

Gain and Performance Data of 432 MHz Antennas (Leistungsdaten von 432 MHz Antennen)

Rainer Bertelsmeier, DJ9BV

Copyright © 1989 by R. Bertelsmeier

1. Antenna-Simulation (Antennen-Simulation)

The recent articles in DUBUS on gain of yagi antennas for 144 and 432 MHz probably have given some impressions on the performance of professional antenna simulation software.

As a reminder some remarks on the accuracy of the NEC-II simulation software. The applied method of moments for the numerical solution of the integral equations seems to achieve the following accuracy of the simulated radiation pattern:

Gain $\pm 0.2\text{dB}$

Sidelobes

$\pm 0.5\text{db}$ up to -20 dB .

$\pm 1.0\text{db}$ from -20 to -25 dB .

$\pm 2.0\text{db}$ from -25 to -30 dB .

Undetermined accuracy $< -30\text{ dB}$.

D: Die letzten Artikel ueber den Gewinn von Yagi Antennen auf 144 und 432 MHz haben moeglicherweise einen Eindruck ueber die Moeglichkeiten von professioneller Simulations-Software fuer Antennen hinterlassen. Zur Erinnerung noch einmal die Daten ueber die erzielbare Genauigkeit, die durch Vergleich mit Messdaten von DL6WU ermittelt wurden.

2. Performance criteria (Leistungskriterien)

For judging the performance of a particular design several features have been evaluated:

TYPE

Designation of antenna type (Antennenbezeichnung)

LENGTH

Mechanical length of antenna in [m] or in λ . (Mechanische Laenge).

P.-GAIN

Power gain of antenna with losses included referenced to a dipole in [dBD]. (Gewinn der Antenne mit Beruecksichtigung der Verluste).

EFF.

Efficiency in percent indicates losses in antenna. Important for temperature calculations. Power gain includes losses already! (Wirkungsgrad in % zeigt innere Verluste der Antenne durch schlechte Leitfaehigkeit etc. an).

ANGLE

3 dB angles in horizontal (E) and vertical (H) plane. (3 dB Oeffnungswinkel in der horizontalen (E) oder vertikalen (H) Ebene).

1.LOBE

Suppression of first sidelobe in E-Plane in dB. (Erster Nebenzipfel).

BL

Largest sidelobe in back aerea of E-plane (Azimuth from 90 to 270 degrees). (Grosster Nebenzipfel im gesamten Rueckwaerts-Teil des Diagramms der E-Ebene.)

Δ

Difference of power gain to power gain of a DL6WU-Yagi of the same length. Power gain of DL6WU-designs is described by the following equation:

$$GAIN[dBD]=7.773 \cdot \log\left(\frac{LENGTH}{\lambda}\right)+9.28 \quad [1]$$

The gain increases with a rate of 2.34 dB for an increase of 3 dB in boom length, i.e. doubling the length. Power gain of DL6WU-Yagi's serves as state of the art figure for yagi's.

D: Δ gibt die Differenz zu einer gleich langen DL6WU-Yagi an, die als Mass fuer den Stand der Kunst im Antennendesign genommen wird. Obige Formel beschreibt den Gewinn fuer alle DL6WU-Yagis).

3. Simulation Data (Leistungsdaten)

Table 1:

