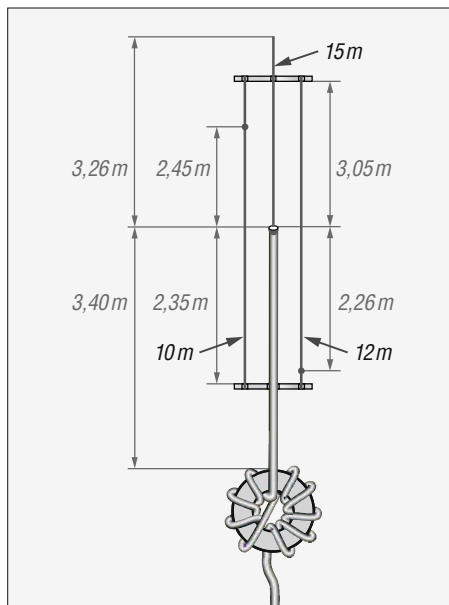


# Endgespeiste Vertikalantenne für 15 m, 12 m und 10 m

Dipl.-Ing. MARTIN ERGER – DK4FD

Um Funkbetrieb auf möglichst vielen KW-Bändern machen zu können, nutzen Funkamateure oft Mehrbandantennen, die als Kompromisslösung nicht auf allen Frequenzen gleichbleibend gute Eigenschaften besitzen. Die nachfolgend beschriebene Antenne ist hingegen für die drei oberen KW-Bänder optimiert und daher uneingeschränkt für DX-Verbindungen nutzbar. Darüber hinaus lässt sie sich leicht aufbauen.

In [1] habe ich meine endgespeiste Mehrbandantenne mit Sperrkreisen vorgestellt. Diese war von vornherein schwerpunktmäßig für die Bänder 40 m, 30 m, 20 m und 17 m konzipiert und ich bin nach wie vor sehr zufrieden damit. Für eine solche einfache Konstruktion können sich die damit erzielten Erfolge sehen lassen.



**Bild 1: Prinzipieller Aufbau der Vertikalantenne für 15 m, 12 m und 10 m mit den nach dem Abgleich erreichten Strahlerlängen; der Abstand des 10-m-Strahlers vom Koaxialkabel beträgt 33 mm und der des 12-m-Strahlers 50 mm. Bezüglich des Zuschnitts sind die Werte in der Tabelle 1 zu nutzen.**

Ohne ausgeprägte Resonanzen ließ sie sich auch auf 15 m, 12 m und 10 m betreiben, dort jedoch mit einem SWV von  $s \leq 3,6$ . Überraschenderweise gelangen damit trotzdem DX-Verbindungen. Inzwischen hatte ich Gelegenheit, diese Antenne auch auf diesen Frequenzen ausführlich zu testen und musste leider feststellen, dass sie meine Erwartungen an eine gute Antenne für 15 m, 12 m und 10 m nicht erfüllt. Daraus entstand der Wunsch, eine zusätzliche, speziell für diese Bänder

konzipierte DX-taugliche Vertikalantenne zu bauen.

## Konzeptüberlegungen

Um die Voraussetzungen dafür zu schaffen, erwarb ich zunächst einen stabilen Teleskopmast aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) und befestigte dessen unteres Segment mit zwei Rohrschellenpaaren an dem zu meiner Wohnung gehörenden Balkongeländer. Das hält zuverlässig und lässt sich, wenn notwendig, wieder rückstandslos zurückbauen. Die einzelnen Segmente sicherte ich gegen ein unbeabsichtigtes Zusammenrutschen mit Schlauchschellen. Als Polsterung dienen Gummiprofile, die es in jedem Baumarkt als Fensterdichtung gibt. Das Verutschen des von innen auf die Schellen geklebten Profils verhindert übergezogener Schrumpfschlauch, Bild 3.

Der Mast kann, so gesichert, ständig ausgezogen auf etwa 8 m Gesamtlänge völlig frei stehen bleiben. Bei stärkerem Wind lässt er sich jederzeit innerhalb weniger Minuten auf etwa 1,5 m zusammenschieben. 8 m freie Länge sind ausreichend für die insgesamt 6,5 m lange Antenne, die ein Halbwellendipol für das 15-m-Band maximal erwarten lässt. Von daher kann ich es mir leisten, die doch sehr dünnen oberen Elemente überhaupt nicht zu nutzen und auch auf eine Abspannung zu verzichten.

