

Messungen mit einem DG8SAQ-Analyzer an einer 3el-10m-Quad

Standort: **DJ4PT**
Beratung: **DJ4AX**
Messungen: **DJ9RR**
Abbildungen: **DJ9RR**
Textteile: **DJ9RR**
Simulationen: **DJ9RR**

Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangsbasis	2
2. Die Testantenne.....	2
3. Versuchsaufbau	4
4. Messvorgang	5
5. Auswertung	6
6. Messergebnisse	6
7. Reflektorvariationen.....	7
8. Zwischenversuch.....	7
9. Auswertung	8
10. Vergleich dreier ausgesuchter Messwerte.....	8
11. Simulation Versuchsantenne mit EZNEC.....	9
12. Hinweise zum Messvorgang	10
13. Wichtiger Hinweis	10
14. Zusammenfassung	13
15. Tipps zum Nachbau.....	14
16. Erste Messungen an einer 4el-Quad.....	14
17. Ausblick	14
Abbildung 1: Skizze der Versuchsantenne.....	2
Abbildung 2: Boomrohr und Befestigung Spreizer.....	3
Abbildung 3: Versuchsantenne	3
Abbildung 4: Testaufbau	4
Abbildung 5: Anordnung Analyzer DG8SAQ.....	5
Abbildung 6: SWR- und Vor-/Rückkurve.....	6
Abbildung 7: Impedanzkurven	6
Abbildung 8: Vergleich Messwerte.....	8
Abbildung 9: Simulation mit EZNEC	9
Abbildung 10: Vergleich Pattern.....	10
Abbildung 11: Schleifenverlängerung als Stub.....	11
Abbildung 12: Vergleich V_R_Verhältnis -offen/Stub-	12
Abbildung 13: Korrekte Ausführung Schleifenecke	12

1. Ausgangsbasis

Zunächst wurden die Daten einer von **DJ4PT** entwickelten und mit einfacheren Mitteln vorab gemessenen 3el-Quad (Modell einer vorhandenen 3el-80m-Quad) ermittelt.

2. Die Testantenne

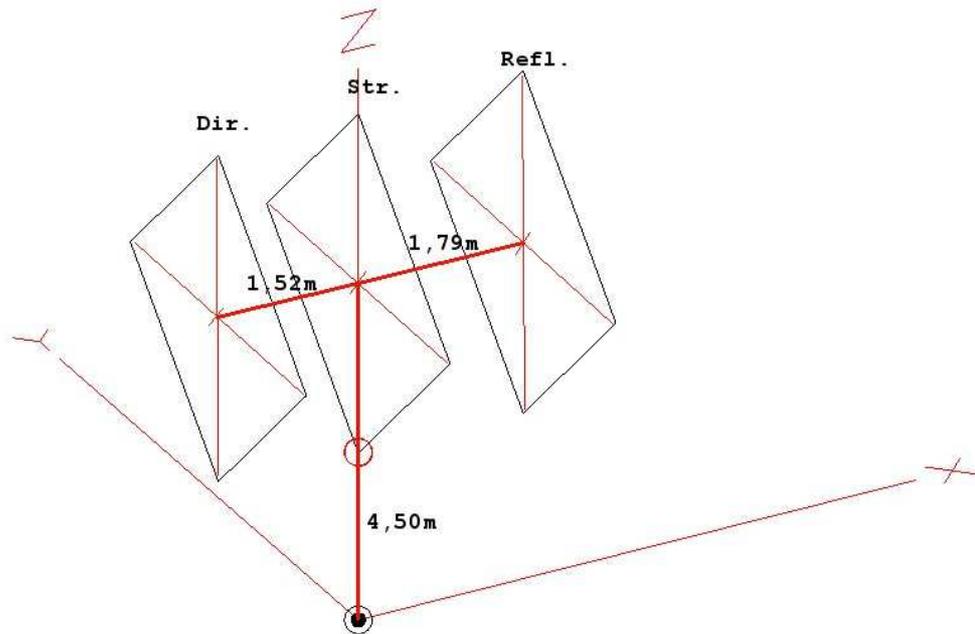


Abbildung 1: Skizze der Versuchsanterie

Dimensionen:

Der Aufbau der Versuchsanterie ist aus obiger Skizze ersichtlich. Die Testantenne ist eine 3el-Quad in der Anordnung auf die Spitze gestellt.

