

49. UKW-Tagung Weinheim

Konzept und Realisierung von 28-Ohm-Yagis

Martin Steyer, DK7ZB

Adresse: Martin Steyer, Die Aue 2, 37269 Eschwege e-Mail: DK7ZB@fox28.de

Hier sollen die Grundüberlegungen vorgestellt werden, die zu dem auf dem ersten Blick ungewöhnlichen Konzept des 28-Ohm-Strahlungswiderstandes geführt haben. Waren viele Selbstbauer von Antennen zunächst skeptisch, als ich vor 10 Jahren diese Technik erstmals propagiert habe, so hat sich das inzwischen geändert. Viele Kontestgruppen arbeiten mit gestockten DK7ZB-Yagis, weltweit sind in vielen Ländern auf allen Kontinenten diese für den Selbstbau gut geeigneten Antennen im Einsatz.

Theoretische Grundlagen für kurze Yagis

Bekannt ist, daß ein Dipol im Freiraum je nach Schlankheitsgrad einen Strahlungswiderstand von ungefähr 70 Ohm aufweist. Plaziert man in unmittelbarer Nähe etwas kürzere Elemente, so wirken diese richtend als Direktoren, wird ein etwas längeres Element eingefügt, so hat dieses Reflektorwirkung.

Einsichtig ist, daß in unmittelbarer Nachbarschaft befindliche Elemente, die ungefähr eine halbe Wellenlänge lang sind, erhebliche Rückwirkungen auf die Ströme im strahlenden Element haben, wodurch dessen Strahlungswiderstand beeinflußt wird. Dieser Effekt ist logischerweise um so stärker, je dichter diese Parasitärelemente mit ihrer Länge und dem Abstand an die des strahlenden Elements herankommen. In einer Yagistruktur sollte man anstelle von Dipol besser von Strahler oder Erreger sprechen.

Nun kommt man schnell in eine Zwickmühle: Je besser Direktoren und Reflektoren wirken sollen, desto mehr nähert sich ihre Länge der des Strahlers an, damit sinkt aber dessen Impedanz deutlich ab. Kurz formuliert: Je besser die Richtwirkung und damit der Gewinn, desto niedriger ist der Strahlungswiderstand und desto geringer wird die nutzbare Bandbreite, in der noch mit einer akzeptablen Richtwirkung gerechnet werden kann.

So ergeben sich für eine 3-Element-Yagi zwei Grenzfälle, die hier näher untersucht werden sollen:

1. Der Reflektor wird relativ lang gemacht, der Direktor relativ kurz, damit stellt sich bei richtiger Strahlerlänge ein reeller Fußpunktswiderstand von 50 Ohm ein. Der Gewinn kann 5 dBd nicht überschreiten, die Rückdämpfung ist gut, die Bandbreite sehr hoch. Für das 2m-Band ist ein SWR < 1,5 über ca. 10 MHz zu erwarten, was für die Praxis viel zu viel ist, also verschenkt man damit Gewinn. Allerdings ist solch eine Antenne für den Nachbau ausgesprochen unkritisch, weil man auch bei individuellen Abweichungen immer im Bereich der Funktion liegt.
2. Wir verkürzen den Reflektor deutlich und verlängern den Direktor. So bekommen wir einen Gewinn von 7 dBd bei schlechtem V/R-Verhältnis und eine Bandbreite für SWR < 1,5 von 1,3 MHz. Damit kommen wir schon nicht mehr über das gesamte Band und die praktische Konstruktion wird sehr kritisch, denn mechanische Toleranzen führen sehr schnell zu einer Verschiebung der Daten und damit zum Mißerfolg.

- Bei einem mittleren Strahlungswiderstand von 25-30Ohm liegt der Gewinn mit 6dBd dazwischen, die Bandbreite ist mit etwa 3MHz völlig ausreichend, um auch an den Bandgrenzen noch vernünftige Eigenschaften zu erreichen. Das Richtdiagramm ist ausgesprochen gut und mit 26dB stellt sich ein exzellentes V/R-Verhältnis ein.

