

Seit einigen Jahren hab ich mich mit dieser Form der Antennenspeisung beschäftigt. In diesem Vortrag habe ich meine Erfahrungen zu diesem Thema gesammelt. Es wird nur die Lösung mit 90 Grad Kopplern betrachtet.

Andere Lösungen können unter anderem bei ON4UN nachgelesen werden.

Gliederungspunkte

- **➢ Gedankensammlung von DF6QV**
- > Allgemeines zu Antennen, Arrays und Ausbreitung
- > Verschiedene 90 Grad Koppler, Theorie und Simulation
- **≻** Gesamtkonzeption

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

2

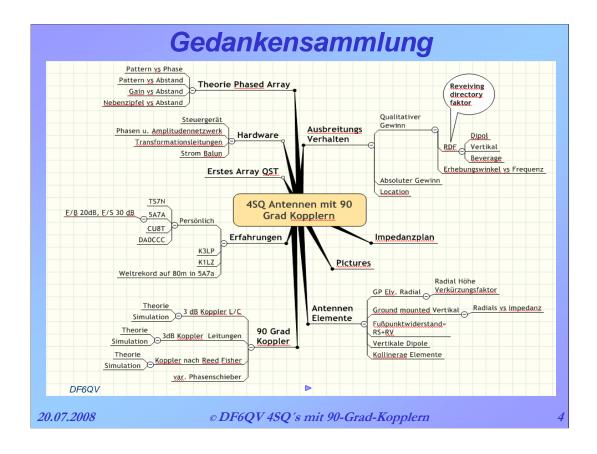
Gliederungspunkte

- > Lowband 4SQ portabel....
- > Realisierte 4SQs, Daten, Bilder, Erfahrungen
- ➤ Wie können die Koppler noch genutzt werden?
- > 4SQs mit optimierten Werten

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

5



Alle in der Gedankensammlung aufgeführten Stichpunkte habe ich bei der Beschäftigung mit den 4SQ's mehr oder weniger intensiv bearbeitet.

Theorie Phased Array, Theorie einiger 90 Grad Koppler, Simulation einiger Koppler,

Hardware: Steuergerät, Phasen und Amplitudennetzwerk, Transformationsleitungen, Strom-Balun;

Antennenelemente, Ausbreitungsverhalten, das erste 80m Antennenarray, Antennenelemente, Impedanzplan, Erfahrungen.

Funktionsweise von Antennen

Antennen sind die Koppelglieder zwischen Senderausgang und Äther. Der Strom, oder besser die Stromelemente in den Antennenelementen erzeugen Felder, aus deren Überlagerung sich das Strahlungsdiagramm der Antenne ergibt.

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

EZNEC und MMANA, zwei Antennensimulationsprogamme funktionieren nach dem Prinzip. Antennen sind heute auf dem Rechner planbar, bevor man mit deren Realisation beginnt.

Funktionsweise von Antennen

Der Gewinn einer Antenne ist ein Maß für die Bündelung der Energie. Als Referenzantennen wird der Kugelstrahler (Isotropenstrahler, der eine theoretische Referenz ist), indiziert mit dBi, und dem Halbwellendipol, indiziert mit dBd, verwendet.

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

6

Funktionsweise von Antennen

Die Gewinnangaben sollten sich auf diese Normantennen beziehen.

Einige Firmen haben unbekannte, eigene Korrekturfaktoren mit eingerechnet, um ihre Antennen besser verkaufen zu können....

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

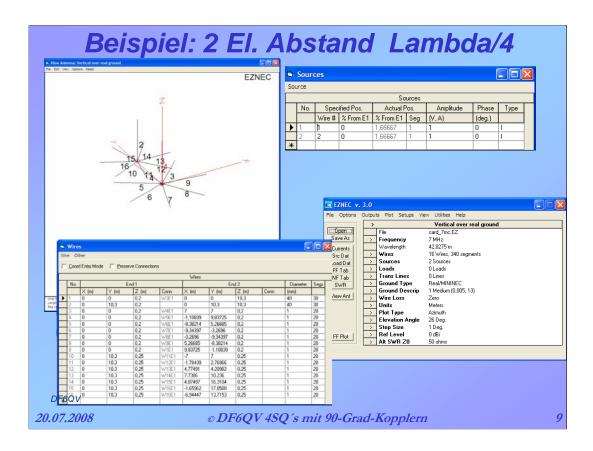
Was ist ein Array?

Ein Array ist ein Antennensystem, bei dem jedes einzelne Arrayelement gespeist wird. Arrayelemente können z.B. Yagis, Dipole etc. sein. Im einfachsten Fall besteht das Arrayelement nur aus einem Strahler. Der Gewinn und die Strahlrichtung wird durch amplitudenund phasenoptimierte Ansteuerung der einzelnen Elemente erreicht.

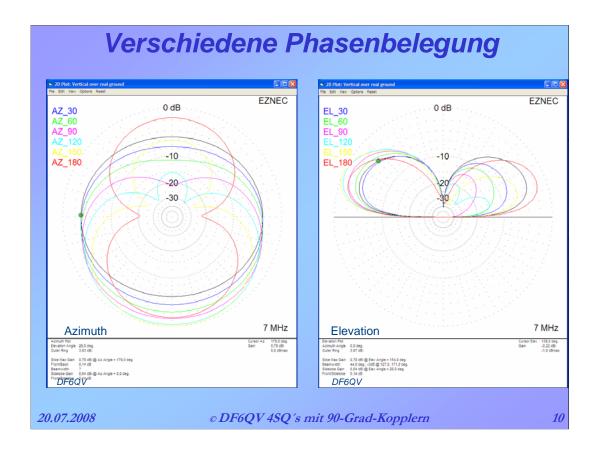
20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

0



Am Beispiel eines 2EL Array's mit einem Elementabstand von Lambda/4 werden hier die Keulen für Elevation und Azimuth als Funktion der Phasenbelegung simuliert.

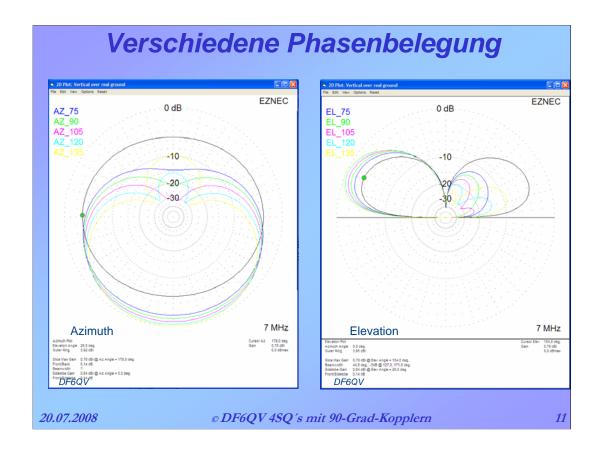


In diesen Screenshots sind die Keulen bei verschiedener Phasenbelegung dargestellt, wobei die schwarzen Kurven die Keulen bei Null Grad Phasendifferenz darstellen.

AZ30 ist gleich 30 Grad Phase

AZ60 ist gleich 60 Grad Phase etc.

Für die Elevationsplots gilt dies analog.



Hier sind die Keulen im Abstand von 15 Grad im interessanten Bereich von 75 -135 Grad dargestellt

Es wird bei einem Elementabstand von Lambda/4 mit einer Phasendifferenz zwischen ca. 90 und 120 Grad ein ansprechendes Vor/Rück- (F/B) Verhältnis erreicht.

Antennensimulation, eine schöne Spielwiese

An dieser Stelle kann man seinem Spieltrieb oder Forscherdrang freien Lauf lassen. Man sollte nur bedenken, die ermittelten Werte auch in der Realität umsetzen zu können. Weiter ist auch zu bedenken, dass unsere Amateurbänder eine gewisse Bandbreite haben!

80m hat eine rel. Bandbreite von ca. 8%!
Wie geht das Phasennetzwerk damit um?
Neben EZNEC ist mir noch das MMANA als freie Version zur Simulation bekannt.

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

12

First Array

In der QST März 1965 ist ein 80m Array erstmalig beschrieben. Hierbei handelt es sich um ein Array mit vier Vertikalstrahlern, die im Abstand von Lambda/4 in einer Linie angeordnet sind. Bei gleichphasiger Erregung der Strahler arbeitet es als Broadsidearray (Strahlrichtung quer zur Anordnung der Strahler), werden die vier Vertikals mit Signalen gleicher Amplitude und den Phasen 0, 90, 180 und 270 Grad belegt, arbeitet das System als Endfirearray (Strahlrichtung in Richtung der Anordnung der Strahler).

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

13

First Array

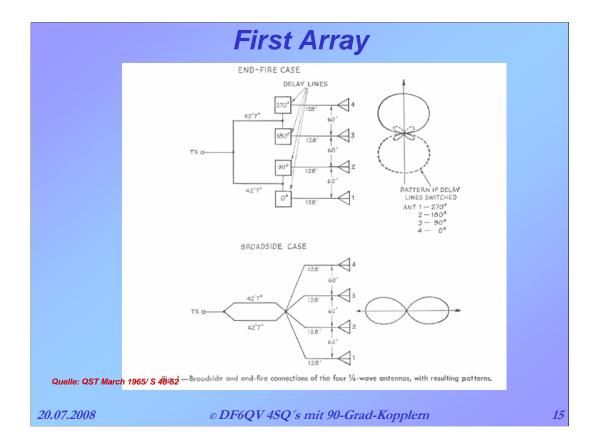
Die Phasenlagen werden durch Koaxialkabel entsprechender Länge erzeugt, die Impedanzanpassung erfolgt durch Lambda/4 Transformatoren. In den nachfolgenden Bildern ist das Prinzip dargestellt. Das Foto auf der übernächsten Seite zeigt den "Kabelbaum" der für die Realisation der Phasen und Impedanztransformationen dieses Arrays benötigt wird.

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

14

W1HKK, A switchable Four-Element 80m Phased Array QST, March 1965

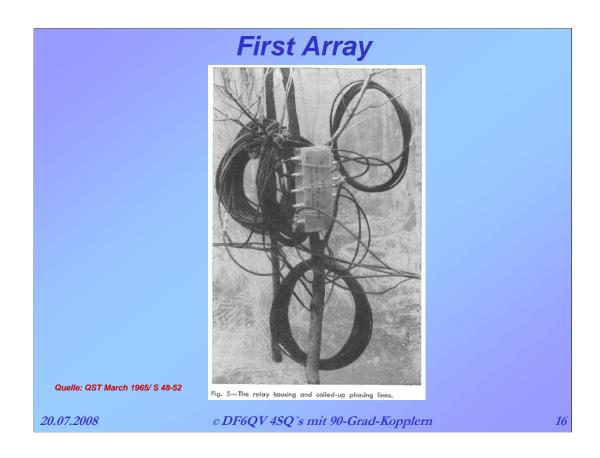


Oben ist die Endfire Konfiguration dargestellt, unten die Broadside Konfiguration.

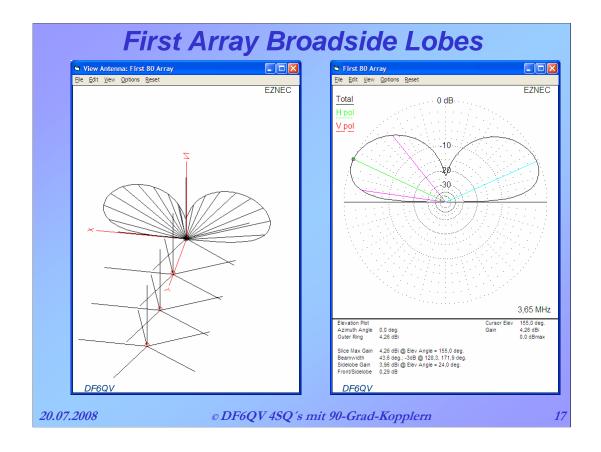
128 Fuß sind etwa 42,6 m das entspricht ¾ Lambda für 80m, wenn man Kabel mit einem VK von 0,66 verwendet.

42,6 Fuß sind etwa 14,2m, das entspricht ¼ Lambda für 80m bei einem VK von 0,66.

1965 stand sicherlich noch kein PC mit der entsprechenden Software zur Simulation zur Verfügung.

