

Yagi-Antennas for 144 MHz

Rainer Bertelsmeier, DJ9BV

1. Design

Um hohen Gewinn, einfachen Aufbau und einfache Speisung mit breitbandig niedrigen VSWR zu erreichen, wurde beim Design der vorliegenden Antennen auf das Entwurfsprinzip von DL6WU ([3],[4],[5]) zurueckgegriffen. Die Grafik in Bild 1 zeigt, dass weder kommerzielle noch Selbstbau-Antennen den Gewinn dieser Antennen bei gleicher Boomlaenge uebertreffen. Diese ausgezeichneten Eigenschaften wurden durch "Bearbeitung" der aus dem DL6WU-Entwurfsprinzip resultierenden Antennenabmessungen mit Hilfe eines Antennen-Simulationsprogramms ([2]) erreicht. Damit konnten sowohl das Diagramm - z.B. das F/B-Verhaeltnis - und der Gewinn geringfuegig gegenueber dem Original verbessert werden. Die guenstigen Eigenschaften des DL6WU-Designs konnten dabei erhalten werden. Diese sind:

- Gewinn-Maximum oberhalb der Entwurfsfrequenz. Daraus folgt Unempfindlichkeit gegen Naesse und gegen leichte Vereisung.
- 50 Ohm Fusspunkt-Impedanz erlaubt einfache Speisung mit Faltdipol ohne spezielle Anpass-Schaltungen.
- Breitbandige Gewinn-Kurve. Deswegen "verzeiht" die Antenne Toleranzen in den Abmessungen oder sogar teilweise abgebrochene Elemente.
- Maximaler Gewinn bei gegebener Baulaenge. Siehe Bild 1!
- Erstklassiges Diagramm. Siehe Bilder 5-9.
- Die Allgemeinguetigkeit des Designs erlaubt Antennen mit beliebiger Laenge. Der Gewinn steigt monoton mit der Boomlaenge. Das F/B-Verhaeltnis schwankt periodisch zwischen 17 und mehr als 30 dB.

Die Vorzuege des DL6WU-Designs werden inzwischen auch von einer Reihe von kommerziellen Herstellern genutzt. Dazu gehoeren in USA die Firmen KLM, High-Gain, M2 (K6MYC) und in DL die Firmen Konni und HAG. Wie frappant sich ein verbessertes Design auswirkt, zeigt das Beispiel der High-Gain 215 B aus dem Jahre 1978, die 1,3 dB weniger Gewinn hat als die nach DL6WU gebaute neue High-Gain 215DX, die genau auf der Gewinn-Kurve des DL6WU-Designs liegt.

1. Design

To achieve the best performance currently possible these antennas have been designed according to the design procedure of DL6WU ([3],[4],[5]), which has been described some ten years ago. Additionally modern computer technology has been used to tweak these designs for even better performance, without loosing the inherent properties of the DL6WU-Design, which are:

- Frequency for maximum gain is higher than design frequency. That cares for insensitivity against wet elements and light icing.
- 50 ohms impedance allows simple feed structure with folded dipole without any special matching systems.
- Broadband gain characteristic 'forgives' construction tolerances and even partial broken elements with only a vanishing small sacrifice in gain.
- Maximum gain for a given boom length.
- Pattern with low sidelobes. See figures 5 to 9.
- General design procedure allows design of yagi-antennas with any boom length greater than two wavelengths. Gain increases monotonically with boom length. The F/B-ration varies periodically between 17 and 30 dB

The NEC-II simulation software ([2]) has been used to fine tune the dimensions for even higher gain and lower sidelobes, especially for the back lobe level. The results justify this approach. Gain is better than any commercial antenna on the market (see figure 1) and patterns are superiour (See figures 5 - 9). So the home builder can take advantage of this design and will be able to construct one of the finest antenna systems possible.

