von 25Ω ergibt.

Bild 8 zeigt einen nach diesem Prinzip für das 70-cm-Band gebauten Koaxialverteiler. Dazu feilt man an den Enden des Kupferinnenrohrs Kerben ein, in die danach die Innenstifte der Buchsen ragen, so daß man sie haltbar einlöten kann (Bild 9). Damit der Flansch der N-Buchsen auf das Außenprofil paßt, habe ich die Ecken der Buchsen an zwei Seiten abgefeilt. Die Innenrohrlängen betragen für das 70-cm-Band 172 mm sowie für das 2-m-Band 515 mm. Die Öffnungen lassen sich mit PVC-Tischbeinfüßen (Baumarkt) als Stopfen verschließen.

■ Koaxialkabel als Transformationsglieder

Bild 10 zeigt einen industriell hergestellten, koaxialen Vierfachverteiler (Fa. Andes). Er ist für das 23-cm-Band dimensioniert und weist dementsprechend recht handliche Abmessungen auf.



Bild 10: Kommerzieller Vierfachtopf für das 23 cm-Band (Fa. Andes)

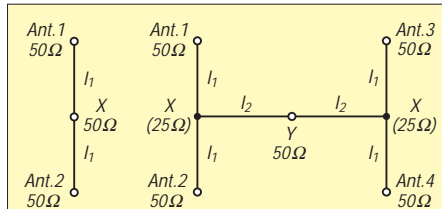


Bild 11: Stocken zur Zweiergruppe mit 70-Ω-Koaxialkabeln. $l_1 = n \cdot \lambda \cdot v/4$ mit $n = 1, 3, 5, 7, \dots$

Bild 12: Zusammenschalten von vier Antennen mit Koaxialkabeltechnik. l_1 beliebige (aber gleiche) Länge 50-Ω-Kabel; $l_2 = n \cdot \lambda \cdot v/4$ mit $n = 1, 3, 5, 7, \dots$, 75-Ω-Kabel

In der Regel dürfte man für Zweier- oder Vierergruppen im 2-m- und 70-cm-Band aber eher Koaxialkabel verwenden, die zu einer recht einfachen Mechanik führen. Auch ich ziehe zumindest für 144 MHz wegen der unhandlichen Länge von Rohrkonstruktionen die Kabelanpassung vor. Ein wenig Mathematik und handelsübliche Kabelnormen machen es möglich, im Selbstbau äußerst preisgünstige Lösungen zu verwirklichen!

■ Vertikales Stocken von zwei Antennen

Beschäftigen wir uns zuerst mit dem Fall von zwei Antennen und wenden uns Bild 11 zu. Am Punkt X muß bei jeder der beiden von den Antennen herangeführten Leitungen eine Impedanz von 100Ω vorliegen, damit bei Parallelschaltung die für das ableitende Koaxialkabel notwendige Impedanz von 50Ω entsteht. Dazu errechnet sich der Wellenwiderstand des Transformationskabels nach der Beziehung

$$Z = \sqrt{Z_A \cdot Z_E}$$

zu $70,7 \Omega$. Ein Wellenwiderstand von 70Ω ergibt also perfekte Anpassung, jedoch ist es nicht mehr leicht, solche früher gefertigte Kabel zu beschaffen. Nimmt man ein geringfügig höheres SWR von 1,13 in Kauf, so ist es ohne weiteres möglich, auch 75-Ω-Kabel zu verwenden.

Die Länge muß ein ungeradzahliges Vielfaches von $\lambda/4$ sein, damit die Transformationsbedingung erfüllt wird. Zusätzlich gilt es, den Verkürzungsfaktor zu berücksichtigen, der je nach Dielektrikum des Isoliermaterials unterschiedlich ausfällt. Bei Vollpolyethylenkabeln ist $v = 0,667$, bei Kabeln mit hohem Luftanteil (H 500, H 100, Aircom, u. ä.) liegt er höher, meist zwischen 0,78 und 0,85. Die Angaben des Herstellers sind also zu beachten. Aus diesen Gründen wird man in der Praxis je nach Stockungsabstand Kabellängen von $5 \lambda/4$, $7 \lambda/4$ oder $9 \lambda/4$ einsetzen.

Für die Verschaltung ist es wichtig, daß man die Anschlußleitungen möglichst kurzhält und bei der Längenberechnung die Abschirm-

ung (mit der Abschirmlänge eventuell eingesetzter Stecker!) berücksichtigt. Die nutzbare Bandbreite geht auf jeden Fall über die Grenzen des 2-m- bzw. des 70-cm-Bandes hinaus, so daß eine Dimensionierung für Bandmitte völlig ausreicht.

■ Zusammenschalten von vier Antennen in H-Anordnung

Noch einfacher kommt man mit dem Verschalten von vier Antennen zurecht, da man lediglich 50-Ω-Koaxialkabel benötigt. Dazu machen wir uns die Verhältnisse mit Hilfe von Bild 12 deutlich: Die von jeder Antenne zu den Punkten X führenden Leitungen bestehen aus Kabel mit 50Ω Wellenwiderstand. Die Längen l_1 sind beliebig, aber alle Kabel müssen identische aufweisen.