Weil ich auf dem Balkon weder eine HF-Erde noch Radials installieren konnte, hängte ich nach den in [1] geschilderten guten Erfahrungen zunächst einen für das 15-m-Band dimensionierten, am Ende gespeisten Halbwellendipol (EFHW-Antenne) an den Mast. Der Erfolg ließ nicht lange auf sich warten. Funkverbindungen bis in den westlichen Pazifik und weit nach Südamerika waren damit auch auf diesem Band kein Problem mehr.

Die Schwierigkeiten kamen, als ich darüber nachdachte, wie ich diesen Dipol auch für 12 m und 10 m nutzbar machen könnte. Traps, mit denen ich bei der An-

**Tabelle 1: Länge der Elementabschnitte und gemessenes SWV**

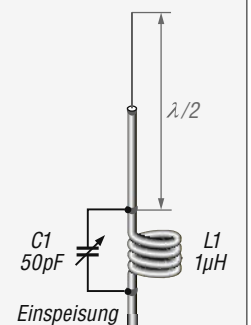
	$f$ [MHz]		
	21,1	24,9	28,1
$l_o$ [m]	3,26 (3,56)	3,05 (3,37)	2,45 (2,65)
$l_u$ [m]	3,40 (3,40)	2,26 (2,43)	2,35 (2,62)
$l_{ges}$ [m]	6,66 (6,96)	5,31 (5,80)	4,80 (5,26)
$s$	1,4	1,3	1,1

Die Werte in Klammern sind die bei der Simulation ermittelten Längen. Auf diese sind die Drähte vor dem Abgleich zuzuschneiden.

tenne in [1] gute Erfahrungen gemacht hatte, schieden aus. Dafür lagen die Nutzfrequenzen zu dicht beieinander und auf das 12-m-Band wollte ich keinesfalls verzichten.

Bei meinen Recherchen stieß ich auf eine Veröffentlichung von Klaus Warsow, DG0KW, in der er eine Multibandantenne vorstellt, die zum Teil mit strahlungsgekoppelten Dipolen, d.h. ohne jede galvanische Verbindung, arbeitet [2]. Besonders seine Variante *DO4a* fand mein Interesse. Dabei handelt es sich um einen 15-m-Dipol, der mit Verlängerungsspulen auf 80 m in Resonanz gebracht und zusätzlich mit zwei parallelen, diesmal strahlungsgekoppelten Dipolen auf 12 m und 10 m erweitert wird.

**Bild 2: Ausgangspunkt für die in Bild 1 gezeigte 3-Band-Vertikalantenne ist eine T<sup>2</sup>LT-Antenne mit Schmalbandsperrglied (Resonanzkreis)**



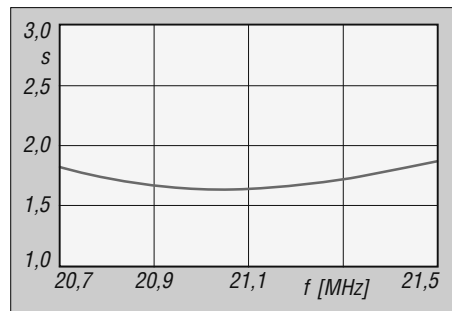
Mir kam die Idee, einfach den 80-m-Teil wegzulassen und den mittengespeisten Dipol durch eine EFHW-Antenne zu ersetzen. Dadurch läge, wegen der vorgesehenen Montage am Mast, der Anschluss der Speiseleitung unten. In der Diskussion machte mir Klaus allerdings schnell klar, dass es so einfach doch nicht ist. Die Strahlungskopplung setzt voraus,

**Bild 3: Schlauchschelle zur Sicherung eines Mastsegments, wie im Text beschrieben**

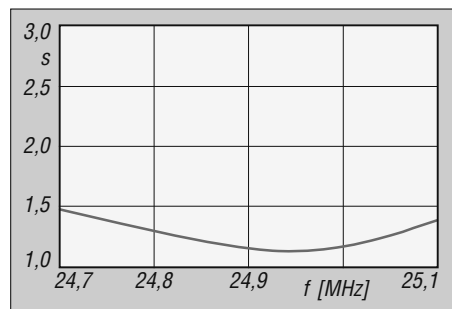


dass die Speisung des erregenden Dipols zwingend an einer Stelle erfolgt, an der ein nennenswerter Strom fließt. Das ist bei einer EFHW-Antenne eben nicht der Fall.

