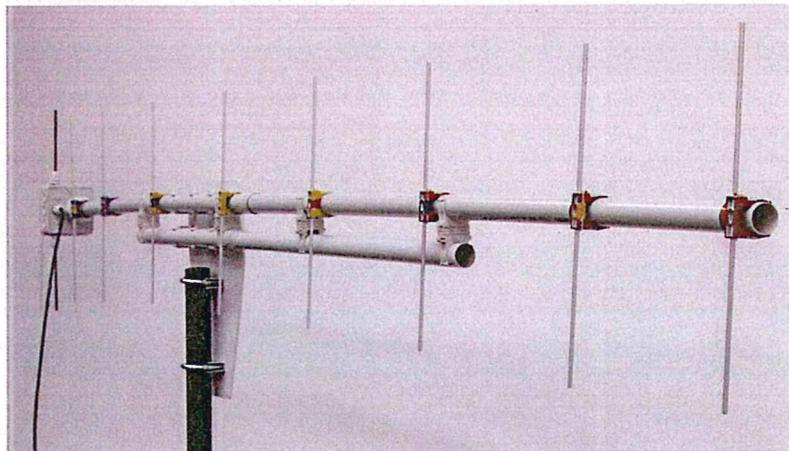


Leistungsstark, kostengünstig, superleicht und zerlegbar (1)

70-cm-Yagis

Prof. Dr. habil. Dirk W. Schubert, DK6DW

Wer beim Wandern und im Urlaub auf Amateurfunk nicht verzichten möchte, arbeitet vorteilhaft auf UKW, denn dabei sind die Antennen leicht und handlich. Für das 70-cm-Band ausgelegt wurden die hier unterbreiteten einfachen Vorschläge für Yagis.



In Literatur [1, 2] und Internet [3] finden sich reichlich Anregungen zur Bemaßung von Yagi-Antennen. Gerade das 70-cm-Band bietet die Möglichkeit für Betrieb mit einem kostengünstigen Portabel-Transceiver und auf Rucksackgröße zerlegbaren Antennen. Im Besonderen werden hier Bauvorschläge gezeigt, die auf einfache Komponenten aus dem Baumarkt zurückgreifen, um Rucksacklösungen zu realisieren. Dazu gibt es ein paar einfache theoretische Grundlagen zum Stocken von Antennen.

Kennzeichnung der Elemente

Doch nun zu den Beispielen mit kurzen Erläuterungen bzw. Hinweisen – schließlich sagen Bilder mehr als tausend Worte. Das Aufmacherfoto zeigt eine 10-Element-Yagi mit Unterzug und Masthalterung, aus geschäumtem PVC gefertigt.

Strahler und Kabelzuführung sind über Kabelverschraubungen und eine Feuchtraumdose montiert. Der Boom besteht aus zwei zusammensteckbaren Teilen (Kunststoff-Elektroschutzrohr 25 mm), die durch den Unterzug zusätzlich zusammengehalten werden. Die Farbcodierung der Parasitärelemente (in 4-mm-Bohrungen der Rohrschellen eingeschoben) erfolgten entsprechend **Bild 1**. Denn zur Kennzeichnung der Elemente und korrekten Platzierung beim Zusammenbau im Feldeinsatz bietet sich ein Farbcode an. Betrachtet man das Foto der Antenne, erkennt man die Farbringe mit folgender Logik: zehn Elemente bedeutet, ohne den klar in der Feuchtraumdose (mit drei Kabelverschraubungen fixierten Strahler plus der Koaxzuführung) erkennbaren Strahler, neun parasitäre Elemente (acht Direktoren, ein Reflektor). Bei Verwendung von zwei

