

Aufbauanleitung zum Beitrag „Doppel-M-Beam“ in FA 5/10, S. 525

Alle für die in [1] vorgestellte Antenne benötigten Materialien sind in der Stückliste aufgeführt und nur Vorschläge. Bis auf Mastschelle, Glasfaserstäbe, sowie Koaxialkabel und Buchsen, sind die Materialien in Baumärkten zu erhalten. Ein Teil der Materialien ist in Bild 2 dargestellt. Sollten für die Querträger aber Rundhölzer verwendet werden, so sollten diese ein paar Tage vorher mit einer Holzschutzlasur und nach dem Trocknen mit einem Bootsack o.ä. gestrichen worden sein. Sollten Sie jetzt gerade nicht vorhaben diese Antenne zu bauen, so überlesen Sie



Bild 1: Der Doppel-M-Beam, eingefügt in eine Antennengruppe aus zwei Lang-Yagi-Antennen für 2 m und vier 70-cm-Yagi-Antennen

diesen Abschnitt. Ohne die Antennenmaterialien vor sich liegen zu haben, ist die Aufbauanleitung wahrscheinlich schwer verständlich.

In den Boom werden drei kleine Papierknäuel einer billigen Tageszeitung (saugfähiges Papier) über die ganze Länge verteilt eingeführt. Dieses sollte auch mit Antennenmasten gemacht werden, es dämpft Geräusche der Antennenanlage bei starkem Wind. Der Boom wird nun mit den Flanschverbindern an beiden Seiten verschlossen. Diese weisen in der horizontalen Ebene zu jeder Seite eine Lasche mit einem Loch darin auf. Hier kann die Perlonleine, welche die gesamte Antenne umspannt, befestigt und damit ein Abrutschen

der Leine von den Flanschverbindern verhindern werden. Dann wird die Montage der Querträger vorbereitet.

Die Querträger müssen aus einem nichtmetallischen Material bestehen. Von einem Ende des Boom ausgehend wird im Abstand C eine Markierung auf dem Boom angebracht. Von dieser Markierung aus wird im Abstand l_{Boom} eine weitere Markierung angebracht. Die Restlänge bis zum Boomende dürfte nun noch etwa der Länge C entsprechen oder geringfügig länger sein. Dieses Ende wird als „hinten“ gekennzeichnet. Die T-Flachwinkel werden nun von oben auf den Boom gelegt, sodass sich die Mittellinie des wagerechten Teil des „T“ mit der Markierung deckt. Der senkrechte Teil zeigt in Richtung des jeweiligen Ende des Boom. Dabei müssen die Absenkungen der Bohrungen des T-Flachwinkel nach oben zeigen, auch muss auf Rechtwinklichkeit geachtet werden. Dann werden die Bohrungen auf dem Boom angezeichnet und mit einem 3-mm-Bohrer vorgebohrt. Die T-Flachwinkel werden anschließend mit kurzen Blechschrauben mit 4 mm Durchmesser (Senkkopf) auf dem Boom angeschraubt. Das 1 m lange Aluminium-Rohr wird in der Mitte geteilt. Die als Querträger vorgesehenen Stäbe werden auf jeder Seite etwa 50 mm länger bemessen als durch die Maße b_v und b_h vorgegeben. Diese Stäbe müssen ohne Spiel in die Aluminium-Rohre passen. Sollte das Spiel zu groß sein, so muss mit zwei bis drei Gewebefband-Wickel um den Stab nachgeholfen werden.