The advantages provided by using the well proven DL6WU-design have been recognized by some of the commercial antenna companies also. Stateside the DL6WU-design is used by KLM, High-Gain and M2 (K6MYC). In DL the design is used by Konni and HAG. A very suggestive example for the superiority of DL6WU's design is the old HighGain 215B which achieves about 1.3 dB less gain than the modern HighGain 215DX, which has been patterned in the DL6WU-design. A counter example is given by the M2-5WL, which shows that using the DL6WU-design is not sufficient for best gain. This antenna seems to be 'tweaked' too much by computer optimizing. It is about 0.2 dB down from the available gain.

The following table shows the broadband characteristic:

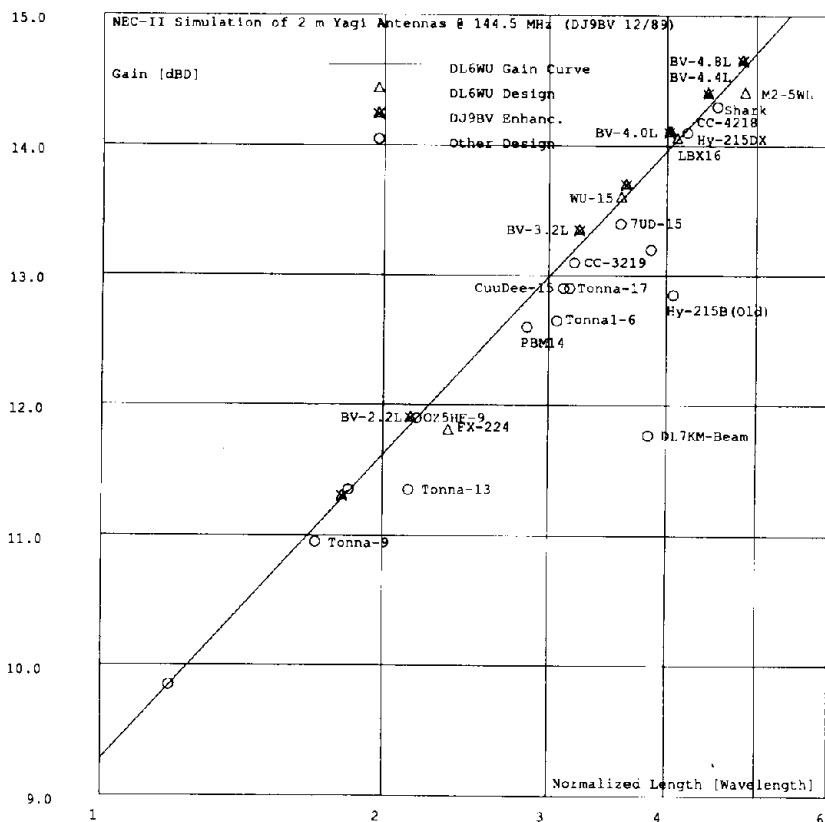
Table 1: Frequency characteristic of DJ9BV yagis

Design-Frequency: 145.0 MHz

Frequency/Gain characteristic:

Type: DJ9-2-4.4λ					
	144.0	144.5	145.0	145.5	146.0
Gain [dBD]	14.3	14.4	14.45	14.45	14.35
F/B [dB]	18.8	20.8	22.9	23.4	21.3

Feed-Point Impedance: 200/50 Ohm with folded dipole and w/ Balun



Bild/Figure 1: Gewinn von 2 m Yagis/Gain of 144 MHz Yagis

2. Konstruktion/Mechanical Data

Die Antennenkonstruktion ist relativ einfach. Die Elemente werden isoliert montiert. Das geschieht mit Hilfe von Nylon-Nieten, die aussen 6 mm und innen 3,8 mm Durchmesser haben. Diese werden beidseitig in 6 mm Loecher, die durch den Boom gebohrt werden, gesteckt und die Elemente mit 4 mm Durchmesser werden mit einem Hammer durch die Niete getrieben (Siehe Bild 4). Bei der Dipolkonstruktion ist darauf zu achten, dass Anschlussbuchse, Balun und die Enden des Dipols moeglichst induktivitaetsarm miteinander verbunden werden. Das erreicht man am einfachsten durch ein