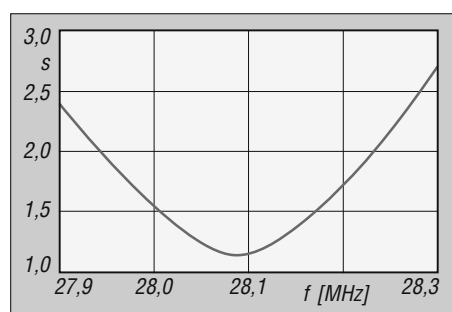
Während ich immer wieder darüber nachdachte, wie ich bei meinen baulichen Gegebenheiten eine Mittenspeisung an einem Vertikaldipol realisieren könnte, stieß ich eher zufällig in [3] auf einen Be-



**Bild 4: Simuliertes SWV im Frequenzbereich um 21,1 MHz**



**Bild 5: Simuliertes SWV im Frequenzbereich um 24,9 MHz**



**Bild 6: Simuliertes SWV im Frequenzbereich um 28,1 MHz**

richt zur T<sup>2</sup>LT-Antenne und hatte meinen „Heureka“-Moment. Es erschien mir als ultimative Lösung für mein Problem, diese auch in [4] beschriebene Antennenform, die auf ein Patent aus dem Jahr 1944 zurückgeht, mit der ins Auge gefassten Strahlungskopplung zu kombinieren.

T<sup>2</sup>LT steht für *Tuned Transmission Line Trap*, also einen abgestimmten Sperrkreis (engl. *trap*) in die Speiseleitung einzufügen, Bild 2. Die Funktionsweise ist schnell erklärt: Die Gesamtlänge beträgt, wie immer bei einem Dipol,  $\lambda/2$ . Die obere

re Hälfte ( $\lambda/4$ ) ist ein gewöhnlicher Kupferdraht. Daran wird der Innenleiter des Koaxialkabels angeschlossen. Dessen Außenleiter bildet die andere Antennenhälfte. Damit das funktioniert, muss man nach  $\lambda/4$  Koaxialkabel eine Sperre einfügen, die die Antenne HF-seitig vom beliebig langen Rest des Kabel trennt.

Im einfachsten Fall reicht es, das Kabel an dieser Stelle zu einer Spule aufzuwickeln. Mit einem zum Abschirmgeflecht parallelgeschalteten Kondensator entsteht ein Schwingkreis, der auf die Betriebsfrequenz abgestimmt wird. Dessen hoher Widerstand auf der Resonanzfrequenz trennt die Antenne von dem als Speiseleitung weiterführenden Koaxialkabel.

Innerhalb der Antenne ist das Koaxialkabel sowohl Speiseleitung als auch Teil der Antenne. Es handelt sich also um einen  $\lambda/2$ -langen Dipol, dessen Speisepunkt sich in dem in der Mitte liegenden Strombauch befindet. Allerdings ist die Speiseleitung nach unten herausgeführt und damit genau das, was ich gesucht habe.

Als typische Einbandantenne hat die T<sup>2</sup>LT vor allem bei CB-Funkern eine gewisse Popularität. Es werden ihr, wie eigentlich jeder Vertikalantenne, gute DX-Eigenschaften nachgesagt. Alle gefundenen Baubeschreibungen verzichteten allerdings auf die Abstimmung des Sperrkreises mit einem Kondensator und begnügten sich mit ein paar Windungen aufgewickelten Koaxialkabels.

Damit hat man wieder eine breitbandige Drossel, wie man sie sonst als Mantelwellensperre nutzt. Ich habe solche Spulen genau nach Vorgabe (z. B. 5 Wdg. bei 10 cm Durchmesser) nachgebaut und vermessen. Die Sperrwirkung fiel mit knapp 20 dB erwartungsgemäß bescheiden aus. Das kann man mit vertretbarem Aufwand deutlich besser machen, wie ich nachfolgend noch zeige.

