

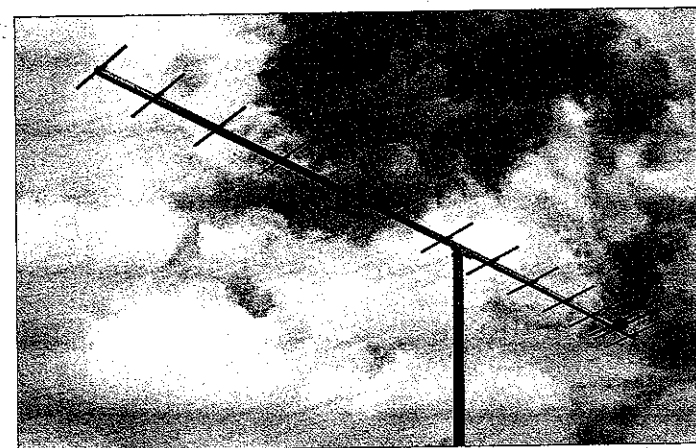
# 70-cm-Hochgewinn-Yagis

MARTIN STEYER - DK7ZB

*Nach der ausführlichen Analyse und dem Aufbau von 2-m- und 6-m-Yagis waren als nächste Antennen entsprechende Entwicklungen für das 70-cm-Band an der Reihe.*

*Im Zuge der Experimente zeigten sich einige interessante Besonderheiten, die mit kleiner werdender Wellenlänge zu beachten sind. Diskussionen mit anderen Amateuren offenbarten, daß auch der Praktiker noch zusätzliche Überlegungen anstellen muß. Dies gilt vor allem, wenn es um den Elementdurchmesser und dessen eventuelle Änderung geht.*

Nach dem eindeutigen Ergebnis, daß sich mit einem niedrigeren Strahlungswiderstand als  $50 \Omega$  beim gespeisten Element bessere Daten erzielen lassen, sollten auch die Antennen für das 70-cm-Band in der 28- $\Omega$ -Technik ausgeführt werden. Doch was in der Theorie eindeutige Vorteile bietet, läßt sich nicht so einfach in die Praxis umsetzen. Bei der Mechanik ergaben sich mehr Schwierigkeiten als erwartet. Es ist grundsätzlich zu beachten, daß jegliche Längen- und Durchmesseränderungen, konstruktiv bedingte Abweichungen vom Idealfall sowie Toleranzen beim Antennenaufbau jeweils in Relation zur Wellenlänge zu sehen sind; derartige Fehler wiegen im 70-cm-Band somit um den Faktor 3 schwerer als im 2-m-Band. Auf die theoretischen Grundlagen wurde in [1] ausführlich eingegangen, so daß ich mich hier weitgehend auf für das 70-cm-Band typische Problemstellungen beschränke.



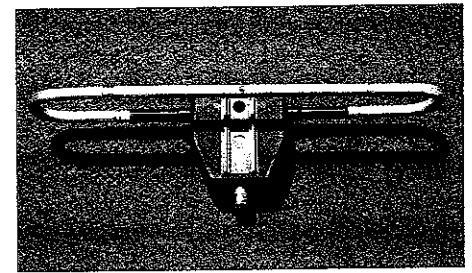
**Bild 1:** Praktischer Aufbau einer 70-cm-Hochgewinn-yagi, hier die 3,15 m lange Ausführung mit 14 Elementen

Ist der Einsatz von gestreckten Dipolen auf dem 2-m-Band noch hervorragend zu realisieren, stößt man damit auf 70 cm schnell auf Probleme. Eine Montage des Strahlers auf der gleichen Ebene wie Reflektor und Direktoren ist nicht immer möglich. Greift man verstärkt auf Faltdipole zurück, so sind nach der Montage keinerlei Längenveränderungen mehr möglich. So kam ich nicht umhin, für die verschiedenen Varianten gut ein Dutzend Faltdipole zu biegen. Inzwischen habe ich ein

ganzes „Set“ mit unterschiedlichen Längen und Durchmessern zum Austauschen. Dabei wurden die Vorversuche mit 200- $\Omega$ -Faltdipolen gemacht. Um nicht jedesmal einen neuen Dipol biegen zu müssen, habe ich dann mit „Posaunentechnik“ (Bild 2) einen mit solider Mechanik aufgebauten kommerziellen Faltdipol von WiMo verunstaltet. Dieser enthält einen wetterfest vergossenen Teflonkabel-Balun 4:1 und ist vorbildlich konstruiert. Interessant ist, daß auch andere Experimentatoren auf die Problemstellung stoßen, daß ein Faltdipol keineswegs die beste Lösung für das Speiseelement einer Yagi darstellt [2]. Die Eigenschaften eines Faltdipols als Strahler allein sind nicht zu vergleichen mit dem Einsatz desselben in der Erregerzone einer Yagistruktur. Die realen und imaginären Anteile des Speisewiderstandes können sich offensichtlich sehr stark innerhalb des Arbeitsbereichs

ändern, jedenfalls stärker als bei einem gestreckten Dipol. Nachdem sich aber zudem stets bestätigte, daß bei gleicher Tragrohrlänge 28- $\Omega$ -Yagis deutlich bessere Eigenschaften aufweisen als solche, die mit reaktanzmäßig unverstimmtem Speiseelement von  $50 \Omega$  und einem Faltdipol arbeiten, habe ich letztendlich nur noch gestreckte Dipole mit 12 mm Rohrdurchmesser und 28- $\Omega$ -Technik eingesetzt. Die entstehende Unsymmetrie ist minimal und absolut zu vernachlässigen. Daß auch Faltdipole mit

