

Johannes Falk, DC5GY, Emil-Riemensperger-Weg 30, 78112 St.Georgen

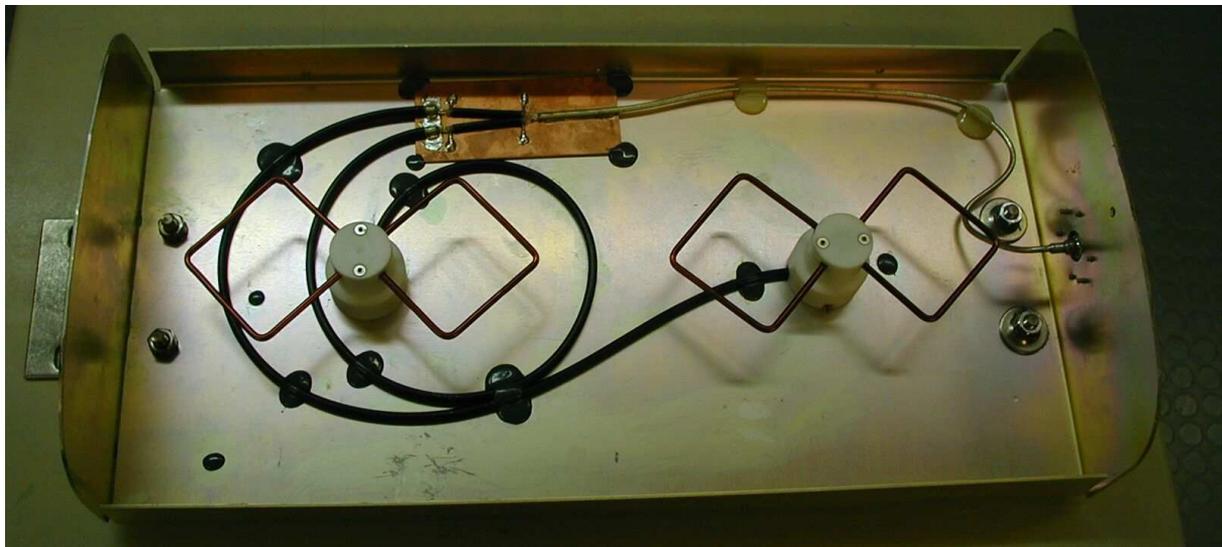
## Antennengeometrien für Amateurfunkbänder über 1GHz

Praktische Erfahrungen mit verschiedenen Antennen-Geometrien. Die Antenne - der beste HF-Verstärker. Dies soll anhand von Dosenstrahler, Quad-Element und Scheibenantenne im Frequenzbereich über 1GHz gezeigt werden. Weiter wird auch eine Antenne für Radioastronomie bei 1,420GHz vorgestellt.

### Die Anfänge

Die Anfänge der Antennenbauprojekte liegen schon einige Jahre zurück. Im Jahr 2000 baute die Relais Interessengemeinschaft Schwarzwald den Digipeater DB0EGT im Südschwarzwald 1034 m ü. N.N. LOC : JN48DC. Aufgrund dieses klimatisch anspruchsvollen Standorts konnten hier keine Antennen von der Stange eingesetzt werden. Der Betreiber des Antennenstandorts machte uns zur Auflage, die Antennen müssen einen kommerziellen Charakter haben. Nach längerem Suchen wurden wir bei ausgedienten Kathrein 900MHz GSM Antennen (z.B. Typ 736077 870MHz-960MHz) fündig. Diese Antennen wurden entkernt. Die 900MHz Antennenerreger wurden ausgebaut und durch, speziell für das 23cm Amateurfunkband, geeignete Antennenerreger ersetzt. Diese 23cm Doppelquaderreger mussten nicht nur sehr gute HF-Eigenschaften haben, sondern auch mechanisch höchsten Stabilitätsanforderungen genügen. Sie mussten Vibrationen, Kälte und Wärme gegenüber resistent sein. Nach wochenlangen Versuchen stand die Geometrie für den 23cm Doppelquadantennenerreger.

