

# Kurze Yagis für das 2-m-Band in bewährter 28-Ω-Technik

MARTIN STEYER – DK7ZB

Nach positiven Erfahrungen mit Langyagis in 28-Ω-Technik spricht nichts dagegen, auch kürzere Yagis mit dem gleichen Anpaß- und Speisesystem zu bauen. Berechnete und erprobte Varianten werden im Folgenden einschließlich Strahlungsdiagrammen vorgestellt.

Zudem gibt es jetzt eine vereinfachte Mechanik für den Erreger. So ist das gespeiste Element schneller und leichter aufzubauen als ein 50-/200-Ω-Faltdipol mit Halbwellenumwegleitung, und es kommen bessere elektrische Daten dabei heraus.

Der Begriff „kurz“ bezieht sich nur auf die absolute Tragrohrlänge; gleichwohl habe ich auch diese Antennen auf relativ große Direktorabstände optimiert, um ein möglichst gutes Verhältnis zwischen Materialaufwand und elektrischen Daten zu erhalten. Welche Vorteile für die 28-Ω-Technik

Durchmesser sehr dünne RG-179B/U [3] mit Teflonisolation und einem Verkürzungsfaktor  $V = 0,7$ . Die Anpaßleitung läßt sich damit sehr klein aufrollen und paßt in die Anschlußdose hinein.

Bild 2 zeigt den prinzipiellen Aufbau, wobei die Kabel zu einer Schleife zurückge-



Bild 1: Ansicht einer fertig aufgebauten 7-Element-Kurzyagi, hier mit einer Eigenbau-Anschlußdose gemäß Bild 11

sprechen, ist in mehreren vorangegangenen Beiträgen nachzulesen [1], [2]. Die Antennen wurden für den Einsatz auf dem gesamten Band konzipiert, das SWR bleibt bei allen Ausführungen auch an den Bandgrenzen sehr niedrig. Dies dürfte dem Einsatzzweck für alle Betriebsarten entgegen kommen, zumal der Nachbau absolut unkritisch ist.

## ■ Konstruktion des Erregers

Der Erreger ist ein gestreckter Dipol, die Anpassung von 28 Ω auf 50 Ω erfolgt über zwei parallele Viertelwellenkabel mit 75 Ω Wellenwiderstand, wobei gleichzeitig eine Funktion als Mantelwellensperre erreicht wird.

Dabei ist der jeweilige Verkürzungsfaktor zu beachten. Bei Voll-PE-Kabel ist er 0,67, bei Schaumstoffkabel meist um 0,82 (Herstellangaben beachten). Als mechanische Länge geht dabei der komplett abgeschirmte Teil der Leitung ein. Sehr gut geeignet ist bei Leistungen bis maximal 200 W an der Antenne das mit 3 mm

bogen werden, damit die Massekontaktierung im elektrischen Nullpunkt des Strahlers vorgenommen werden kann.

## ■ Antennendesign

Die errechneten und meßtechnisch verifizierten Daten der hier beschriebenen Yagiantennen sind in Tabelle 1 zusammengefaßt. Keine der vergleichbaren im Handel erhältlichen Yagis entsprechender Länge erreicht die Daten dieser Antennen, wobei man getrost die in der Produktwerbung genannten Gewinnangaben und Rückdämpfungen nicht immer für bare Münze nehmen sollte.

Die Konstruktionsgrundlagen wurden mit „YO“ [4] erarbeitet, wobei immer wieder verblüffend ist, mit welcher unglaublicher Präzision das Programm rechnet. Im Resonanzpunkt ergibt sich immer (!) ein SWR von 1,0 bis 1,2. Die maximale Abweichung von der vorgesehenen Entwurfsfrequenz bei isoliert gehaltenen Elementen oberhalb des Tragrohres liegt bei 200 bis 300 kHz im 2-m-Band. In der Pra-

xis steigt das SWR an den Bandenden nicht über 1,3 an, wenn man den gestreckten Dipol für Resonanz in Bandmitte abgleicht. Nun ist ein solches gutes Anpassungsverhalten nur ein Kriterium für eine Antenne, aber man kann es neben den sonstigen Eigenschaften als weiteren Pluspunkt verbuchen.