In Tabelle 1 habe ich die entsprechenden Daten von 3-Element-Yagis für das 2m-Band mit 75cm Boomlänge die zusammengestellt, aus denen die oben gemachten Aussagen deutlich werden. Man kann diese Werte übrigens unmittelbar als praktische Bauanleitung übernehmen.

Tabelle 1: Vergleichsdaten für 3-Element-2m-Yagis, Frequenz 145MHz, Boomlänge 750mm (Elementdurchmesser 10mm, isolierte Montage)

	Reflektor	Strahler	Direktor	Refl.-Str.	Gewinn	V/R	Bandbreite
50 Ohm	1040mm	980mm	866mm	470mm	5,04dBd	22,5dB	10MHz
28 Ohm	1010mm	968mm	900mm	440mm	6,04dBd	26,0dB	3MHz
12,5 Ohm	1006mm	945mm	916mm	335mm	7,08dBd	13,5dB	1,3MHz

Aus diesen Zusammenhängen ergibt sich, dass für die Bandbreite der meisten Amateurbänder, bzw. die in diesen genutzten Frequenzbereichen, eine Strahlerimpedanz von 25-35Ohm zum günstigsten Kompromiss aller elektrischen Daten führt.

Das Konzept für Langyagis

Auch für Langyagis gilt diese Tendenz, wenn auch nicht so ausgeprägt wie bei kurzen Yagis. Bei diesen ergibt sich nämlich das Problem, daß zum Anheben des Strahlungswiderstandes auf 50Ohm (bzw. 200Ohm für einen Faltdipol) sich der erste Direktor sehr dicht am Erreger befinden muß. Dies hat mehrere unangenehme Konsequenzen, die man mit dem 28-Ohm-Konzept vermeidet.

Keineswegs führt ein Faltdipol in einer Yagi zu einer größeren Bandbreite als ein gestreckter Dipol, wie umfangreiche Meßreihen zeigen. Der dichte Direktor 1 stört die Strombelegung der Elemente erheblich. Diese sollte vom Strahlungszentrum zum Antennenende hin gleichmäßig, aber nicht zu schnell fallen. Die Folge ist nicht nur eine Gewinnminderung, sondern auch eine schlechtere Rückdämpfung und zunehmende Nebenzipfel.

Bei langen Yagis sollte man schnell auf einen großen Direktorabstand übergehen, der $0,5\lambda$ nicht überschreiten darf. Am Antennenende kann es notwendig werden, wieder Direktoren zu verlängern, um die Elementströme und damit die Wirksamkeit der Direktoren nicht zu stark absinken zu lassen. Der letzte Direktor wird wieder etwas enger im Abstand gesetzt und wird stärker verkürzt, was einem sauberen Richtdiagramm zugute kommt. Ausführlich habe ich diese Zusammenhänge in [1] beschrieben.

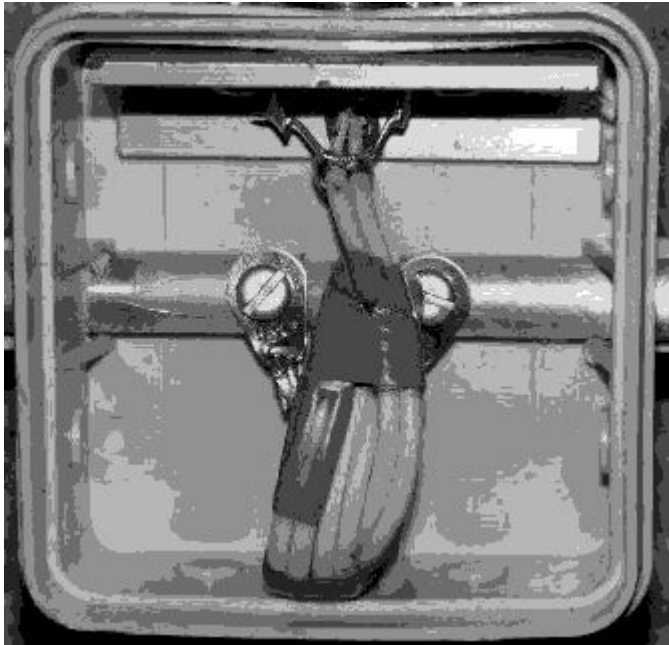
Anpassung an den Kabelwiderstand von 50Ohm