### 23cm Doppelquad-Strahler



## Doppelquadantenne

Die Doppelquadantenne für 2,4GHz wurde als verkleinerte Variante, zu der schon vom Digipeaterbau bekannten 1,3GHz Doppelquad, gebaut. Die Doppelquadantennen der ersten Generation wurden auf 2mm starke Aluminium Bleche geschraubt und mit einem Antennenkabel versehen. Auch hier wurde schnell der Wunsch geäußert eine outdoorfähige Variante zu konstruieren. Bei der Suche nach einem geeigneten Radom, wurde bei einem Kunststoff Rohrdeckel Hersteller eine Rohrabdeckung gefunden, welche von den Abmessungen genau passte. Das Radom wurde bei der nächsten Generation dann mit einer Silicon-Raupe mit dem pulverbeschichteten Reflektorblech verklebt und abgedichtet. An der tiefsten Stelle der Antenne ist noch ein Kondenswasser Loch zu bohren. Dieses Loch sollte aber nicht größer als 2mm sein.

Der nächste Feldversuch zeigte eine sehr gut geeignete Antenne mit akzeptablen Werten.

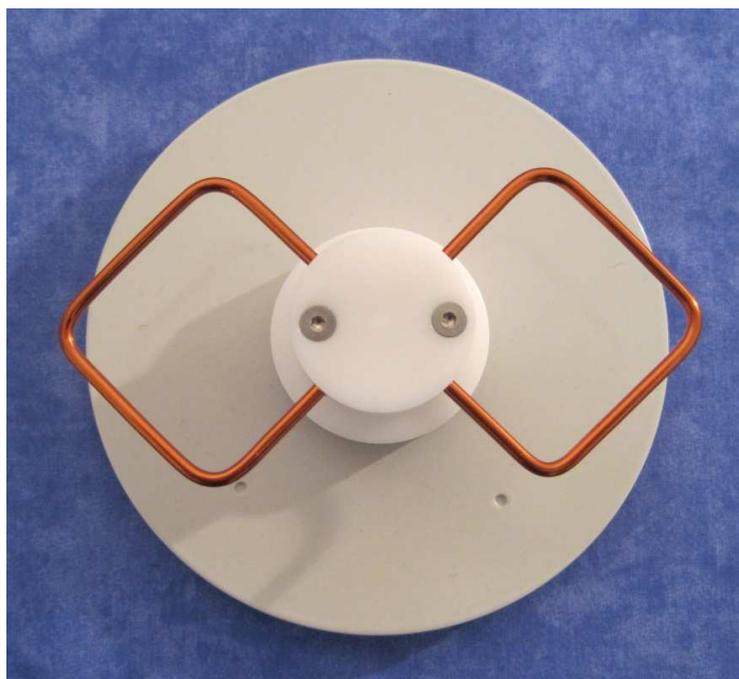
Leider ist die Siliconraupe nicht für Stürme über 80km/h geeignet. Der erste Sturm über dieser Marke löste Radome ab, welche an exponierten Standorten montiert sind.

Abhilfe brachten drei kleine M2 Schrauben die das Radom zusätzlich mechanisch sicherten. Damit waren Sturmtiefe wie z.B. Kyrill keine Gefahr für diesen Antennentyp.