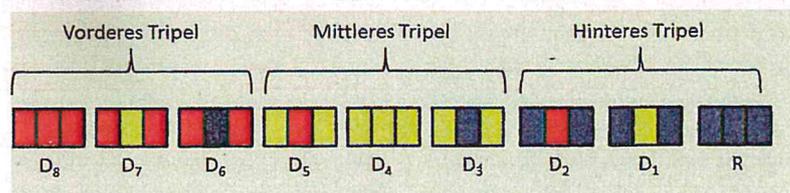


Bild 1: Logik des Farbcodes zur Kennzeichnung der parasitären Elemente einer 10-Element-Yagi

Zur Person



Prof. Dr. habil. Dirk W. Schubert, DK6DW
Jahrgang 1966, Amateurfunkgenehmigung seit 2011. Studium der Physik, beruflich in Erlangen (FAU) tätig

Besondere Interessen: Antennen, QRP, SAQ (Grimeton Radio)
Weitere Hobbys: Sport, Optimierung von Produktionsanlagen

Anschrift:
Lehrstuhl für Polymerwerkstoffe
Universität Erlangen-Nürnberg
Martensstr. 7
91058 Erlangen
dirk.schubert@fau.de

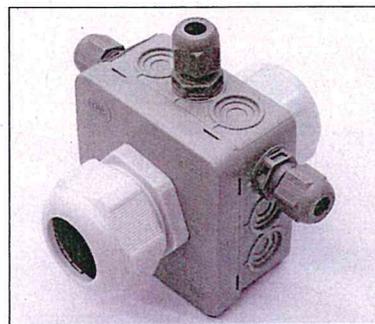


Bild 2: Die vorbereitete Feuchtraumdose

Farbringen und drei Farben gibt es neun Möglichkeiten (3²), allerdings ohne Information darüber, welcher erster und welcher zweiter Ring ist, je nach Blickrichtung.

Die Lösung ist simpel: drei Ringe, wobei die beiden äußeren Ringe farbgleich sind. Das Beispiel in Bild 1 geht von Rot, Gelb und Blau aus.

Beim Muster sind Streifen bzw. Ringe auf Boom-Rohr und Klemmen mit einem „Edding 3000“ in einer Breite von 5 mm für die äußere Farbe und 10 mm für die innere aufgemalt.

Bei Antennen mit mehr als neun parasitären Elementen nimmt man eine vierte Farbe dazu.

Montage-Einzelheiten

Bei der 10-Element-Yagi mit 2 m Boomlänge erhielten die Klemmschellen Bohrungen zum Einschieben der Elemente. Auf Boom und Klemmen sind die entsprechenden Markierungen gemäß Bild 1 zu erkennen. **Bild 2** zeigt detaillierter



Bild 3:
Mechanische
Verbindungselemente

die Feuchtraumdose (ideale Größe A2) zur Kabel- und Strahlerzuführung (drei Kabelverschraubungen M12×1,5 mm). Die Verwendung von zwei weiteren Kabelverschraubungen (18–25 mm) ermöglicht das Aufstecken und Fixieren auf dem Boom. Die Verbindungselemente vom Unterzug zur Antenne sind aus zwei Rohrklemmen mit 3D-gedruckten Adapterstücken (schwarze Teile in **Bild 3**, von SW-Shape-Wizard [4]) und Kunststoffschraube & Mutter (M5) aufgebaut.

Leichtes Stativ

Natürlich ist die gezeigte Halterung an einem Mast (hier Boxenständer) zu schwer für einen „Bergeinsatz“, daher folgender Vorschlag zu Nutzung eines kostengünstigen, sehr leichten Stativs aus dem Fotografiebereich.

Der in **Bild 4** gezeigte Selbstbauadapter wird ebenfalls aus Kabelverschraubungen (6× M25) und drei Rohrelementen (Kunststoff-Elektroinstallationsrohr, \varnothing 16 mm) von ca. 50 cm Länge aufgebaut. Die drei Rohre werden über Kabelverschraubungen oben und unten mit je einer abgerundeten Dreiecksplatte aus geschäumtem PVC verbunden. An der unteren Platte wird das typische Adapterstück des Fotostativs mit der Platte verschraubt (Bohrungen 5 mm sind sinnvoll, Kunststoffschrauben und Muttern zweifachgekontert). Die **Bilder 5 und 6** informieren näher.