U-förmiges Halteblech mit 2 Löchern fuer den Balun. Dieser wird mit dem Halteblech verlötet und dieses an die N-Buchse angeschraubt. Damit ist eine induktivitätsarme Verbindung der Balun-Enden untereinander und mit der N-Buchse gewährleistet (Bild 3). Der Balun selbst besteht aus RG142B/U Teflonkabel, das doppelt abgeschirmt ist und eine Belastbarkeit von 800 W Dauerleistung auf 2 m hat. Von minderwertigen Kabeln wie RG58 oder RG213 ist Abstand zu nehmen. Eine Erhöhung des VSWR wäre die Folge. Bei richtig konstruiertem Dipol ist das VSWR bei 144.5 MHz unter 1.2. Der Verlauf ist sehr breitbandig. Erst bei 146 Mhz wird ein Wert von 1,5 erreicht.

Alles andere wie Mast-Klammern oder Unterzuege bleiben der Kreativität des Nachbauers ueberlassen.

2. Construction

The construction of antenna is straightforward. Elements are mounted in an isolated fashion via nylon-rivets through the boom. Figure 4 shows the details. After inserting the nylon rivets in both sides of the boom the element is driven through the boom by a hammer. In building the folded dipole you have to achieve a low inductance connection of the balun ends and the input N-connector. This can be accomplished by a small U-type mounting plate made from brass (Figure 3). This plate connects the ends of the balun, which are soldered with their sleeve, and the N-connector. The balun itself is made from RG142B/U cable, which is doubly shielded and has a power capability of 800 Watts on 2 m. Inferiour cables like RG58 or RG213 should not be used because of the low shielding rate of these cables. In this case the VSWR will be deteriorated. With correctly built dipole the VSWR will be less than 1.2 at 144.5 MHz. The VSWR characteristic is very broadband. It will increase to 1.5 at 146 MHz.

With anything else like mast clamps or support boom you are on your own side.

3. Stockung

In der Tabelle "Electrical Data" sind fuer alle Antennen die optimalen Stockungsabstände angegeben. Diese Abstände ergeben fuer beliebige Gruppen (2,3,4 usw.) den maximalen Gewinn. Dabei sind die Stockungszipfel ca. -11,5 dB unterdrueckt und der Stockungsgewinn betraegt ca. 2,9 dB pro Verdopplung. Das kann man sehr schoen in Bild 9 erkennen, welches das Diagramm fuer eine 4-er Gruppe von DJ-2-4.0 zeigt. Der Stockungsgewinn betraegt 5,9 dB und der Gesamtgewinn fast 20 dBD. Der zulaessige Bereich fuer den Stockungsabstand betraegt zwischen 80 und 105 % des in der Tabelle angegebenen Abstandes.

3. Stacking

The stacking distances shown in the table 'electrical data' are for optimum gain. Stacking gain is about + 2.9 dB for a pair and stacking sidelobes are down - 11.5 dB. This can be seen in Figure 9, which shows the pattern for 4 times DJ9-2-4.0 with a stacking gain of 5.9 dB, stacking sidelobes of - 11.5 dB and a total gain of 20 dBD. The range of valid stacking distances is between 80 and 105 percent of those values specified in the table.

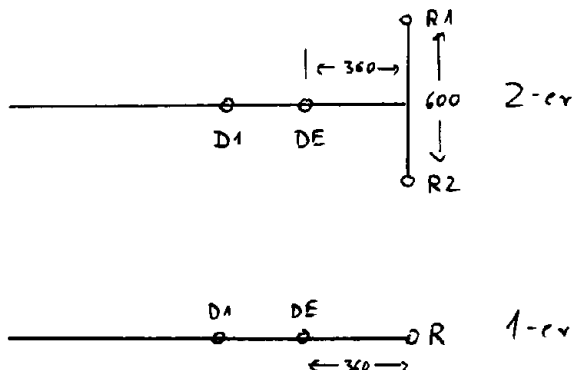


Bild2/Figure 2: (Reflector arrangement)

4. Electrical data (@ 144.5 MHz)

Gain figures include 0.1 dB loss for RG142 Teflon-Balun.