## Spezifikationen

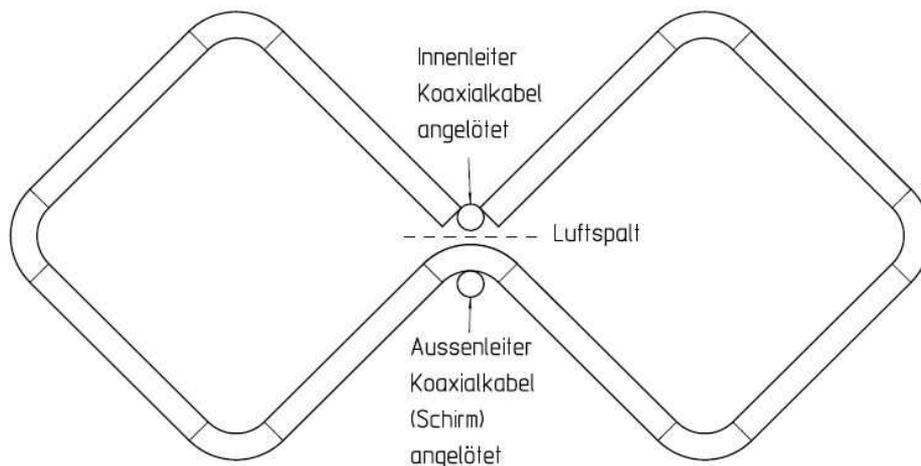
- Frequenzbereich 2,4GHz ISM (2,4GHz-2,5GHz)
- Reichweite ca. 1500m
- Öffnungswinkel ca. 120° (Sektionalantenne)
- Antennengewinn ca. 7dBi
- Polarisierung wahlweise vertikal/horizontal

## Doppelquadstrahler auf Reflektorblech

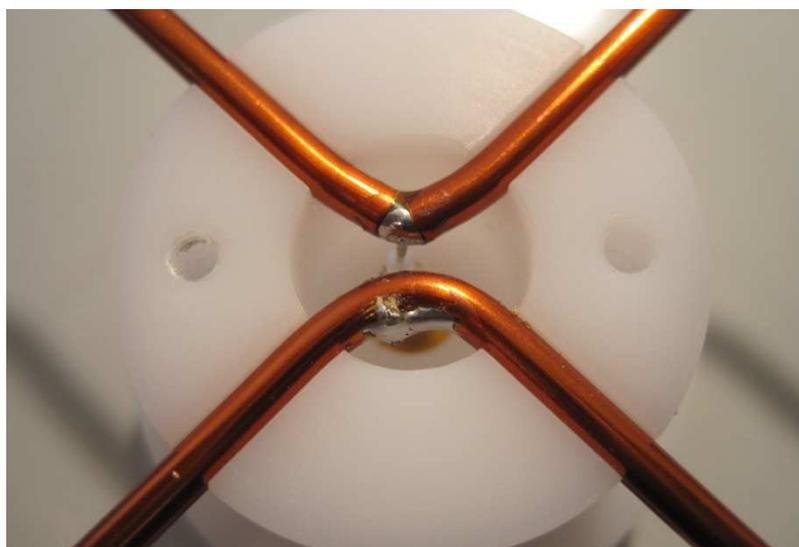


## Theorie

Als Quadantenne bezeichnet man Ganzwellenschleifen (Drahtlänge = Wellenlänge) in vorzugsweise quadratischer Form. Sie kann aus nur einem oder mehreren gespeisten Elementen (Strahler) bestehen. Zusätzlich können ein oder mehrere parasitäre Elemente (Direktoren und Reflektoren) die Richtwirkung und den damit verbundenen Antennengewinn erhöhen. Der Aufbau der Elemente kann auch eine Raute oder einen Kreis bilden. Dabei gilt: Je größer die von der Ganzwellenschleife umrahmte Fläche ist, desto höher ist die Richtwirkung und der Antennengewinn. Aus fertigungstechnischen Gründen kommen jedoch meist quadratische Formen zur Anwendung. Die Quad ist eine so genannte magnetische Antenne mit denselben Eigenschaften wie eine Drahtschleife. Sie hat gegenüber einem Einzeldipol eine stärkere vertikale Bündelung. [1] Die Polarisation ist bei der Stehenden acht horizontal bei der Liegenden acht vertikal. Die Kantenlänge oder der Durchmesser der Reflektorfläche sollte mit seiner Größe ungefähr die der Wellenlänge entsprechen. Bei mehreren Strahlern verändert sich das Richtdiagramm hin zu einer Keule. Die Quad hat einen Fußpunktwiderstand von ca.  $60\Omega$ , was den Anschluss an ein Koaxialkabel mit einem Wellenwiderstand von  $50\Omega$  ermöglicht, wobei der Schirm des Kabels mit dem Reflektor verbunden wird. Dadurch wird auch das unsymmetrische Koaxialkabel an den symmetrischen Strahler angepasst und es entstehen keine Mantelwellen.



