

Selbstbau-Yagi für DX-Verkehr im 1296-MHz-Band

HEINRICH F. RECKEMEYER – DJ9YW

Auf dem Markt sind etliche 23-cm-Yagis namhafter Hersteller zu haben, doch DXer wollen es bekanntlich ganz genau wissen. Der Autor, bekannter EME-Experte in diesem Frequenzbereich, beschreibt hier seinen Entwurf und gibt zahlreiche Hinweise für den Nachbau.

Am Anfang stand die Idee, die Wirkfläche meiner 1296-MHz-Antenne zu vergrößern. Dazu sollte die jahrelang benutzte Einzel-Yagi durch eine Vierergruppe ersetzt werden. Um echte Gewinnraten zu erhalten, beschaffte ich Yagis einiger Hersteller und maß diese reflexionsarm im Freifeld bei trockenen und nassen Bedingungen mehrfach durch. Tabelle 1 präsentiert die Resultate.

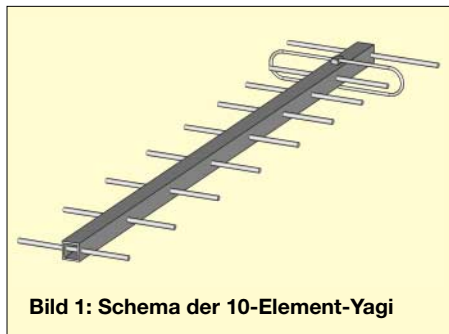


Bild 1: Schema der 10-Element-Yagi

■ Interessante Gewinn-Ergebnisse

Die preisgünstige *Tonna-Yagi* schnitt unerwartet gut ab, hatte aber durch den fehlenden Balun keine saubere Anpassung und war für meine Zwecke zu schwer. Die Montage der Elemente befand ich elektrisch gut gelöst.

Gerade dies war bei der *FlexaYagi* infolge der labilen Kontaktierung verschiedener Metalle nur schwer nachzuvollziehen. Wegen der Stahl-Elemente und deren vergleichsweise geringem Durchmesser müsste diese Antenne dann auch 1 m länger ausfallen, um mit den anderen gleichzuziehen. Bei Nässe brach der Gewinn stark ein.

Die M^2 fiel voll aus dem Rahmen. Ich gehe davon aus, dass trotz der Angabe von 1296 MHz als Nutzfrequenz die tatsächliche

Stärke im unteren 23-cm-Band liegen könnte. Die Antenne von *SHF Design* (jetzt *WiMo*) zeigte guten Gewinn, erwies sich allerdings durch den großen Reflektor als recht windlastig. Kritisch ist hier ferner die Arretierung der Elemente, bei nicht fest angezogenen Schrauben kann dies zum Gewinneinbruch führen.

Letzteres schien mir bei der vergleichsweise ähnlichen *Dubus-Yagi* von DL6WU/DJ9BV [1] durch das feste Einschlagen der Elemente am besten gelöst. Leider lag die Yagi durch zu kurze Elemente bzw. Abstände in der Frequenz zu hoch.

■ Einige Monate Arbeit

Da mich keine Version zufrieden stellte, konnte ich keine schnelle Lösung erreichen und begann, eine eigene Entwicklung durch etliche Musterbauten und Freifeld-Gewinnmessungen durchzuführen. Ein Antennenberechnungsprogramm stand mir zu diesem Zeitpunkt noch nicht zur Verfügung.



Bild 2: Bauteile des Dipols; unten im Bild ein Stück UT141-CU, wie für den Balun verwendet

Leider war mir vorher nicht klar, wie viel Entwicklungszeit dabei drauf gehen würde. Nun stehen aber alle Daten fest und wegen der großen Nachfrage möchte ich interes-



Bild 4: Heinrich, DJ9YW/m, mit der von ihm entwickelten 4-m-Leichtbau-Yagi

sierten SHF-Freunden eine Nachbaumöglichkeit bieten.