Abstand Strahler-Reflektor: 1,79m (ca. $0,17\lambda$)
Abstand Strahler-Direktor: 1,52m (ca. $0,14\lambda$)

Umfang Strahler: 10,50m
Umfang Reflektor: 10,81m (+3%)
Umfang Direktor: 10,08m (-4%)

Verwendeter Draht: Si-Li 2,5; Fa. Metrofunk Kabel Union
(2,5mm² verzinnete Litze, Silicone Kautschuk Isolierung,
Wandstärke der Isolation: 0,7mm,
gemessener Drahtdurchmesser 2mm)



Abbildung 2: Boomrohr und Befestigung Spreizer

Das Boomrohr ist aus Aluminium $\text{\O}60\text{mm}$ und befindet sich in 4,50m Höhe. Die Spreizer für die Drahtschleifen sind aus Fiberglasrohr (siehe Abbildung 2: Boomrohr und Befestigung Spreizer).

Die Aluminiumkreuzstücke sind selbst gebaut und lassen sich für unterschiedliche Boomdurchmesser relativ leicht herstellen.
Durch die seitliche Anordnung bleibt Platz für eine Boomabspannung.



Abbildung 3: Versuchsantenne

Auf dem Bild ist die Versuchsantenne bereits als 4el-Quad zu sehen (für spätere Messungen).

Das vertikale Drehrohr der Versuchsantenne ist mit zwei Anschlägen versehen, die ein schnelles und reproduzierbares Schwenken um 180° erlauben. Auf diese Art war es möglich, die Messung von Vor- bzw. Rückwärtsdämpfung innerhalb weniger Minuten durchzuführen.

Als Empfangsantenne dient ein Optibeam OB 16-3 in 22,5m Höhe. Die Entfernung zwischen beiden Mastfußpunkten beträgt 47,3m.

Die Aufbauhöhe von 4,50m (ca. $\lambda/2$) lässt einen Elevationswinkel der Vorwärts- und Rückwärtskeule von etwa 30° erwarten.

Aufgrund örtlicher Gegebenheiten beträgt der Winkel zur Referenzantenne nur 21° (Abb. 4), so dass wohl nur der untere Teil der Keule erfasst wird.