Sinnvolle Maße sind 14 bis 16 cm Abstand der Lochmittelpunkte der drei Kabelverschraubungen zueinander für die untere Platte und für die obere etwa 30 % weniger, was hinreichend Stabilität ermöglicht. Die Aufnahme der Yagi erfolgt dann durch „Einklicken“ in zwei Rohrschellen, die mit Kunststoffschrauben an die obere Platte angebracht sind.

Allerdings musste festgestellt werden, dass die Rohrschellen gerade bei tiefen Temperaturen stark verspröden und z.B. im Einsatz bei $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 20 % kaputtgehen – daher sollte man immer Ersatz mitführen. Sinnvoll ist also eine Bauweise, die die Anzahl der Rohrschellen minimiert durch:

1. Nutzung der in **Bild 7** gezeigten Variante zur Aufnahme von Strahlerelementen und Kabel.
2. direktes Einschieben

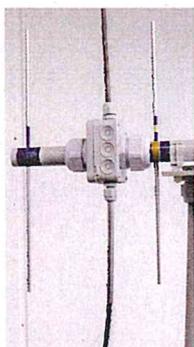


Bild 8:
Die Elemente an
und in der Nähe der
Feuchtraumdose

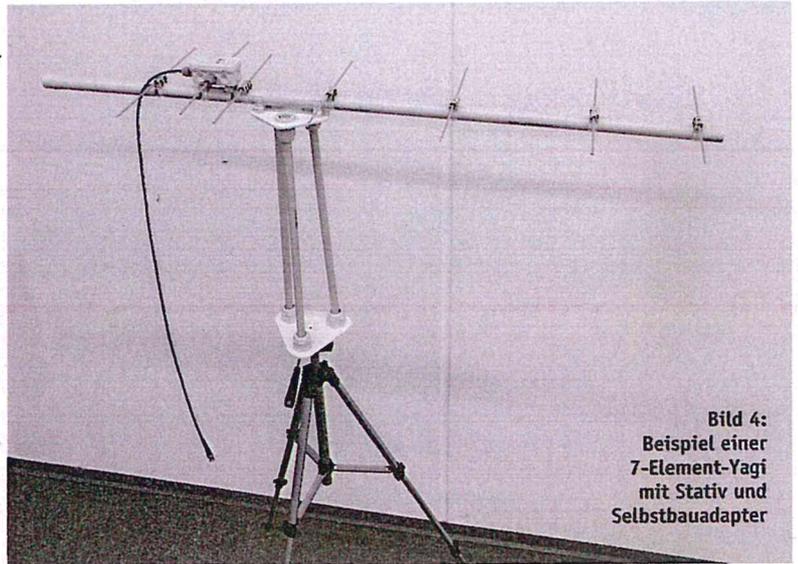


Bild 4:
Beispiel einer
7-Element-Yagi
mit Stativ und
Selbstbauadapter

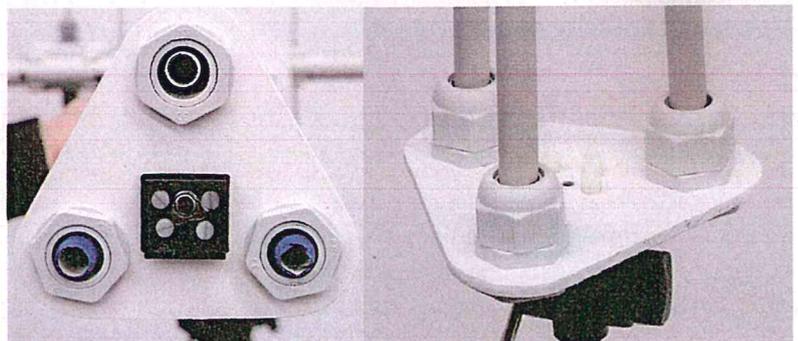


Bild 5: Selbstbauadapter, untere Platte, zwei Ansichten

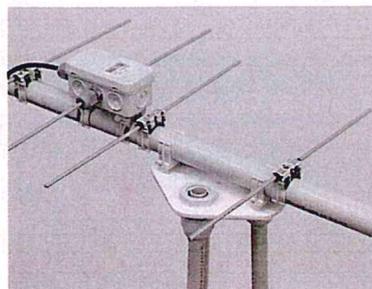


Bild 6: Obere Platte mit „eingeklickter“ Yagi mit konventioneller direkter Speisung. Zu erkennen sind zwei $\lambda/4$ lange aufgeklebte Aluabschirmungen auf dem Koaxialkabel, mit Lücken von ebenfalls $\lambda/4$ sowie die Farbcodierung der Elemente

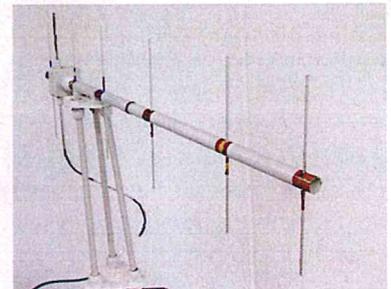


Bild 7: 7-Element-Yagi mit direkt in Bohrungen des Booms (aus zwei Stücken zusammengesteckt) eingeschobenen Parasitärelementen und Zuführung des Koaxialkabels durch den Strahler

von Parasitärelementen in Bohrungen im Boom und ggf. Fixierung mit O-Ringen links und rechts.

Klein und leicht