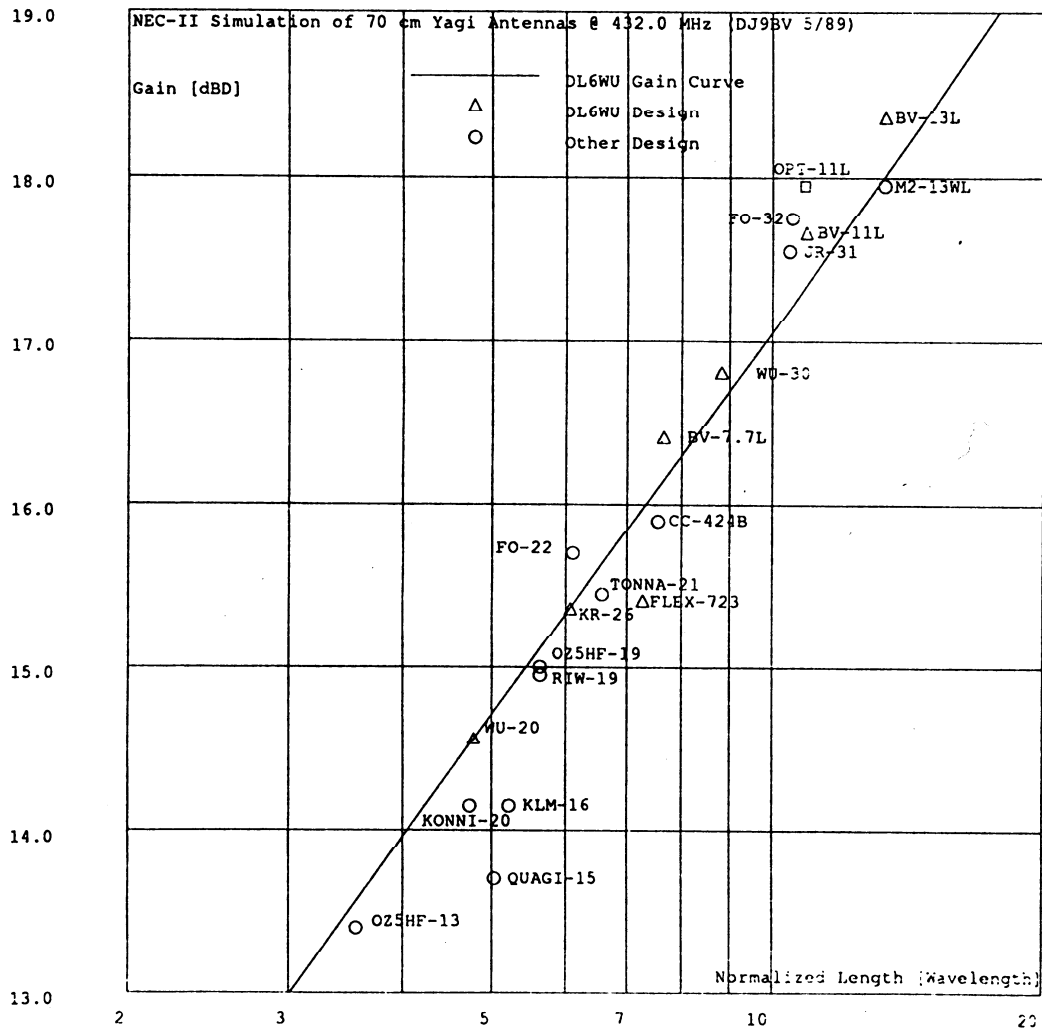
Performance data of 70 cm Antennas @ 432.0 MHz (NEC-II Simulation by DJ9BV)											
TYPE	LENGTH		P.-GAIN [dBD]	EFF. [%]	ANGLE @ -3dB		1. LOBE (E-Pat.) [dB]	BL [dB]	Δ to [1] [dB]	DESIGN	Rem.
	[m]	λ			E [°]	H [°]					
DJ9HO-DQ70	0.100	---	7.6	99.8	62.0	63.0	---	16.5	---	7KM/9HO	A,8
OZ5HF-13	2.467	3.55	13.4	99.4	30.0	32.0	15.1	22.5	-0.16	OZ5HF	C
DL7KM-Beam	2x1.319	3.80	9.75	98.8	44.0	37.2	14.7	13.6	-4.4	DL7KM	A,7
KONNI-20	3.280	4.73	14.15	99.1	25.5	27.0	19.0	21.8	-0.37	KONNI	C,1
WU-20	3.320	4.78	14.55	99.6	28.5	30.4	18.2	27.2	+0.0	DL6WU	A
QUAGI-15	3.493	5.03	13.7	98.1	25.8	27.2	14.6	8.5	-1.04	K6YNB	A,9
KLM-16	3.626	5.22	14.15	99.5	25.0	26.0	11.5	19.8	-0.71	KLM	C
OZ5HF-19	3.907	5.63	15.00	99.3	25.5	26.5	15.0	24.0	-0.11	OZ5HF	C
K2RIW-19	3.907	5.63	14.95	99.0	27.0	28.3	17.0	20.4	-0.16	K2RIW	A
DL9KR-26	4.211	6.07	15.35	99.0	25.3	26.5	17.3	29.5	0.0	6WU/9KR	A
K1FO-22	4.242	6.11	15.7	98.4	24.7	25.7	17.2	21.2	+0.31	K1FO	A,2
TONNA-21	4.568	6.58	15.45	97.8	24.0	25.0	15.7	24.5	-0.2	TONNA	C,3
FLEXA-723	5.047	7.27	15.4	83.7	23.0	24.0	17.5	18.5	-0.58	DL6WU	C,4
CC 424B	5.240	7.55	15.9	98.7	20.3	20.9	12.7	21.9	-0.2	CushCraft	C
DJ9-70-7.71	5.310	7.65	16.4	98.9	23.0	24.0	17.2	28.3	+0.25	6WU/9BV	A
DL6WU-30	6.130	8.83	16.8	99.0	22.1	22.9	16.1	29.6	+0.17	DL6WU	A
W1JR-31	7.235	10.43	17.55	97.9	20.8	21.2	18.8	28.1	+0.36	6WU/1JR	A,5
K1FO-32MK4	7.293	10.5	17.75	98.2	19.5	20.0	16.3	26.8	+0.53	K1FO	A
OP170-111	7.540	10.86	17.95	98.4	19.0	19.5	16.0	26.2	+0.62	DJ9BV	A,6
DJ9-70-111	7.550	10.9	17.65	98.9	20.2	20.8	16.6	24.7	+0.31	6WU/9BV	A
M2-13WL	9.208	13.27	17.95	99.2	19.3	19.8	15.4	24.4	-0.06	6WU/6MYC	A
DJ9-70-131	9.23	13.3	18.35	98.8	18.7	19.1	16.6	27.1	+0.33	6WU/9BV	A