Verbindungsstelle Quadelement >< Koaxialkabel



## Scheibenantenne

Im Herbst 2009 stellte mir Eugen HB9SSH die Skizze der 23cm Scheibenantenne zur Verfügung. Verschiedene Internet-Recherchen, sowie das Recherchieren in verschiedenen Veröffentlichungen zum Thema Scheibenantenne hat keine Erkenntnisse zur Herkunft dieser Antennengeometrie gebracht. Lediglich in einer Ausgabe vom Adacom Magazin [2] ist ein Artikel zum Thema Scheibenantennen abgedruckt. Falls jemand einen Verfasser und oder den Erscheinungsort zum Thema Scheibenantennen kennt, möge er mich bitte benachrichtigen.

Das erste Muster der Antenne war schnell aufgebaut und die ersten Messungen am Netzwerkanalysator zeigten sehr gute Ergebnisse. Ein Feldversuch auf einem Berg im Südschwarzwald bestätigte die Ergebnisse der Messung im Labor. Mit dieser Antenne kann man sehr schön die beiden Polarisierungsebenen (vertikal/horizontal) beim Portabelbetrieb ausnutzen. Die Mitnahme im Rucksack bei einer Seilbahnfahrt ist bei diesem Antennentyp durch den stabilen Aufbau unkritisch.

Eigenschaften Scheiben-Patchantenne:

- Kompakte Bauform
- Einfacher und robuster Aufbau
- Kein Abgleich notwendig, da breitbandig
- Verlängerung durch zusätzliche Scheiben möglich (1-11 Scheiben getestet)

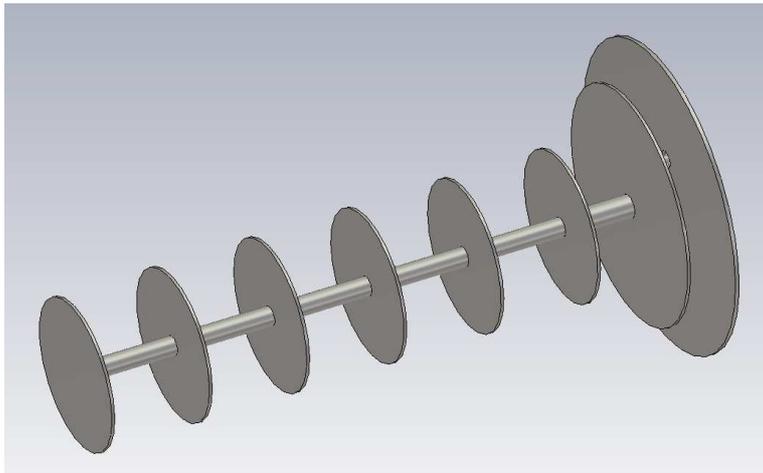
## Spezifikationen

- Frequenzbereich 1,25GHz (23cm)
- Öffnungswinkel 45° / 5 Scheiben
- Antennengewinn ca. 12dBi / 5 Scheiben
- Polarisation wahlweise vertikal/horizontal