Angefangen habe ich mit der in Bild 1 gezeigten 10-Element-Version. Es kam ein 2 mm dickes Aluminium-Boomrohr mit $15 \times 15 \text{ mm}^2$ Querschnitt zum Einsatz. Für die Elemente fanden 4 mm dicke ALMG5-Stangen Verwendung, die auf der Drehbank auf Zehntelmillimeter genau zugearbeitet wurden. Zum Bohren hatte ich mir eine Schablone gefertigt und zunächst mit 3 mm vor- sowie mit 3,9 mm nachgebohrt. Nun ließen sich die Elemente mit einer auf 4,1 mm aufgebohrten Messinghülse sauber einschlagen. Der zentrische Sitz ist dabei ganz wichtig.

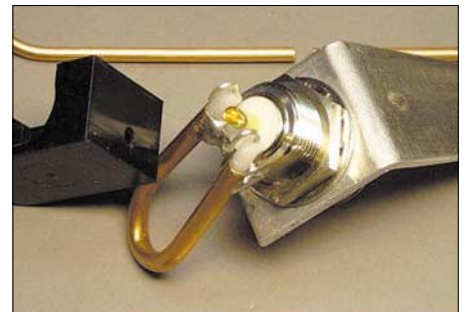


Bild 3: Montage des Baluns an der Dipolanschlussbuchse

Die Dipol-Fertigung, siehe Bilder 2, 3 und 8, ist etwas aufwändiger. Vom Koaxialkabel *Aircom Plus* lässt sich der 2,7 mm dicke Kupfer-Innenleiter gut verwenden. Die Dipolmitte wird geerdet, damit die teuren FETs am Empfänger- bzw. Vorverstärker-Eingang, welche meist nur über einen 50-V-SMD-Kondensator angekoppelt sind, keinen Schaden durch Impulse nehmen können.

Der Außenmantel einer wasserdichten N-Buchse [2] wird mit einem Winkel am Boom mit V2A-M3-Schrauben befestigt. Daran ist auch der Balun aus Semi-Rigid-Kabel *UTI41-CU* alias *SR3* [3] anzulöten. Die nach unten offene ABS-Kappe [4] dient

Tabelle 1: Fernfeld-Vergleichsmessungen bei 1296 MHz

Hersteller	Typ	Elemente	ungefähre Länge [m]	G, trocken [dBd]	G, nass [dBd]
M ²	23CM35EZ	35	3	16,8	14,1
Tonna	20635	35	3	17,7	17,4
DJ9BV [1]	13WL	37	3	17,6	17,8
FlexaYagi	2317	48	4	17,8	15,4
SHF Design	2344	44	3	18,0	17,8
DJ9YW	4 m / 4 mm	47	4	18,7	18,6
DJ9YW	4 m / 3,2 mm	47	4	18,9	18,8
DJ9YW	5 m / 4 mm	59	5	19,7	19,6



Bild 5: Wobbelkurve der 47-Element-Yagi, Gewinnmaximum bei 1299 MHz

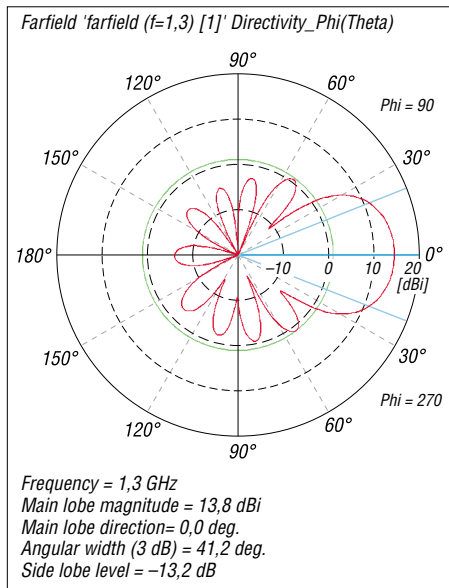


Bild 6: Die Simulation der 10-Element-Yagi weist 13,8 dBi Gewinn und 41,2° horizontalen Öffnungswinkel aus.

als Regenschutz. Ausschäumen brachte Verluste; demgegenüber bewirkt die hier offene Montage eine Selbsttrocknung. Der Dipoldraht wird beidseitig über eine Rolle gebogen, um dann innen 20 mm Abstand zu bekommen. Er sollte einen äußeren Abstand von 121 mm aufweisen. Den kompletten Dipol kann man danach mit Urethan-Spray [4] gegen Korrosion schützen.