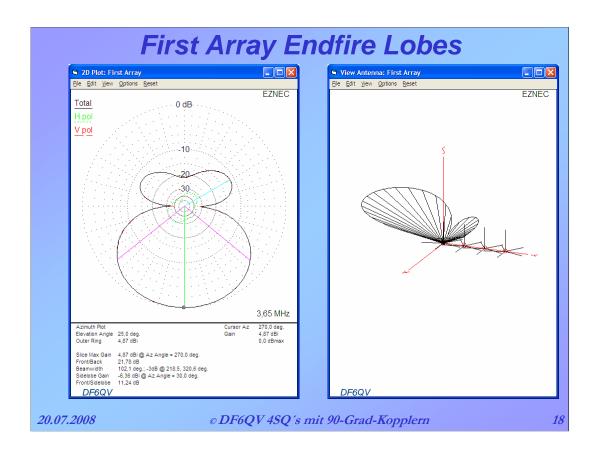


Es ist schon eine Menge Kabel. Es wurde keine Umschaltung der Leitungen für CW nach SSB gemacht. Wenn man die Leitungen für Lambda/4 für Bandmitte ablängt, so hat man an den Bandenden einen Fehler von ca. 4%. Im Smithchart betrachtet, ein für den Amateurfunk durchaus akzeptabler Fehler.

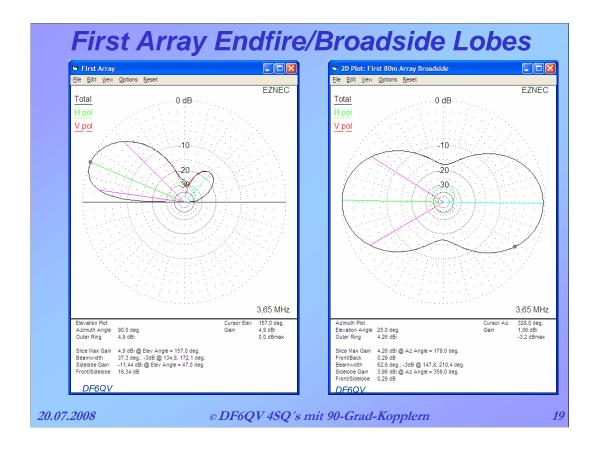


Die Simulation ist mit 5 Radials nahe über Grund durchgeführt worden. Die dB Angaben sind nicht über zu bewerten. Die "dB Werte" hängen von verschiedenen Parametern, Auswahl des Groundtyps, Version der Simulationssoftware etc ab.

Hier die Screenshots der Elevationskeule in Broadsideeregung; 0 Grad Phasenbelegung für alle Elemente.



Hier die Screenshots der Azimuthkeule in Endfireerregung; Phasenbelegung der Elemente: 0, 90, 180, 270 Grad.



Hier die Screenshots der Elevationskeule mit Endfire Phasenbelegung und die Azimuthkeule mit Broadsidephasenbelegung.

Diese Antennenkonstruktion liefert ordentliche Ergebnisse. Die Elevationskeulen heutiger Arrays unterscheiden sich kaum von der Elevationskeule des Arrays in Endfireerregung.

LowBand Ausbreitungsverhalten

Für DX-Verbindungen ist der optimale "TakeOffAngle" eine Funktion der Frequenz

- für 7 MHz sind 10 15 Grad,
- für 3,5 MHz 15 20 Grad und
- für 1,8 MHz 20 40 Grad als optimaler Winkel angegeben.

Quelle: ON4UN "Low-Band Dxing", DJ4AX Vortrag RRDXA 199X

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

20

Zum Ausbreitungsverhalten der Hochfrequenz sind unter den folgenden URLs umfangreiche Informationen zu finden. http://www.astrosurf.com/luxorion/qsl-hf-tutorial-nm7m6.htm http://www.qsl.net/g3yrc/hf%20propagation/hf%20propagation.htm

LowBand Ausbreitungsverhalten

Vertikalstrahler haben nach oben ein Strahlungsminimum und sind für den Lokalverkehr wenig geeignet. Für den DX-Verkehr ist ihre flachere Abstrahlung gut geeignet. Vertikalantennen haben, auf Grund der Radials auch einen erheblichen Platzbedarf.

ON4UN hat in seinem Buch "Low-Band-Dxing" eine Vielzahl von Vertikal Low-Band-Antennen beschrieben.

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

21

Was wird für 4SQ Arrays benötigt?

- Aufteilung der Eingangsleistung in gleiche Teile (mit 90 Grad Kopplern)
- Erzeugung einer Phase zwischen den Leistungsteilen (in dieser Betrachtung 90 Grad)

3dB-Hybridkoppler erfüllen diese Forderung nahezu perfekt.

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

22

Wie im Titel angeführt, will ich mich in dieser Präsentation nur mit Arrays beschäftigen, bei denen eine gleiche Aufteilung der Leistung erfolgt und die Leistungsanteile in 90 oder 180 Grad Phasen zueinander stehen.

Theoretische Betrachtung

Im Folgenden habe ich zwei Koppler bezüglich ihrer Eigenschaften betrachtet:

- 1. den 3dB-Hybrid Koppler (auch Branchline-Koppler)
 - a) in der Realisierung mit Leitungen
 - b) Leitungen ersetzt durch L/C-Kombinationen
- 2. den Koppler nach Reed Fischer.

Die Simulationen wurden mit SwitcherCad von Linear Technologies bei einer Frequenz von 3,65 MHz durchgeführt.

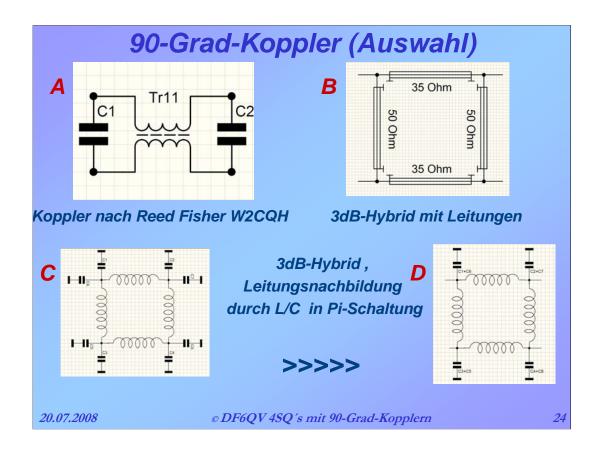
20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

23

Switchercad ist eine freie Simulationssoftware von Lineartechnologies

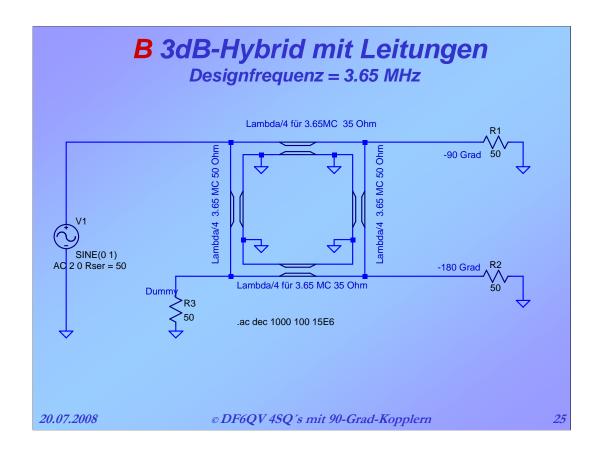
http://www.linear.com/designtools/software/



Im Hybrid B kann man die Leitungen durch PI Schaltungen aus L und C ersetzen und in die Schaltung C überführen. Werden die C´s auf den Ecken zusammengefaßt erhält man Schaltung D. Wird "Lumped Element 3 dB Hybrid Coupler" in eine Suchmaschine des Internets eingegeben, werden viele andere Lösungen gefunden.

Der Koppler A nach Reed wird auch von der Firma Comtek verwendet.

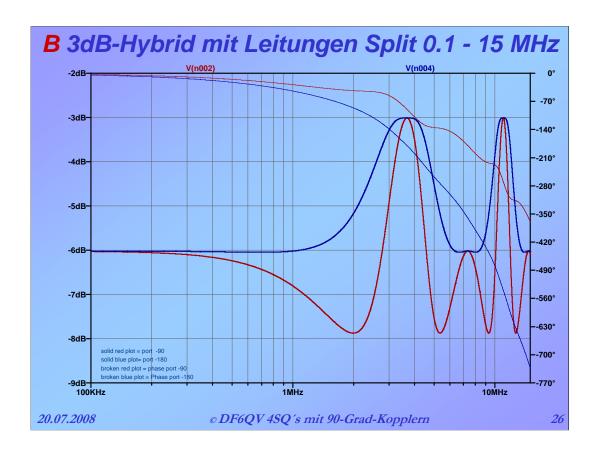
Er ist auch als Collins Methode in der Literatur zu finden.



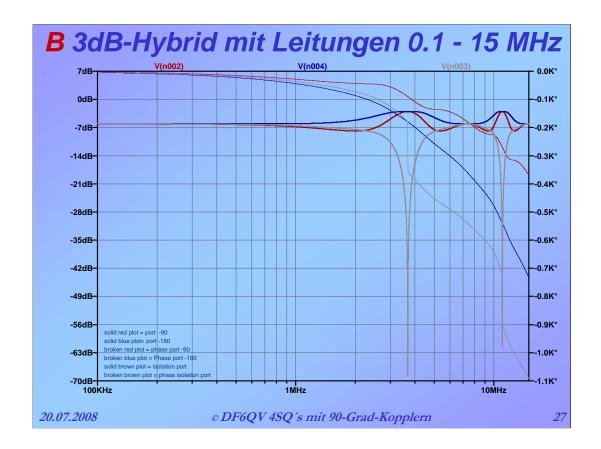
Ohne die beiden Leitungen (linke senkrechte und untere waagerecht Leitung) zum Dummy, hat man eine einfache Konfiguration: eine 50 Ohm Antenne wird mit einer 2. über einen Lambda/4 Leitung (rechte senkrechte Leitung) parallel geschaltet. In diesem Punkt ist die Impedanz 25 Ohm. Über einen Viertelwellentransformator (obere Leitung) mit der Impedanz 35 Ohm ist die Impedanz am Eingang wieder 50 Ohm. Nachteil dieser Anordnung ist, dass die beiden Antennen nicht entkoppelt sind, d. h. Reflexionen der einen Antenne fließen in die andere und umgekehrt. Das beeinflusst sicherlich das Strahlungsdiagramm. Werden die beiden anderen Leitungen ergänzt, verändert sich das Verhalten und die beiden Antennen sind nahezu entkoppelt. Mutal coupling, die Kopplung der Strahler untereinander, und die damit verbundene Beeinflußung der Strahlerimpedanzen, ist aber weiterhin vorhanden!

Dieser Kopplertyp ist in der Zeitschrift "Hamradio" sehr gut beschrieben:

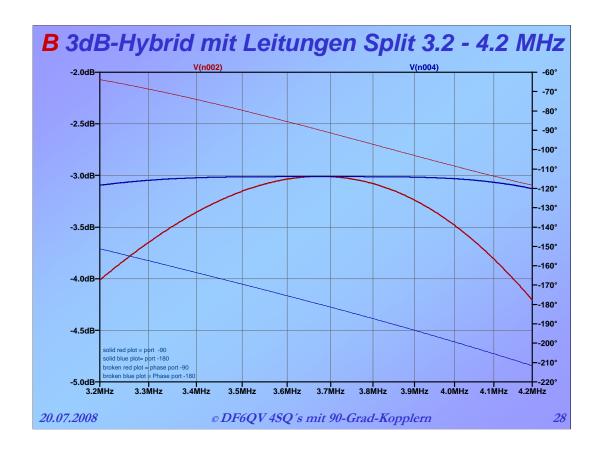
The branchline Hybrid: Part 1/2, Hamradio, April/May1984



Branchline Koppler für 3,65 MHz Simulation im Frequenzbereich 0,1 – 15 MHz. Bei der dreifachen Designfrequenz ergibt sich nochmals eine gleiche Leistungsaufteilung an den Ausgangsports. Die Phasendifferenz ist dann bedingt durch die Leitungsstruktur dann 270 Grad.