Viele Amateure denken in „50Ohm-Kategorien“, weil sie glauben, dass Quell- und Kabelwiderstand übereinstimmen müssten. Dies führt dazu, dass Mehrband-Kurzwellenantennen mit aufwendigen Maßnahmen konstruiert werden müssen, um sie direkt mit einem handelsüblichen 50-Ohm-Kabel speisen zu können. Sinnvoller ist hier sicherlich eine abgestimmte Speiseleitung („Feeder“). Auf den VHF- und UHF-Bändern ist die klassische Anpassschaltung für niederohmige Strahlerimpedanzen das Gamma-Match. Dieses

hat aber neben der nicht ganz einfachen mechanischen Realisierung einen weiteren, tückischen Effekt: Durch den Serienkondensator wird der induktive Blindanteil, der durch die Gamma-Leitung entsteht, weggestimmt. Dieser erwünschte Vorgang lässt sich aber mit einem unerwünschten, weiteren ungewollt kombinieren. Ist die Yagi aus verschiedenen Gründen nicht auf der Designfrequenz oder man hat Fehler beim Bau gemacht, so können in weiten Grenzen Abweichungen im reellen und imaginären Anteil des Strahlungswiderstandes kompensiert und auf ein SWR von 1.0 gebracht werden. Nach dem Abgleich merkt man davon nichts und der Erbauer geht von einer optimal arbeitenden Antenne aus.

Bei den 28-Ohm-Yagis wird die Transformationseigenschaft von Viertelwellenkabeln mit einem definierten Wellenwiderstand genutzt. So lassen sich die 28Ohm am Strahler leicht mit zwei parallel geschalteten, handelsüblichen Koaxialkabeln von 75Ohm auf die gewünschten 50Ohm transformieren. Gleichzeitig wirkt dieses Kabelstück als vereinfachter Viertelwellensperstopf und dient so als Mantelwellensperre nach Art der TONNA-Speisung. Bringt man die Koaxbuchse in der Strahlerdose mit unter, so kann diese am Boom geerdet werden, um den beschriebenen Effekt zu erzielen.

Praktische Ausführung der DK7ZB-Speisung



Müssen nicht sehr hohe Leistungen übertragen werden, so eignen sich Teflon-Kabel vom Typ RG-188. Das Anpassungskabel kann zu einer Speisedrossel aufgewickelt werden und paßt so mit in die Dose. Pro Antenne kann man mit 250Watt Belastbarkeit rechnen, bei Gruppen liegt die nutzbare Leistung entsprechend darüber. Werden dickere Kabel eingesetzt, so werden Sie in einer Schleife, wie es auch von Halbwellenumwegleitungen bekannt ist, aus der Dose heraus- und zur Buchse wieder hineingeführt. Dabei sollte das Kabel bei 145MHz zwischen Strahler und Reflektor angeordnet werden, die Buchse zeigt zur Antennenmitte.

Auf 70cm ist es sinnvoller, die Buchse zum Reflektor hin zu montieren und das Speisekabel über den Reflektor auf die Unterseite des Booms zu führen.

Beachtet werden muß in jedem Fall der Verkürzungsfaktor V des verwendeten Kabels, der je nach Isolation zwischen 0,667 (Voll-PE) und 0,85 (Schaum-PE) liegen kann. In Tabelle 2 habe ich für die drei Bänder 6m, 2m und 70cm die jeweiligen Längen für verschiedene Kabel zusammengestellt. Die angegebenen Maße beziehen sich auf die Länge der Außenabschirmung, was beim Konfektionieren der Kabel zu beachten ist.

Die Anschlußbuchse, sinnvollerweise eine der N-Norm, wird im Inneren der Dose über einen Winkel aus Aluminium und die Montageschrauben am Boom geerdet, um die Mantelwellenunterdrückung zu erreichen.