Efficiency is typically 98.2 % or 5.6 ° K for antenna without balun.

Electrical data (Simulation by DJ9BV)							
Type	Gain [dBD]	F/B [dB]	1. Sidelobe [dB]	E-Angle [°]	H-Angle [°]	E-Stack. [m]	H-Stack. [m]
DJ9-2-1.8λ	11.2	20.2	19.2	39.0	44.0	3.10	2.77
DJ9-2-2.1λ	11.8	24.2	19.2	36.8	40.5	3.29	3.00
DJ9-2-3.2λ	13.25	20.0	17.3	31.2	33.50	3.86	3.60
DJ9-2-3.6λ	13.6	20.8	16.8	30.0	31.75	4.00	3.79
DJ9-2-4.0λ	14.0	24.3	17.0	29.0	30.5	4.14	3.94
DJ9-2-4.4λ	14.3	21.0	17.0	28.0	29.5	4.29	4.07
DJ9-2-4.8λ	14.6	22.0	17.2	27.5	28.8	4.36	4.17

5. References

- [1] R. Bertelsmeier, "Gain and Performance Data of 144 MHz Antennas", DUBUS 3(1988),
- [2] G.J. Burke, A.J. Poggio, "Numerical Electrodynamics Code (NEC) - Method of Moments", NOSC TD 116, Vol. 1, 1981, San Diego, USA

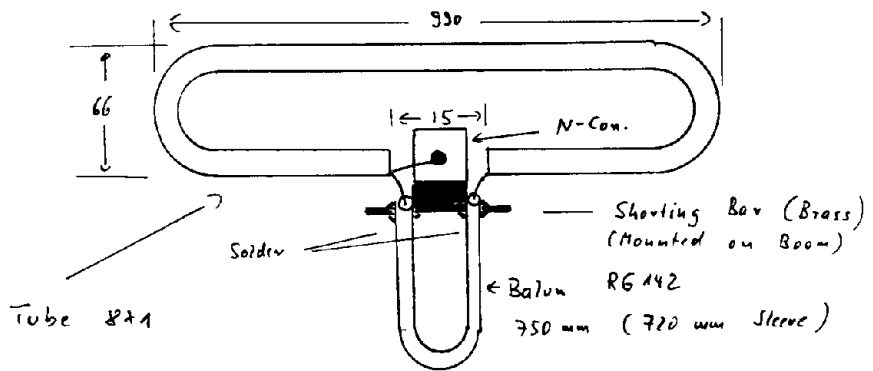


Bild 3/Figure 3: (Folded Dipole)

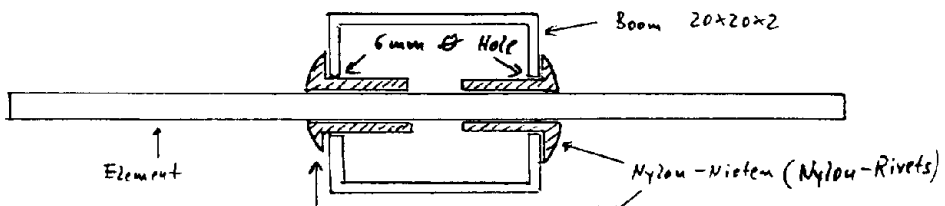


Bild 4/Figure 4: (Element Mounting)

- [3] G. Hoch, "Wirkungsweise und optimale Dimensionierung von Yagi-Antennen", UKW-Berichte 17(1977), Heft 1, S.27-36
- [4] G. Hoch, "Mehr Gewinn mit Yagi-Antennen", UKW-Berichte 18(1978), Heft 1, S.2-9
- [5] G. Hoch, "Extrem lange Yagi-Antennen", UKW-Berichte 22(1982), Heft 1, S.3-11