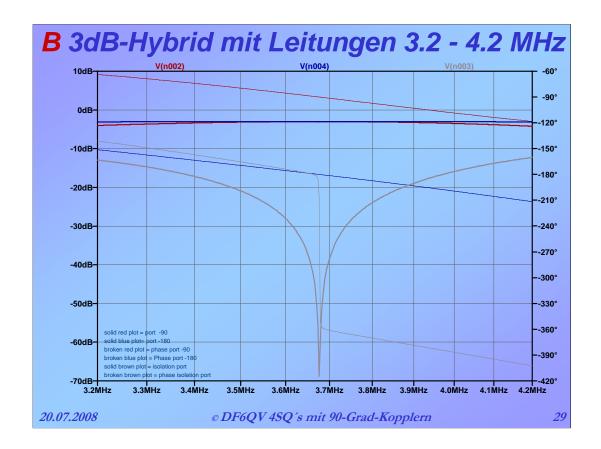
Simulation eines 3 dB Hybrids realisiert mit Lambda/4 Leitungen entsprechender Impedanz über einen Frequenzbereich 0,1 bis 15 MHz. Eine Isolation größer 50 dB wird bei der Designfrequenz und dem dreifachen dieser Frequenz erreicht. Auf diesen beiden Frequenzen ist der Koppler sinnvoll nutzbar.



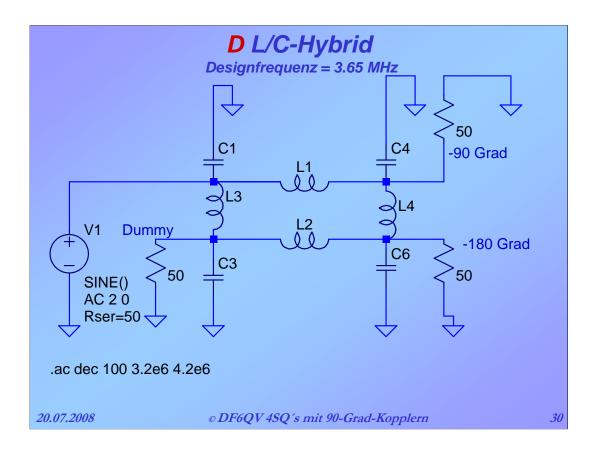
Leistungsteilung und Phasenverlauf im Bereich von 3,2 – 4,2 MHz.

Der 3 dB Hybrid mit Leitungen entsprechender Impedanzen realisiert, eignet sich für hohe Frequenzen. 2m, 70 cm und höher sind als Einsatzgebiet zu wählen.

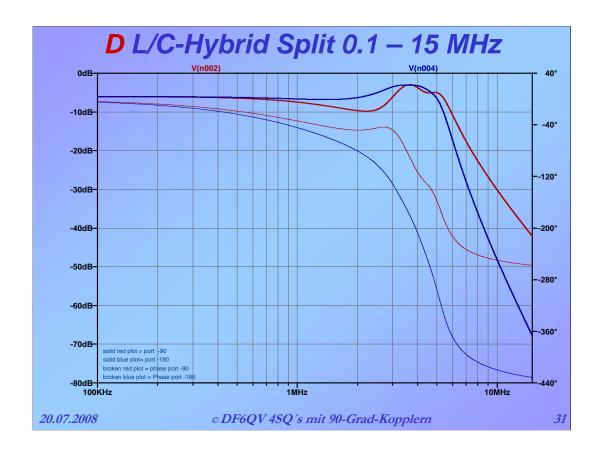
Im Kurzwellenbereich speziell für 160, 80,40 und 30m ergeben sich recht große Kabelwickel.



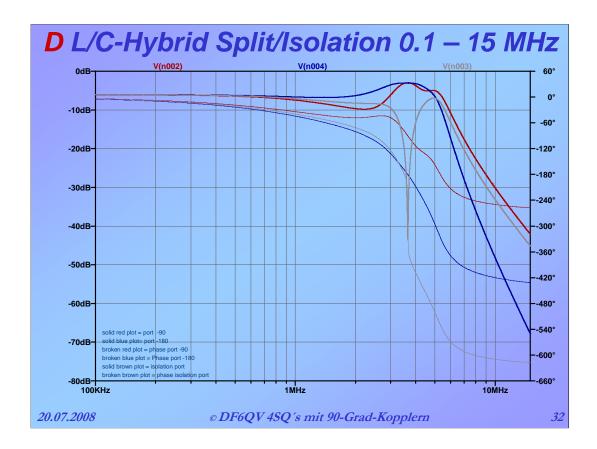
Die braune Kurve spiegelt die Isolation zum Dummy Port wider. Im Bereich von 3,5 -3,8 MHz sind ca. 20 dB erreichbar.



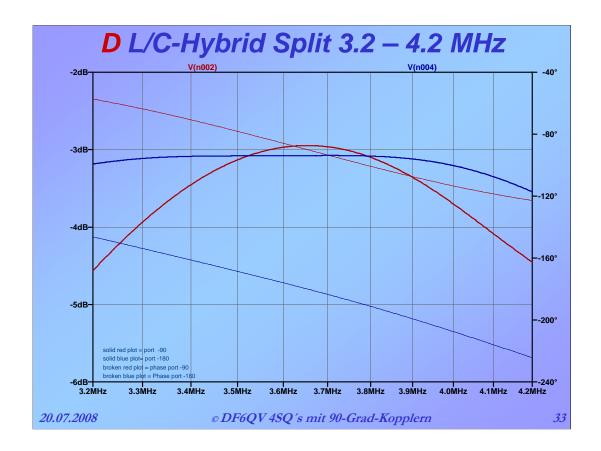
Hier der Hybrid realisiert durch Leitungsnachbildungen in PI Schaltung.



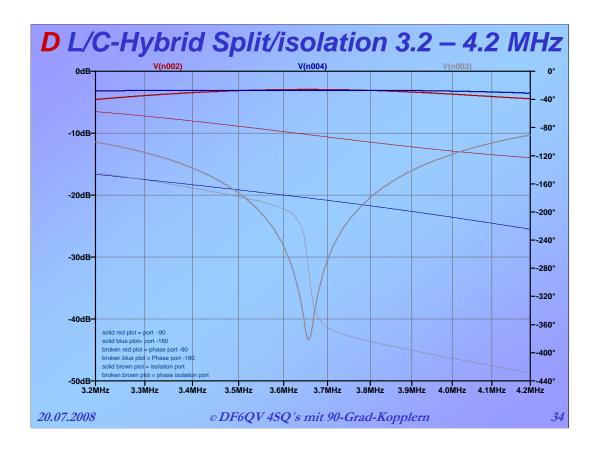
Mit diesem Hybrid lassen sich Koppler für Frequenzen im HF, VHF und UHF Bereich bauen.



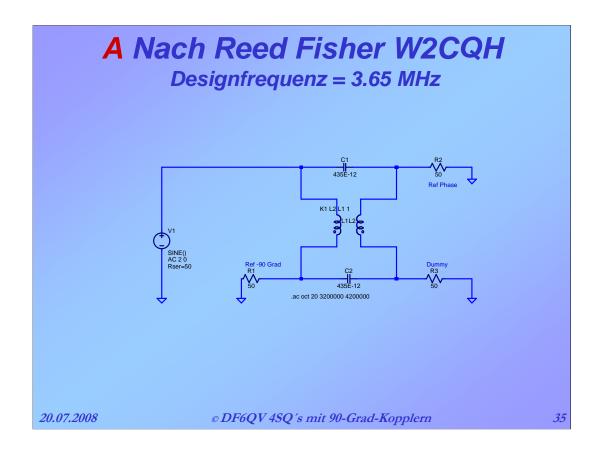
Im Gegensatz zum Branchline Koppler ist diese Anordnung nur für die Designfrequenz sinnvoll nutzbar.



Im eingeengten Frequenzbereich ist ein kleiner Fehler bei der Leistungsaufteilung erkennbar. Das kann daran liegen, dass Kapazitäts und Induktivitätswerte für die PI Ersatzschaltung nicht mit ausreichender Nachkommastellenzahl in die Simulation übertragen wurden.



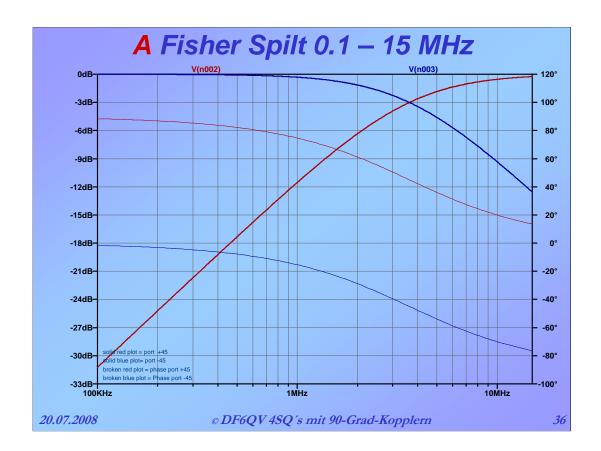
Die braune Kurve spiegelt die Isolation zum Dummy Port wieder. Im Bereich von 3,5 -3,8 MHz sind ca. 20 dB erreichbar.



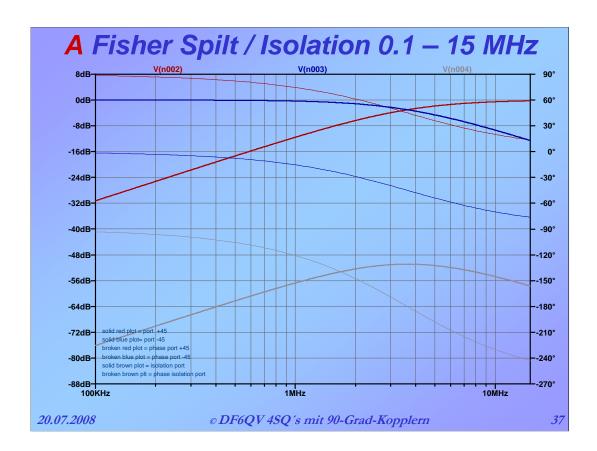
Diese Variante ist vom Aufbau und von der Funktion nicht mit dem Branchline Koppler vergleichbar. Bei der Schaltung ist der Auskoppelgrad frequenzabhängig. Sie erfüllt aber für die Designfrequenz und nur für diese Frequenz wie der Branchline Koppler die für eine 4SQ nötigen Bedingungen der Leistungsteilung und Phasenbeziehung:

Gleiche Leistung an den beiden Auskoppelports mit einer Phasendifferenz von 90 Grad bei gleichzeitiger Entkopplung des Isolationsports!

Sie wird von W2CQH unter "Twisted wire Quadrature Hybrid Directional Couplers", in der QST January 1978 beschrieben.



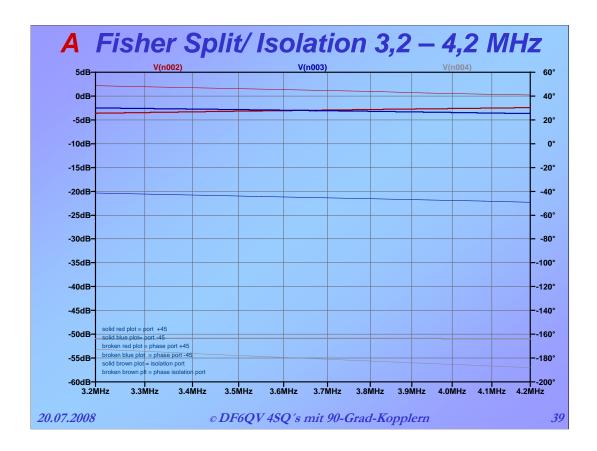
Der Koppler nach Reed Fischer über eine großen Frequenzbereich betrachtet. Es sind verschiedene Leistungsteilungen realisierbar. Die Phase ist über den ganzen Bereich 90 Grad.



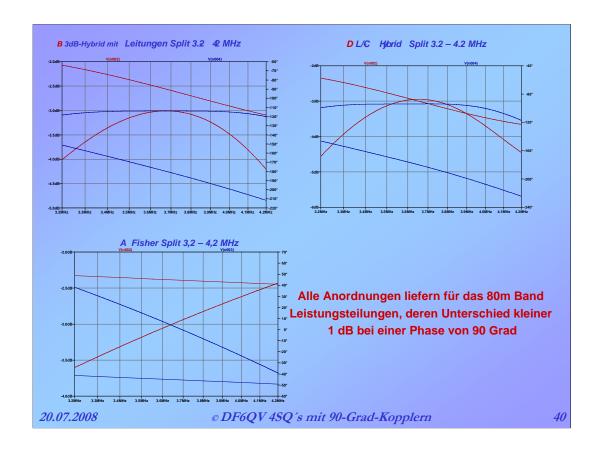
Die Isolation zum Dummy ist über den gesamten Bereich sehr hoch. Das bedeutet, dieser Koppler ist auch auf anderen Frequenzen nutzbar, um z.B. andere Leistungsteilungen zu realisieren.