Umwegleitungen nicht zu exakt symmetrischen Richtdiagrammen führen, sollte man wissen, um diesem Umstand nicht eine zu große Bedeutung beizumessen. Kürzere Ausführungen, deren Bandbreite für das ganze Band ausgelegt ist und für FM-Relaisbetrieb bzw. Packet-Radio geeignet sind, habe ich ebenfalls in verschiedenen Ausführungen mit 1 bis 2 m Länge gebaut und erprobt. Sie sollen in einem getrennten Bericht zu einem späteren Zeitpunkt vorgestellt werden. Trotzdem ist es möglich, auch mit den hier beschriebenen Antennen die Relais mit nur geringer



**Bild 2:** Der WiMo-Faltdipol mit „Posaunentechnik“, zum Abgleich veränderbar

Gewinneinbuße zu empfangen, da es dem 70-cm-Empfangsteil meist wenig ausmacht, wenn ein höheres SWR vorliegt. Im Sendebereich am Bandanfang bei 430 MHz ist das SWR aller Antennen unter 1,2.

## ■ Die Bandbreitenproblematik

Es ist mit klassischen Methoden ohne Klimmzüge möglich, auch für 10 MHz Bandbreite Hochgewinn-yagis zu konzipieren. Dies hat schon Günther Hoch, DL6WU, in seinen grundlegenden Arbeiten [3, 4] vor über 20 Jahren festgestellt. Breitbandelemente mit X-, Schmetterlings- oder Quadform sind daher nur Materialvergeudung und bringen keinen zusätzlichen Gewinn. Dieser hängt bei Antennen mit mehr als ein Lambda Ausdehnung faktisch nur noch von der absoluten Länge des Tragrohres und nicht von der Elementform ab. Es ist daher Unsinn, die Erfahrungen und Konstruktionen aus den UHF-Fernsehgebieten, wo mehrere hundert Megahertz Bandbreite vorliegen und zwischen unterer und oberer Grenzfrequenz ein Verhältnis von 1:2 herrscht, auf das 70-cm-Amateurband zu übertragen. Es ist allerdings auch hier nicht zu vermeiden, daß der Gewinn am Bandanfang deutlich niedriger liegt als am Bandende. So darf die obere Grenzfrequenz, jenseits der sich die Antennendaten dramatisch verschlechtern, nicht zu dicht am Bandende liegen. Hervorgerufen wird dies dadurch, daß sich die Direktoren mit zunehmender Frequenz immer mehr in ihrer Resonanz der Betriebsfrequenz annähern. Folge ist nach einem beobachtbaren An-

stieg ein rapides Absinken des Strahlungswiderstandes mit hohem SWR und entsprechenden Verlusten [1].

Bemerkenswert ist auch der nach unten, bei allerdings niedrigerem Gewinn, breite Anpassungsverlauf. Gerät man mit der oberen Grenzfrequenz zu dicht an die Entwurfsfrequenz, so können geringe mechanische Änderungen beim Nachbau einen völligen Mißerfolg nach sich ziehen. Zusätzlich führen auch Faktoren wie weitere Antennen und Haltegerüste in unmittelbarer Nachbarschaft oder Nässe bzw. Eis zu Verschiebungen der Antennenparameter. Diese Phänomene werden bei Amateuren offensichtlich zu wenig beachtet.

Abgleich durch Lageveränderung des Strahlers zwischen Reflektor und erstem Direktor.

Wie Berechnungen zeigen, ergibt eine Abstandsdifferenz von D1 zum angegebenen Platz um  $\pm 10$  mm nur eine praktisch bedeutungslose Gewinnänderung im Bereich von 0,03 dB. Etwas stärker, aber auch nur um  $\pm 2$  dB, ändert sich die Rückdämpfung, ebenso kann sich der Anpassungsverlauf etwas verschieben.

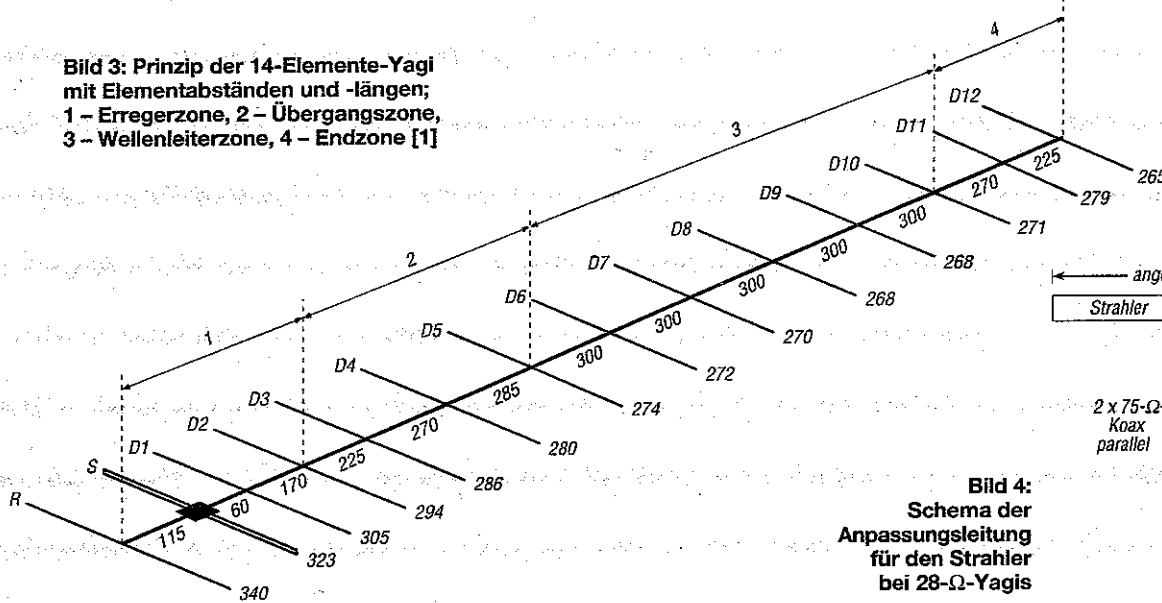
Folgende Regel sollte beachtet werden: Annähern von D1 führt beim Strahler zu einem stärkeren kapazitiven Blindanteil (-j, virtuelle Verkürzung), weiteres Entfernen zu einem induktiven Blindanteil