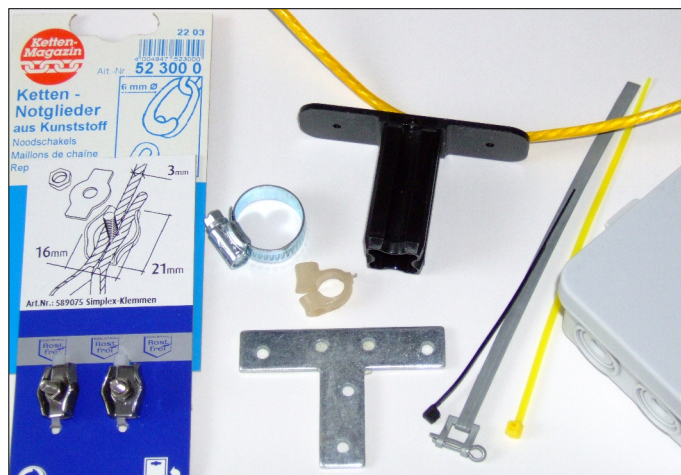
Die Querträger werden dann auf die T-Flachwinkel gelegt, der kürzere vorne und der längere hinten. Von jeder Seite wird

nun eine Schlauchklemme über das Aluminium-Rohr und den T-Flachwinkel geschoben und zugezogen. Damit sind die Querträger befestigt. Sollte weiterhin die Möglichkeit bestehen, dass sich die Querträger innerhalb des Aluminiumrohres verschieben, so können die jeweils beiden noch freien Bohrungen in den T-Flachwinkeln zur Arretierung der Querträger genutzt werden. Durch die Bohrungen hindurch wird das Aluminium-Rohr bis in den Querträger hinein mit einem dünnen Bohrer angebohrt. In diese Bohrung wird dann eine kurze, dünne Blech- oder Holzschraube zur Arretierung der Querträger eingeschraubt. Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Aluminium-Rohre an den Enden mit einer Säge zu schlitten und dann zur Arretierung der Querträger mit zusätzlichen Schlauchklemmen zusammen zu quetschen.

Damit das Spannseil nicht verrutscht, wird auf jedes Ende der Querträger eine Schlauchklemme gesetzt und festgezogen. Die jeweils äußeren Kanten der Schlauchklemmen haben auf dem vorderen Querträger zueinander den Abstand b_v abzüglich zweimal den äußeren Drahtdurchmesser ($= 1,394 \text{ m}$), auf dem hinteren Querträger den Abstand b_h abzüglich zweimal den äußeren Drahtdurchmesser ($= 1,424 \text{ m}$) und das immer symmetrisch zum Boom. Die Verschraubungen der Schlauchklemmen befinden sich, in Boomrichtung gesehen, am vorderen Querträger vor dem Querträger und am hinteren Querträger hinter dem Querträger (siehe Bild 3).

Versuche, das Spannseil an den Enden der Querträger in einer Nut zu führen, brachten auf Dauer keine positiven Ergebnisse. Durch Wettereinflüsse bedingt rutschte das Seil ständig ab. Das Spannseil wird auf beiden Seiten der Antenne getrennt verlegt. Von Querträger zu Querträger wird das Spannseil unterhalb der Querträger, an den Schlauchklemmen anliegend, geführt und in zwei Windungen um den

Bild 2: Ansicht einiger Kleinteile: in der Mitte der Flanschverbinder und darunter der T-Flachwinkel



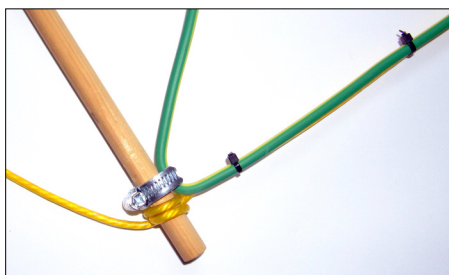


Bild 3: Befestigung von Dipol und Spannseil am vorderen Querträger

Querträger nach außen gewickelt. Die letzte Windung kann dabei auch ein einfacher Knoten sein (siehe Bild 4). Von dort aus wird das Spannseil zum jeweiligen Boomende geführt und endet etwa 100 mm bis 150 mm weiter auf der jeweils anderen Seite des Boom. Dort werden die beiden Seiten des Spannseiles mit jeweils einer Simplexklemme miteinander verbunden. Hier besteht später die Möglichkeit das Spannseil nachzuspannen.