■ **Die Freifeld-Wobbelkurve bringt alles an den Tag**

Nach der 10-Element-Yagi begann ich mit dem Entwurf einer 4 m langen 47-Element-

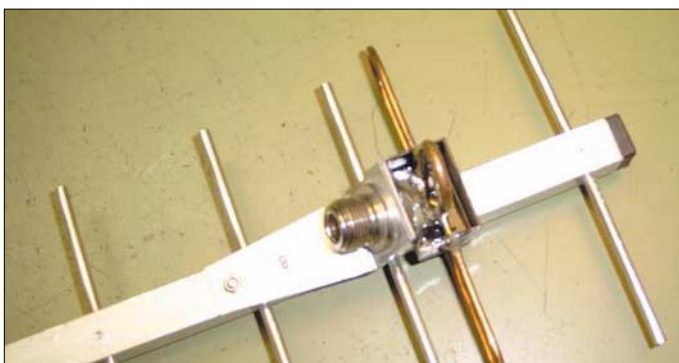


Bild 8: Dipolmontage am Boom aus 15 mm x 15 mm Aluminium

Fotos: DJ9YW
Screenshots: DL3OCH

Yagi, ebenfalls auf einem Boom 15 mm x 15 mm x 2 mm. Diese sollte dann für die Vierergruppe sowie solo am Kfz zum Einsatz kommen. Nun kann man nicht, wie oft zu lesen, die kurze Yagi einfach verlängern. Die neue Länge bewirkt eine Frequenzverschiebung, und so musste ein komplett neues Design her.

Das Gewinn-Maximum habe ich, wie aus Bild 5 hervorgeht, auf ungefähr 1299 MHz gelegt. Die bei Nässe unvermeidliche Frequenzverschiebung nach unten bewirkt dann nur unwesentliche Einbrüche bei 1296 MHz. Dies ist von großer praktischer

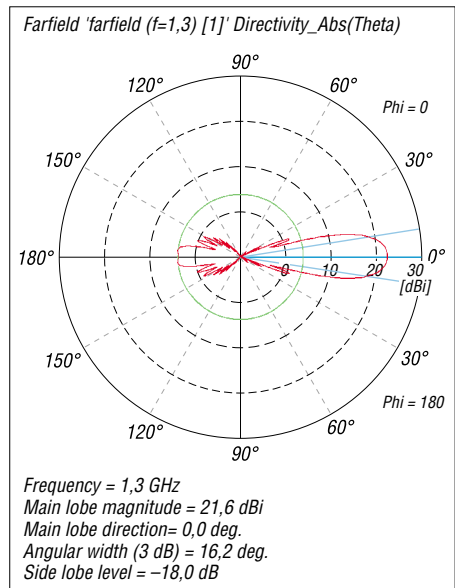


Bild 7: Die Simulation der 47-Element-Yagi weist 21,6 dBi = 19,5 dBd Gewinn und 16,2° horizontalen Öffnungswinkel aus.

Bedeutung, denn gerade bei Nebel und der damit verbundenen Feuchtigkeit sind oft gute Bedingungen.

Später standen mir Antennenberechnungsprogramme als Kontrollmöglichkeit zur Verfügung. Leider konnten alle Programme nach oft mehr als 3 h Rechenzeit in der Optimierungs-Option keine zuverlässigen Daten liefern. Dabei kamen zum Teil völlig wilde Elementewerte heraus, es sei denn, die Vorgaben lagen bereits nahe bei meinen ermittelten Werten, gemäß Tabelle 3. Am besten empfand ich persönlich das frei zugängliche Programm *MMAna* [5].