Umstand, daß gegenüber 2-m-Antennen jegliche Abweichungen dreimal stärker zu Buche schlagen, tritt noch ein anderer Effekt zutage: Mit abnehmender Länge der Direktoren verändert sich deren Reaktanz durch den größer werdenden kapazitiven Blindanteil der vom Strahler weiter entfernten Elemente.

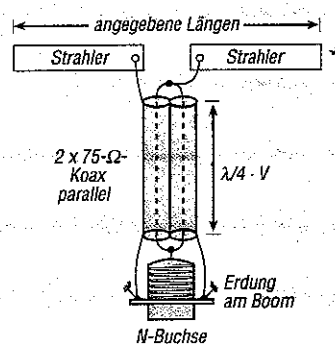
In der Praxis bedeutet dies, daß bei abnehmendem Elementdurchmesser die längeren Direktoren nahe dem Strahler weniger stark verlängert werden müssen als die weiter entfernten.

Bei Strahler und Reflektor, deren mechanische Länge fast der elektrischen Halbwellenlänge entspricht, ist der Korrektur-

**Bild 3: Prinzip der 14-Elemente-Yagi mit Elementabständen und -längen; 1 - Erregerzone, 2 - Übergangszone, 3 - Wellenleiterzone, 4 - Endzone [1]**



**Bild 4: Schema der Anpassungsleitung für den Strahler bei 28- $\Omega$ -Yagis**



Gewinnangaben bei käuflichen Antennen (wenn sie denn überhaupt stimmen!) beziehen sich meist nicht auf die wichtigste Frequenz bei 432 MHz. Wer die Yagi für die Weitverkehrsbetriebsarten CW und SSB nutzen will, hat daher deutlich weniger Gewinn als erwartet. Praktisch kein Hersteller liefert aussagefähige Diagramme für den Gewinnverlauf über den gesamten Frequenzbereich seiner Antennen mit. Man sollte daher bei Vergleichen die Aussagen genau analysieren und sehr kritisch sehen!

Konsequenterweise wurden die hier vorgestellten Hochleistungsantennen nur für den Frequenzbereich 430 bis 436 MHz konzipiert, wobei das Richtdiagramm für den Bereich 432 bis 433 MHz optimiert wurde.

### Einfluß des ersten Direktors

Durch unvermeidliche Spielräume bei der Mechanik kann beim Nachbau ein gewisser Toleranzbereich bleiben, der sich durch Verschieben des ersten Direktors ausgleichen läßt. Ebenfalls möglich ist ein

(+j, virtuelle Verlängerung). Man kann so in Grenzen Abweichungen bei einem Faltdipol, die zwangsläufig durch die individuelle Mechanik auftreten können, recht gut kompensieren. Weit aus geringer ändert sich der ohmsche Anteil des Strahlungswiderstandes, so daß ein Feinabgleich auf minimales SWR möglich ist. Auf keinen Fall dürfen Lage und Länge der anderen Elemente geändert werden.

### Einfluß des Elementdurchmessers

Leider ist es nicht ohne Gewinneinbuße möglich, von einem gegebenen Elementdurchmesser auf einen anderen mit konstanten Faktoren umzurechnen, wie es meist vorgeschlagen wurde. Neben dem

faktor wesentlich geringer als bei den Direktoren.

Ein Beispiel soll zur Demonstration dienen. Die 3 m lange 14-Elemente-28- $\Omega$ -Yagi muß mit folgenden Korrekturwerten beim Übergang von 10 mm auf 4 mm Elementdurchmesser versehen werden: D1 +8,6 mm, D5 +13,6 mm und D12 +15,2 mm. Nun kann man natürlich hierfür Kurvenscharen angeben, aus denen eine Umrechnung relativ genau möglich ist. Der bessere und auch einfachere Weg ist wohl, bei den zugrundegelegten Elementdurchmessern zu bleiben.