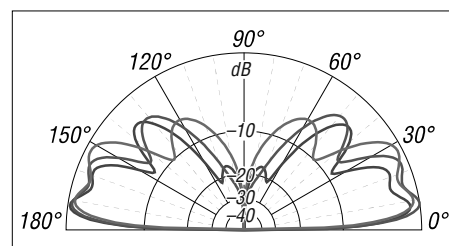
## ■ Simulation

Um meine Idee weiter zu evaluieren, modellierte ich die geplante Antenne zu-

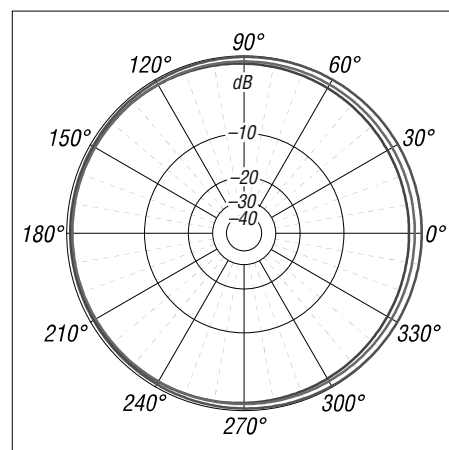
**Tabelle 2: Während der Simulation ermittelte Daten**

	21,1	24,9	28,1
$Z$	21,1 $\Omega$ +j 77,9 $\Omega$	57,7 $\Omega$ +j 0,6 $\Omega$	54,5 $\Omega$ +j 5 $\Omega$
$s$	1,64	1,16	1,14
$G_a$ [dBi]	1,85	2,43	1,08
$\alpha_a$ [°]	39	33,1	31
$V/R$ [dB]	0,03	0,22	-0,61

Bedingungen: Speisepunkt 10 m über Boden  
mittlerer Leitfähigkeit, vertikale Polarisation



**Bild 7: Vertikaldiagramme bei einer Speisepunkthöhe von 10 m über Grund mittlerer Leitfähigkeit; blau 21,1 MHz, grün 24,9 MHz, violett 28,1 MHz; äußerer Ring 0 dB  $\hat{=}$  3,29 dBi**



**Bild 8: Horizontaldiagramme der 3-Band-Vertikalantenne; blau 21,1 MHz, grün 24,9 MHz, violett 28,1 MHz; Bedingungen wie in Bild 7**

nächst mit MMANA-GAL. Später beim Aufbau würde ich Koaxialkabel RG58 und isolierte Litze mit 1 mm Durchmesser (Querschnitt 0,75 mm<sup>2</sup>) nutzen. Der Speisepunkt, also die Mitte zwischen den beiden Strahlerhälften, läge in 10 m Höhe über dem Boden. Daher nahm ich für die Modellierung einen vertikalen, für das 15-m-Band dimensionierten Dipol an, dessen untere Hälfte (die Abschirmung des Koaxialkabels) 4 mm dick ist und dessen oberer Teil 1 mm Durchmesser hat. Jeweils auf einer Seite ordnete ich einen Dipol für 12 m und einen für 10 m an, die beide aus Kupferlitze mit 1 mm Durchmesser bestehen.

Es zeigte sich sofort, dass die Antenne grundsätzlich funktionieren und die gewünschte flache Abstrahlung im Fernfeld haben würde. Auf dieser Basis konnte ich durch Variation von Längen, Abständen und Anordnungen ein Optimum suchen, Tabelle 2, Bilder 7 und 8.

Im Ergebnis stellte sich heraus, dass die Abstandsangaben von DG0KW mit 50 mm zum 12-m- und 33 mm zum 10-m-Dipol bereits das Optimum waren. Auch die Drahtlängen entsprachen weitgehend seinen Angaben. Anders war das bei der gegenseitigen Positionierung, da sich das Stehwellenverhältnis noch verringerte,

nachdem zumindest der 12-m-Dipol deutlich versetzt und nicht symmetrisch zum Speisepunkt angeordnet wurde.