Remarks:

- A Amateur design.
- C Commercial design. (Kommerzielles Design).
- 1. Design originates from WU-20, but has wrong size of elements (Too long!). (Elemente sind zu lang. Deswegen Leistungsabfall).

2. Design by MININEC optimisation of W1EJ proposal. (Design durch MININEC Optimierung eines W1EJ Designs).
3. Values shown for unbalanced feed. Balun may give + 0.3 dB Gain. (Gilt fuer unsymmetrische Speisung).
4. Steel elements with $\mu=10$ (Value assumed). (Stahl-Elemente mit angenommenen μ von 10).
5. Design by MININEC optimisation of DL6WU design.
6. Theoretical design by NEC-II optimisation for best compromise of efficiency and gain. (Theoretisches Design mittels NEC-Optimierung).
7. Two yagi's with double quad feed (DL7KM). Antenna has badly mistuned directors, because of wrong scaling from the 2 m version. Cutting all elements will increase gain to 12 dBD, which is also low for this size.
 D: (DL7KM-Beam mit 7 Reflektoren. Diese Antenne funktioniert nicht, da die Elemente ca. 10 mm zu lang sind. Selbst nach Verkuerzung der Elemente bringt sie statt 16 dB, wie angegeben, nur 12 dB Gewinn. Man beachte auch das erstaunliche Vor/Rueck-Verhaeltnis von 13 dB fuer 7 Reflektoren!).
8. Double Quad with reflector plate 0.55 x 0.55 m. (Doppel-Quad nach DJ9HO mit Reflektor-Platte 0,55 x 0,55 m in 0,1 m Abstand).
9. Quagi is 1 dB worse than 6WU-Yagi. Quad-Feeder and Quad-Reflektor should be 7 percent longer, which gives 0.5 dB more gain and better BL.