Geradezu abenteuerlich sind aus den geschilderten Gründen alte Baubeschreibungen mit Angaben wie „Elementdurchmes-

**Tabelle 1: Kurzdaten der 70-cm-Yagis, nutzbare Bandbreite 430 bis 436 MHz ( $s < 1,3$ )**

	12 El.	14 El.	17 El.	19 El.	21 El.	16-El.-WU
Länge [m]	2,50	3,15	4,05	4,65	5,25	3,05
Gewinn [dBd] bei 430 MHz	13,7	14,6	15,5	16,0	16,4	14,0
Gewinn [dBd] bei 433 MHz	13,9	14,7	15,6	16,2	16,6	14,2
Gewinn [dBd] bei 436 MHz	13,9	14,8	15,7	16,2	16,6	14,3
V/R [dBd] bei 433 MHz	33	33	31	30	35	16

ser 6 bis 10 mm“, die leider bis heute durch die Literatur geistern. Damit sind Mißerfolge zwangsweise vorprogrammiert, und man erreicht so nie den möglichen Gewinn bzw. die angestrebte Resonanzfrequenz mit gutem Richtdiagramm. Ob eine Yagi statt der machbaren 14 dB nur 12 dB Gewinn hat, fällt den meisten Amateuren mangels Meßmöglichkeiten kaum auf. Man sollte sich aber klarmachen, daß bei einer optimierten Yagi 2 dB Gewinn fast einer Längenverdopplung (bzw. -halbierung) bei der Gesamtstruktur entsprechen! Warum sollte man die möglichen Dezibel verschenken?

■ **Wichtige Einzelheiten zur Tragrohrbefestigung**

Die meisten Fragen zur Konstruktion von UKW-Yagis drehen sich um die Mechanik. Aus diesem Grund soll hierauf etwas näher eingegangen werden. Bis zu einer freien Boomlänge von 3 m kann Alu-Vierkantprofil 15 mm x 15 mm eingesetzt werden, bis 4 m Länge bietet sich 20 mm x 20 mm an. Ab diesen Grenzen ist eine Unterstützung der Mechanik erforderlich, und damit wird es im Eigenbau schwierig. Bei 6 m, das entspricht einer kompletten Lieferlänge für die Standardrohre, kann ein Stahl- oder Kevlarseil als Abspannung dienen.

Ansonsten ist in jedem Fall eine für Selbstbauer nicht ganz einfache Unterzugkonstruktion notwendig. Da diese einen erheblichen Zuwachs an Masse und Windlast bringen, sollte man in der Regel das zusätzliche Alu statt dessen für weitere Yagis verwenden und Gruppen zusammenschalten.

Problematisch ist die Befestigung des Tragrohres am Mast bzw. Ausleger. Schon Mastrohre ab 40 mm Durchmesser können die Eigenschaften der Yagi merklich negativ beeinflussen, wenn sie seitlich durch die Antennenebene ragen (im übertragenen Sinne entspräche dies bei einer 2-m-Antenne einem 12-cm-Mast!).

Hier gerät man zwangsläufig in eine Zwickmühle: Lange und schwere Antennenkonstruktionen benötigen entsprechend dicke Mastrohre, bleibt das Rohr mit dem Durchmesser unter der kritischen Grenze, so mangelt es meist an der Stabilität. In Bild 6 erkennt man die von mir bevorzugte Befestigungsmethode, die einen Unterzug erspart und bis ca. 4 m Boomlänge gut zu verwenden ist. Bei einem H-Kreuz können alle vier Antennen so befestigt werden.

■ **Anbringung der Antenne am Mast bzw. am Ausleger**

Es sei hier noch einmal betont, daß sich die Ausführungen des vorigen Abschnitts

auf die Montage der Antenne quer zum durch die Elementenebene ragenden Mast (horizontal polarisierte Antenne am vertikal stehenden Mast bzw. vertikal polarisierte Antenne am horizontalen Ausleger) beziehen. Liegen Mast und Antennenelemente in derselben Ebene (horizontal polarisierte Antenne am horizontalen Ausleger bzw. vertikal polarisierte Antenne am vertikal stehenden Mast), kommt nur eine Verwendung von Masten bzw. Auslegern aus nichtmetallischem Material (Glasfaser u.ä.) in Frage; jegliches längs zur Elementenebene angeordnetes Metall verändert die Antenneneigenschaften katastrophal.

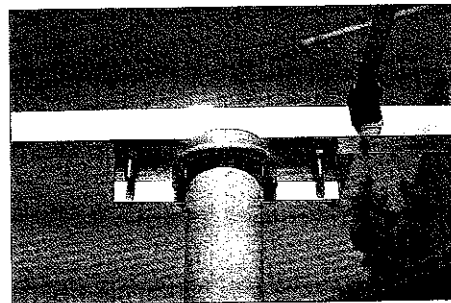


Bild 6: Selbstgebaute Halterung für Yagi-Antennen

■ **Konstruktion des Strahlers**

Die Ausführungen mit 28 Ω können einen mechanisch einfacheren gestreckten Dipol (12 mm Durchmesser der Rohre) mit der DK7ZB-Anpassung erhalten. Diese wurde ausführlich bei der Beschreibung der 2-m-Langyagis [5] vorgestellt. So hat man einen vereinfachten Viertelwellensperrtopf, der gleichzeitig als Transformationsglied wirkt (Bild 4). Dazu werden die beiden jeweils parallelen 75-Ω-Kabel mit einer Viertelwellenlänge gebogen und zur Anschlußbuchse hin geführt.