Zum Anbringen der Antenne am Mast muss sich die Verspannung auf einer Seite an einer bestimmten Stelle zwischen Dipol und Reflektor öffnen lassen. Auf dieser Seite muss die Spannseilhälfte um minimal 100 mm länger als die andere Hälfte sein. Die Stelle zum Öffnen befindet sich $0,1054 \lambda$ (≈ 630 mm) vom vorderen Querträger entfernt. Das Spannseil wird deshalb bei 650 mm durchtrennt, 50 mm werden zurückgebogen und mit einer Simplexklemme in eine Öse verwandelt. An dem weiterführenden Seil wird auch solch eine Öse erstellt. Beide Ösen werden mit einem Notkettenglied o.ä. verbunden und das Seil wird wie oben beschrieben weitergeführt. Die Seile werden dann gespannt. Die Querträger müssen dabei aber gerade bleiben. Damit ist das Grundgerüst der Antenne fertig.

Nun werden die beiden Drähte für den Dipol und den Reflektor zugeschnitten (l_{Dir} und l_{Ref}). Die Mitte beider Drähte wird gekennzeichnet. Den Dipol bitte noch nicht in zwei Hälften trennen! Jetzt muss der Punkt gefunden werden in dem sich die beiden V-förmigen Schenkel des Dipol auf dem Boom in einem Winkel von $2 \times 45^\circ$ treffen. In etwa lässt sich dieser Punkt p , gemessen vom Aluminiumrohr aus, berechnen mit:

$$p/m = (0,5 \cdot b_v/m) - x/m.$$

Dabei setzt sich x aus der Breite der Schlauchklemme zuzüglich etwa zweimal dem Außendurchmesser des Antennendrahtes zusammen. Genauer ist es aber zu messen. Dazu wird ein 100 mm bis 150 mm langes Reststück vom Antennendraht, wie in Bild 3 zu erkennen, mit unter eine der äußeren Schlauchklemmen am vorderen Querträger geklemmt und in einem

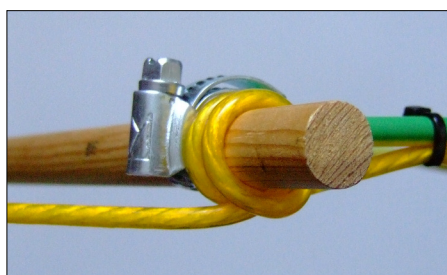


Bild 4: Befestigung von Dipol und Spannseil am vorderen Querträger

Winkel von 45° nach hinten gebogen. Nun wird eine zweite Person gebraucht, die einen dünnen Bindfaden an der Schlauchklemme so hält, dass er im 45° -Knick des Antennendrahtes immer in der Drahtmitte bleibt. Am Boom wird ein Winkelmesser angelegt und der Punkt gekennzeichnet, in dem der Bindfaden in einem 45° -Winkel auf die Boom-Mitte trifft. Zur Kontrolle können die Abstände von diesem Punkt zu den Schlauchklemmen auf beiden Seiten des Querträgers gemessen werden. Sie sollten gleich groß sein.

Von diesem Punkt ausgehend wird im Abstand A nach hinten eine weitere Markierung in der Boom-Mitte angebracht. In diesem Punkt treffen sich die beiden V-Schenkel des Reflektors auf dem Boom. Von diesem zweiten Punkt aus werden mit dem Bindfaden und am Boom angelegten Winkelmesser (jetzt nur 44°) die Punkte auf dem Spannseil markiert, die der Bindfaden kreuzt. Auch diese Abstände nach beiden Seiten sollten wieder gleich groß sein. Der für den Reflektor vorbereitete Draht wird möglichst gerade gebogen, in der Mitte dann in einem Winkel von 88° geknickt und mit einer Kabelschelle so isoliert auf den Boom geschraubt, dass der Knick direkt über der Markierung liegt.