Es verbietet sich von selbst, daß derart aufwendig optimierten Antennen nicht einfach durch Weglassen oder Hinzufügen von Elementen verkürzt bzw. verlängert werden dürfen, da dies kein Entwurfskriterium war. So sind auch die deutlich unterschiedlichen Abstands- und Elementabmessungen der einzelnen Varianten zu erklären.

Damit Nachbauer flexibel planen können, habe ich die Elementlängen für verschiedene Elementdurchmesser von 4 bis 10 mm in den Tabellen 2 bis 5 angegeben. Noch dünnere Elemente sind wegen Skin-Effekt-bedingter Verluste zu vermeiden. Für den Strahler wurde in jedem Falle, auch aus Gründen der mechanischen Gestaltung, ein Durchmesser von 10 mm zugrundegelegt.

Interessant ist der Vergleich mit der von Olaf Oberrender rein experimentell optimierten und von den damaligen Lesern des FUNKAMATEUR sehr gern nachgebauten „CRD-6“ [5], [6]. Wie ich bereits in [7] gezeigt habe, ergibt die Simulation mit demselben Programm für diese 2,65 m lange 6-Element-Antenne immerhin respektable 9,6 dBd.

Qualitative Unterschiede der zeitgenössischen computeroptimierten Entwürfe liegen weniger bei dem einige Zehntel dBd höheren Gewinn als vielmehr in einem noch saubereren Strahlungsdiagramm sowie insbesondere einer erheblich größeren Toleranz gegenüber Einflüssen von in un-

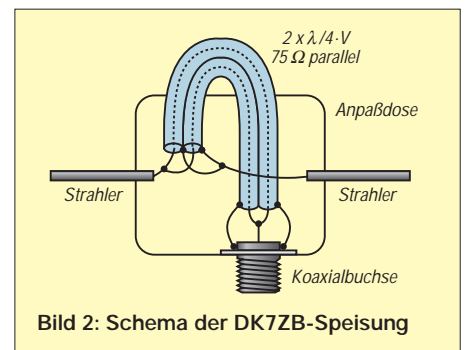


Bild 2: Schema der DK7ZB-Speisung

mittelbarer Umgebung befindlichen Metallgegenständen wie Dachrinnen, Blitzableitern, Metallbewehrungen/-armierungen im bzw. am Dach, Laufstegen, Stromversorgungsleitungen usw.

## ■ Die Mechanik

Als Tragrohrmaterial kommen Alu-Vierkantrohre mit 15 mm × 15 mm oder



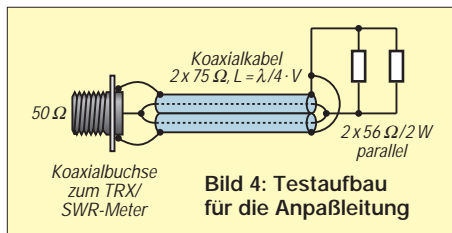
**Bild 3:** In dieser Antennendose ist deutlich die Montage der N-Buchse zu erkennen.

20 mm × 20 mm in Frage, bei der beschriebenen Elementmontage sind die Längen der Elemente für beide Tragrohrtypen identisch.

Ich habe wieder auf die bewährten Halteklammern aus schwarzem Polyamid der Fa. Konni [8] zurückgegriffen, die mit einer 3-mm-V2A-Schraube von 40 mm Länge und zugehöriger Mutter die Elemente halten. Der Strahler besteht bei allen Antennen aus 10 mm Alurohr und befindet sich in einer kommerziellen Dose, welche ebenfalls von Konni mit dem dazugehörigen Montagematerial erhältlich ist. Dadurch vereinfacht sich der Aufbau so, daß eine komplette 6- oder 7-Element-Yagi in knapp zwei Stunden fertigzustellen ist.