Die Buchse selbst wird über einen Winkel oder zwei breite Massebänder links und rechts der Buchsenbefestigung im Inneren der Dose mit dem Tragrohr leitend verbunden, um einen guten Massekontakt für die

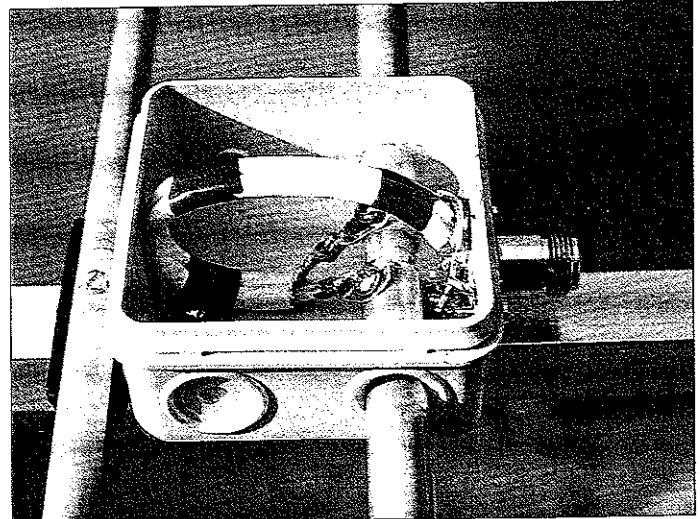


Bild 5: Praktische Ausführung der 28-Ω-Anpassung mit Dose und Koaxbuchse

Mantelwellenunterdrückung zu erreichen. Diese Anpassung hat sich inzwischen bewährt und wurde mehrfach ausführlich beschrieben, weshalb an dieser Stelle darauf nicht mehr näher eingegangen werden soll. Die Dose selbst wird mit selbstschneidenden V2A-Schrauben und Unterlegscheiben am Tragrohr festgeschraubt.

Auch Faltdipole mit dem vierfachen Strahlungswiderstand von 112 Ω können in diesen Varianten verwendet werden. Das Viertelwellenkabel besteht dann nur aus einem 75-Ω-Stück.

Die Viertelwellen-Anpaßleitungen müssen (!) wie in Bild 5 zu sehen ist, gerade zwischen den Strahlerhälften liegen, weil sonst Unsymmetrien und Beeinflussungen der Resonanzfrequenz zu beobachten sind. Bei Kabeln mit Voll-PE als Dielektrikum (z.B. RG-59 [6]) haben die Stücke genau 115 mm Länge, bezogen auf den Außenmantel. Da Lage und Abmessungen kritisch sind, sollte man sich genau an Bild 4 orientieren. Zum Verdeutlichen wird eine fertigkonfektionierte Anpassungsleitung noch einmal vor dem Biegen und dem Einbau vorgestellt (Bild 7).

Bei Schaumstoffkabeln (z.B. viele handelsübliche TV-Antennenkabel) muß nicht nur dessen größerer Verkürzungsfaktor beachtet werden. Beim Biegen auf enge Radien kann sich die Lage des Innenleiters so verschieben, daß der Wellenwiderstand gerade im kritischen Viertelwellentransformator nicht mehr stimmt. Voll-PE ist somit vorzuziehen.

Die Buchse an der Kunststoffdose zeigt nach hinten (!), weil im Erregerzentrum zum Reflektor hin niedrigere Ströme vorhanden sind als in den davorliegenden Direktoren. Führt man nämlich zwischen diesen ein dickeres Koaxkabel seitlich nach unten, weil man ja irgendwie mit dem ableitenden Kabel zum Mast kommen muß, kann schon wieder unser aufwendig geplantes Richtdiagramm außer Tritt geraten, weil dort die Beeinflussung

größer ist. Auf Bild 8 erkennt man, wie die beste Führung des Koaxkabels aussehen sollte. Das Kabel wird exakt in der Mitte in einer Schleife über den Reflektor hinweg gelegt und erst dann auf die Unterseite des Tragrohres geführt, an dem es mit Ringen aus Isolierband oder mit Kabelbindern befestigt wird.

## Die Parasitärelemente

Aus den oben aufgeführten Gründen habe ich darauf verzichtet, für unterschiedliche Elementdurchmesser Umrechnungsfaktoren anzugeben. Es werden ausschließlich  $10 \times 1 \text{ mm}$ -Alurohre eingesetzt. Das Material ist leicht erhältlich und bietet hinsichtlich der elektrischen Eigenschaften die besten Voraussetzungen. Die Befestigung erfolgt vom Tragrohr isoliert mit Halteklammern (nur die preiswerten Unterteile!) aus UV-festem Polyamid [9] und 40 mm langen, 3-mm-V2A-Schrauben und -mutter. Isoliert heißt, daß das Element nicht mechanisch auf dem Tragrohr aufliegt.

Eine Befestigung mit einer Schraube stellt zwar einen elektrischen Kontakt zum Boom dar, erfolgt aber im elektrischen Nullpunkt und beeinflusst damit die Länge nicht. So ist der Zeitaufwand beim Aufbau der Antennen minimal, weil nur jeweils die Haltelöcher in das Tragrohr gebohrt werden müssen. Außerdem geht man bezüglich der Korrosionsfestigkeit keinerlei Kompromisse ein.