Durch die Parallelschaltung an den Punkten X liegt dort eine Impedanz von 25Ω vor. Die Kabelstücke l_2 transformieren sie auf 100Ω am Punkt Y, damit dort nach Parallelschaltung wieder 50Ω auftreten. Ein Nachrechnen ergibt, daß Viertelwellenleitungen mit 50-Ω-Kabel diese Aufgabe erfüllen. Alle Leitungen können also aus demselben Kabeltyp bestehen, lediglich die Längen l_2 müssen genau berechnet und zugeschnitten werden. Analog lassen sich nach dieser Methode Untergruppen zu größeren Gruppen zusammenschalten.

■ Vertikales Stocken von vier Antennen übereinander

Gelingt es, die vertikale Stockung von vier Antennen mechanisch in den Griff zu bekommen (Einzelstockung mit 3 m Abstand bei 2-m-Antennen führt schon zu einer Gesamthöhe der Antennengruppe von 9 m!), so erhält man eine von der Strahlungscharakteristik her optimale Anordnung: sehr kleiner vertikaler Erhebungswinkel und größere horizontale Strahlungskeule. Vor allem für 70 cm ergeben sich so noch recht handliche Gruppen mit hervorragenden Richtcharakteristiken.

Zur Zusammenschaltung ist im Grunde dieselbe Technik wie bei der H-Gruppe mit 50-Ω-Kabeln geeignet. Da bei dieser An-

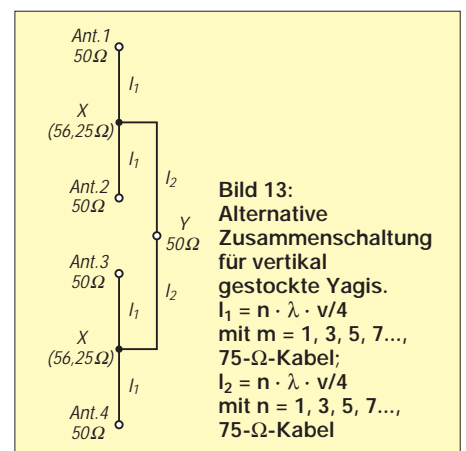


Bild 13: Alternative Zusammenschaltung für vertikal gestockte Yagis. $l_1 = n \cdot \lambda \cdot v/4$ mit $n = 1, 3, 5, 7, \dots$, 75-Ω-Kabel; $l_2 = n \cdot \lambda \cdot v/4$ mit $n = 1, 3, 5, 7, \dots$, 75-Ω-Kabel



Bild 14: Anschlußdose für eine Zweiergruppe



Bild 15: Selbstgebaute Abschlußwiderstände 50 Ω zum Messen der Anpassung

ordnung aber längere Kabelstücke als bei der H-Anordnung erforderlich sind, bringt die Verwendung von 75-Ω-Kabeln Vorteile, denn sie haben bei gleichen Außenmaßen eine geringere Dämpfung als 50-Ω-Kabel. Bild 13 enthält dazu eine empfehlenswerte Lösung.

Nur zum Vergleich: Bei einem Vierfachverteiler müssen alle Kabel dieselbe Länge aufweisen und sich am größten Abstand orientieren. Noch aufwendiger wäre der Einsatz von drei Zweifachteilern.

Die Einzelantennen A1 bis A4 mit je 50 Ω werden mit 75-Ω-Transformationskabeln derselben Länge l_1 versehen. An den Punkten X erscheinen dann je 112,5 Ω, die bei Parallelschaltung 56,25 Ω ergeben. Nun erfolgt mit 75-Ω-Kabeln (l_2) wieder eine Transformation auf 100 Ω am Punkt Y. Nach Parallelschaltung kann man dann am Verbindungspunkt das normale 50-Ω-Verbindungskabel zur Station anschließen.

■ Bau der koaxialen Anpaßleitungen

Man beginnt mit dem Anlöten der Koaxialstecker an die Kabel; dann werden vom Ende der Abschirmung die errechnete Länge abisoliert und der Innenleiter freigelegt. Für Voll-PE mit $v = 0,67$ ergeben sich bei 145 MHz je Viertelwellenlänge 345 mm Kabel (Länge der Abschirmung). An den T-Stücken kommt es auf gute Masseverbindung und kurze Innenleiterstücke an (Bild 14). Befindet sich dort keine Buchse, so kann man T-Stücke (Fittings) aus Kupferrohr für Heizungs- und Wasserinstallationen verwenden, die einen stoßstellenfreien Übergang des masseseitigen Geflechts ermöglichen.

Aufschlußreife ist ein Test mit selbstgebauten induktionsarmen Abschlußwiderständen ($2 \times 100\text{-}\Omega$ -Metalloxid-Schichtwiderstände parallel, Bild 15), ehe man die Antennen anschließt. Man prüft, ob die Anpassung ein SWR von 1,1 ergibt. Steht ein im Frequenzbereich erweitertes Handfunkgerät

zur Verfügung, gestattet es, zwischen 140 und 150 MHz zu messen, ob das SWR-Minimum tatsächlich bei 145 MHz erscheint. Ist letzteres nach oben oder unten verschoben, müssen die Kabellängen entsprechend korrigiert werden. Bei sorgfältiger Beachtung der Anleitungen dürfte das aber unnötig sein. Analog geht man mit Kabeln für 70 cm vor.