4. Figure 1: NEC-II Simulation of power gain of 432 MHz Yagi Antennas (Grafik von Tabelle 1)



5. Optimum Stacking Distances for 432 MHz Antennas (Optimale Stockungsabstaende)

E: Optimum stacking distance calculates as:

$$D_{opt} = \frac{\lambda}{2 \cdot \sin(\frac{\phi}{2})}$$

where ϕ equals the 3 dB angle in the stacking plane. Stacking-Gain with this distance is 2.8 - 2.9 dB and a sidelobe-level of -11.5 dB for the stacking lobe is typical.

D: Optimale Stockungsabstaende berechnen sich nach obiger Formel, die von DL6WU schon 1977 angegeben wurde. Diese Formel wurde bestens durch Simulationen bis zu Gruppen von 16 Antennen bestaetigt. Bei 2 richtig konstruierten Antennen wird der Stockungsgewinn zwischen 2.8 und 2.9 dB bei einem Stockungs-Nebenzipfel von ca. - 11,5 dB liegen. Falsch konstruierte Antennen (Gewinn-Maximum nicht in der Nache der Design-Frequenz) koennen durch die gegenseitige Verstimmung auch unnormale Stockungsgewinne erzielen, die sogar ueber 3 dB sein koennen. Der Gesamtgewinn ist selbsterstaendlich immer kleiner als bei richtig konstruierten Antennen gleicher Laenge!).

E: Array temperature calculations indicate that this stacking distance provides optimum G/T-ratio also.

E: But stacking is not that critical. For wider distances the stacking gain approaches the limit value of 2.9 to 3.0 dB, but the stacking sidelobe will increase heavily (-3 dB for 200 percent of D_{opt}). For smaller distances the stacking gain will fall, i.e. to 2.5 dB for 80 percent of D_{opt} with the first sidelobe at roughly -18 dB. A good rule is to stay in the range of 90 - 105 percent of D_{opt} to allow for mechanical constraints.

D: Die Wahl des Stockungsabstandes ist nicht kritisch. Fuer groessere Abstaende als D_{opt} naehert sich der Gewinn asymptotisch der 3 dB Grenze mit einer Vergrößerung des 1. Nebenzipfels auf z.B. -3 dB bei 200 % von D_{opt} . Fuer kleinere Abstaende faellt der Stockungsgewinn bei gleichzeitiger Absenkung des 1. Nebenzipfels - z.B auf 2.5 dB Stockungsgewinn und -18 dB Nebenzipfel bei 80 % von D_{opt} . Gute Praxis ist es, mit dem Abstand in einem Bereich von 90 - 105 % von D_{opt} zu bleiben.

Table 2:

Optimum Stacking Distances for 432 MHz Antennas		
TYPE	STACKING DISTANCE	
	HOR.(E) [m]	VERT.(H) [m]
OZ5HF-13	1.34	1.26
DL7KM-Beam	0.93	1.09
KONNI-20	1.57	1.49
WU-20	1.41	1.32
QUAGI-15	1.60	1.52
KLM-16	1.55	1.47
OZ5HF-19	1.57	1.51
K2RIW-19	1.49	1.42
DL9KR-26	1.58	1.51
K1FO-22	1.62	1.56
TONNA-21	1.67	1.60
FLEXA-723	1.74	1.67
CC 424B	1.97	1.91
DJ9-70-7.71	1.74	1.67
DL6WU-30	1.81	1.75
W1JR-31	1.92	1.89
K1FO-32MK4	2.05	2.00
DJ9-70-111	1.98	1.92
M2-13WL	2.07	2.02
DJ9-70-131	2.14	2.09