Exakte Leistungsteilung für 3.65 MHz Leistungsdifferenz an den Amateurfunkbandenden ca. 0,3 dB, Diese Werte sind auch in der Praxis realisierbar.



Über den gesamten Bereich ist die Isolation ca. 50 dB. Die Phase ist im Gegensatz zum Branchline Koppler über den gesamten betrachteten Bereich konstant 90 Grad.



Alle Anordnungen liefern für das 80m Band Leistungsteilungen, deren Unterschied kleiner 1 dB ist. Zwischen den Ausgangsports wird eine Phasedifferenz von etwa 90 Grad erreicht. Es wird bei den Kopplern für die Designfrequenz keine Leistung in den Eingang reflektiert.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Von allen untersuchten Varianten werden die Anforderungen nur für die Design-Frequenz erfüllt.

Die Eingangsleistung wird zu gleichen Teilen auf zwei Ausgangsports aufgeteilt, bei einer Phasendifferenz von 90 Grad.

Die Bandbreiten der Koppler sind unterschiedlich, wie auch immer die Bandbreiten definiert sein mögen.

Der Phasenwinkel Eingang- zu Ausgangsports ist nicht relevant.

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

41

Der Koppler nach Fisher W2CQH

Dieser Koppler zeichnet sich dadurch aus, dass die Kopplung Eingang zum Dummy (Isolation) über einen sehr großen Frequenzbereich unabhängig von der Frequenz recht hoch ist. (gerechnet ca. 50 dB, gemessen ca. 30 dB). Es lassen sich damit unterschiedliche Leistungsteilungen realisieren. Die Phasendifferenz zwischen den Auskoppelports beträgt 90 Grad und ist nahezu unabhängig von der Frequenz.

Es ist nicht zu glauben, so viele positive Eigenschaften in einer Schaltung vorzufinden.

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

42

Dimensionierung

Beim Hybrid nach Reed Fisher, W2CQH beschrieben in der QST, January 1978, handelt es sich um einen Koppler, dessen Kopplungsgrad frequenzabhängig ist.

Eine gleiche Leistungsaufteilung wird erreicht, wenn

- Zo=sqrt (L/C),
- Zo=2*PI*fo*L,
- Zo=1/(2*PI*fo*C).

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

*+*3

Dimensionierung

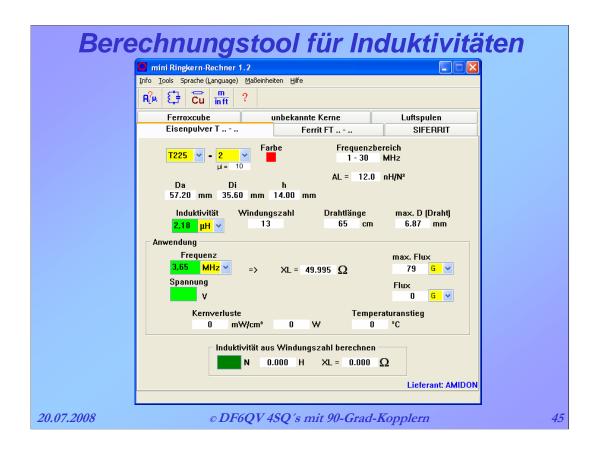
Daraus folgt für die Bedingung Zo = 50 Ohm:

- Cg = 1/(50*2*PI*fo) für beide
 Kondensatoren inklusive der
 Wicklungskapazitäten der Induktivität
- C = (Cg Streukapazitäten) /2
- -L = 50/(2*PI*fo)

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

44



http://www.dl5swb.de/html/mini_ringkern-rechner.htm

Die Software ist Freeware

Zusammenfassung Fisher Hybrid

Wenn die beiden Ausgangsports mit gleichen Lasten abgeschlossen sind und die Berechnungsformeln eingehalten werden, wird keine Leistung auf den Eingang reflektiert! SWR = 1!

Dies ist auch der Fall, wenn die Lasten an den Ports gleich sind, aber ungleich 50 Ohm! Das SWR ist keine Qualitätsaussage für die nach geschaltete Antenne.

Wichtig ist auch, dass beliebige Kopplungsverhältnisse erzielt werden können. Also nur Mut, es lassen sich Arrays mit unterschiedlichen Amplituden realisieren ... und auch mit verschiedensten Phasen.

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

46

Noch ein wenig Simulation

Strahlungsdiagramm vs Elementspacing am Beispiel einer 4SQ mit einem elevated Radial (DF6QV, 80m 4SQ, TS7N)

Wide-Spaced-Arrays?

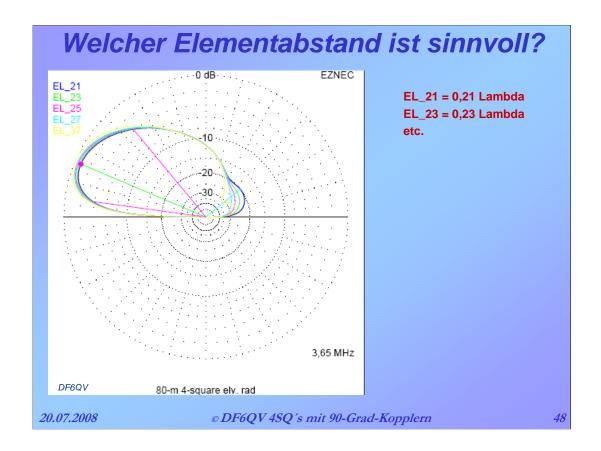
Macht es Sinn?

20.07.2008

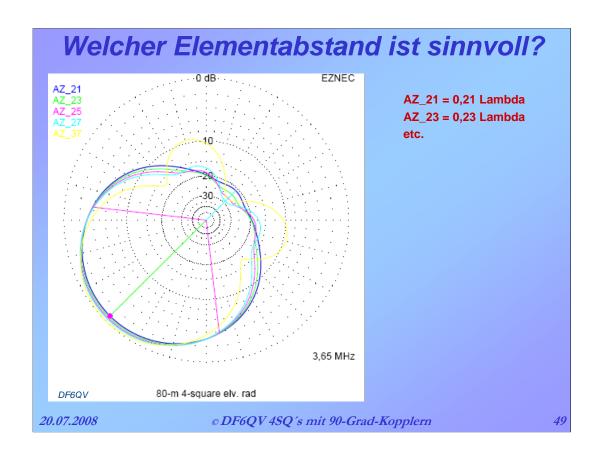
© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

47

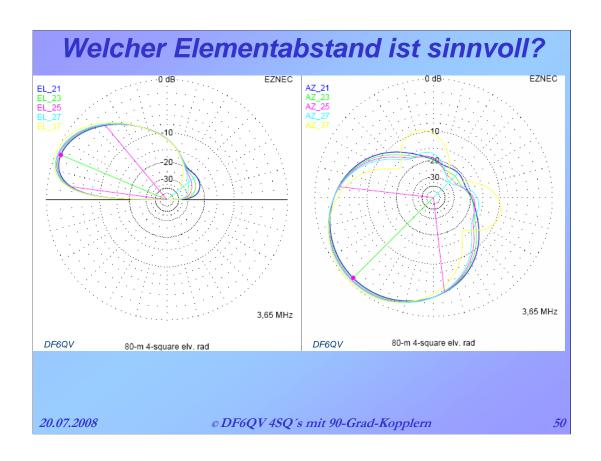
Ich hab für die 80m 4SQ von TS7N (jeder Strahler hatte ein elevated Radial) mit EZNEC die Strahlungsdiagramme für verschiedene Spacings berechnet und Elevation und Azimuth Strahlungsdiagramme in den folgenden Folien dargestellt.



Elevationplot eines Arrays bei verschiedenen Elementabständen



Azimuthplot eines Arrays bei verschiedenen Elementabständen



Ergebnis

Wide-Spacing ergibt eine geringe Gewinnerhöhung, aber auch eine Erhöhung der Nebenzipfel.

Die 3dB-Öffnungswinkel der Keule wird geringer.

Für mich ist ein optimales Spacing zwischen 0,21 und 0,23 Wellenlängen.

Lambda/4 ist kein Gesetz!

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

51

Bei geringeren Abständen reichen dann Transformationsleitungen mit einem VK von 0,66. Meine Leitungen haben alle ein VK von 0,66, also nicht schaumisoliert. Ein Grund waren die Kosten, 75 Ohm Kabel war vorhanden.

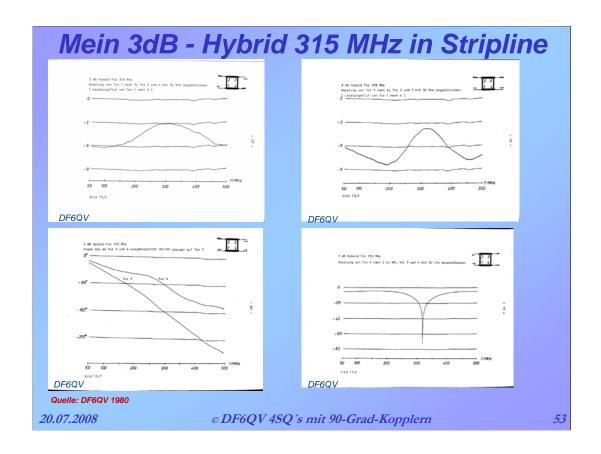
Von der grauen Theorie

in die reale Welt

20.07.2008

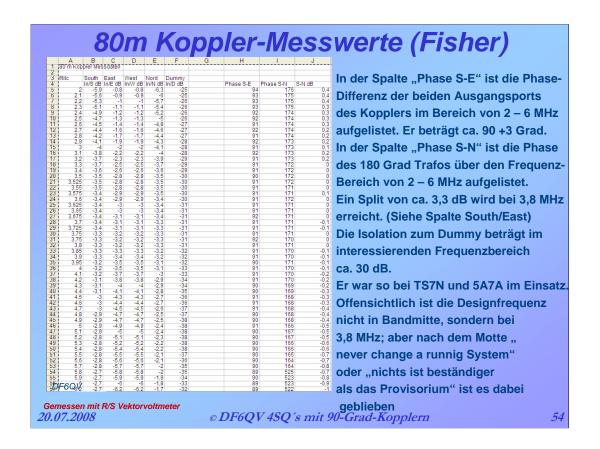
© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

52



Koppler mit Leitungen setzt man für höhere Frequenzen ein. Denkbar wäre eine 4SQ für 2m oder 70 cm mit kolineraen Elementen. Hier eine Messung an einem 3dB Hybrid für 315 MHz

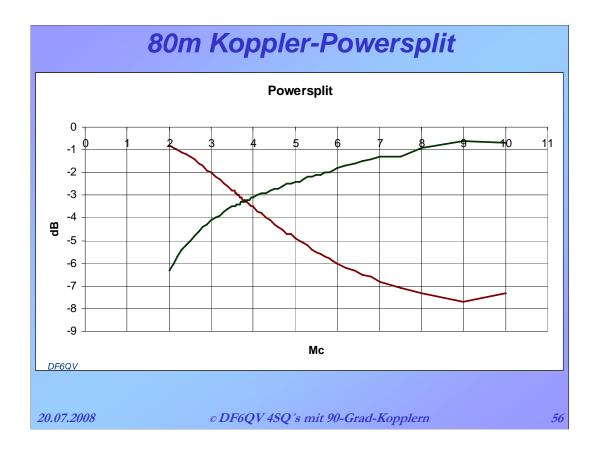
Man beachte, die Phase ist nur für die Designfrequenz 90 Grad, mit wachsender Frequenz wird sie größer.



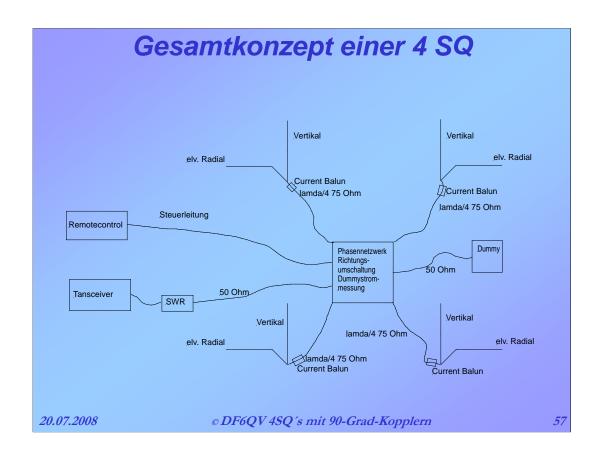
In der Tabelle sind die Messwerte meines 80m Koppler aufgelistet. Er war so bei TS7N und 5A7A im Einsatz. Offensichtlich ist die Designfrequenz nicht in Bandmitte, sondern bei 3,8 MHz; aber nach dem Motte "never change a runnig System" oder "nichts ist beständiger als das Provisorium" ist es dabei geblieben.