An beiden Markierungen an den Spannseilen, im gleichen Abstand vom Boom, wird der Draht dann nach hinten umgeknickt und mit Kabelbindern an den Spannseilen befestigt. Damit ist der Reflektor fertiggestellt. Um den Dipol aufzubauen, muss erst die Antennendose vorbereitet werden. Dazu wird probeweise die Mastschelle an den Boom geschraubt. Dabei bitte auf die Lage des Mastes in der Richtung zur Öffnung im Spannseil achten.

Die Antennendose sitzt direkt vor der Mastschelle oben auf dem Boom und die N-Buchse sitzt an der Seite der Dose, die der Mastschelle am nächsten ist (nach hinten ausgerichtet). Dorthin zeigt nun auch die Seite der Dose mit nur einer Öffnung in der Mitte. In die N-Buchse wird ein Stecker geschraubt und vor diese Öffnung gehalten. Würde es nun Probleme bereiten den Stecker zu lösen, denn die Mastschelle ist im Wege, so muss die Dose um 180° gedreht werden. Zum Montieren der N-Buchse wird dann die Öffnung genommen, nun an einer Seite mit zwei Öffnungen, welche den größeren Abstand zum Mast besitzt.

Eine Montage der Buchse mit in der Dose sitzenden Flansch ist vorzuziehen. Alle vier Schrauben werden innen mit Lötflächen versehen. Die Lötflächen werden dann um den Mittelanschluss herum mit einem etwa 1 mm starken Draht verbunden und verlötet. Am Unterboden der Dose wird die Mittellinie von vorne nach hinten gekennzeichnet und im vorderen und im hinteren Teil mit je einer Bohrung von etwa 3,5 mm im Durchmesser versehen. Durch diese Bohrungen hindurch wird die Dose dann später mit Blechrauben von 4 mm Durchmesser auf den Boom befestigt.

Stückliste für den DGÖKW-Doppel-M-Beam (6-m-Band)

2 m	Quadratrohr 23,5 mm × 1,5 mm, Aluminium, blank
1 m	Rundrohr 15 mm × 1,5 mm, Aluminium, blank (oder 2 × 0,5 m lang)
1,6 m	Glasfaserstab Ø 13mm (falls nur mit Ø 15 mm verfügbar: 0,5 m Rundrohr 18 mm × 1,5 mm)
1,63 m	Glasfaserstab Ø 13mm (falls nur mit Ø 15 mm verfügbar: 0,5 m Rundrohr 18 mm × 1,5 mm) oder statt Glasfaserstäbe 2 × 2,40 m Rundholz Ø 13 mm
15 m	Perlonleine Ø 3 mm oder Plastikwäscheleine Ø ≤ 4 mm (ohne Metalldraht und möglichst mit geflochtener Leine im Inneren)
2 Stück	Flanschverbinder 23,5 mm als Stopfen für Boom (siehe Bild 2, Regalbau-Zubehör)
1 Stück	FR Abzweigkasten 83 mm × 83 mm × 35 mm mit Klemmleiste (an drei Seiten zwei Löcher, an einer Seite ein Loch, beinhaltet auch Gummistopfen, vier Stück werden gebraucht)
2 Stück	T-Flachwinkel 70 mm × 36 mm × 16 mm (sechs Bohrungen), für größere Antenne 120 mm × 54 mm × 19 mm
8 Stück	Schlauchklemme 12 bis 22 mm
6 Stück	Simplex-Klemmen für 3 mm Leinen
2 Stück	kleines Kettennotglied, möglichst aus Plastik (oder Kettschnellverschluss, Karabinerhaken o.ä., dient zum schnellen Öffnen der seitlichen Verspannung)
1 Stück	Aufputz-Kabelschelle 5 mm (am besten für Koaxialkabel)
6,7 m	10 mm² Kupferdraht (10 m PVC-Aderleitung 10 mm², HO 7 V-U, isoliert)
1 Stück	N-Flanschbuchse mit vier Befestigungslöchern, Teflon
2,1 m	Koaxialkabel RG59, 75 Ω
1 Stück	Mastschelle, passend zum vorhandenen Mast, für einen Boom bis 25 mm × 25 mm
	div Kleinteile: kleine Kabelbinder (UV-beständig), sechs kleine Kabelbinder aus Metall (oder den Kabelbindern ähnliche kleine Schlauchklemmen), kurze M4-Senkkopf-Blechschrauben, min. 4 M3-Schrauben mit Scheiben und Muttern sowie Lötösen für die N-Buchse, Plastik-Spray