Etwas Geschick erfordert der Einbau der Koaxbuchse. Zwei M3-Muttern werden innen auf den Flansch der Buchse weich aufgelötet, so daß sich diese von außen festschrauben läßt. Am Flansch wird außerdem die Masseverbindung angelötet, die mit Hilfe einer Lötöse und der Blechtreiberschraube für die Dosenbefestigung am Boom den wichtigen Kontakt für die Wirkung als Mantelwellensperre herstellt (Bild 3).

Da die Dose wegen des Wasserablaufs ei-



**Bild 4:** Testaufbau für die Anpaßleitung

ne Montage unterhalb des Tragrohrs erfordert, sollten, wie in Bild 6 gezeigt, die Parasitärelemente ebenfalls unterhalb des Booms liegen, weil sich sonst der effektive Abstand zum Strahler verschiebt.

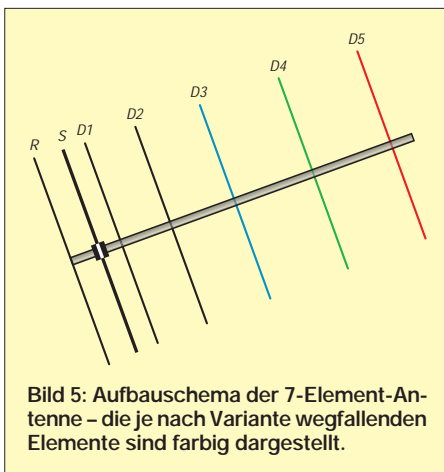
Für Elementdurchmesser von 6, 8 und 10 mm sind die Konni-Klammern geeignet, bei 4-mm-Alu-Schweißstäben ist Eigenbau individueller, vom Boom isolierter Halter angesagt. Ob bei der Montage im elektrischen Nullpunkt der Elemente eine Schraube den galvanischen Kontakt zum Boom herstellt oder nicht, ist für die ange-

gebenen Elementlängen ohne Bedeutung. Wichtig ist nur, daß die Elemente für die angegebenen Längen nicht direkt auf dem Boom aufliegen geschweige denn diesen durchdringen!

### ■ Abgleich und Inbetriebnahme

Ein Vorabtest, ob die Anpaßleitung richtig arbeitet, ist allein schon deshalb sinnvoll, um für den Fall späterer Schwierigkeiten mit dem Stehwellenverhältnis die Transformationsleitung als mögliche Fehlerquelle ausschließen zu können.

Dazu löten wir gemäß Bild 4 zwei parallelgeschaltete, induktionsarme 56-Ω/2-W-Metalloxidschichtwiderstände als 28-Ω-Abschluß anstelle des Erregerdipols an. So abgeschlossen muß die 37,5-Ω-Viertelwellenleitung, die ja durch Parallelschal-



**Bild 5:** Aufbauschema der 7-Element-Antenne – die je nach Variante wegfallenden Elemente sind farbig dargestellt.

tung der zwei 75-Ω-Kabel entsteht, für 145 MHz auf der Einspeiseseite eine Impedanz von 50 Ω reell aufweisen, was logischerweise zu einem SWR von 1,0 führt. Steht ein im Frequenzbereich erweitertes Handfunkgerät zur Verfügung, ist der Anstieg des SWR unter- und oberhalb des Bandes leicht zu bestimmen und durch Interpolieren die genaue Resonanzfrequenz des Viertelwellentrafos unschwer zu ermitteln.

Der einzige Abgleichvorgang der eigentlichen Antenne erstreckt sich auf das eventuelle Kürzen des Erregerdipols. Die Lötösen und die Anschlußstücke bringen



**Bild 6:** Montage von Erreger und Elementen an der Boomunterseite

**Tabelle 1:** Daten der beschriebenen Antennen im Überblick

Typ	4 El.	5 El.	6 El.	7 El.
mechanische Länge [m]	1,18	1,80	2,40	3,30
Gewinn [dBd] @ 145 MHz	7,7	8,9	9,9	11,0
V/R [dB] @ 145 MHz	410	360	250	240