Mechanical Dimensions (DJ9BV)				
Element	Length [mm]	Distance [mm]	Position [mm]	Remarks
R1..R2	1083	---	0	2-cr Reflector (4.8 λ)
R1..R2	1053	---	0	2-cr Reflector (1.8,3.2 λ)
R	1030	---	0	1-cr Reflector (2.1,3.6,4.0,4.4 λ)
DE	990	360	360	Folded Dipole: 8 mm Diameter!
D1	950	165	525	
D2	940	375	900	
D3	930	450	1350	
D4	920	525	1875	
D5	915	585	2460	
D6	910	630	3090	
D7	905	660	3750	DJ9-2-1.8 λ
D8	900	690	4440	DJ9-2-2.1 λ
D9	895	720	5160	
D10	890	750	5910	
D11	885	780	6690	DJ9-2-3.2 λ
D12	880	810	7500	DJ9-2-3.6 λ
D13	875	840	8340	DJ9-2-4.0 λ
D14	870	840	9180	DJ9-2-4.4 λ
D15	865	840	10020	DJ9-2-4.8 λ

Notes:

The 2.1 λ , 3.6 λ , the 4.0 λ and the 4.4 λ types have a single reflector.

The 1.8 λ , 3.2 λ and 4.8 λ types have a double reflector, which has a computer-optimized length to maintain a F/B-Ratio of better than 20 dB.

Please notice the different length of the various reflectors!

Boom: 20x20x2 mm square aluminium tubing †

Elements: 4 mm diameter AlMg3 aluminium rods (i.e. welding rods!)

Driven Element: Folded Dipole 8 mm diameter 8x1 mm Al Tubing (Figure 3)

Balun: 750 mm Teflon cable RG142 B/U (Sleeve length should be 720 mm!)

Element-Mount: Nylon rivets 61PR800000 from Heyman Manufacturing (Figure 4) *

† For larger boom diameters add 1 mm for 25 mm, 3 mm for 30 mm and 6 mm for 40 mm diameter booms to the element lengths. Booms can be constructed with different diameters mixed (Tapered booms).