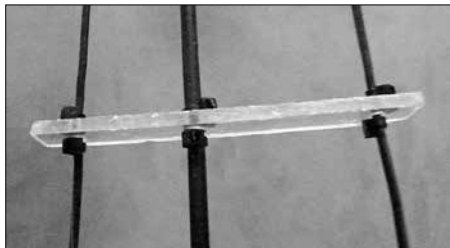
Darüber hinaus lieferte die Simulation weitere wichtige Erkenntnisse. So muss der Aufbau von vornherein vollständig sein, da sich alle Elemente gegenseitig beeinflussen. Lässt man beispielsweise zunächst die zusätzlichen Strahler weg, liegt die Resonanzfrequenz der dann nur noch übrigbleibenden T<sup>2</sup>LT-Antenne für 15 m deutlich zu tief. Würde man jetzt notwendigerweise abschneiden, wäre die Antenne bei einer späteren Erweiterung zu kurz. Die Art des verwendeten Drahtes wirkt sich ebenso aus wie die vorgesehene Aufbauhöhe, wenn auch nicht so gravierend.

Bild 1 zeigt den nicht maßstäblichen, prinzipiellen Aufbau der Antenne. Der Übergang vom Koaxialkabel zum einfachen Draht beim mittleren 15-m-Teil ist der eigentliche Speisepunkt und bildet den Bezug für alle Längenangaben. Links ist mit 33 mm Abstand der 10-m-Dipol angeordnet und rechts der für 12 m mit 50 mm Abstand. Tabelle 1 enthält die bei der Simulation ermittelten Abmessungen.

Damit sind alle erforderlichen Informationen vorhanden und der Bau kann beginnen.

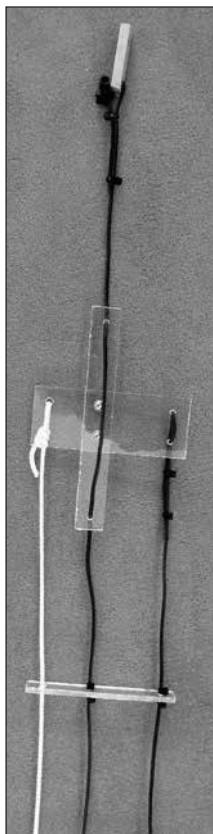
## ■ Abstandhalter

Vor der eigentlichen Montage müssen Abstandhalter vorbereitet werden, die später die Drähte in der korrekten Position halten. Um die Masse möglichst niedrig zu halten, hatte ich mir überlegt, sie aus 4 mm dickem Acrylglas zu bauen. Dies

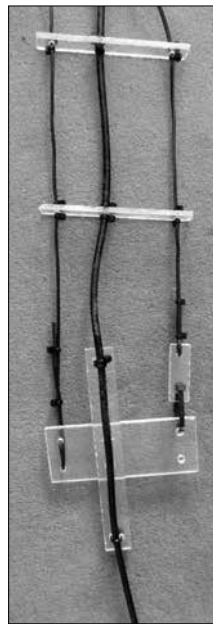


**Bild 9: Abstandhalter im Detail; Kabelbinder verhindern das Verrutschen des hier in der Mitte liegenden Koaxialkabels und der isolierten Kupferlitzen.** Fotos: DK4FD

war keine gute Wahl, denn ich musste feststellen, dass es sich mit dem zur Verfügung stehenden Heimwerkerwerkzeug nicht gut bearbeiten ließ. Das spröde Material franste an den Sägekanten deutlich aus. Das ist einerseits ärgerlich, andererseits aber lediglich ein optisches Problem und so beließ ich es dabei. Bei einer Serienproduktion würde man sich etwas anderes überlegen müssen.



**Bild 10: Zusammenbau des oberen Abstandhalters sowie Befestigung der Abspannschnur des 10-m-Stahlers und der beiden anderen Drähte; am oberen Ende sitzt ein Isolator, der nach dem Abgleich am Schälkel an der Mastspitze befestigt wird.**



**Bild 11: Unterer Abstandhalter; für die recht kurze Abspannung des 12-m-Strahlers (rechts) reicht ein Kabelbinder.**

Ansonsten ist der Bau lediglich eine Fleißarbeit und weist keine besonderen Schwierigkeiten auf. Es werden zwei leicht unterschiedliche Halter für die obere und untere Befestigung benötigt, siehe Bilder 10 und 11. Damit die einzelnen Strahler stets im gleichen Abstand bleiben, sind dazwischen 19 Abstandhalter gleichmäßig zu verteilen, Bild 9.