80	т кор	pier mes	sdaten						
f/Me	С	South In/S dB	East In/E dB	West In/W dB	Nord In/N dB	Dummy In/D dB	Phase S-E	Phase S-N	S-N dB
Ĉ.	_						_		
<u>اتت</u>		-4	-2	-2	-4,1	-28	91		
	3,1	-3,8	-2,2	-2,2	-4	-28	92		
	3,2	-3,7	-2,3	-2,3	-3,9	-29	91		
	3,3	-3,7	-2,5	-2,5	-3,7	-29 -29	91		
	3,4 3,5	-3,6 -3,5	-2,6 -2,8	-2,6 -2,8	-3,6 -3,5	-29	91		
	3,525	-3,5	-2,0	-2,0	-3,5	-30	91		
	3,55	-3,5	-2,8 -2,8 -2,9 -2,9	-2,8 -2,8 -2,9 -2,9 -2,9	-3,5	-30	91		
	3,575	-3,4	-2,0	-2,0	-3,5	-30	91		
	3,6	-3,4	-2.9	-2.9	-3,5 -3,4	-30	91		
	3,625	-3,4	-3	-3	-3,4	-31	91		
	3,65	-3,4	-3	-3	-3,4	-31	91		
	3,675	-3.4	-3.1	-3.1	-3.4	-31	92		
	3.7	-3.4	-3.1	-3.1	-3.3	-31	91	171	-
	3,725	-3,4	-3,1	-3.1	-3,3	-31	91		-
	3,75	-3,3 -3,3 -3,3	-3.2	-3,2 -3,2 -3,2	-3.3	-31	91		
	3,75	-3,3	-3.2	-3,2	-3.3	-31	92		
	3,8	-3,3	-3,2	-3,2	-3,3	-31	91		
	3,85	-3,3	-3,3	-3,3	-3,2	-32	91		
	3,9	-3,3	-3,4	-3,4	-3,2	-32	91		-
	3,95	-3,2	-3,5	-3,5	-3,1	-32	90		-
	4	-3,2	-3,5	-3,5	-3,1	-33	91		-
	4,1 4,2	-3,2 -3,1	-3,7 -3,8	-3,7 -3.8	-3	-33 -34	91 91		-
6Q1		-3,1	-3,8	-3,8	-2,9 -2,9	-34	91		-

Man beachte, bei 3.8 MHz ist der Unterschied der beiden Ausgangsports 0 dB, am unteren Bandende 0,7 dB Die Entkopplung zum Dummy (Isolation) beträgt etwa 30dB. Die Phase ist 91 +- 1 Grad. Der 180 Grad Trafo (compressed Delay line) in der Anordnung macht 170 Grad.



Wie die Grafik aus der Exceltabelle zeigt, handelt es sich um einen Koppler, dessen Kopplungsgrad stark von der Frequenz abhängt. Er ist aber durchaus für das ganze 80m Band brauchbar. Legt man sich aber auf eine Sendeart fest, so läßt sich der Koppler auch exakt für die geforderte Frequenz bauen.

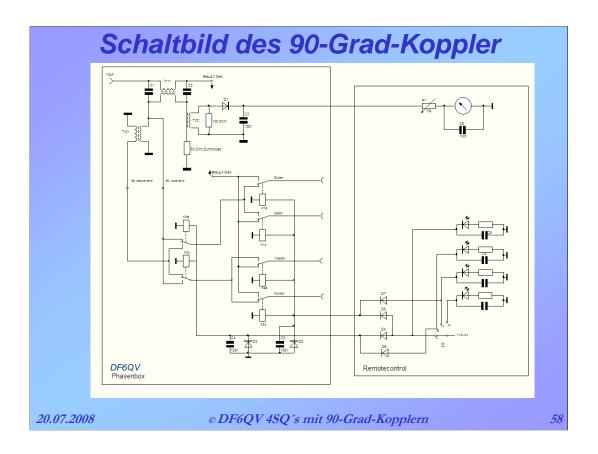


Gesamtkonzept einer 4 SQ

Die Strahlerimpedanz sollte möglichst Nahe bei 50 Ohm gewählt. Durch die Lambda/4 Transformatoren (75 Ohm Leitungen) wird diese Impedanz auf 100 Ohm (genau gerechnet auf 116 Ohm) transformiert. Im Phasennetzwerk werden je zwei Strahler parallel geschaltet, ein Paar direkt, die die gleiche 0 Gard Phase haben und die beiden anderen getrennt durch den 180 Grad Trafo, was sich impedanzmäßig gleich auswirkt. Der Hybridkoppler ist für eine Impedanz von 50 Ohm ausgelegt.

Denkbar ist auch ein Koppler der für die Impedanz von 25 Ohm ausgelegt ist. Dann entfallen die Lambda/4 Transformatoren zwischen Hybrid und Strahlern und können durch 50 Ohm Leitungen ersetzt werden. Es ist dann der Senderausgang (50 Ohm) über einen Lambda/4 Transformator an den Hybrid anzupassen.

Wählt man als Strahler Groundplanes mit einer Impedanz von 36 Ohm (mehr als 50 Radials) kann man mit 60 Ohm Lambda/4 Transformatoren exakt auf 100 Ohm transformieren.



Hier ist das Schaltbild der Phasen- und Amplitudenbox. Die Leistungsmessung für die Leistung in die Dummy erfolgt über einen 30:1 Stromwandler. Oben Links ist der Hybrid nach Reed Fisher, links der 180 Trafo.

Die mögliche Leistung in dem Abschlußwiderstand des Hybrids sollte 10 % der Eingangsleistung nicht überschreiten. Dies bedeutet schon einen Verlust von ca. 1 dB. Für den Abgleich des Strommessers entfernt man alle vier Antennen. Dann herrscht an den vier Antennenbuchsen ein Reflexionsfaktor von 1 (SWR gegen unendlich) und die gesamte Leistung wird in den Abschlußwiderstand reflektiert. Nun wird mit ca. 100 Watt das Instrument auf eine Marke justiert. Das Eingangs SWR bleibt klein. Es sollte den gleichen Wert haben, wie mit abgeschlossenen Antennenausgängen!

Strahlerelemente für 4 SQ's

- Groundplane mit elevated Radials
- Groundplane mit nichtresonanten Radials am oder im Boden
- Vertikale Dipole
- Kollineare Elemente usw.

Die Eingangsimpedanz einer Antenne ist

Ze = Zs + Zv

Mit Zs= Strahlungswiderstand

und Zv= Verlustwiderstände

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

59

Natürlich sind hier noch andere Elemente möglich. Die Verluste sollten klein im Verhältnis zum Strahlungswiderstand sein, damit der Wirkungsgrad hoch bleibt. Die mühevoll erzeugte HF muss nicht unbedingt den Erdboden aufwärmen.

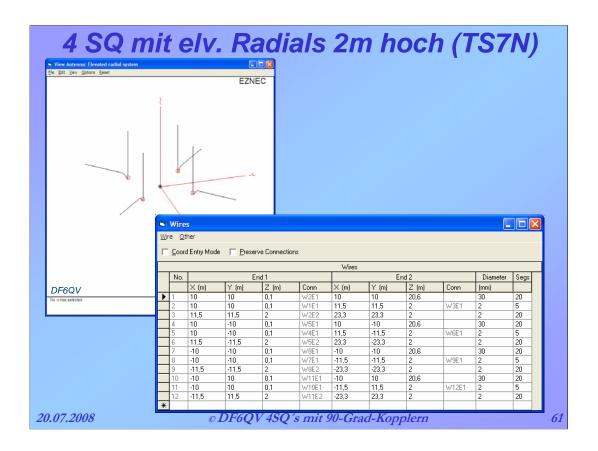
	RDF Summary Table #1						
	RDF (dB)	Max Gain (dBi)	Take-Off Angle (degrees)	Broadband	Description		
L	5.06	1.41	24	no	130' Vertical (MININEC ground (no loss))		
L	5.06	-0.09	24	no	130' Vertical (MININEC ground (15 Ohms loss))		
	5.06	0.6	24	no	130' Vertical (real ground, 60 radials)		
	5.26	-15.9	90	no	small loop (6-sided, 36' perimeter)		
	7.52	-15.42	24	yes	Big Flag (40'X50')		
	7.54	-24.35	24	yes	K9AY (MININEC ground)		
	7.67	-20.31	33	yes	EWE (15' X 45', MININEC ground)		
	7.69	-28.75	24	yes	Flag		
	8.02	-21.34	24	yes	2-element Broadside K9AY Array, 0 degree phasing, 100' spacing		
	8.10	7.46	90	no	Inverted VEE (100'/80')		
	8.11	-26.01	24	yes	2-element Broadside Flag Array, 0 degree phasing, 100' spacing		
	8.13	4.55	90	no	Inverted VEE (40'/20')		
	8.13	2.81	27	no	EZNEC demo 2-element End-fire vertical (real ground)		
	8.28	7.34	90	no	Inverted VEE (80'/60')		
	8.30	-18.53	66	yes	Benchmark Beverage (250')		
	8.33	6.68	90	no	Inverted VEE (60'/40')		
	8.52	-24.48	24	yes	3-element Broadside Flag Array, 0 degree phasing, 100'X100' spacing		
	9.05	-16.94	60	yes	Benchmark Beverage (330')		
	9.34	-19.23	60	yes	W8JI Parallelogram Array (370'X70')		
	10.03	-15.23	48	yes	Benchmark Beverage (470')		
> [10.42	5.29	24	no	EZNEC demo 4-Square (MININEC ground, 7.15 MHz)		
	11.04	-13.48	39	yes	Benchmark Beverage (660')		
Ī	11.12	-25.28	18	yes	2-element End-fire K9AY Array, 180 degree phasing, 117' spacing		
ı	11.35	6.01	24	no	EZNEC demo 4-Square, WA3FET, Jim Breakall phasing		
	11.39	-31.38	18	ves	2-element End-fire Flag array, 180 degree phasing, 100' spacing		
>	11.73	6.3	24	no	EZNEC demo 4-Square, 120 degree phasing		
	12.00	-11.9	30	yes	Benchmark Beverage (890')		
Ī	12.47	7.16	21	no	W8WWV hex array (165 degree phasing, MININEC ground)		
Ī	13.00	-10.51	24	yes	Benchmark Beverage (1160')		
ı	14.00	-9.33	21	yes	Benchmark Beverage (1460')		
> i	14.92	-8.31	18	yes	Benchmark Beverage (1800')		

Antennen werden gern mit dem RDF verglichen. Er ist das Verhältnis von Averagegain (wird beim 3D Plot von EZNEC angezeigt) zum Forwardgain der Antenne. Vergleiche die beiden 4SQ's und eine lange Beverage.

Zur 4Square wird nicht unbedingt eine andere Empfangsantenne benötigt.

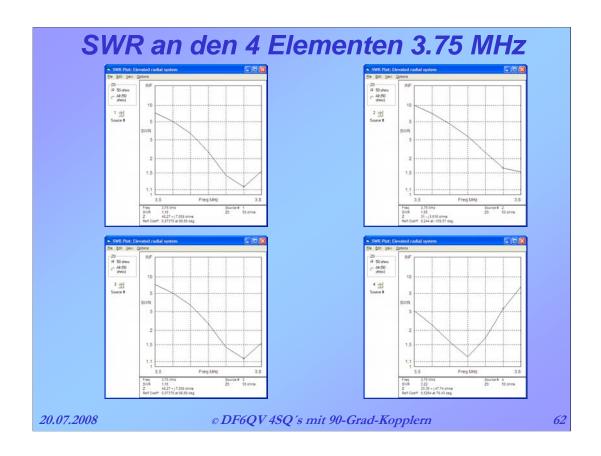
Vertikals empfangen mehr Noise, doch dort, wo der Noisepegel gering ist, reicht auch die 4 Square.

In 5A7a wurden alle Verbindungen auf 80m sende- und empfangsmäßig mit einer 4 Square abgewickelt.