**Tabelle 2:** Längen der Elemente für die 4-Element-Yagi in mm

Element-Ø	4 mm	6 mm	8 mm	10 mm
R	1034	1032	1031	1039
S	962	962	962	962
D1	940	931	924	918
D2	924	915	907	900
D3	–	–	–	–
D4	–	–	–	–
D5	–	–	–	–

**Tabelle 3:** Längen der Elemente für die 5-Element-Yagi in mm

Element-Ø	4 mm	6 mm	8 mm	10 mm
R	1026	1024	1022	1020
S	962	962	962	962
D1	938	930	922	916
D2	938	930	922	916
D3	912	902	893	886
D4	–	–	–	–
D5	–	–	–	–

**Tabelle 4:** Längen der Elemente für die 6-Element-Yagi in mm

Element-Ø	4 mm	6 mm	8 mm	10 mm
R	1023	1021	1019	1017
S	971	971	971	971
D1	955	948	942	935
D2	930	921	914	907
D3	929	920	912	905
D4	903	892	884	876
D5	–	–	–	–

**Tabelle 5:** Längen der Elemente für die 7-Element-Yagi in mm

Element-Ø	4 mm	6 mm	8 mm	10 mm
R	1019	1016	1014	1011
S	978	978	978	978
D1	959	951	945	940
D2	909	916	924	933
D3	916	906	898	891
D4	915	905	897	890
D5	904	894	885	877

**Tabelle 6:** Positionen der Elemente in mm gemäß Bild 1; Strahler 10 mm dick

Typ	4 El.	5 El.	6 El.	7 El.
R	0	0	0	0
S	265	350	390	360
D1	410	360	250	240
D2	485	585	510	545
D4	–	485	635	675
D5	–	–	595	805
D6	–	–	–	620

nämlich eine zusätzliche Induktivität mit ein, was eine Verkürzung der gesamten Länge um 5 bis 8 mm erforderlich macht. Liegt das SWR bei 1,4 oder darüber, muß irgendwo ein Fehler vorhanden sein. So hatte ich im Eifer des Gefechtes einen Direktor aus Versehen 10 mm außermittig gebohrt; die 6-Element-Yagi kam sofort außer Tritt und hatte ein SWR von 1,5, was an sich einen Selbstbauer nicht weiter beunruhigt.

Die genannten Längen für den Strahler sind also in der Regel etwas zu groß; dadurch bleibt Spielraum für den individuellen Abgleich. Lieber dreimal abgeschnitten, als immer noch zu kurz (hi). So wird das niedrigste SWR zunächst am unteren Bandende auftreten, durch stufenweises Verkürzen kann man die Resonanz genau auf 145 MHz legen. Alle anderen Elemente dürfen weder in der Länge noch im Abstand verändert werden!

## ■ Betriebserfahrungen

Die vorgestellten Yagis erwiesen sich als relativ unproblematisch, was die Umgebung und Witterungseinflüsse angeht. Dies deutet auf ein recht gutmütiges Design trotz der beachtlichen Gewinne hin.