Außerdem sollte rechts oder links, an einer tiefliegenden Stelle im Boden der Dose, ein Loch mit gleichem Durchmesser für das Kondenswasser vorgesehen werden. Nun werden die vier Öffnungen in der Dose, zwei an der rechten und zwei an der linken Seite, mit Gummistopfen o.ä. versehen. Um den Dipol im richtigen Winkel zu montieren, hat sich ein kleiner Trick bewährt. Etwa drei Meter eines Bindfadens werden, von der Fadenmitte ausgehend, etwa dreimal um den Boom gebunden und oben darauf verknotet. Dieser Knoten muss genau auf der Markierung auf dem Boom liegen (mit Klebeband zusätzlich fixieren).

Die beiden Enden des Fadens werden nun nach jeder Seite an der jeweiligen Schlauchklemme am vorderen Querträger in der Art befestigt, dass sich zweimal der 45°-Winkel einstellt. Der Draht für den Dipol wird möglichst gerade gebogen und dann in der Mitte um 90° geknickt. Nun wird der Draht durch kleine, strammsitzende Löcher in den vorderen Gummistopfen der Dose gesteckt. Auf der einen Seite hinein und auf der anderen Seite wieder hinaus bis die Mitte des Drahtes sich mitten in der Dose befindet. Von innen, direkt an den Gummistopfen, wird der Draht durch Kabelbinder am Verrutschen gehindert.

Die Dose mit dem Draht wird nun auf den Boom gelegt und die Stelle gesucht, bei der sich der Draht mit dem Faden auf beiden Seiten deckt. Dazu muss der Draht noch etwas nachgebogen werden. Auch muss darauf geachtet werden, dass sich die beiden Bohrungen im Boden der Dose (zum Befestigen) auf der Mittellinie des Boom befinden. Diese Bohrungen werden auf den Boom durchgezeichnet und vorgebohrt. Dann kann die Antennendose mit Blechschrauben mit 4 mm Durchmesser und Unterlegscheiben angeschraubt werden. Bei der hinteren Schraube wird zusätzlich noch eine Lötöse, versehen mit einem etwa 50 mm langen Draht, mit angeschraubt. Am vorderen Querträger kann dann der Antennendraht des Dipol, wie in Bild 3 zu sehen, mit den Schlauchklemmen befestigt werden.

Außen an den Schlauchklemmen, wird der Draht dann um 90° nach hinten gebogen

und am Spannseil mit Kabelbindern befestigt. Der Faden kann nun wieder entfernt werden. Jetzt kann der Antennendraht an der markierten Mitte in der Antennendose durchtrennt und etwa 15 mm abisoliert werden.

Als Letztes wird nun der Viertelwellen-Transformator aus Koaxialkabel hergestellt. Dafür wird eine Leitung mit einer Impedanz von

$$Z_W/\Omega = \sqrt{Z_E/\Omega \cdot Z_A/\Omega}$$

mit einer Länge von

$$l_{VL}/m = 75/f_{[MHz]} \cdot V_k$$

benötigt. Z_E ist die Eingangsimpedanz (28 Ω), Z_A ist die Ausgangsimpedanz (50 Ω), Z_W ist der Wellenwiderstand der Transformationsleitung und V_k ist der Verkürzungsfaktor des Koaxialkabels (0,66). Für diese Antenne ergibt die Berechnung $Z_W = 37,42 \Omega$ und $l_{VL} = 0,98$ m bei einer Frequenz $f = 50,5$ MHz (Bandmitte). Diese Leitung kann aus zwei parallel geschalteten 75 Ω -Kabeln hergestellt werden. Dazu werden zwei 1,04 m lange Koaxialkabelstücke vom Typ RG59 benötigt. An beiden Kabelstücken wird die äußere Isolierung an den beiden Enden auf einer Länge von 30 mm entfernt.