Ein auf diese Weise erstelltes Aufstockkabel für den Portabeinsatz zweier 2-m-Yagis ist in Bild 16 zu sehen.

■ Anordnung der Antennen und praktischer Aufbau

Ein weiterer wichtiger Punkt verdient noch Beachtung: Die Anordnung der Antennen muß so erfolgen, daß alle Strahlerelemente gleichphasig erregt werden. Das bedeutet, daß Gammaleitungen, Innenleiter von Halbwellenbalun-Kabeln und Koaxialkabel für die DK7ZB-Speisung bei allen Antennen auf derselben Seite (und jeweils unten!) liegen müssen.



Bild 16: Fertiges Aufstockkabel für den Portabeinsatz



Bild 17: Mechanische Realisierung der Verbindungsstellen bei Rohren für ein H-Kreuz mit Aluminiumwinkeln Fotos: DK7ZB

Für das 2-m-Band lohnen sich Anpaßtöpfe nicht, wenn man saubere Lötverbindungen bei den Anpaßkabeln hibekommt. Für 70 cm dürften Kabeltransformationsglieder geringfügig höhere, aber noch tragbare Zusatzverluste aufweisen. Auf 23 cm sind ausschließlich koaxiale Anpaßtöpfe zu empfehlen.

Grundsätzlich liegen die theoretischen Werte für den Gewinn höher als man sie

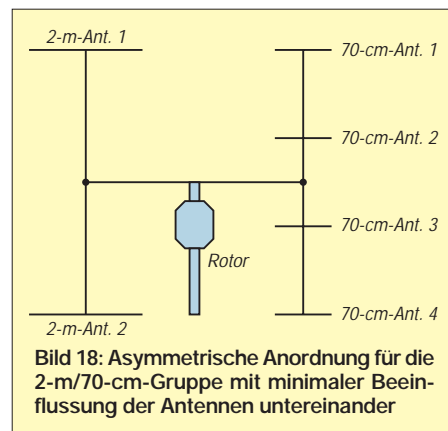


Bild 18: Asymmetrische Anordnung für die 2-m/70-cm-Gruppe mit minimaler Beeinflussung der Antennen untereinander

dann wirklich erzielt, denn Kabel, Stecker und Verbindungsleitungen mit Lötstellen bringen immer unvermeidbare Verluste mit sich. Ihnen sollte man deshalb besondere Aufmerksamkeit widmen.

Auch bei der Mechanik der Verbindungsstellen bei Rohren für ein H-Kreuz lassen sich durch Selbstbau hohe Ausgaben vermeiden. Ich will dem Leser eine wiederholte Beschreibung der Winkelaluminium/Auspuffschellen-Technik ersparen, die sich auch für Kurzwellenyagis als Element- oder Tragrohrbefestigung bewährt hat. Bild 17 zeigt sie anschaulich. Nach der Endmontage sollte ein zusätzlicher Korrosionsschutz durch mehrmaliges Einsprühen mit Kunststoffspray erfolgen.

Schließlich noch ein Vorschlag für eine leistungsfähige Kombination 2 m/70 cm. Zwei Yagis für 2 m und vier Yagis für 70 cm werden in einem H-Kreuz nach Bild 18 miteinander kombiniert. Bei geschickter Mechanik läßt sich trotz Asymmetrie eine annähernde Balance erreichen. Hierbei sind die gegenseitigen Beeinflussungen fast Null, ganz im Gegensatz zu zwei ineinandergeschachtelten H-Gruppen mit je vier Antennen.

Zum Schluß noch ein Wort zu den Kosten: Der Materialpreis für eine Vierergruppe der 10-Element-Yagis für 2 m aus [1] mit allen Teilen und Anpaßleitungen inklusive H-Kreuz liegt lediglich bei knapp über 300 DM; dabei hat die Anordnung etwa 19 dBd Antennengewinn.

Wenn man bedenkt, daß dies anderenorts für eine einzige 3λ -Yagi verlangt wird, rechnet sich ein Selbstbau auf jeden Fall. Zusätzlich wirkt eine Beschreibung im QSO „Yagi-Gruppe, komplett Eigenbau“ doch auch entsprechend auf die Einschätzung durch den Partner und das Selbstwertgefühl des Erbauers, oder?

Literatur

- [1] Steyer, M., DK7ZB: Hochleistungsyagis für das 2-m-Band in 28-Ω-Technik, FUNKAMATEUR 46 (1997), H. 1, S. 72
- [2] Hoch, G., DL6WU: Optimale Stockung von Richtantennen, UKW-Berichte (1978), H. 4, S. 235
- [3] Weiner, K., DJ9HO: UHF-Unterlage, Teil I, S. 110
- [4] Weiner, K., DJ9HO: UHF-Unterlage, Teil III, S. 571