Eine Angabe aller möglichen Elementdurchmesser würde den Rahmen der Längentabellen sprengen. Wer sich dafür interessiert, kann bei Zusendung einer Diskette und Rückporto die Daten aller Antennen erhalten. Die Files sind mit „YA“, „YO“ und anderen Yagiprogrammen im Format lesbar und entsprechend zu bearbeiten. Wie schon oben erläutert, ergibt

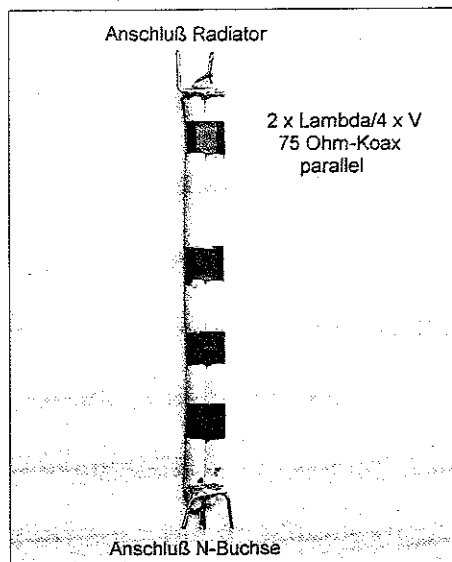


Bild 7: Fertige Anpassungsleitung vor dem Einbau

Tabelle 2: Positionen der Elemente in mm

	12 El.	14 El.	17 El.	19 El.	21 El.
R	0	0	0	0	0
S	115	115	115	115	115
D1	175	175	175	175	175
D2	345	345	345	345	345
D3	570	570	570	570	570
D4	845	840	840	840	840
D5	1130	1125	1125	1125	1125
D6	1415	1425	1425	1425	1425
D7	1700	1725	1725	1725	1725
D8	1985	2025	2025	2025	2025
D9	2255	2325	2325	2325	2325
D10	2480	2625	2625	2625	2625
D11	-	2895	2925	2925	2925
D12	-	3120	3225	3225	3225
D13	-	-	3525	3525	3525
D14	-	-	3795	3825	3825
D15	-	-	4020	4125	4125
D16	-	-	-	4395	4425
D17	-	-	-	4620	4725
D18	-	-	-	-	4995
D19	-	-	-	-	5220

Tabelle 3: Längen der Elemente in mm

	12 El.	14 El.	17 El.	19 El.	21 El.
R	339	340	337	338	338
S	322	323	328	327	320
D1	305	305	306	307	305
D2	293	294	294	295	293
D3	285	286	287	286	287
D4	278	280	279	280	279
D5	276	274	274	274	274
D6	274	272	271	272	271
D7	274	270	270	271	270
D8	272	268	269	270	269
D9	279	268	267	270	270
D10	261	271	266	269	270
D11	-	279	266	268	271
D12	-	265	264	263	265
D13	-	-	268	265	265
D14	-	-	268	265	263
D15	-	-	262	264	261
D16	-	-	-	265	262
D17	-	-	-	261	262
D18	-	-	-	-	261
D19	-	-	-	-	259

eine lineare Umrechnung keine befriedigenden Ergebnisse.

Die Investitionen für die Halteklammern und Edelstahlschrauben lohnen sich auf jeden Fall, wenn man die Preise käuflicher Antennen zugrunde legt. Berücksichtigen muß man außerdem, daß wohl keine der im Handel erhältlichen 70-cm-Yagis den modernsten Stand der Entwicklung repräsentiert und die bestmöglichen Ergebnisse bei gegebener Boomlänge erzielt.

## Praktische Ausführungen von Langyagi-Antennen

Alle Antennen wurden unter Anwendung der geschilderten Konstruktionsmerkmale mit dem Programm „YO“ [8] optimiert und durch weitere Schritte per Hand den geforderten Parametern angenähert. Die Ergebnisse von „YO“ sind voll kompatibel mit dem professionellen NEC-Standard, weshalb man den Berechnungen vertrauen kann.

Es ist im Gegensatz zum bekannten DL6WU-Design nicht möglich, bei diesen Yagis ohne weitere Änderungen Elemente hinzuzufügen oder wegzulassen. Dadurch würden sich Richtdiagramm und Anpassung deutlich verschlechtern. Jede Antenne stellt für ihre Länge das jeweilige Optimum dar. Man muß sich deshalb exakt an die vorgegebenen Maße und Konstruktionsgrundlagen halten!

Um das Datenmaterial nicht ausufern zu lassen, sind die wichtigsten Eigenschaften kurz in Tabellenform (Tabelle 1) zusammengefaßt.

Die Längen und Abstände der Elemente kann man aus den Tabellen 2 und 3 entnehmen. Die Elementabstände sind wegen der besseren tabellarischen Darstellung als fortlaufende Angaben aufgelistet und beziehen sich auf die Bohrlöcher, die den jeweiligen Mittenabstand repräsentieren.

Zum Vergleich ist noch eine weitere Yagi nach den DL6WU-Daten aus [9] mit 16 Elementen und 3,05-m-Boom aufgeführt. Allerdings ist diese für den gesamten Bereich bis 440 MHz vorgesehen. Man erkennt im Vergleich mit der etwa gleichlangen 14-Elemente-DK7ZB, daß durch die 28- $\Omega$ -Technik mit etwas reduzierter Bandbreite nicht nur ca. 0,5 dB mehr an Gewinn zu erzielen ist, sondern vor allem eine deutliche Verbesserung des Vor-/Rück-Verhältnisses durch ein optimiertes Richtdiagramm zustande kommt.