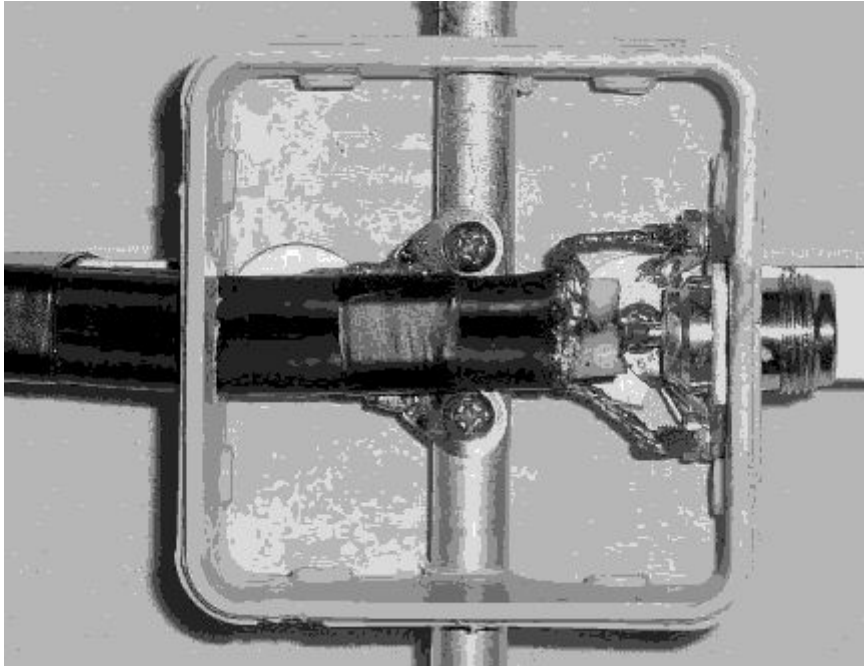


Tabelle 2: Längen der parallel geschalteten Viertelwellenkabel

Kabeltyp	Verkürzungsfaktor	50MHz	145MHz	435MHz
RG-59	0,667	100cm	34,5cm	11,5cm
RG-188	0,7	105cm	36cm	12cm
CATV	0,82	123cm	42cm	14,1cm

Baubeschreibungen für DK7ZB-Yagis

Inzwischen gibt es Baubeschreibungen und Erfahrungsberichte für Yagis mit 2 bis 27 Elementen für die Bänder 6m, 2m und 70cm. Es würde den Rahmen sprengen, hier auch nur annähernd alle bisher gebauten und überprüften Yagis vorzustellen. Ausführliche Dokumentationen, Tabellen und Bilder sind auf meiner Homepage zu finden [2]. Dort finden sich auch weiterführende Links zu anderen Webseiten, die sich mit dem Aufbau von DK7ZB-Yagis beschäftigen und wertvolle Ergänzungen liefern. Im Anhang werden einige Artikel angegeben, die sich auf die 28-Ohm-Yagis beziehen und als Grundlage für den Selbstbau dienen können.

Bei allen Yagis nach diesem Konzept ist es in der Praxis nur notwendig, einen eventuellen Strahlerabgleich auf minimales SWR auf der Entwurfsfrequenz vorzunehmen, da die individuelle Mechanik in der Anpaßdose dessen Länge mit bestimmt. Dazu läßt man sinnvollerweise die Enden einige Millimeter länger und kürzt auf minimales Stehwellenverhältnis. Wer schon einmal Faltdipole selbst gebogen hat und dann nichts mehr abgleichen konnte, weiß die 28-Ohm-Technik mit einem gestreckten Dipol nicht nur in der Theorie, sondern auch in der Praxis zu schätzen!

Literatur- und Quellenangaben:

[1] Steyer, M. (DK7ZB): Konstruktionsprinzipien für UKW-Hochgewinn-Yagis
FUNKAMATEUR, Hefte 2 und 3/1999

[2] www.qsl.net/dk7zb