Interessierte Nachbauer können sich an diese Bilder und die Zeichnung in Bild 14 halten. Letztere ist auch im Download-Bereich auf [www.funkamateure.de](http://www.funkamateure.de) als PDF-Datei verfügbar und lässt sich ausgedruckt als Bohrschablone nutzen. Der Durchmesser der nicht bemaßten Bohrungen ist individuell verschieden und muss an die benutzten Drähte, das Koaxialkabel und die Schrauben angepasst werden.

## ■ Drähte und Kabel

Für den unteren Teil des in der Mitte angeordneten 15-m-Stahlers habe ich Koaxialkabel RG58 und für alle anderen Drähte isolierte Kupferlitze mit 0,75 mm<sup>2</sup> Querschnitt benutzt. Ungeachtet dessen, dass aufgrund von individuellen Umge-

bungseinflüssen auf jeden Fall noch Kürzungen notwendig sein werden, kann man erst einmal von den bei der Modellierung errechneten Längen ausgehen.

Den oberen Teil des Strahlers lötet man an den Innenleiter des Koaxialkabels an und schützt die Verbindungsstelle gut mit Schrumpfschlauch, damit später keine Feuchtigkeit eindringen kann. Wie schon geschrieben, bildet diese Stelle den Bezugspunkt für alle angegebenen Längenangaben. Es ist von Vorteil, die Position des Bezugspunkts auch bei den vorbereiteten Drähten für die Zusatzdipole mit einem Kabelbinder zu markieren.

## ■ Montage

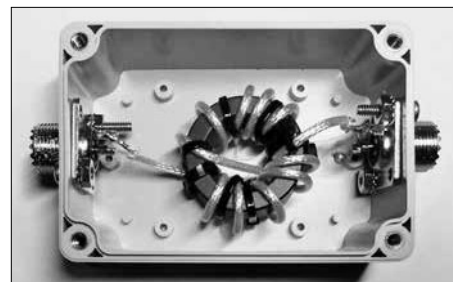
An dieser markierten Stelle ist der erste Abstandhalter mit Kabelbindern auf den Drähten gegen Verrutschen zu fixieren. Danach in jeweils etwa 30 cm Abstand nach oben und unten den nächsten Abstandhalter anordnen und wieder mit zwei Kabelbindern gegen Verrutschen sichern. Die Bilder 10 bis 12 zeigen die Details. Nach meiner Erfahrung tut man sich leichter, zumindest den Teil, der gerade einen Halter erhalten soll, einigermaßen stramm zu spannen.

## ■ Mantelwellensperre

Wie ich bereits andeutete, stellten mich die erreichten Werte der aus ein paar Windungen Leitung bestehenden, einfachen Mantelwellensperre nicht zufrieden. Ich habe stattdessen eine eingesetzt, die sich bei mir in anderen Projekten schon bewährt hat und für Sendeleistungen bis etwa 100 W ausreicht.

Sie dämpft um etwa 30 dB und besteht aus 9 Wdg. RG174 oder RG316, die nach dem bekannten W1JR-Schema auf einen Ringkern FT140-43 aufgebracht werden. Mehr Windungen bringen in dem für das verwendete Ferritmaterial schon relativ hohen Frequenzbereich nicht mehr viel oder wären sogar kontraproduktiv, weil die dann enger zusammenliegenden Windungen zu stark koppeln würden.

Wenn man nicht einen größeren Ringkern wie den FT240-43 nutzen möchte,



**Bild 12: Mantelwellensperre mit 9 Wdg. Koaxialkabel RG316 auf einem FT140-43**

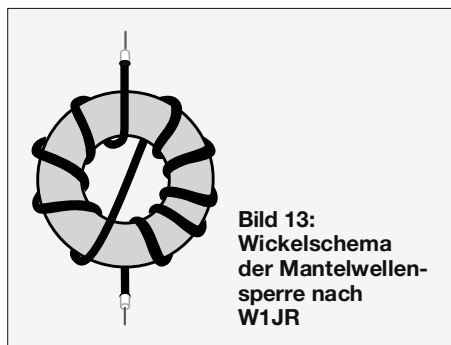
würde ich aus dem gleichen Grund auch von Koaxialkabel mit größerem Durchmesser abraten. Auch die sonst von mir gern geübte, besonders kostengünstige Praxis, gleich die sowieso vorhandene Speiseleitung ohne Unterbrechung auf den Kern zu wickeln, halte ich in diesem Fall für keine gute Idee.