3. Versuchsaufbau

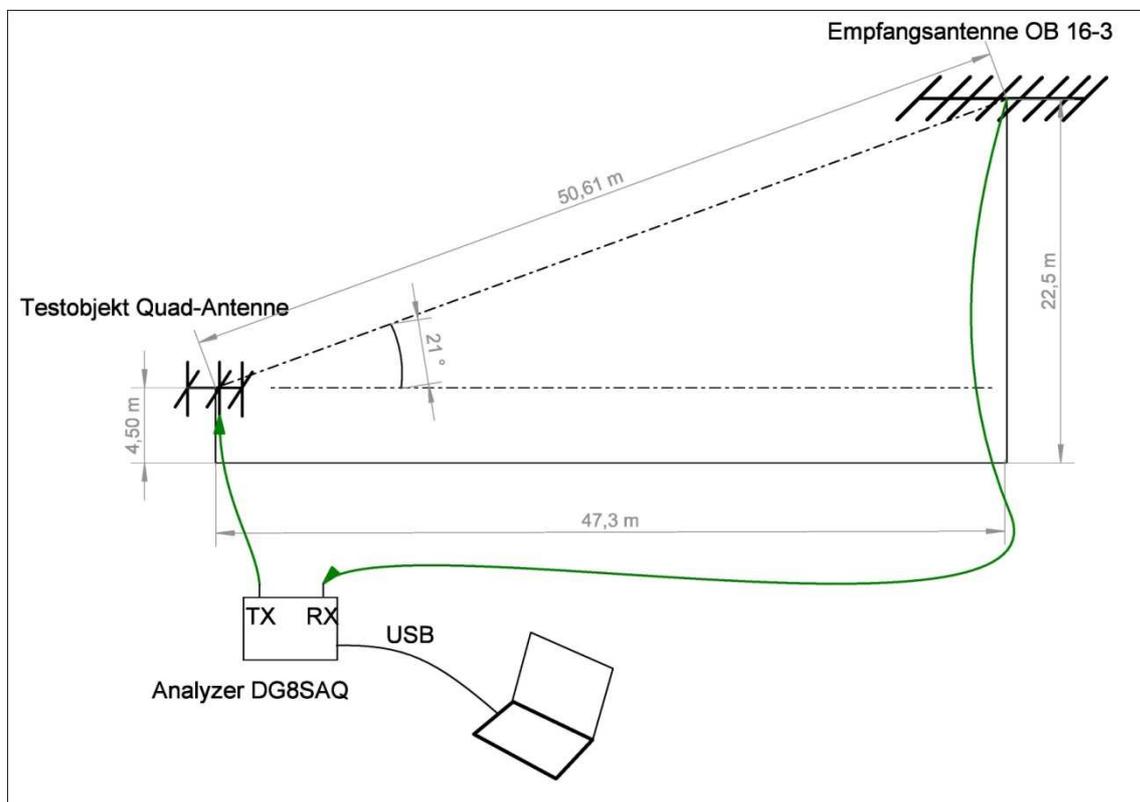


Abbildung 4: Testaufbau

Die Messung des Fußpunktwidestandes und des Dämpfungsverlaufs zwischen beiden Antennen wurde mit einem Analyzer DG8SAQ (Version 2.0) durchgeführt.

Der Analyzer wurde mit einem kurzen Koaxkabel dicht unter dem Einspeisepunkt der Testantenne angeordnet, (siehe Abbildung 5: Anordnung Analyzer DG8SAQ)

Zur Entkopplung wurde das Verbindungskabel zum Speisepunkt des Strahlers 6-fach durch einen Ringkern gewickelt. Damit ergab sich eine Serienimpedanz von ca. 600Ω Blindwiderstand für diese Anordnung bei 28,5MHz.



Abbildung 5: Anordnung Analyzer DG8SAQ

4. Messvorgang

Die Messungen wurden zuerst in Strahlrichtung der Versuchsantenne zur Empfangsantenne aufgezeichnet, danach die Versuchsantenne um 180° gedreht und in einem zweiten Durchlauf in Rückwärtsrichtung aufgezeichnet. Zur Ermittlung des Vor-/Rückwärtsverhältnisses wurden die Dämpfungsverläufe beider Richtungen von einander abgezogen und grafisch dargestellt (siehe Abbildung 6: SWR- und Vor-/Rückkurve).

In den jeweiligen Durchläufen wurde zusätzlich zum Dämpfungsverlauf auch der Verlauf der Eingangsimpedanz der Versuchsantenne aufgezeichnet. Da bei der Vor- und Rückwärtsstrahlung die Werte für die Real- und Imaginärteile der Eingangsimpedanzen geringfügig unterschiedlich waren (kleiner ca. 1Ω), wurde aus beiden Verläufen der Mittelwert gebildet.