Der Schirm wird längs an einer Seite entflochten und zurückgeschlagen. Die beiden Kabelstücke werden nebeneinander gelegt und die Schirmenden beider Kabel an beiden Enden miteinander verdreht. Die Isolierung der Innenleiter wird dann auf einer Länge von 25 mm entfernt und an jedem Ende beide Innenleiter miteinander verdreht. Die verdrehten Leiter werden dann für eine bessere Verbindung noch zusätzlich verlötet. Etwa alle 70 mm werden die beiden nun elektrisch parallel geschalteten Kabelstücke durch kleine Kabelbinder aneinander gebunden.

Das Ende dieser Transformationsleitung wird an einer Seite der Dose in die zweite Öffnung, das andere Ende wird unter den Boom hindurch geführt und in die gegenüber liegende Öffnung gesteckt. Das eine Ende wird an der N-Buchse angelötet (Schirm an die Lötöse) und das andere Ende wird mit den beiden Dipolanschlüssen

verlötet. Dabei sollten die Anschlüsse der Transformationsleitung so kurz wie möglich gehalten werden, an den Dipolanschlüssen aber, um die Symmetrie zu wahren, gleich lang sein. Der kurze Draht von der Lötöse im Boden der Dose wird dabei auch noch mit einer Lötöse der N-Buchse verbunden. Dadurch werden statische Aufladungen abgeführt.

Bei den Musterantennen wurde, unter anderem um Gewicht zu sparen, die Isolierung der Antennendrahte bis auf einige kleine Bereiche entfernt. Bestehen blieb die Isolierung etwa 100 mm in der Mitte, etwa 100 mm in den vorderen Spitzen (beim Dipol also unter den Schlauchklemmen) und etwa 50 mm an den Enden der Elemente (verschiebbar). Die Isolierung in der Mitte des Dipol teilte sich auf in zwei mal 50 mm als zusätzliche Isolation zur Durchführung der Antennendrahte durch die Gummistopfen der Antennendose. Die nun blanken Kupferdrähte wurden mit einer Korrosionsschutzfarbe gestrichen.

Nach zwei Jahren Betrieb der Antenne am Mast, begannen sich einige der normalen UV-beständigen Kabelbinder aufzulösen. Deshalb wurden dann an den Enden der Elemente, beim Reflektor zusätzlich auch in den vorderen Spitzen, Kabelbinder aus Metall eingesetzt. Diese dürfen, wie auch die Schlauchklemmen am vorderen Querträger, keinen elektrischen Kontakt zu den Antennendrahten haben. Deshalb waren die Restlängen der Isolierung notwendig. Die Enden von isolierten Drähten und der Plaste-Wäscheleine werden mit einem Tropfen Kleber o.ä. verschlossen. Andere kritische Stellen der Antenne können mit Plastikspray wetterfest gemacht werden. Damit ist die Antenne fertiggestellt. Das beste SWV ist jetzt noch zwischen 48 MHz und 49 MHz zu finden. Die Antenne muss noch abgestimmt werden. Nach etwa einem halben Jahr sollten alle Schrauben leicht nachgezogen und das Spannseil noch einmal gespannt werden, siehe Bild 1 im Beitrag.

Literatur

- [1] Warsaw, K., DG0KW: Kompakte Zweielelementantenne: Doppel-M-Beam für das 6-m-Band. FUNKAMATEUR 59 (2010) H. 5, S. 525–527