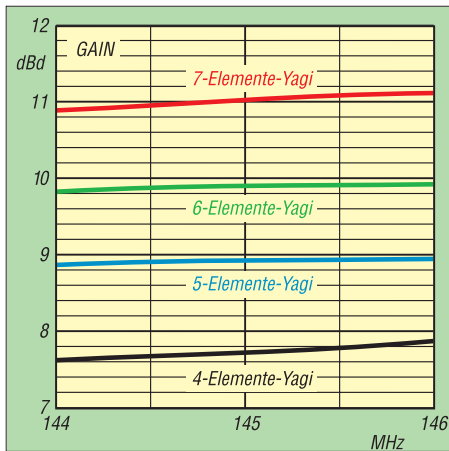


Bild 7: Gewinnverläufe der hier vorgestellten Antennen

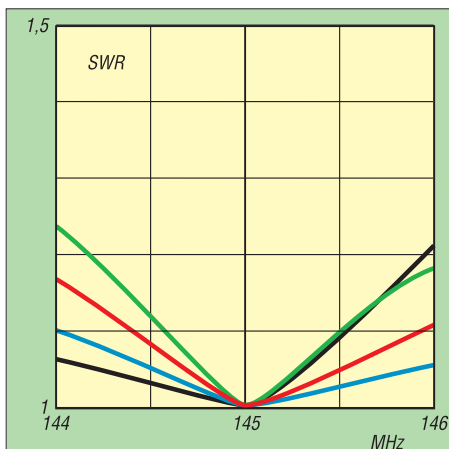


Bild 9: Anpassungsverlauf der beschriebenen Kurzyagis, Farben wie Bild 7

Alle Antennen lassen sich für das gesamte 2-m-Band nutzen, so daß sowohl CW/SSB-Freaks als auch FM-Nutzer mit den Daten zufrieden sein dürften. Inzwischen mehrten sich positive Rückmeldungen zur 28- $\Omega$ -Technik bei den sehr langen Yagis, weshalb die selbstbauenden Antennenfans auch hier zu entsprechenden Erfolgsergebnissen kommen sollten.

Der Vollständigkeit halber habe ich in den Bildern 12 bis 19 die Richtdiagramme in der E- und H-Ebene aufgeführt. Daraus sind z.B. die für die Selbsterklärung relevanten Winkeldämpfungen ablesbar. Zu beachten ist, daß die E-Ebene nur bei horizontal polarisierter Antennenmontage (SSB/CW) die horizontale Abstrahlung beschreibt, bei vertikaler Polarisation ist es die H-Ebene – und umgekehrt!

Gleichzeitig wird deutlich, wie es durch Simulation und Optimierung am PC unter Einbeziehung vorhandener Kenntnisse zur Funktionsweise von Yagis gelingt, sehr saubere Richtcharakteristiken zu erzielen.

## ■ Für Einsteiger empfohlen

Die vorliegenden positiven Erfahrungen lassen gerade diese kurzen Antennen hervorragend für den Neueinsteiger geeignet

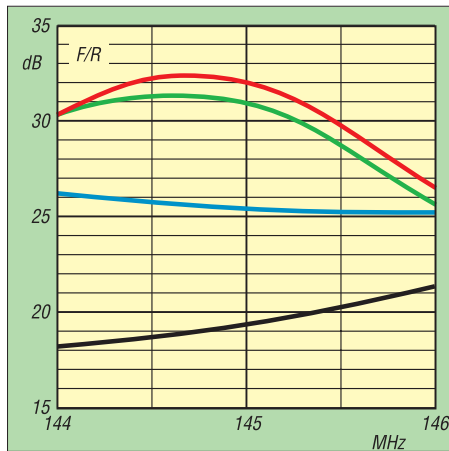


Bild 8: Vor-/Rück-Verhältnis (F/R [2]) der beschriebenen Kurzyagis, Farben wie Bild 7

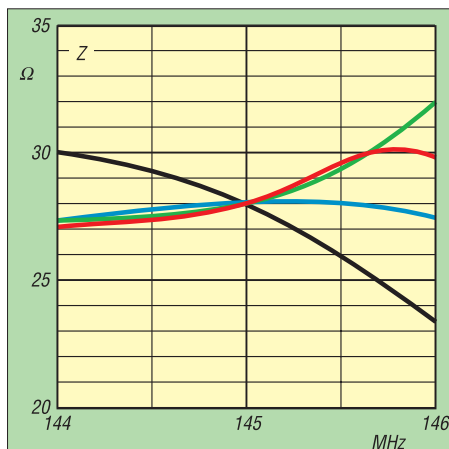


Bild 10: Frequenzgang des Fußpunktwiderstandes der Kurzyagis, Farben wie Bild 7



Bild 11: Eigenbauvariante einer Dipolanschlußdose unter Verwendung einer Aufputz-Verteilerdose.

erscheinen. Für die mit Rücksicht auf die Leistungsbeschränkung der Zeugnisklasse 3 erforderliche EIRP-Berechnung sind den Gewinnwerten aus Tabelle 1 jeweils 2,15 dB hinzuzuschlagen, um auf den Gewinn in dBi zu kommen.