In **Bild 7** sieht man eine 7-Element-Yagi, die auf Rucksackgröße zerlegbar ist und nicht einmal ein Kilogramm wiegt. Als Besonderheit zur weiteren Vereinfachung erfolgte hier die Koaxialkabelzuführung durch das Strahlerelement (Aluminiumrohr mit 8/5 mm Außen-/Innendurchmesser, RG-58 passt durch). In der Feuchtraumdose erfolgt dann der Anschluss der Koaxialabschirmung an das

hohle Strahlerelement und der Seele an die andere Strahlerhälfte (z.B. Seele zu Öse biegen, mit Lot überziehen und mit M2-Schraube verschrauben). Zum Anschluss an das hohle Strahlerelement Abschirmung hierzu freilegen, 1–2 cm überstülpen und mit Kabelbinder außen auf dem Aluminiumrohr (der Strahlerhälfte) fixieren.

Für Dipole allein ist diese Art der Zuführung nichts Neues und wird als Koaxialantenne nach Bailey [6], Sperrtopfantenne oder Sleeve-Antenne bezeichnet. Die Konstruktion wirkt neben der einfachen Zuführung als Mantelwellensperre.

Die Erweiterung auf das Stahlerelement einer Yagi-Antenne konnte jedoch in keiner Veröffentlichung gefunden werden. Möglicherweise wurden die ersten Experimentatoren dadurch abgeschreckt, dass die Parasitärelemente Strahlung auf das Zuführungskabel (gleiche Polarisation) übertragen können, was zu Mantelwellen führt und auch das Abstrahlmuster der Yagi verzerrt. Der Autor schlägt daher vor, 2–3 $\frac{1}{4}\lambda$ lange Aluabschirmungen mit Lücken von $\lambda/4$ aufzukleben. (Idealerweise wird am Ende in Richtung Anschluss das Koaxialkabel von der äußeren Isolation auf wenige Millimeter befreit und ein leitender Kontakt zwischen dem $\lambda/4$ -Streifen und der Abschirmung des Koaxialkabels erzeugt, was wieder einem Sperrtopf für Mantelwellen entspricht). Zumindest im QRP-Betrieb ergaben sich so keine relevanten Mantelwellen oder Verzerrungen in der Abstrahlung. Alternativ können auch klappbare Ringkerne eingefügt werden.