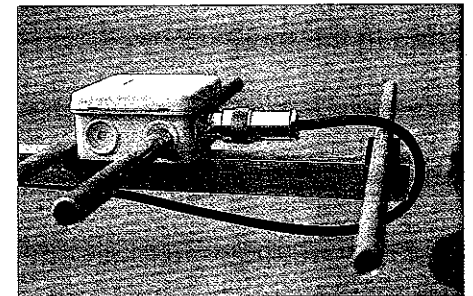
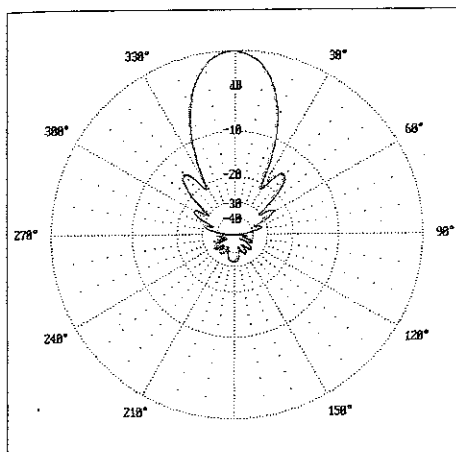


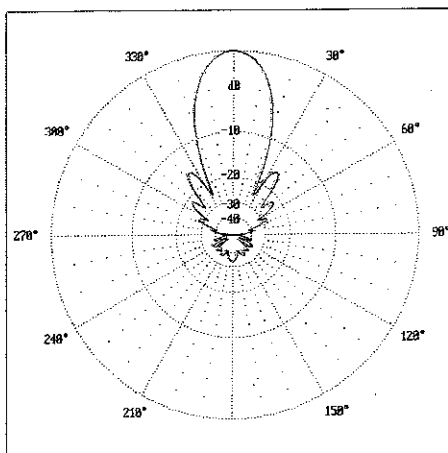
Bild 8: Das Erregerzentrum der 28- $\Omega$ -Yagi für das 70-cm-Band

Grundlage aller Entwürfe war das Prinzip, möglichst schnell mit den Direktorabständen auf 300 mm (0,43 Lambda) überzugehen. Am Antennenende wurde zum optimalen Übergang der Wellenfront in den Freiraum wieder eine Verkürzung bei den Abständen der beiden letzten Direktoren auf 270 mm bzw. 225 mm vorgenommen. Diese Maßnahme führt bei minimaler Gewinn einbuße zu einer erheblichen Verbesserung beim Vor-/Rück-Verhältnis und der Nebenzipfelunterdrückung.

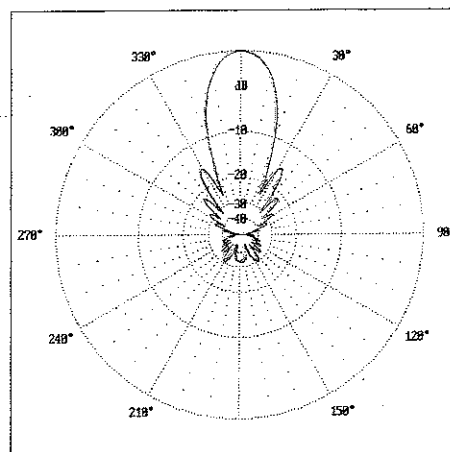
In Bild 3 wird das Konzept der Längen- und Abstandsstaffelung am Beispiel der 14-Element-Ausführung noch einmal deutlich gemacht, was aus den Tabellen nicht so gut hervorgeht. Daß am Ende der Wellenleiterzone wieder längere Direktoren



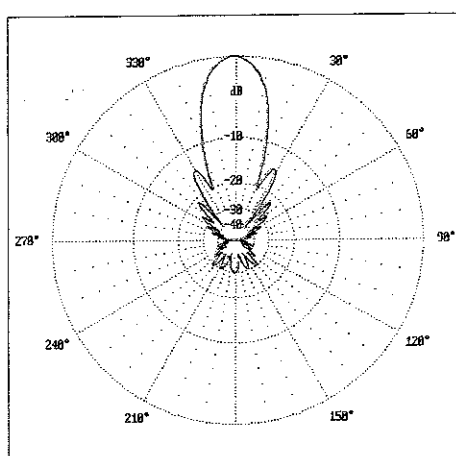
**Bild 9:** Horizontales Strahlungsdiagramm der 12-Elemente-Yagi, 2,5 m lg., 0 dB = 13,88 dBd



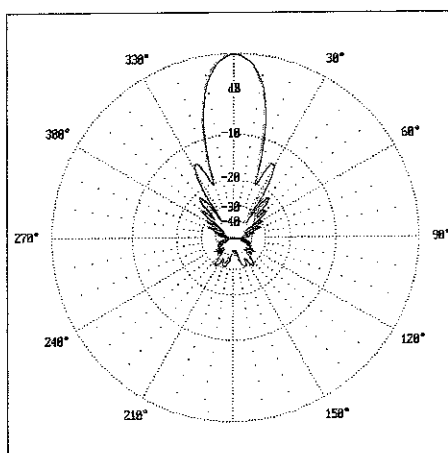
**Bild 10:** Horizontales Strahlungsdiagramm der 14-Elemente-Yagi, 3,15 m lg., 0 dB = 14,76 dBd