Die 5-Element-Antenne bringt es also auf 11,05 dBi, von denen beispielsweise bei einer Zuleitung aus 10 m Aircell-Kabel (0,8 dB) und angenommenen insgesamt 0,5 dB Steckerverlusten noch 9,75 dBi übrig bleiben, so daß in diesem Fallbeispiel lediglich mit 1 W gesendet werden darf.

Apropos FM: Die dabei übliche vertikale Polarisation impliziert eine senkrecht stehende Montage der Antenne, so daß sich bei metallendem Mast eine direkte Montage der Yagi an diesem verbietet: Hier also einen wenigstens 50 cm langen waagerechten Ausleger verwenden oder zumindest den obersten Meter des Mastes aus Kunststoff herstellen; eine andere Möglichkeit ist die Vormastmontage, wozu sich vornehmlich die 4- und 5-Element-Varianten eignen. Zwischen Mast und Reflektor ist ein Mindestabstand von 30 cm, besser 50 cm, einzuhalten.

## Literatur und Bezugsquellen

- [1] Steyer, M., DK7ZB: Hochleistungsyagis für das 2-m-Band in 28- $\Omega$ -Technik. FUNKAMATEUR 46 (1997) H. 1, S. 72–75
- [2] Steyer, M., DK7ZB: Konstruktionsprinzipien für UKW-Hochgewinn-Yagiantennen. FUNKAMATEUR 48 (1999) H. 2, S. 212 - 215 und H. 3, S. 311–313
- [3] Fa. KUSCH, Postfach 120339, 44293 Dortmund, www.kabel-kusch.de
- [4] Beezley, B., K6STI: PC-Programm „YO“ (Version 6.53), Linda Vista Drive, San Marcos, CA 92069, USA, E-Mail: K6STI@N2.net
- [5] Oberrender, O., Y23RD: Konstruktion einer 6-Element-Langyagi für das 144-MHz-Band. FUNKAMATEUR 31 (1982) H. 4, S. 192–196
- [6] Krischke, A., OE8AK (Bearbeiter): Rothammels Antennenbuch. 11. Aufl., Franckh Kosmos Verlag, Stuttgart 1995, Abschnitt 23.3.3.1
- [7] Steyer, M., DK7ZB: Computeroptimierte 5-Element-Yagi für 50 MHz. FUNKAMATEUR 44 (1995) H. 12, S. 1335–1336
- [8] Fa. KONNI, Michelrieder Str. 8, 97839 Esselbach