5. Auswertung

6. Messergebnisse

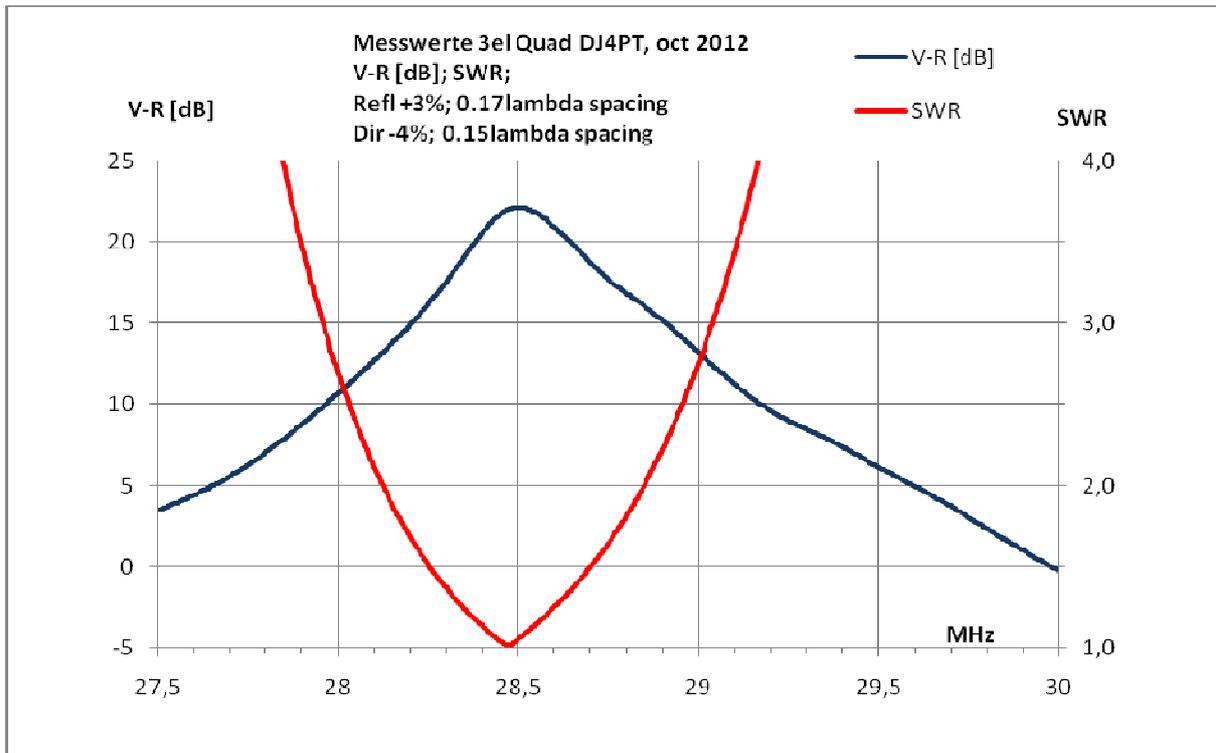


Abbildung 6: SWR- und Vor-/Rückkurve

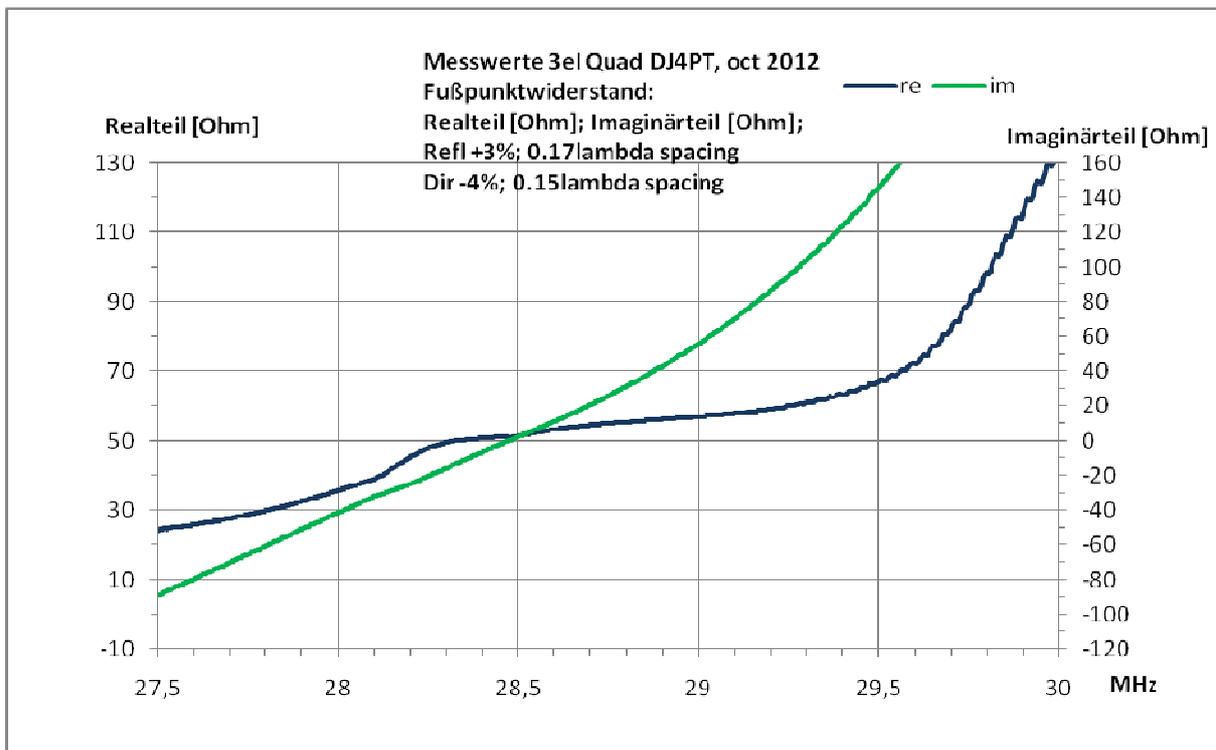


Abbildung 7: Impedanzkurven

Fazit: Bezogen auf ein SWR von 1,5 und einem Vor-/Rückwärtsverhältnis von 15 dB hat die Antenne gut 500 KHz Bandbreite. (bei SWR 2 und V/R 10 dB über 900 KHz)

Ergänzende Untersuchungen:

1. Strahler (R und D offen) F.: 29,588MHz. Impedanz: 108Ω . Als Einelement-Quad müsste der Strahler deutlich länger werden
2. Strahler + Reflektor (D offen) F.: 28,233 MHz; Impedanz: $81,5\Omega$ Als Zweielement-Quad mit Reflektor müssten die Schleifen kürzer werden.
3. Strahler + Direktor (R offen) F.: 28,838MHz; Impedanz: $41,5\Omega$ Als Zweielement-Quad mit Direktor müssten die Schleifen länger werden.