* Heyman Manufacturing GmbH, Zu den Muehlen 17, D-6300 Giessen, BRD

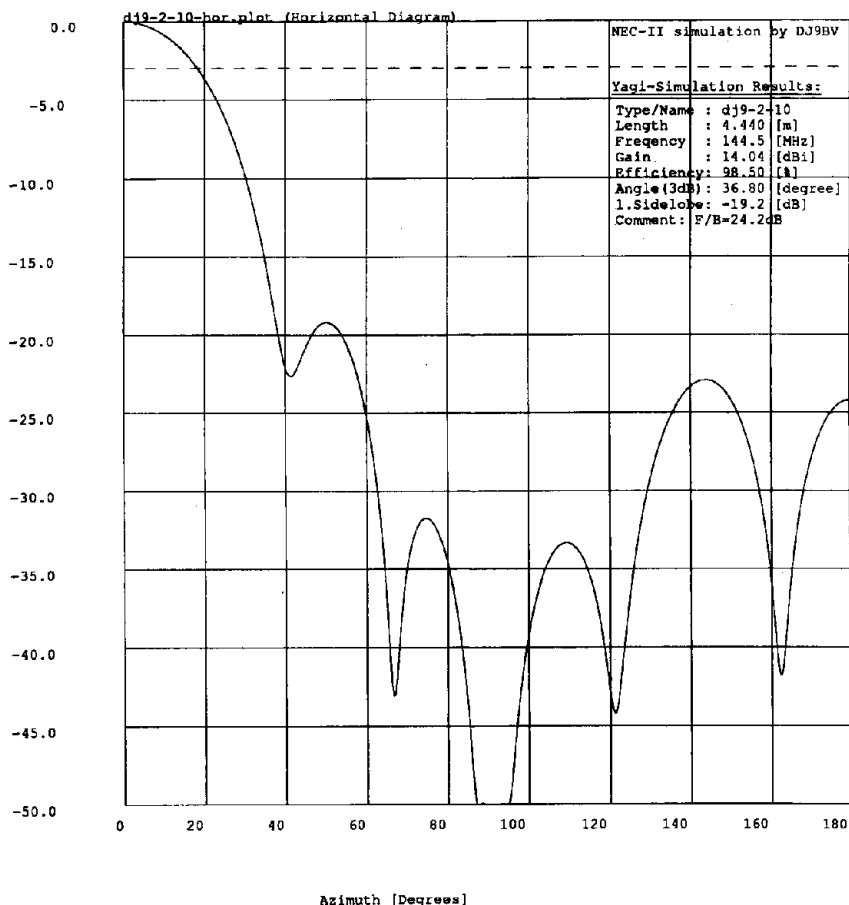


Bild 5/Figure 5 : Horizontal Diagramm/Pattern DJ9-2-2.1