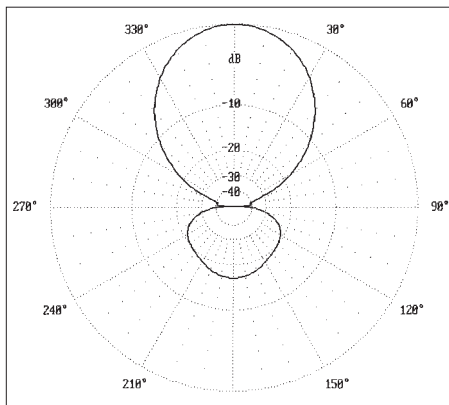


Bild 12: E-Diagramm der 4-Element-Yagi bei 145 MHz

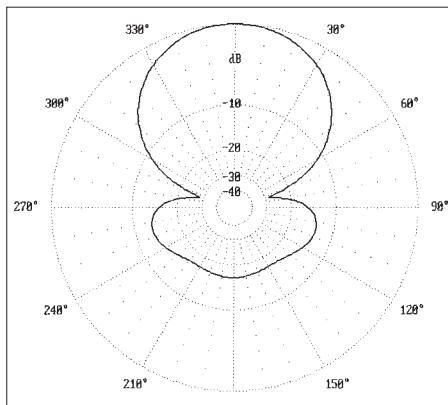


Bild 13: H-Diagramm der 4-Element-Yagi bei 145 MHz

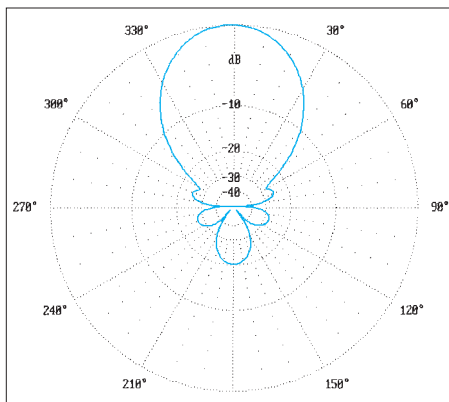


Bild 14: E-Diagramm der 5-Element-Yagi bei 145 MHz

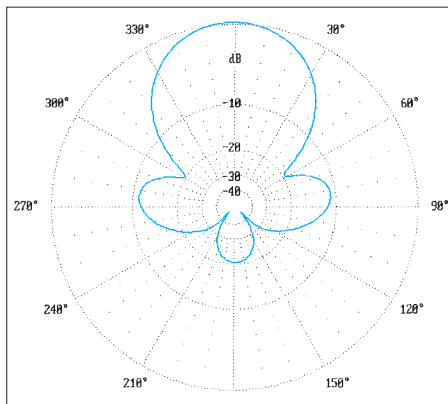


Bild 15: H-Diagramm der 5-Element-Yagi bei 145 MHz

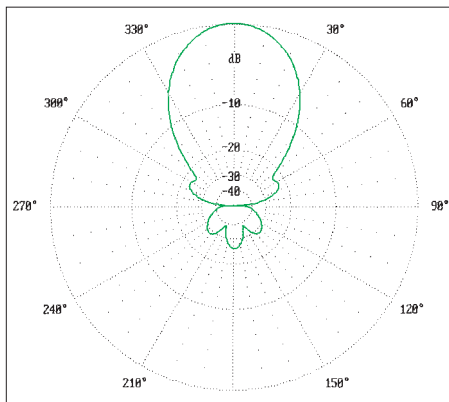


Bild 16: E-Diagramm der 6-Element-Yagi bei 145 MHz

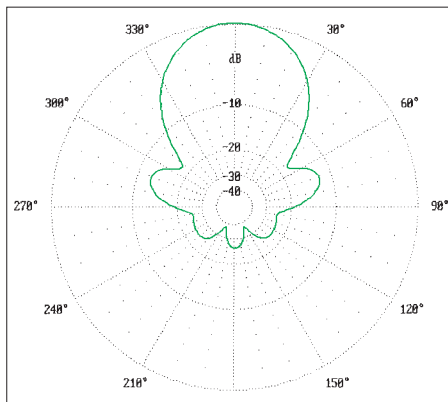


Bild 17: H-Diagramm der 6-Element-Yagi bei 145 MHz

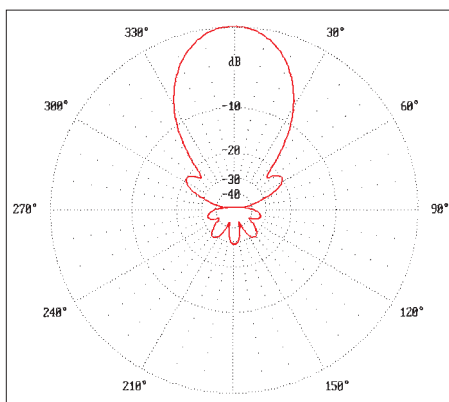


Bild 18: E-Diagramm der 7-Element-Yagi bei 145 MHz

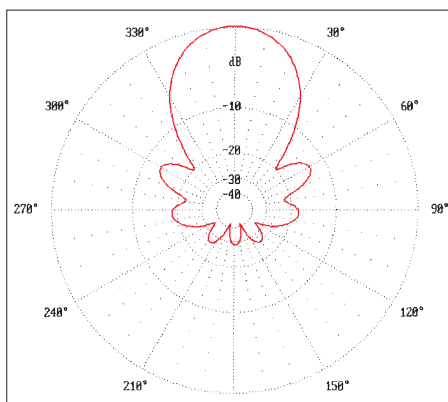


Bild 19: H-Diagramm der 7-Element-Yagi bei 145 MHz