7. Reflektorvariationen

Der Einfluss der Reflektorlänge auf SWR, Vor/Rückwärtsverhältnis und Impedanz

8. Zwischenversuch

- a) Bei einem Direktorabstand von 1,35m (ca. $0,13\lambda$) statt 1,52m stieg die Resonanzfrequenz um gut 30 KHz an. Der Fußpunktwiderstand sank etwas.
- b) War der Direktor 4,5% kürzer, stiegen Frequenz und Rückwärtsunterdrückung geringfügig an. Bei -3,5% sanken beide Werte etwas.

Die nachfolgenden Messungen erfolgten mit dem kürzeren Direktorabstand.

Unter Beibehaltung aller anderen Abmessungen wurden 7 Reflektorlängen untersucht.

Bezogen auf den Strahler war der Reflektor 1,5%, 2%, 2,5%, 3%, 4%, 5% und 6% länger.

9. Auswertung

10. Vergleich dreier ausgesuchter Messwerte

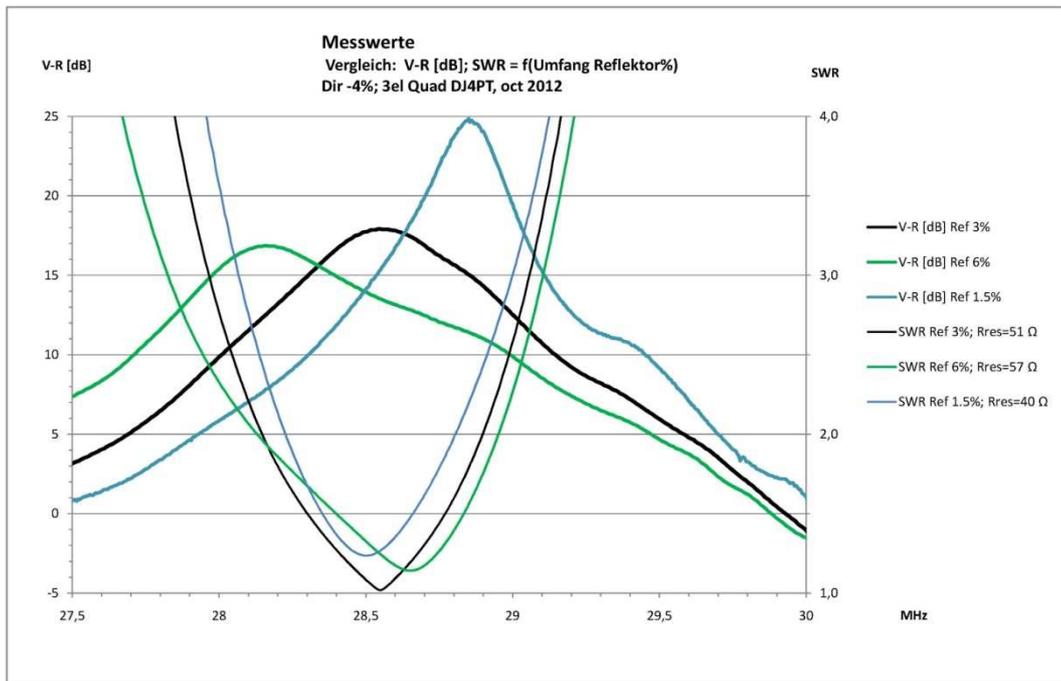


Abbildung 8: Vergleich Messwerte

Es ist zu erkennen, dass mit der Variation des Reflektorumfangs sich die Lage der Resonanzfrequenz (Resonanzfrequenz definiert als die Frequenz, bei der der Imaginärteil gleich null ist) relativ wenig verändert, dass sich aber die Lage des maximalen Vor-/Rückwärtsverhältnisses deutlich verschiebt.

Im Bereich 2,5% - 3% treffen sich niedrigstes SWR und maximale Rückwärtsunterdrückung auf der Resonanzfrequenz.