Tabelle 2: Gewinne der drei Varianten

	G [dBi]	Elemente
4 m / 4 mm	18,7	47
5 m / 4 mm	19,7	59
4 m / 3,2 mm	18,9	47
Leichtbauversion		

Tabelle 3: Position und Längen l der Yagi-Elemente für 1296 MHz

Element	a [mm]	Pos. zu Vorgänger [mm]	l [mm]† für d=4 mm	l [mm] für d=3,2 mm
R	0	0	131	127,0*
S	50,0	50,0	121	121,0
D1	18,3	68,3	107,2	110,9*
D2	41,7	110,0	105,6	109,0
D3	49,3	159,3	104,1	107,5
D4	58,0	217,3	102,8	106,0
D5	66,6	283,9	101,6	104,8
D6	69,5	353,4	100,5	103,5
D7	73,6	427,0	99,5	102,4
D8	77,4	504,4	98,7	101,5
D9	81,1	585,5	98,0	100,8
D10	83,5	669,0	97,5	100,2
D11	86,6	755,6	97,0	99,7
D12	90,4	846,0	96,4	99,2
D13	91,2	937,2	96,0	98,7
D14	92,2	1029,4	95,6	98,3
D15	93,4	1122,8	95,2	97,9
D16	93,4	1216,2	94,8	97,6
D17	93,4	1309,6	94,5	97,3
D18	93,4	1403,0	94,2	97,0
D19	93,4	1496,4	93,9	96,7
D20	93,4	1589,8	93,6	96,4
D21	93,4	1683,2	93,3	96,1
D22	93,4	1776,6	93,0	95,8
D23	93,4	1870,0	92,7	95,5
D24	93,4	1963,4	92,5	95,2
D25	93,4	2056,8	92,2	95,0
D26	93,4	2150,2	92,0	94,8
D27	93,4	2243,6	91,7	94,6
D28	93,4	2337,0	91,5	94,4
D29	93,4	2430,4	91,3	94,2
D30	93,4	2523,8	91,1	94,0
D31	93,4	2617,2	90,9	93,8
D32	93,4	2710,6	90,7	93,6
D33	93,4	2804,0	90,5	93,4
D34	93,4	2897,4	90,3	93,2
D35	93,4	2990,8	90,1	93,0
D36	93,4	3084,2	89,9	92,8
D37	93,4	3177,6	89,7	92,6
D38	93,4	3271,0	89,5	92,5
D39	93,4	3364,4	89,3	92,4
D40	93,4	3457,8	89,1	92,3
D41	93,4	3551,2	88,9	92,2
D42	93,4	3644,6	88,7	92,1
D43	93,4	3738,0	88,5	92,0
D44	93,4	3831,4	88,3	91,9
D45	93,4	3924,8	88,1	91,8
D46	93,4	4018,2	87,9	-
D47	93,4	4111,6	87,7	-
D48	93,4	4205,0	87,5	-
D49	93,4	4298,4	87,3	-
D50	93,4	4391,8	87,1	-
D51	93,4	4485,2	86,9	-
D52	93,4	4578,6	86,7	-
D53	93,4	4672,0	86,5	-
D54	93,4	4765,4	86,4	-
D55	93,4	4858,8	86,3	-
D56	93,4	4952,2	86,2	-
D57	93,4	5045,6	86,1	-

*) Diese Elemente sind auch bei der 3,2-mm-Variante 4 mm dick auszuführen.

†) Die 47-Element-Yagi 4 m / 4 mm endet nach dem 45. Direktor (rote Linie).



Bild 9: Eigenbau-Elevationsschelle für EME-Betrieb

Bodo, DL3OCH, hatte die Möglichkeit, mit dem Spitzenprogramm *Microwave-Studio* meine Antennen-Daten nachzusimulieren und mir freundlicher Weise die in den Bildern 6 und 7 dargestellten Diagramme zu übermitteln. Dabei konnte er meine Messergebnisse weitgehend bestätigen. Da die 4 m lange Yagi in der Praxis super funktionierte und auch die Reflexion mit besser 25 dB in Ordnung war, habe ich daraus nun noch eine 5 m lange 59-Element-Yagi speziell für 1296-MHz-EME-Betrieb mit der in Bild 9 gezeigten Elevationsschelle zur Nutzung mit WSJT [6] gefertigt. Die Verlängerung durch weitere zwölf Elemente bei identischem Boomquerschnitt war unkritisch, lediglich aus mechanischen Gründen erschien eine Verlängerung des Unterbügels sinnvoll. Das Durchbiegen des Boomrohrs sollte an beiden Enden nicht mehr als 3 cm betragen, deshalb kam als Koaxialkabel auch das relativ leichte Aircom Plus zum Einsatz. Inzwischen gelangen mit der 19,7-dBd-Yagi und 100 W am Dipol etliche erfolg-