In **Bild 8** sieht man den betreffenden Teil der Antenne genauer mit der Koaxialkabelzuführung durch die eine Strahlerhälfte.

Speisungs-Variante

Eine vom Autor entwickelte und bevorzugte Variante zur Speisung ist die Verwendung eines durchgehenden Strahlers mit koaxialer Speisung, kombiniert mit einer Gamma-Anpassung (Gamma-Match). Dazu wird das Alurohr des Strahlers in der Mitte aufgebohrt (5 mm) und der Innenleiter mit Isolation rausgeführt. Das eingeführte Koaxialkabel wurde vorher etwa 5 cm von der äußeren Isolation befreit sowie die Abschirmung um 2,5 cm gekürzt. Die beim Herausziehen zurückgedrängte Abschirmung macht den relevanten „Massekontakt“ zum Strahler, der rausgeführte isolierte Innenleiter wird in ein Röhrchen (ca. 10 cm lang, Gammastab genannt), mit 3 mm Innendurchmesser etwa 2 cm eingeführt, aus der Feuchtraumdose herausgeführt und außen – wie beim Gamma-Match üblich – wieder mit dem Strahler leitend verbunden.

Weitere Impressionen bringen die Darstellungen in **Bild 9**.

Durch Verschieben der Verbindung Strahler/Gammastab und Variation der Eindringtiefe des isolierten Innenleiters in den Gammastab erfolgt Anpassung auf SWR-Minimum. In dieser Ausführung hat sich ein klappbarer Ringkern in 4 cm Entfernung (Mitte des Kerns) vom

Strahlerende und einer Koaxialschleife mit einem Durchmesser von 3,7 cm als ideal erwiesen, was die vollständige Unterdrückung von Mantelwellen bei einem SWR unter 1,1 (430...436 MHz) ermöglicht. Ein Ausführungsbeispiel für die Strahler-Gammastab Verbindung ist auf [5] zum Download verfügbar.

Der kritische Leser wird festgestellt haben, dass der Strahler nicht exakt in der Ebene der Parasitärelemente (typisch etwa 2 cm daneben) liegt. Abweichungen aus der Ebene selbst von 5 cm (ca. 7 % der Wellenlänge) bedeuten keine relevanten Veränderungen in der Speiseimpedanz und der Abstrahlung (Gewinn reduziert sich nicht einmal um 0,2 dB).

Bemaßungen von z.B. 70-cm-Yagis von DK7ZB (hier die 10- und 7-Element) konnten ohne Probleme auf die gezeigten „Koaxialstrahler“-Varianten übertragen werden, wobei die in Bild 9 gezeigte Variante nahezu perfekte Anpassung ermöglicht und daher zu bevorzugen ist. Risiken bei der Realisierung und Anwendung der hier gezeigten Bauvarianten sind allerdings vom nachbauenden Experimentator selbst zu tragen.

Dank gilt Dr. Kaschta für die fototechnische Unterstützung, Herrn. S. Werner („SW-Shape-Wizard“) für die 3D-gedruckten Teile und Herrn Rost für die Herstellung der metallischen Teile.

Material

Hier die Aufstellung des Materials für eine 7-Element-Yagi und eine Adapter-Kamerastativ-Yagi gemäß Bild 9:

- 2 m Alustab (4 mm)
- 1 m Alurohr (8 mm AD, 5 mm ID)
- 10 cm Edelstahlrohr (4 mm AD, 3 mm ID) für Gammastab
- Feuchtraumdose A2
- 2 m Kunststoff-Elektroinstallationsrohr 25 mm
- 2 m Kunststoff-Elektroinstallationsrohr 16 mm
- Kabelverschraubungen: 2× 18-25 mm, 6× M25, 2× M12
- 6 M5-Kunststoffschrauben und -muttern
- 1 m RG-58 mit BNC-Anschluss
- Platte geschäumtes PVC 30 × 20 cm, 5 mm dick
- Geteilter Ringkern RKCF-13-A5

Die größeren Teile sind alle im Baumarkt verfügbar, die Kabelverschraubungen eher über das Internet (z.B. Amazon) bestellbar.