Bei 6% verschiebt sich das maximale Vor-/Rückverhältnis zu niedrigeren Frequenzen, nimmt etwas ab und entfernt sich deutlich vom SWR-Minimum. (Bei der 6%-Messung wurde ein Stub benutzt. Sie ist deshalb etwas ungenau –siehe Abbildung 11: Schleifenverlängerung als Stub, Abbildung 12: Vergleich V_R_Verhältnis – Vollquadrat/Stub-, Abbildung 13: Korrekte Ausführung Schleifenecke-)

Ist der Reflektor nur noch 1,5 oder 2 % länger, verschiebt sich die maximale Rückwärtsunterdrückung zu höheren Frequenzen und wird deutlich größer. Erwartet worden war eine Reduzierung.

11.Simulation Versuchsantenne mit EZNEC

Ergänzend zu den Messungen wurde eine Simulation der Antenne mit EZNEC (Version 5.0) vorgenommen. Das Ergebnis ist in Abbildung 9: Simulation mit EZNEC dargestellt.

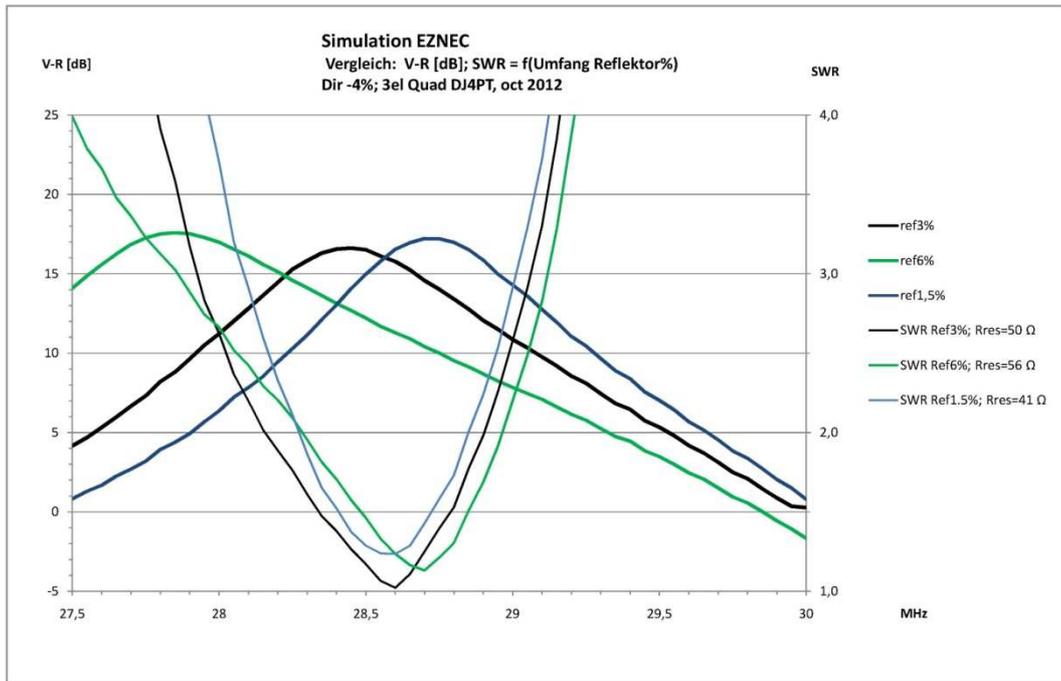


Abbildung 9: Simulation mit EZNEC

Sehr gut zu erkennen ist der im Prinzip ähnliche Verlauf der Vor-/Rückwärtsverhältnisse und die Lage der Resonanzfrequenzen bzw. der Maxima. Erhebliche Unterschiede zeigen sich bei der Höhe des Maximums des V-R-Verhältnisses beim Reflektor umfang +1,5%. Es wurde ein deutlich höherer Wert gemessen als sich in der Simulation zeigt.

Hier könnte als Erklärungsversuch dienen, dass sich in diesem Fall die Elevationskeule verändert hat und damit ein höheres V-R-Verhältnis vorgetäuscht wird. Dazu wurden die jeweiligen Pattern-Verläufe simuliert.