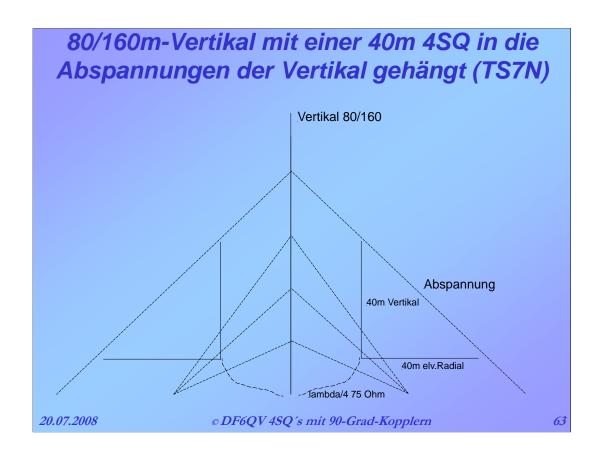
Hier die Modellierung der Elemente der 80m 4SQ für TS7N. Sie besteht aus vier Strahlern mit einer Länge von 20,6m, die mit je einem elevateted Radial betrieben werden. Dieses verläuft vom Fußpunkt des Strahlers unter einem Winkel von 45 Grad bis auf einen Höhe von ca. 2m und dann zum Ende in einer Höhe von 2m.

Eigentlich würde ein Lambda/4 Strahler reichen. Für die Abschirmung muß nur ein null Ohm Punkt gefunden werden. Mit einem Lambda/4 Radial über dem Boden (je höher, desto weniger Erdverluste) transformiert sich das offene Ende des Radials in einen Kurzschluß zu Null Ohm am Fußpunkt. Da im Radial Strom fließt, strahlt es auch (Steilstrahlungsanteil). Wird ein zweites Radial symmetrisch zum ersten angebracht, kompensieren sich die beiden Felder und es existiert nur die Strahlung der Vertikal. Mit der Länge des oder der Radials wird die Resonanz der Antenne eingestellt. Für die obige Antenne beträgt die Radiallänge ca. 21 m für Telegrafiebereich und ca. 19 m für den Foniebereich.

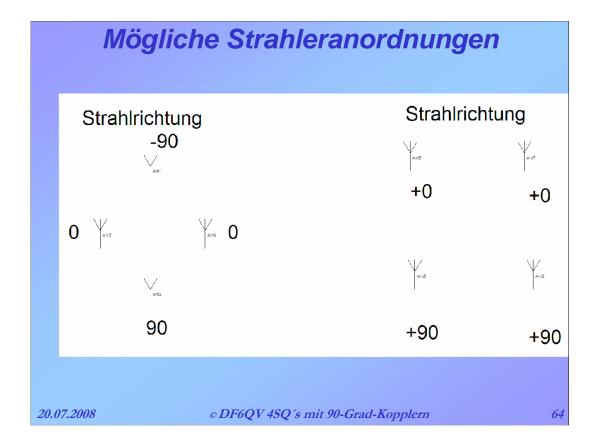


Hier das SWR der 4 Elemente, die einzeln je auf 3,75 MHz abgestimmt sind. Durch die mutale Kopplung beeinflussen sich die Eingangsimpedanzen und weichen dann teilweise von den angestrebten 50 Ohm ab. In der Praxis hab ich jedes Element mit der Länge des Radials auf die Betriebsfrequenz abgestimmt und dann erst mit dem Koppler verbunden. Es zeigte sich ein Minimum an Leistungsfluß in den Abschlußwiderstand, der dann im kleinen einstelligen Prozentbereich der Eingangsleistung lag.

Die 50 Ohm Eingangswiderstand der Elemente setzen sich aus ca. 38 Ohm Strahlungswiderstand, ermittelt durch Freiraumsimulation, und ca. 12 Ohm Erdverlusten zusammen.



In diesem Bild ist die 40m Draht 4SQ skizziert. Sie ist in die Abspannung einer 22m Vertikal gehängt. Die Vertikal sollte für 80/160m sein wurde dann aber später über ein Anpaßnetzwerk auf 30m betrieben.



In der Skizze sind zwei mögliche Strahleranordnungen dargestellt. Für die "einfache" Lösung einer 4SQ in 90 Grad Technik wird die Diamantstruktur gewählt. Werden optimierte Amplituden und Phasen gewählt, kann sich die 3dB Keulenbreite der Antenne doch so weit einengen, das man auf eine 45 Grad Umschaltung gehen sollte.

Dieses könnte ein Kombination aus beiden im Bild dargestellten Anordnungen sein.

PA0GMW hat eine 45 Grad Umschaltung realisiert.

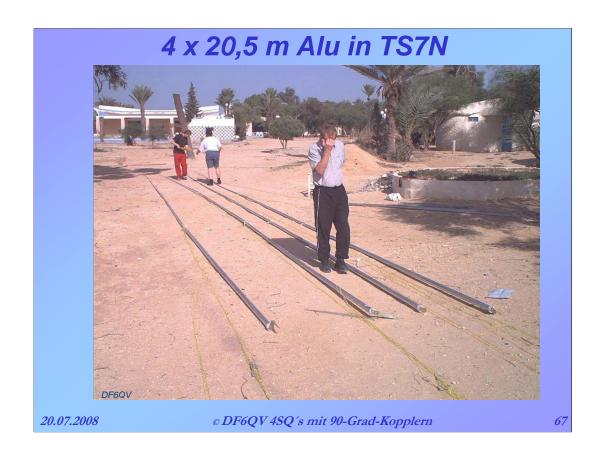
Al Christman, K3LC beschreibt unter http://www.ncjweb.com/k3lc4squarea.pdf eine 45 Grad Umschaltung.



Das rote Kreuz ist etwa der Standort der Antenne.



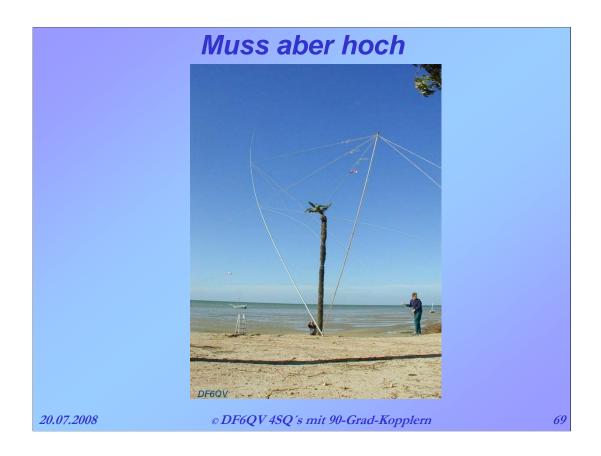
Es gehört nicht alles zur 4SQ. In drei der Abflußrohre und einigen Koffern, hier nicht im Bild, hatte ich 180 kg Gepäck für TS7N.



4 Alu Vertikals 20,5 m als Elemente für die 80m 4SQ



Homemade Aluminium Vertikal 20,6 m lang. Der unterer Durchmesser beträgt 50 mm.



Dies Bild war auch in der CQDL.



Hier ist das Radial, das unter einem Winkel von ca. 45 Grad nach oben geht, zu erkennen. Nach hinten auf dem Boden ist die 75 Ohm Lambda/4 Transformationsleitung erkennbar.

Ohne die vielen Helfer, die mit Rat und Tat zur Seite standen, sind solche Aktionen kaum durchführbar.



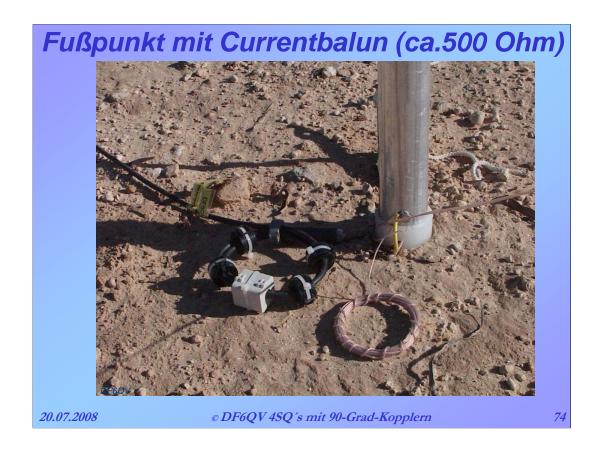
Ein 80m Element von unten. Das Element ist in drei Ebenen und vier Richtungen abgespannt. Die Abspannungen sind auf entsprechende Maße abgelängt. Als Abspannmaterial für die 80m 4 Square habe ich 3 mm Maurerschnur benutzt..



Hinten sieht man die 80m 4SQ, vorn eine 22m Vertikal mit eine in den Abspannungen eingehängte 40m Draht 4SQ.



Der Eigenbau Hybridkoppler und der Abschlußwiderstand provisorisch gegen möglichen Regen geschützt.



Hier der Balun hat etwa ein Z von ca. 500 Ohm. Mit einem RF1 oder ähnlichen Geräten ist die Impedanz bei der Betriebsfrequenz gut messbar, denn die Elemente sollen strahlen und möglichst nicht die Kabel! Die Spule rechts hat eine recht hohe Impedanz und schließt das Element gleichstrommäßig kurz. Vielleicht ist sie aber auch nicht nötig. Der gesamte Aufbau sollte unter diesem Gesichtspunkt nochmals geprüft werden.



Durch Längenänderung der Radials von ca. 2 m wird die Antenne entweder auf den Telegrafie- oder Foniebereich abgestimmt. Das Umstimmen hat etwa 15 Minuten gedauert und könnte bei den Ausdehnungen der Antenne als persönliches Fitnessprogramm gelten.



Eigentlich sollte die 22m Vertikal mit einem Anpassnetzwerk auf 80 und 160m betrieben werden. Dies ist aber zuhause nicht ausprobiert worden. Und dann gilt eben Murphy und es funktioniert auch nicht. Später stellte sich eine defekte Meßleitung als Übeltäter heraus. Mit 22m ist die Länge etwa nicht weit von 5/8 Lambda für 30m entfernt. Mit dem in einer FET Endstufe eingebauten Anpaßnetzwerk ließ sich die Antenne erfolgreich auch auf 30m betreiben.

Als Abspannmaterial kam Drachenschnur Dynema mit einer Reißfestigkeit von 100 kg zum Einsatz.



Hier der Fußpunkt eines 40m Drahtelements mit einem Strombalun von ca. 500 Ohm. Dieses ist bei 7 MHz schon einfacher erreichbar. Ob es 500 oder 1000 Ohm sein sollten, darüber kann man streiten. Meiner Meinung nach sind 500 Ohm schon recht vernünftig, 10x soviel, wie die Fußpunktimpedanz.



Eine 4SQ macht auch auf 20m Spaß.



Es ist immer eine Menge zusammen zu packen. Rechts der Testaufbau eines 4SQ Elements. Mechanisch war alles o.k. bloß elektrisch hätte es besser getestet werden müssen. Ich hab es mit einem elevated Radial getestet. Es war nicht optimal, den Rest machst Du in 5A. In 5A steht dann plötzlich in etwa 2-3 km Entfernung ein 1250 kHz Sender, der ein Messen an den einzelnen Elementen nicht mehr zuließ. Der RF1 synchronisierte immer auf die 1250 kHz. Also alles möglichst vorher zusammenbauen und testen. In 5A blieb nur die Wahl eine nicht komplett getestete Antenne aufzubauen.



Im Vorfeld einer Expedition fällt eine Unmenge von Arbeit an. Den meisten Teammitgliedern werden ihren Fähigkeiten entsprechende Aufgaben zugeordnet. Es ist immer der Verdienst des Teamleiter, die richtigen Leute für die entsprechenden Aufgaben zu finden und auch zu bewegen sich verantwortungsvoll ein zu bringen. Andy, DJ7IK war der Meinung, mich mit Teilaufgaben für die LOW Band Antennen zu betrauen.

Oben der Testaufbau eines 18m GFK Mastes mit ca. 2m Aluminiumverlängerung. Mit der Fußkonstruktion wollte ich sichergehen, die Antennenelemente auf nahezu jedem Untergrund aufstellen zu können. Das Element ist mit zwei Personen aufstellbar und abzuspannen.



Die 40m 4 Square auf dem Dach des Hotels.