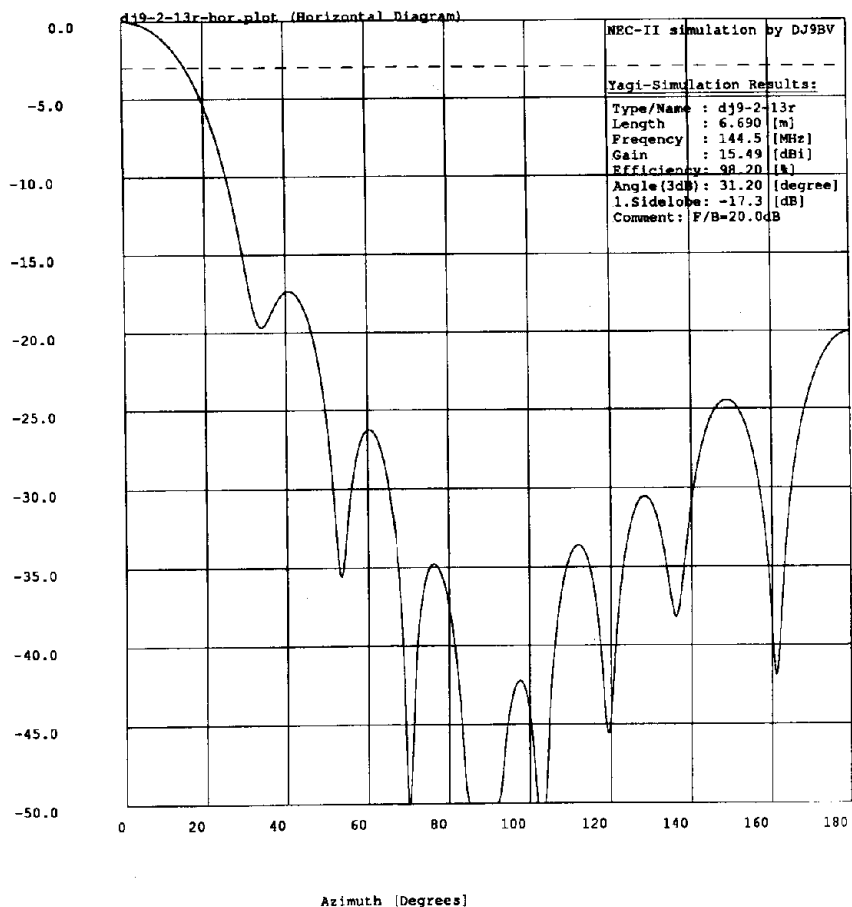


Bild 6/Figure 6 : Horizontal Diagramm/Pattern DJ9-2-3.2

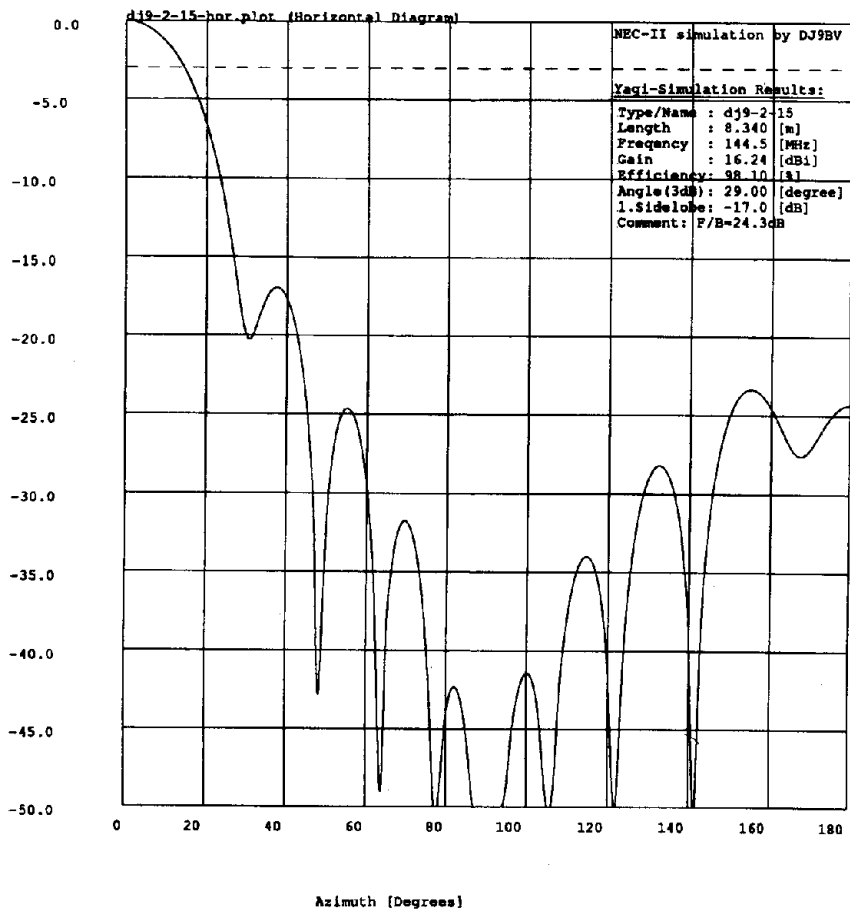


Bild 7/Figure 7 : Horizontal Diagramm/Pattern DJ9-2-4.0