Total Field

EZNEC+

* Primary
pattern_3%

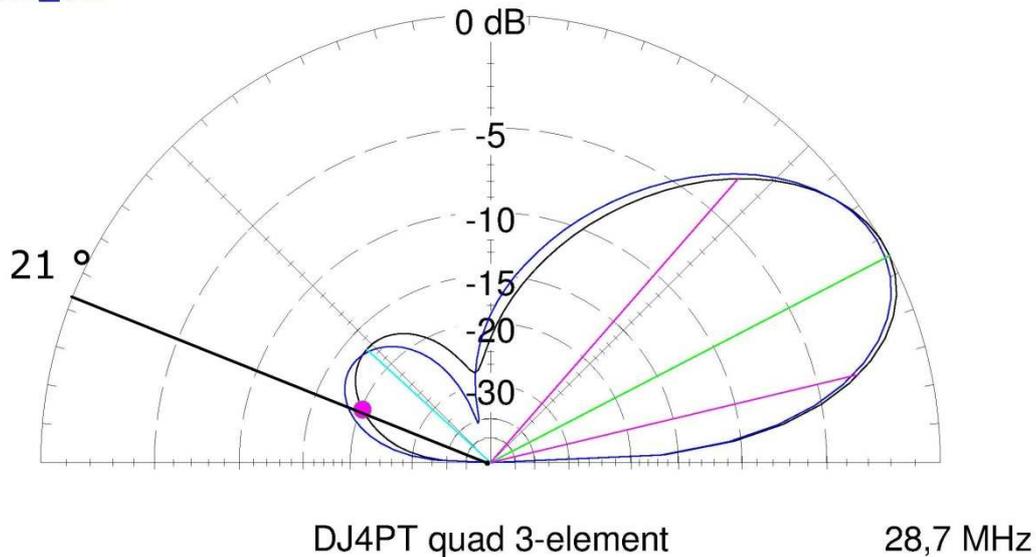


Abbildung 10: Vergleich Pattern

Man erkennt zwar einen Einfluss durch Veränderung des Reflektorumfangs auf die Form der Rückwärtskeule, dieser ist allerdings nicht so stark, dass er den Unterschied zwischen gemessenen und simulierten Werten erklären würde. Aus dem Diagramm Pattern würden sich nur ca. 2 dB Unterschied ergeben und nicht die beobachteten ca. 7 dB.

12. Hinweise zum Messvorgang

Die Messungen wurden an verschiedenen Tagen wiederholt. Die geometrischen Versuchsbedingungen waren jedes Mal die gleichen und der Analyzer wurde regelmäßig vor Beginn jeder Messreihe kalibriert.

Die Schwankungsbreite des absoluten Eingangspegels am RX-Eingang des Analyzers lag um 4dB, was eigentlich nur mit Änderung der Bodenleitfähigkeit und des damit verbundenen Reflexionsanteils in der Streckendämpfung zu erklären wäre.

Die Schwankungsbreite des Vor-/Rückverhältnisses war geringer und lag bei etwa 2 dB.

An den Tagen der Messungen und an den jeweiligen Tagen davor herrschte trockenes Wetter, so dass außer den Feuchtigkeitsschwankungen im Tagesverlauf kein Grund für Änderungen der Bodenleitfähigkeit zu sehen wären.

13. Wichtiger Hinweis

Die Reflektorveränderungen erfolgten teilweise durch Stubs.



Abbildung 11: Schleifenverlängerung als Stub

Als am Ende der Messreihen der Reflektor mit einem 15cm langen Stub von 1.5% wieder auf 3% (Abbildung 11: Schleifenverlängerung als Stub) gebracht werden sollte, war das Rückwärtsmaximum in der Frequenz deutlich nach oben gewandert (Abbildung 12: Vergleich V_R Verhältnis –Vollquadrat/Stub-).