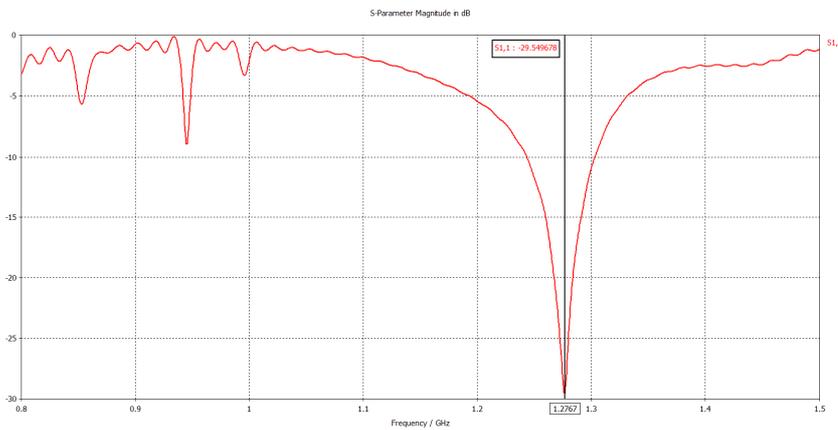
Übersicht über Gewinn und 3dB Öffnungswinkel in Abhängigkeit von der Scheibenanzahl

Typ	Gewinn [dBi]	3 dB Öffnungswinkel [°]
11 Scheiben	14,3	32,9/34,9
6 Scheiben	12,6	42,2/46,9
5 Scheiben	11,9	44,7/50,5
4 Scheiben	11,5	47,1/54,3
3 Scheiben	10,7	50,3/59,5
2 Scheiben	10,3	52,2/63,7
1 Scheibe	9,2	56,9/72,2