## Inbetriebnahme

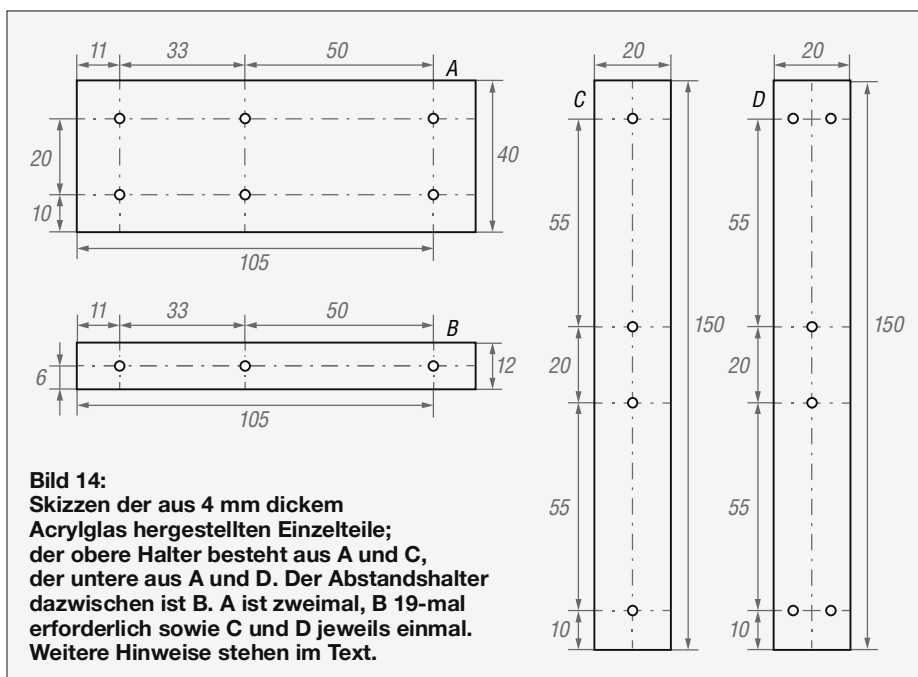
Da jeder Baum und auch jede Hauswand Einfluss haben, muss für eine optimale Leistung jede Antenne – auch eine als Fertigprodukt gekaufte – am endgültigen Aufbauort abgeglichen werden. Dazu schließt man bei dieser Antenne unterhalb der Mantelwellensperre statt der Speiseleitung vorzugsweise einen Antennenanalysator an und ermittelt das Stehwellenverhältnis (SWV). Wer kein passendes Gerät hat, kann auch ein Stehwellenmessgerät und den Stationssender nehmen.

Da man mit Letzterem in der Regel aber außerhalb der Amateurbänder nicht senden kann, tappt man mit dieser Methode oft im Dunkeln. Grund: Aus dem ermittelten SWV lässt sich nicht unmittelbar erkennen, ob die zugehörige Betriebsfrequenz unterhalb oder oberhalb der gewünschten Resonanzfrequenz der Antenne liegt. Selbst mit einem relativ preiswert erhältlichen Netzwerkanalysator mit eingebautem Richtkoppler ist der Abgleich deutlich einfacher.

Bei mir funktionierte es auf Anhieb. Der Analysator zeigte drei SWV-Minima, erwartungsgemäß bei zu tiefen Frequenzen. Bei einem einfachen Dipol würde ich jetzt zum Taschenrechner greifen und hätte die vorzunehmende Verkürzung schnell ermittelt. In vorliegenden Fall, wo sich alles gegenseitig beeinflusst, ist das nicht so einfach. Deshalb tastete ich mich durch vorsichtiges Abschneiden an die gewünschten Frequenzen heran. Die Ergebnisse, dass heißt die Länge der Elementabschnitte nach dem Abgleich, sind in der Tabelle 1 dargestellt. Beim Nachbauen einfach diese Werte zu nehmen, ist trotzdem nicht ratsam. In einer



**Bild 13:**  
Wickelschema  
der Mantelwellen-  
sperre nach  
W1JR



**Bild 14:**  
Skizzen der aus 4 mm dickem  
Acrylglas hergestellten Einzelteile;  
der obere Halter besteht aus A und C,  
der untere aus A und D. Der Abstandshalter  
dazwischen ist B. A ist zweimal, B 19-mal  
erforderlich sowie C und D jeweils einmal.  
Weitere Hinweise stehen im Text.

anderen Umgebung kann es durchaus signifikante Abweichungen geben.