Es wurde statt eines elevated Radials 4 Ground Radials verlegt. Das SWR war 1. Der Koppler reflektiert bei gleichen Lasten keine Leistung in den Eingang. Im Telegrafiebereich wurden etwa 10%, im Foniebereich etwa 15% der Leistung der Acom 1000 im Abschlußwiderstand in Wärme umgesetzt. Die Strahler waren zu lang. Keiner wollte die Strahler mehr umlegen und von unten war eine Verkürzung der Strahler nur um ca. 70 cm möglich. Im Telegrafiebereich waren es dann noch etwa 5 % und im Foniebereich immer noch 10% der Leistung, die in den Abschlußwiderstand flossen. Wir hätten 1dB lauter sein können.

Für eine solche Antenne Daten anzugeben ist nicht einfach. Ich habe ein F/B von ca. 20 dB in TS7N und in 5A7A festgestellt. Wenn die Antenne in 5A von Italien in Richtung USA umgeschaltet wurde, wurden die Italiener etwa 30 dB leiser. (S Meter IC746)

Als schönstes Erlebnis ist mir eine Verbindung mit einer N8 Station in Erinnerung geblieben. Sie hatte 100 Watt und einem 10 m hohen Dipol. Es hat ca. 1 min gedauert, bis ich das Rufzeichen hatte. "Little pistols" freuen sich auch über DX!!





Die Alu Heringe hatten bei dieser Anzahl von Abspannungen die Hilfe von einem Stein nötig. Unter der Plane befinden sich der Koppler und der Abschlußwiderstand.



Hier der Elementfuß mit einem Isolator aus PVC, einem Aluprofil, um im Sand Halt zu bekommen, 4 Radials und einem Strombalun mit einer Impedanz von etwa 500 Ohm.

Der Fußpunktwiderstand einer groundmounted GP ist von der Anzahl der Radials abhängig. Eine ideale Groundplane hat ca. 36 Ohm. Diesen Wert wird mit etwa 120 Radials erreicht. Mit 60 Radials liegt man aber auch schon sehr gut. Offensichtlich ist die Anzahl der Radials am Salzwasser nicht so entscheidend.

Vertikals und Radials, elavated oder Groundradials; einige Infos findet man hier:

http://www.steppir.com/pdf/radial%20systems%20for%20ver tical%20antennas.pdf





Ein starker Nordwind hat das Mittelmeer so lang am Strand nagen lassen, bis ein Hering weggespült war. Aus der 4 Square war eine 3 Square geworden.

Elektrisch bedeutet das, dass 100% der in das Element gehenden Leitung reflektiert werden. (25% der 4 Square Eingangsleistung). Diese Leistung wird je zur Hälfte in den Abschlußwiderstand und den Eingang des Kopplers reflektiert. 12,5 % der Eingangsleistung gelangen zurück und werden vom SWR Meter der Acom 1000 gemessen. Diese zeigte ein SWR von 2 an, was den 12,5% sehr nahe kommt.

Im Normalfall, die 4 Square wieder komplett aufgebaut, war bei einem Vorlauf von 850 Watt nur ein Rücklauf von ca. 2 Watt abzulesen.



DJ4AX sagte mal: Antennen können nicht hoch genug sein. Seine Aussage bezog sich zwar auf horizontale Antennen, wie Yagis und Dipole. hier ist mal ein Versuch mit einer Vertikal gemacht worden.



Oftmals ist ein hoher Grad an Flexibilität gefragt.



Bilder, die den Teilnehmern von 5A7A zur Verfügung gestellt wurden, diese hier vom "US Spion" K3LP



Die Boxen haben schon gut funktioniert. Die Antenne hätte besser abgeglichen werden können, hat aber auch so einen guten Job gemacht. Diese Antennenkonstruktion verzeiht kleine Fehler. Ich würde Sie schon als "Plug and Play" System bezeichnen.



Oben links: DF6QV walking along an Aluminium Vertical.

Oben rechts: Konstruktionsdetail Alu – GFK-Mast

Unten: 80m Koppler



Wie kommt es zu 18000 Verbindungen auf 80m?

- 1. Aktiviere ein gefragtes Land
- 2. Bringe gute Operateure zusammen, die die Pileups abarbeiten können
- 3. Baue die Antenne nah ans Meer, Salzwasser drückt die Keule von ca. 20 Grad auf ca. 5 Grad, das bedeutet einen Gewinnzuwachs von 6 dB. Ein flacher Abstrahlwinkel bedeutet weniger Hops und damit weniger Reflexionsverluste an der E bzw. F Schicht.
- 4. Benutze eine Antenne, die akzeptablen Gewinn hat und erprobt ist.
- 5. Eine Ausbreitungsspezialisten sollte dabei sein
- 6. Jemand sollte sich mit der Antenne auskennen, damit man diese gegebenenfalls reparieren oder abgleichen kann.
- 7. Wenn man überlegt, wie viele kleine Fehler bei der 5A Antenne noch vorhanden waren, ist es beachtlich, damit einen Weltrekord aufgestellt zu haben.
- 8. Danke an Andy, DJ7IK für die hervorragende Organisation (TS7N und 5A7A)

Antennaengineering (VP6DX)

DJ8NK, Jan rief mich an und fragte, ob ich nicht Lust hätte der Crew von VP6DX mit meinen Erfahrungen behilflich zu sein. In Dayton haben sie erzählt, der 6QV hatte in 5A doch eine recht ordentliche 80m 4SQ. Nach einer Woche Bedenkzeit hab ich den Carsten DL6LAU angerufen. Wir war schon ein wenig mulmig, denn VP6DX, da muß alles funktionieren! Zunächst hätte Carsten gern meinen Koppler von 5A gehabt. Nach einigen Diskussionen sind wir übereingekommen, dass er nicht diese "Plug and Pray" Version bekommt, sondern ich baue ihm was Neues.

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

94

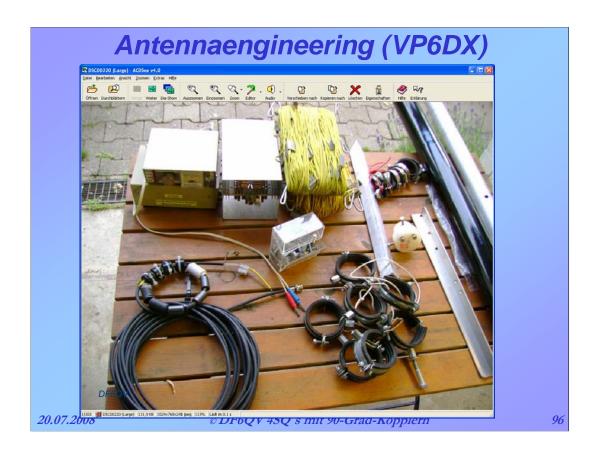
Antennaengineering (VP6DX)

Es hat einiges an Zeit gekostet, aber es ist dann auch mehr eine Plug and Play Version geworden. Als ich die Koppler dann eingepackt und zur Post gebracht habe, war mir schon ein wenig komisch. Zuvor hatte ich Carsten reichlich Bilder und Infos zukommen lassen, sodass er mit den Antennenkonstruktionen beginnen konnte.

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

95



Links oben der Koppler mit dem Steuergerät, daneben der Abschlußwiderstand, weiter die "precut" Abspannungen, ein Alu Hering, der 18m GFK Mast, 2m Aluminium Rohr als Mastverlängerung und Fußkonstruktion,

links unten die 75 Ohm Transformationsleitung mit dem Current Balun, die GFK Mast-Alurohr-Befestigungsschellen, und der PVC Isolator mit Alu-Winkel als Antennenfuß



Hier eine andere Ansicht, mit teils vormontierter GFK-Mastund Fußkonstruktion



Noch ein paar Infobilder



Hering im Detail,

rechts Phasen und Remotecontrol Box mit Steuerleitungen, unten links: wie bringe ich schnell und sicher die Abspannungen am Masten an und kann diese auch leicht ohne Messer wieder lösen

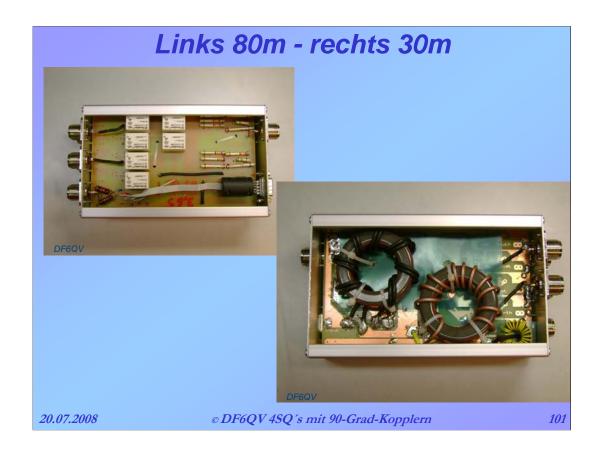


Links oben: das Wattmeter zeigt 1,2 KW out bei einem von SWR 1.1

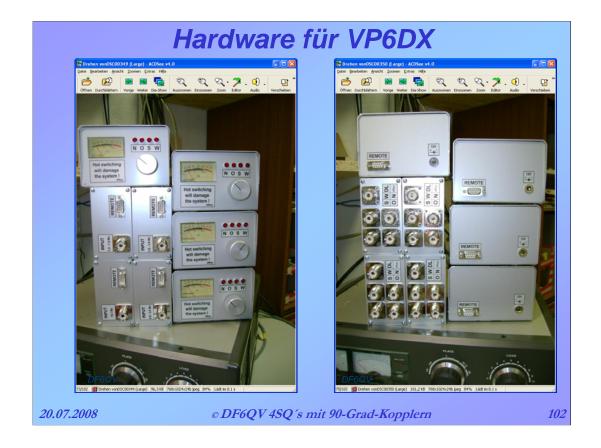
Rechts oben: Koppler mit vier 100 Ohm Abschlußwiderständen (Antennenersatz) und einem 50 Ohm Abschlußwiderstand. Mit dieser Anordnung ist ein Kurzzeittest (CW Punkte) von ca. 30 Sekunden möglich. Dann fängt es an zu rauchen...

unten: Koppler Innenansicht von zwei 80m, ein 40m und ein 30m Koppler.

Nicht im Bild ein Koppler für 160.....alles für VP6DX.



Die beiden Koppler 80 und 30m



Front- und Rearview der zusammen geschraubten Kopplerund Remotecontrollboxen.



Screenshots der Ausgangssignale an den künstlichen Antennen bei kleiner Leistung.

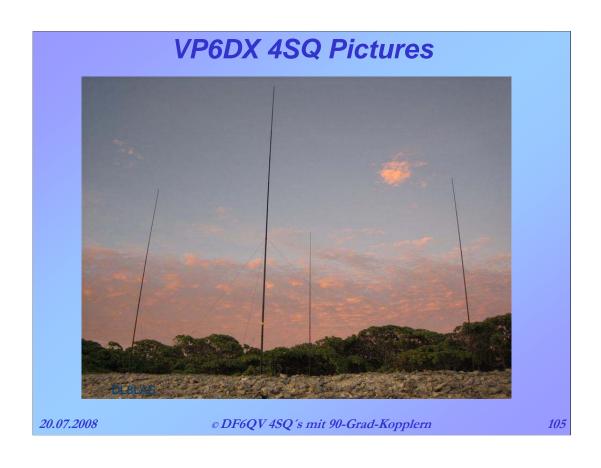
Mit all den Ratschlägen per Mail und Telefon, den Bildern, die ich dem Carsten DL6LAU zukommen hab lassen, den Diskussionen über mögliche Varianten, und nicht zuletzt durch die Hardware in Form von fünf Hybrid Kopplern mit Steuergeräten ist es den VP6DXern gelungen auf Ducie 4Squares aufzubauen, die echte "Killerantennen" waren.

Eine großartige Expedition in jeder Hinsicht!!!

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

104





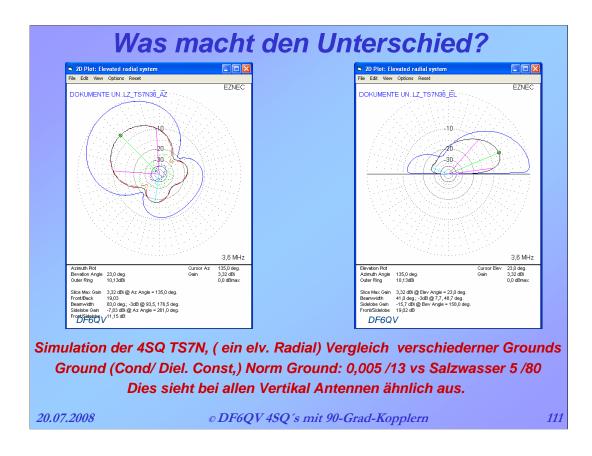








30 m Station



Durch den Aufbau am Salzwasser verringert sich durch die flache Abstrahlung die Anzahl der Hops bis zum DX Jäger. Eine Reflexion auf Salzwasser verursacht nur eine vernachlässigbare Dämpfung, aber jede Reflexion an den Schichten E und F und auf Erdboden verursachen hohe Dämpfungen.