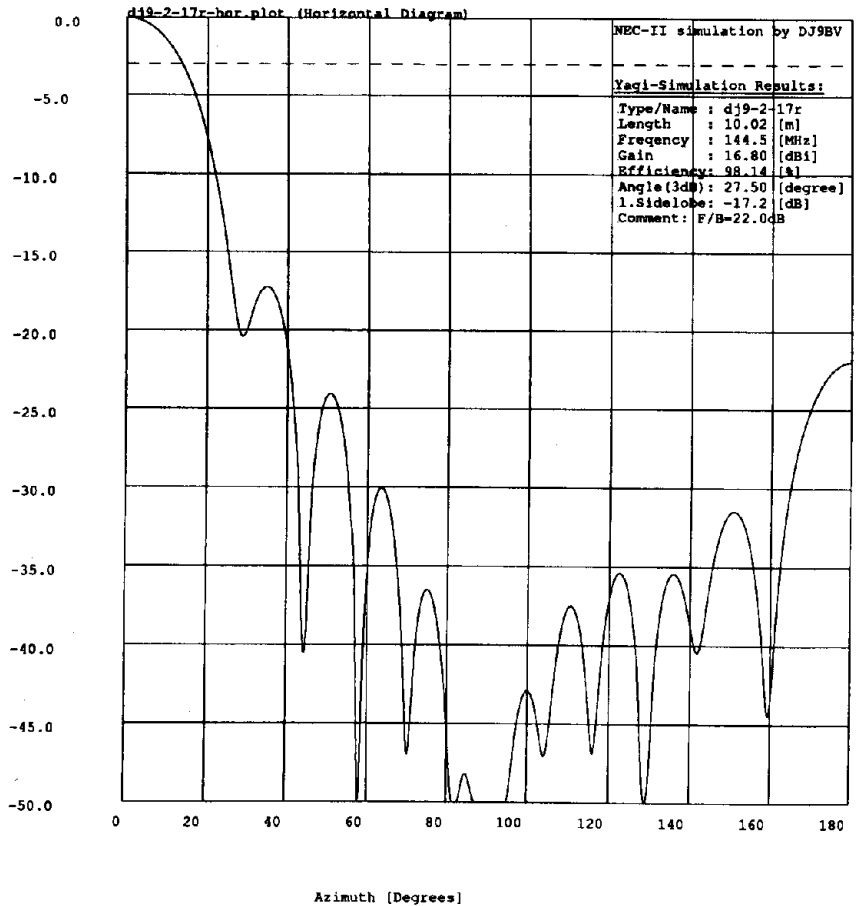


Bild 8/Figure 8 : Horizontal Diagramm/Pattern DJ9-2-4.8

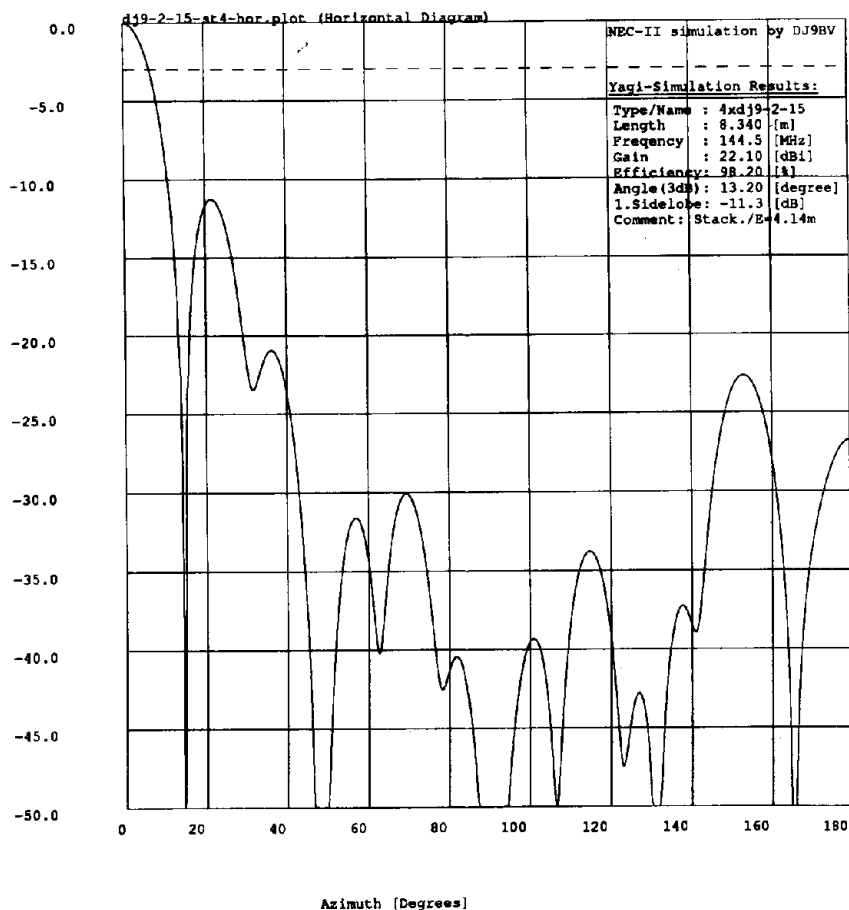


Bild 9/Figure 9 : Horizontal Diagramm/Pattern 4 x DJ9-2-4.0