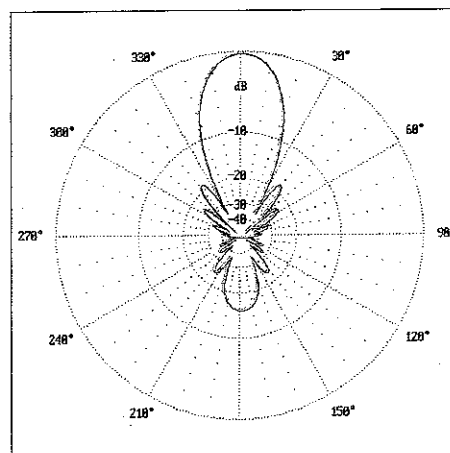
**Bild 11:** Horizontales Strahlungsdiagramm der 17-Elemente-Yagi, 4,05 m lg., 0 dB = 15,69 dBd



**Bild 12:** Horizontales Strahlungsdiagramm der 19-Elemente-Yagi, 4,65 m lg., 0 dB = 16,21 dBd



**Bild 13:** Horizontales Strahlungsdiagramm der 21-Elemente-Yagi, 5,25 m lg., 0 dB = 16,60 dBd



**Bild 14:** Horizontales Strahlungsdiagramm der 23-Elemente-DL6WU, 3,05 m lg., 0 dB = 14,17 dBd

auftauchen, ist für einen optimalen Stromverlauf notwendig. Die Gründe dafür wurden in [1] ausführlich erläutert. Die kompletten Diagramme in der Horizontalebene sind in den Bildern 9 bis 14 gezeigt.

## ■ Feinabgleich

Der Feinabgleich bezieht sich ausschließlich auf eine Längenveränderung des Strahlers und ein eventuelles Verschieben des Montagepunktes beim ersten Direktor. Die Notwendigkeit zum Nachstimmen auf minimales SWR kann sich durch die individuelle Mechanik des gespeisten Elements ergeben.

Dazu wird vorerst kein Loch für D1 gebohrt. Der erste Direktor wird zunächst mit zwei Klebebandstücken links und rechts an der Halteklammer befestigt. Dann wird es mit der Klammer auf das Tragrohr gesetzt. Durch geringfügiges Verschieben der Position muß ein deutliches Rücklaufminimum erreichbar sein. Erst wenn die Position endgültig feststeht, wird das Befestigungsloch gebohrt.

Hält man sich genau an die vorgegebenen Baubeschreibungen, ist praktisch kein Rücklauf zwischen 432 und 433 MHz meßbar. Mißt man im Resonanzpunkt nicht auf

Antrieb ein SWR unter 1,4 (ohne Feinabgleich!), so liegt eindeutig ein Fehler vor, der die nochmalige Überprüfung aller Längen und Maße erfordert.

## ■ Schlußbetrachtungen

Es ist überlegenswert, eventuell vorhandene Antennen aus kommerzieller Fertigung entsprechend umzurüsten. Wie die Analyse verschiedener käuflicher Antennen zeigt, liegt bei manchen der tatsächliche Gewinn bis zu 2 dB unter den angegebenen Werten und ist vom theoretisch möglichen Maximalgewinn ein ganzes Stück entfernt. Zudem sind die Richtdiagramme meist deutlich verbesserungsfähig, was besonders bei Gruppenbildung wichtig ist.

Interessant ist die schon lange bekannte Tatsache, daß innerhalb eines gewissen Rahmens die Variation von Elementlängen und -abständen bei vorgegebener Antennenlänge zu ähnlich guten Ergebnissen führt. Damit hat man eine Vielzahl Möglichkeiten, weshalb es „die“ optimale Antenne nicht gibt, sondern immer nur eine Yagi, die das Maximum für die vorgegebenen Gewichtungparameter Gewinn, Rückdämpfung, Bandbreite und Anpassungsverlauf erreicht.

Hersteller von Antennen arbeiten aus Kostengründen meist nach dem Baukastenprinzip, um nicht für jeden Antennentyp andere Strahler- und Elementlängen benutzen zu müssen. Allein diese Tatsache sorgt dafür, daß nicht immer ein optimales Ergebnis für jede Antenne erreicht wird. Neben dem Kostenfaktor ist das ein gewichtiges Argument für den Selbstbau.

## Literatur und Bezugsquellen

- [1] Steyer, M., DK7ZB: Konstruktionsprinzipien für UKW-Hochgewinn-YagiAntennen, FUNKAMATEUR 48 (1999) H.2, S. 212 und H. 3, S.311
- [2] Daubney, G., G8MBI: The design of Driven Elements for VHF/UHF-Yagi Antennas, DUBUS ?? (1998) H. 4, S. 20
- [3] Hoch, G., DL6WU: Wirkungsweise und optimale Dimensionierung von YagiAntennen, UKW-Berichte 17 (1977), H. 1
- [4] Hoch, G., DL6WU: Mehr Gewinn mit Yagi-Antennen, UKW-Berichte 18 (1978), H. 1
- [5] Steyer, M., DK7ZB: Hochleistungsyagis für das 2-m-Band in 28-Ω-Technik FUNKAMATEUR 46 (1997) H. 1, S. 72
- [6] Fa. KUSCH, Postfach 120339, 44293 Dortmund
- [7] Fa. KONNI, Michelrieder Str. 8, 97839 Esselbach
- [8] PC-Programm „YO“ (Version 6.53) von Brian Beezley (K6STI), Linda Vista Drive, San Marcos, CA 92069, USA
- [9] Krischke, A., OE8AK (Bearbeiter): Rothammels Antennenbuch. 11. Aufl., Franckh Kosmos Verlag, Stuttgart 1995, Abschnitt 23.3.4.1