Dann kann auch eine 4 SQ oder ein 2 Element Vertikal Beam zu einer "Killerantenne" werden.

Die VP6DX er haben offensichtlich alles richtig gemacht!!! Glückwunsch!!

Siehe unter anderem hier:

http://www.astrosurf.com/luxorion/qsl-hf-tutorial-nm7m6.htm http://www.qsl.net/g3yrc/hf%20propagation/hf%20propagation.htm

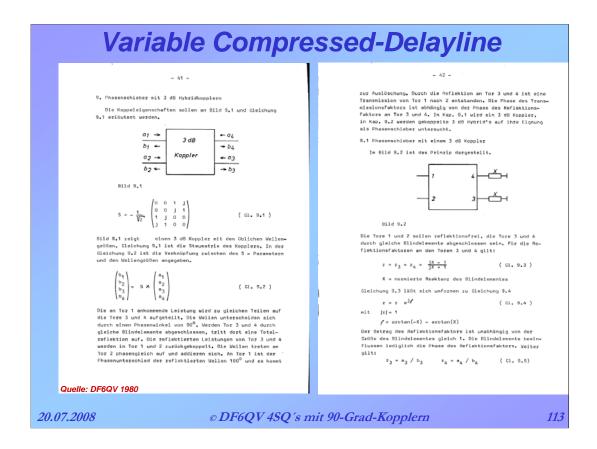
Hier noch was,

Vielleicht kann es jemand gebrauchen: Eine Compressed-Delay-Line (180 Grad Trafo) wurde schon bei ON4UN erwähnt ...

Hier eine Weiterentwicklung:
Die Variable-Compressed-Delayline...

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern



Ein bisschen Theorie, denn manchmal ist es gut zu wissen, wie es funktioniert. S-Parameter eines 3 dB Hybrids mit den Ableitungen, um ihn als variablen Phasenschieber zu benutzen.

Wie funktioniert sie....

Die an Tor 1 ankommende Leistung wird zu gleichen Teilen auf die Tore 3 und 4 aufgeteilt. Die Wellen unterscheiden sich durch einen Phasenwinkel von 90°. Werden Tor 3 und 4 durch gleiche Blindelemente abgeschlossen, tritt dort eine Totalreflektion auf. Die reflektierten Leistungen von Tor 3 und 4 werden in Tor 1 und 2 zurückgekoppelt. Die Wellen treten an Tor 2 phasengleich auf und addieren sich. An Tor 1 ist der Phasenunterschied der reflektierten Wellen 180° und es kommt

zur Auslöschung. Durch die Reflektion an Tor 3 und 4 ist eine Transmission von Tor 1 nach 2 entstanden. Die Phase des Transmissionsfaktors ist abhängig von der Phase des Reflektionsfaktors an Tor 3 und 4. In Kap. 9.1 wird ein 3 dB Koppler, in Kap. 9.2 werden gekoppelte 3 dB Hybrid's auf ihre Eignung als Phasenschieber untersucht.

Quelle: DF6QV 1980

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

Variable Compressed-Delayline

Mit diesen Voraussetzungen ist die Transmission von Tor 1 nach Tor 2 (b $_2$ / $\rm e_1$) zu berechnen. Aus Gleichung 9.1 und 9.2 folgt mit $\rm a_2=0$

$$b_1 = -\frac{1}{\sqrt{2}} (a_3 + ja_4)$$

 $b_2 = -\frac{1}{\sqrt{2}} (ja_3 + a_4)$
 $b_3 = -\frac{1}{\sqrt{2}} a_1$
 $b_4 = -\frac{1}{\sqrt{2}} ja_4$ (61, 6,6)

Setzt man Gleichung 9.5 in 9.6 ein, erhält man

$$a_3 = -\frac{1}{12}, a_1 x_3$$

 $a_4 = -\frac{1}{12}, ja_1 x_4$ (0

Es folgt weiter

$$b_1 = \frac{1}{2} a_1 (r_3 - r_4)$$

 $b_2 = \frac{1}{2} a_1 (r_3 + r_4)$ (GI, 9.8)

Ist $r_3=r_4=r$, sind die Blindelemente en Tor 3 und 4 gleich groß und b_1 wird 0. Damit folgt für den Transmissionsfaktor von Tor 1 nach 2

$$\frac{b_2}{a_1} = \frac{4}{2} (r_3 + r_4) = jr = j \frac{4X - 4}{jX + 1}$$
 (61.9.9)

 ϕ = arctan ($\frac{1}{X}$) = arctan (X) (G1. 9.11)

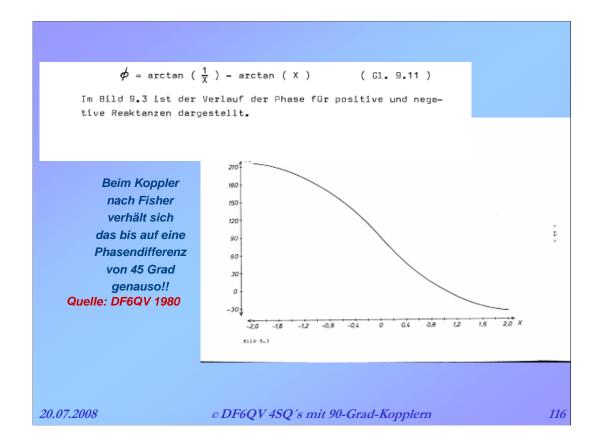
Im 811d 9.3 ist der Verlauf der Phase für positive und negstive Reaktanzen dargestellt.

Quelle: DF6QV 1980

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

-2,0 -1,5 -1,2 -0,5 -0,4 0 0,4 0,8 1,2 1,5 2,0 K

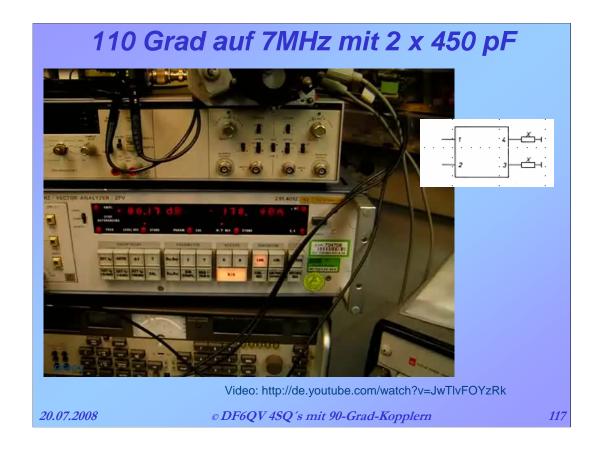


Oben ist die Abhängigkeit des Phasenwinkel zwischen Eingang und Ausgang (in diesem Fall der Isolationsport) als Funktion der normierten Reaktanz dargestellt. Für den Koppler nach Reed gilt die Gleichung, bis auf eine Phasendifferenz von 45 Grad, ebenfalls.

Branchline Koppler und der nach Reed unterscheiden sich bei der Designfrequenz durch diesen Winkel:

Eingangsport zum 1. Ausgangsport = -90 Grad (Lambda/4 Leitung) für Branch line

Eingangsport zum 1. Ausgangsport = -45 Grad Für den Koppler nach Reed



Das kleine Video "http://de.youtube.com/watch?v=JwTlvFOYzRk" zeigt einen Testaufbau mit meinem alten 7 MHz Koppler. Der Koppler hat nicht genau 50 Ohm, es war mit dem vorhanden Kern nicht realisierbar. Das Eingangs SWR beträgt ca. 1.5. Die beiden Auskoppelports sind mit einem Doppeldrehkondensator mit dem Variationsbereich von ca. 400 pF abgeschlossen. Der Isolationsport mit 50 Ohm. Auf dem Vektorvoltmeter wird links die Durchgangsdämpfung (Eingang , Isolationsport) und rechts der Phasenwinkel zwischen den beiden Ports angezeigt. Als Signalquelle dient ein RF1 Antennenanalysator.

Zusammenfassung

Mit dem Koppler nach W2CQH lassen sich 4SQ's recht gut bauen. Man kann fast sagen, es ist ein "Plug and Play" System.

Der Koppler eignet sich auch dazu die Leistung bei einer Phase von 90 Grad nicht nur in gleiche Teile zu teilen, sondern wie man sie braucht!!

Mit dem variablen Phasenschieber, der wie gesehen eine Phase von ca. 110 Grad mit einem Delta C von 400pF auf 7 MHz und das in einem 50 Ohm System bei nahezu konstantem gutem SWR erreicht, kann man sicher noch einiges probieren.

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

Optimierte Systeme

ON4UN hat in Dayton 2005 einen Vortrag über eine neue Speisung von 4SQ's gehalten. Das System bringt etwa 1 dB mehr Gewinn und hat eine bessere Seitendämpfung.

Es ist recht aufwendig gemacht. Für mich stellt sich hier die Frage, welcher Amateur dies nachbauen oder kaufen möchte und es auch entsprechend abgleichen kann.

Oder gehört es in den Profi (Amateurbereich)??

PAOGMW hat bei seiner 80m 4SQ Amplituden und Phasen optimiert, hat dann aber statt der 90 Grad Umschaltung eine 45 Grad Umschaltung gewählt. Bei leicht erhöhtem Gewinn und geringeren Nebenzipfeln wird natürlich auch die Keule schmaler und man braucht dann eine Zwischenstufe. Er hat, wie bereits erwähnt eine 45 Grad Umschaltung in Betrieb.

Al Christman K3LC beschreibt eine 4 SQ mit 45 Grad Richtungsumschaltung : http://www.ncjweb.com/k3lc4squarea.pdf

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

Quellen

- > ON4UN Low Band DXing 3rd Edition
- ON4UN Dayton 2005: A new Feed System for Arrays http://www.kkn.net/dayton2005/ON4UN-Dayton-2005.pdf
- > W1HKK A switchable Four-Element 80m Phased Array QST March 1965
- W2CQH Twisted wire Quadrature Hybrid Directional Couplers, QST January 1978
- > The branchline Hybrid: Part 1/2, Hamradio, April/May1984
- > DJ4AX Vortrag RRDXA 199x (nicht publiziert)
- > DF6QV Steuerbare Phasenschieber 1980 (nicht publiziert)
- http://de.youtube.com/watch?v=JwTlvFOYzRk

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

URL's for more...

- http://force12inc.com/k5kinfo.htm
- http://www.grz.com/detail/PA0GMW
- http://www.ncjweb.com/k3lc4squarea.pdf
- http://tk5ep.free.fr/tech/4sq/en/4sq_switch.php
- http://www.k2kw.com/verticals/verticalinfo.htm
- http://www.astrosurf.com/luxorion/qsl-hf-tutorial-nm7m6.htm
- http://www.qsl.net/g3yrc/hf%20propagation/hf%20propagation.htm
- http://lists.contesting.com/_topband/2002-07/msg00111.html
- http://rudys.typepad.com/ant/files/antenna_vertical_short_radials.pdf
- http://www.steppir.com/pdf/radial%20systems%20for%20vertical%20antennas.pdf
- http://www.spiderbeam.net/sb/home/index.php
- http://www.linear.com/designtools/software/
- http://qsy.to/ts7n/
- http://5a7a.gmxhome.de/
- http://ducie2008.dl1mgb.com/
- http://www.ncjweb.com/k3lc4squarea.pdf

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

Impressum

- > Dieses ist von DF6QV für Amateure.
- > Für den Inhalt der URL's bin ich nicht verantwortlich.
- Es ist nicht ausgeschlossen, dass sich Fehler in Text, Schaltungen oder Simulationen befinden
- > Rechte für angegebene Techniken sind zu klären.

20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern

Dank an alle, die mir diese Erfahrungen mit 4SQ's ermöglicht haben!!

Vielen Dank für Eure Aufmerksamkeit!! Für Fragen stehe ich gern zur Verfügung. Es bleibt noch viel zu tun, warten wir es ab. vy 55 + 73 de Franz, DF6QV

www.ov-n15.de www.rrdxa.eu DF6QV at DARC.DE



20.07.2008

© DF6QV 4SQ's mit 90-Grad-Kopplern