(wird fortgesetzt)

CQDL

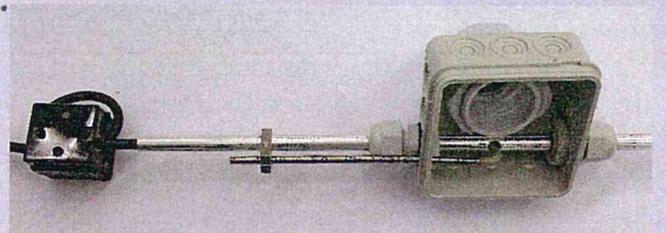
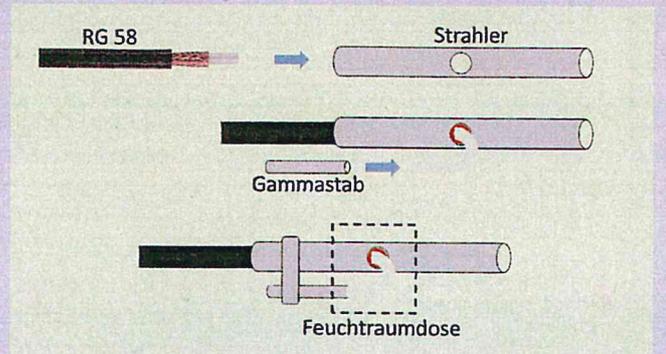
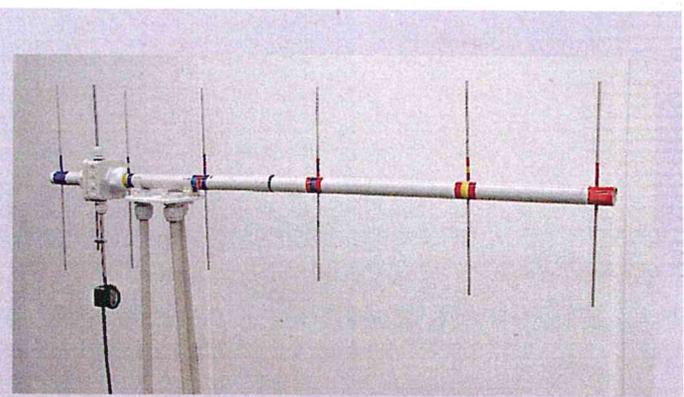


Bild 9: Oben 7-Element-Yagi mit koaxialer Speisung und Gamma-Anpassung, wie im Text beschrieben, Mitte Schema des Aufbaus, unten Details bei geöffneter Feuchtraumdose

Literatur und Bezugsquellen

- [1] The ARRL Antenna Book, 23rd Edition, ISBN 978-1-62595-044-4
- [2] Rothammel, 12. Auflage, DARC-Verlag, S. 453
- [3] www.qsl.net/dk7zb/start1.htm
- [4] für Kontakt: sw-shape-wizard@gmx.de
- [5] <http://lsp.fau.de/index.php?id=166>
- [6] Bailey, Patent US 2184729 von 1937
- [7] Programm EZNEC+ Ver. 6.0.12 von Roy Lewallen, W7EL, P. O. Box 6658, Beaverton, OR 97007, USA w7el@eznec.com, www.eznec.com
- [8] Elektromagnetische Strahlungsfelder: Eine Einführung in die Theorie der Strahlungsfelder in dispersionsfreien Medien, Springer Verlag, 1953
- [9] Patent US8482476B2
- [10] Amateurfunk-Lehrgang, Technik für das Amateurfunkzeugnis Klasse A, Verlag für Technik und Handwerk, Baden-Baden
- [11] Zinke, Brunswig: „Hochfrequenztechnik 1“, Springer Verlag, ISBN 3-540-66405-X