reiche QSOs über den Mond [7], [8]. Für Portabelbetrieb hat sich eine vierteilige, steckbare Ausführung als zweckmäßig erwiesen; Details zur Steckverbindung gehen aus Bild 10 hervor. Wegen der stärkeren Belastung beim Transport im Auto empfiehlt es sich, die Elemente zusätzlich mit spitzen V2A-Blechschauben durch das Boomrohr zu arretieren.

■ Leichtbauvariante

Ein weiterer Versuch bestand im Bau einer Leichtbauversion mit 15 mm × 15 mm Boomrohr und 1 mm Wandstärke sowie 3,2 mm dicken ALMG5-Elementen (Vorbohren auf 3,1 mm). Hierbei musste die Yagi aber aus mechanischen Gründen auf eine Länge von 4 m begrenzt werden. Wegen der besseren Stromverteilung habe ich ferner den ersten Direktor und den Reflektor aus 4-mm-Stäben gefertigt. Insgesamt ergaben sich erheblich andere Elementelängen. Die Gewinn-Messung brachte 0,2 dB mehr, siehe Tabelle 2. Eine entsprechende Leichtbau-Kreuzyagi brachte indes

Tabelle 4: Position und Längen *l* der Elemente bei der 10-Element-Yagi

Element	<i>a</i> [mm] zu Vorgänger	Pos. [mm]	<i>l</i> [mm] für <i>d</i> = 4 mm
R	0	0	135
S	46,0	46,0	121
D1	14,3	60,3	105,6
D2	42,8	103,1	103,9
D3	50,4	153,5	102,3
D4	58,8	212,3	101,2
D5	66,0	278,3	100,0
D6	70,2	348,5	98,9
D7	73,1	421,6	97,8
D8	77,1	498,7	97,0



Bild 10: Einzelheit des Boom-Stecksystems von DJ9YW, das ein Zerlegen der Yagi in vier Einzelstücke erlaubt.

nicht den erhofften Gewinn, vermutlich wegen der zu starken Beeinflussung durch die jeweils andere Ebene. Tabelle 4 zeigt abschließend noch die Maße der samt Vormastchelle nur 67 cm langen Ursprungsvariante mit zehn Elementen. Nun wünsche ich allen, die eine 1296-MHz-Yagi selber fertigen möchten, viel Erfolg.

DJ9YW@t-online.de

Literatur und Bezugsquellen

- [1] Bertelsmeier, R., DJ9BV: DL6WU Yagi für 23 cm. DUBUS 23 (1994) H. 2, S. 46–52
- [2] Jäger, R., DC3XY: Spezial-N-Buchse. Bezug: rainer.jaeger@hanse.net
- [3] UKW-Berichte, Telecommunications: Semi-Rigid-Kabel UT141-CU bzw. SR3. Tel.:(0 91 33) 77 98-0; www.ukwberichte.de
- [4] Farnell InOne GmbH: ABS-Kappen und Urethanspray: Tel. (089) 61 39 39 39; www.farnellinone.de
- [5] Gontcharenko, G., DL2KQ: Deutsche Version von MMAna. <http://dl2kq.de/mmana/4-7.htm>
- [6] Fritsche, B., DL3OCH: JT44 & Co. mit WSJT. In: Hegewald, W., DL2RD (Hrsg.): Software für Funkamateure. Box 73 GmbH, Berlin 2005; S. 31–38
- [7] Fritsche, B., DL3OCH: Daten von QRP-EME-QSOs. www.qslnet.de/dl3och
- [8] Reckemeyer, H. F., DJ9YW: Homepage. www.qslnet.de/dj9yw