Das SWV liegt nach dem Abgleich bei allen Bändern über einen etwa 500 kHz breiten Bereich durchweg bei  $s \leq 1,5$ . Lediglich wegen meiner Präferenz für Digimodes habe ich das Antennensystem für die Frequenzen 21,1 MHz, 24,9 MHz sowie 28,1 MHz und nicht auf die jeweilige Bandmitte optimiert.

Die Differenzen zwischen gemessenem SWV, Tabelle 1, zu den in der Simulation berechneten Werten, siehe Bilder 4 bis 6 und Tabelle 2, lassen sich mit der Antennenumgebung und vor allem durch die unterschiedlichen Orte für die Signaleinspeisung erklären. Im Gegensatz zur Simulation, bei der ich der Einfachheit halber die Strahlermitte gewählt hatte, wird ja in der Praxis in die Mantelwellensperre eingespeist und auch dort das SWV gemessen.

Die Mantelwellensperre und auch die 3,40 m Koaxialleitung innerhalb der Antenne wirken sich selbstverständlich aus. Ich kann auch nicht ausschließen, dass sich durch noch sorgfältigeren Abgleich weitere Verbesserungen der SWV-Werte erreichen lassen. So hätte ich zum Beispiel noch mit der Position der strahlungsgekoppelten Dipole experimentieren können. Wegen des hohen Aufwands bei gleichzeitig geringem Verbesserungspotenzial habe ich darauf verzichtet. Abschließend noch ein Hinweis zur Arbeitserleichterung: Um den Mast nicht immer wieder zusammenschieben zu müssen, ziehe ich während des Abgleichs das ganze Gebilde der Einfachheit halber mit einer Leine nach oben. Oberhalb der letz-

ten Schelle habe ich mit Kabelbindern einen Schäkel befestigt. Nachdem alles richtig eingestellt ist, befestige ich die Antenne direkt daran und mit zusätzlichen Klettbandbindern am Mast. Das ist stabiler und sieht vor allem besser aus.

## Erfahrungen in der Praxis

Nachdem ich diese Antenne in den vergangenen Monaten ausgiebig erproben konnte, verfestigt sich der Eindruck, dass sie im 15-m-Band der EFHW-Antenne, die ich zunächst am gleichen Ort aufgehängt hatte, in nichts nachsteht. Darüber hinaus nutze ich auch jede Bandöffnung auf 12 m und 10 m, um Erfahrungen zu sammeln. Naturgemäß ist die Zahl der Funkverbindungen dort nicht ganz so groß. Ich konnte mich aber mehrfach, trotz meiner vergleichsweise bescheidenen Sendeleistung von 25 W, im Pile-up durchsetzen und wurde unter anderem mit interessanten DX-Verbindungen nach Eswatini, Mauritius, Rodriguez, Guam und den Falklandinseln belohnt.

Fragen zu dieser Antenne beantworte ich gerne. In diesem Fall bitte ich um Kontaktaufnahme über das Formular auf meiner Website: [www.sy-merger.de](http://www.sy-merger.de)

## Literatur

- [1] Erger, M., DK4FD: Selbstbau einer endgespeisten KW-Mehrbandantenne. FUNKAMATEUR 70 (2021) H. 12, S. 977–979; 71 (2022) H. 1, S. 49–51
- [2] Warsaw, K., DG0KW: Multiband-Dipol „DO-Antenne“. [www.dl0hst.de/do\\_antenne.htm](http://www.dl0hst.de/do_antenne.htm)
- [3] Kalmeyer, R., PA3CJD: T2LT – der abgestimmte Sperrkreis in der Speiseleitung. [www.robkalmeyer.nl/techniek/electronica/radiotechniek/hambleden/cq-dl1988/page553/index.html](http://www.robkalmeyer.nl/techniek/electronica/radiotechniek/hambleden/cq-dl1988/page553/index.html)
- [4] Kruschke, A., DJ0TR: Rothammels Antennenbuch. 13. Aufl., DARC Verlag, Baunatal 2013, S. 714–715; Bezug: FA-Leserservice D-RH13