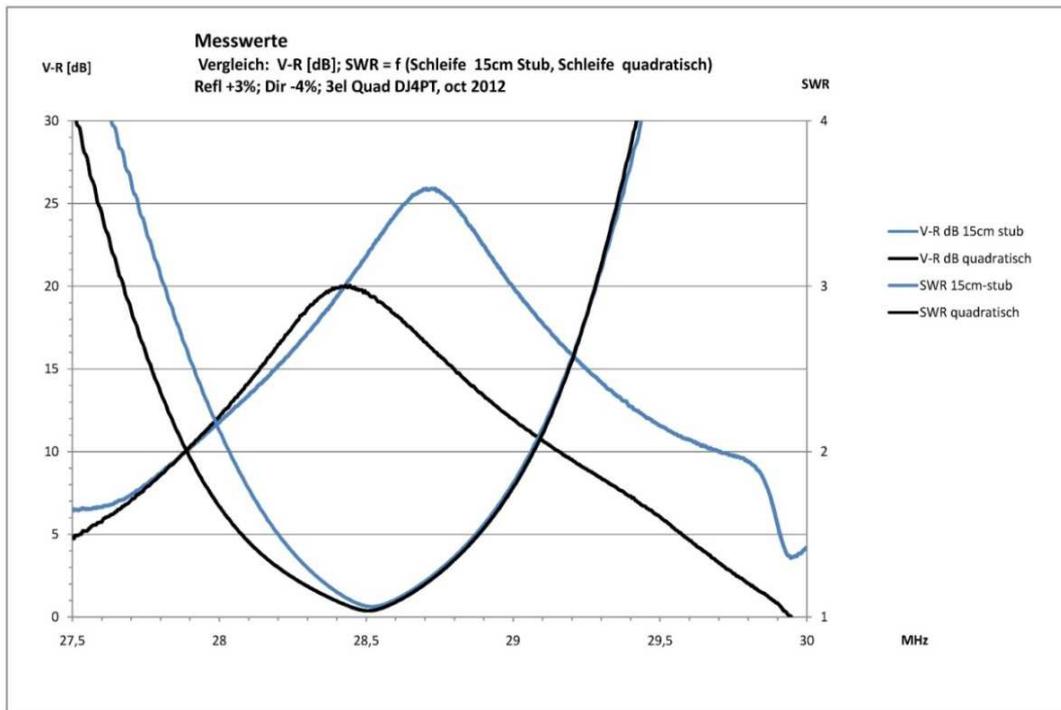


Abbildung 12: Vergleich V_R_Verhältnis –Vollquadrat/Stub-

Erst die Integration des Stubs in das Quadrat (Abbildung 13: Korrekte Ausführung Schleifenecke) führte wieder zu den alten Werten.



Abbildung 13: Korrekte Ausführung Schleifenecke

14.Zusammenfassung

Es konnte gezeigt werden, dass mit der Kombination Reflektorumfang +3% und Direktorumfang -4% das Vor-/Rückverhältnis und das SWR ihren maximalen bzw. minimalen Wert annehmen.

Eine Vergrößerung des Umfangs des Reflektors lässt den Fußpunktwiderstand bei Resonanz steigen, umgekehrt lässt eine Verringerung den Fußpunktwiderstand bei Resonanz kleiner werden.

Von besonderem Interesse dürfte sein, dass der Fußpunktwiderstand bei minimalem SWR fast exakt 50Ω annimmt, und das ohne Anpassungsmaßnahmen wie Omega- oder Gamma-Match-Anpassglieder,

15. Tipps zum Nachbau

Beim Nachbau empfiehlt es sich, die Schleifen 2 – 3cm länger abzuschneiden, die dann zum Löteten abisoliert werden können.

Zur Mantelwellenunterdrückung sollten unmittelbar am Strahler auf eine Länge von 5cm Ringkerne über das Koaxkabel geschoben werden.

Eine 3el-Quad für den CW-Bereich (28,300 MHz) hätte folgende Schleifenumfänge:

R.: 10,90m S.: 10,59m D.: 10,16m

Die Abstände des Reflektors bzw. des Direktors können belassen werden, die Änderungen sind verschwindend gering. Es sei allerdings darauf hingewiesen, dass der Einfluss des verwendeten Drahts von erheblicher Bedeutung ist. Ein anderer Drahtdurchmesser und eine andere Stärke der Isolierung haben neue Schleifenumfänge zur Folge.

16. Erste Messungen an einer 4el-Quad

Die als optimal angesehene 3el-Quad wurde ergänzt durch einen zweiten Direktor, der 4,25% (ca. 10,05m Umfang) kürzer war als der Strahler (siehe Abb. 3).

Überraschenderweise lag die Resonanzfrequenz bei 28,275MHz, also ca. 250 KHz tiefer. Das Rückwärtsmaximum befand sich oberhalb der Resonanzfrequenz.

17. Ausblick

Das Konzept sieht vor, den Direktor der 3el zu variieren, die 4el weiter zu untersuchen und eine 5el/6el - Monobandquad zu messen. Erst danach würden Duobänder in Angriff genommen.

Herzlichen Dank für die Unterstützung (z.B. die umfangreichen Simulationen von DF4RD)!

Klaus Kuhlemeier
DJ4PT