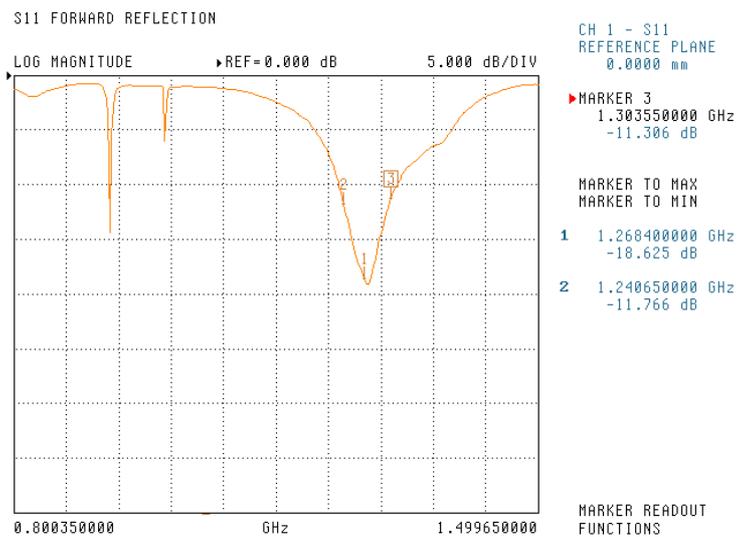
## Konstruktion - 3D-Modell



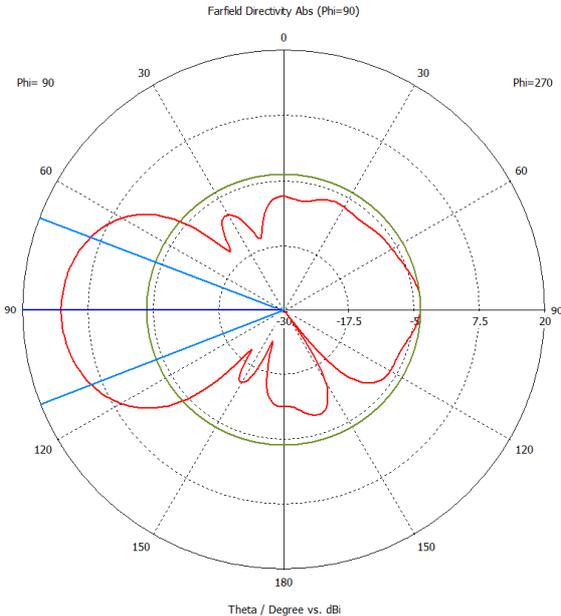
## Rückflussdämpfung S11 – Simulation



## Rückflussdämpfung S11 – Messergebnis

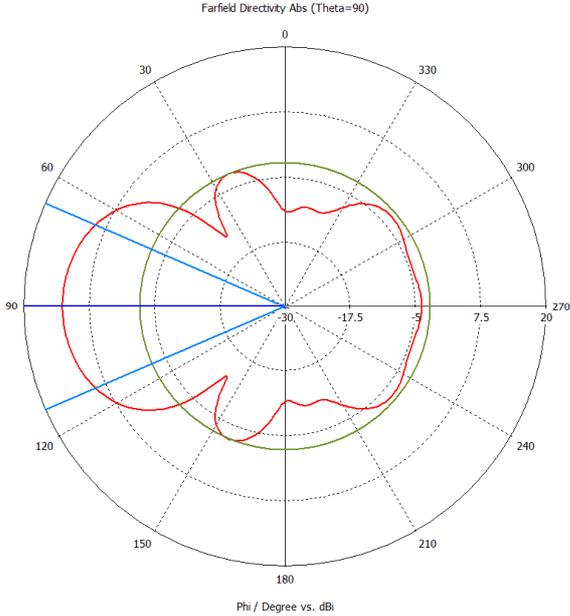


# Richtcharakteristik



farfield (f=1.285) [1]

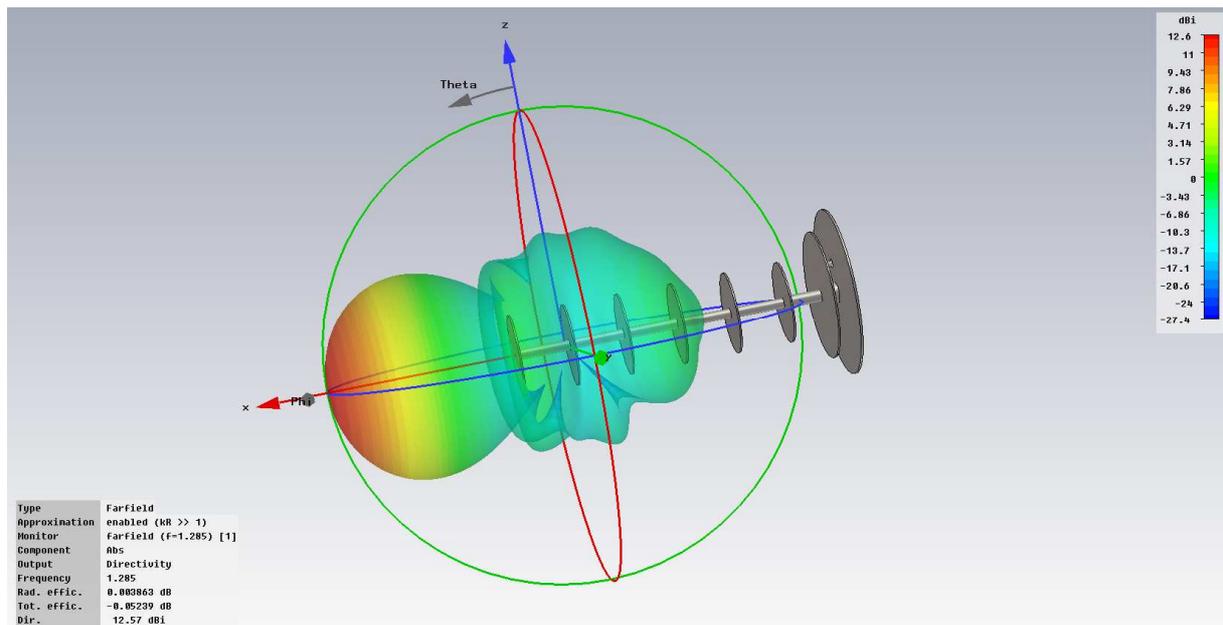
Frequency = 1.285  
 Main lobe magnitude = 12.6 dBi  
 Main lobe direction = 90.0 deg.  
 Angular width (3 dB) = 42.2 deg.  
 Side lobe level = -16.3 dB



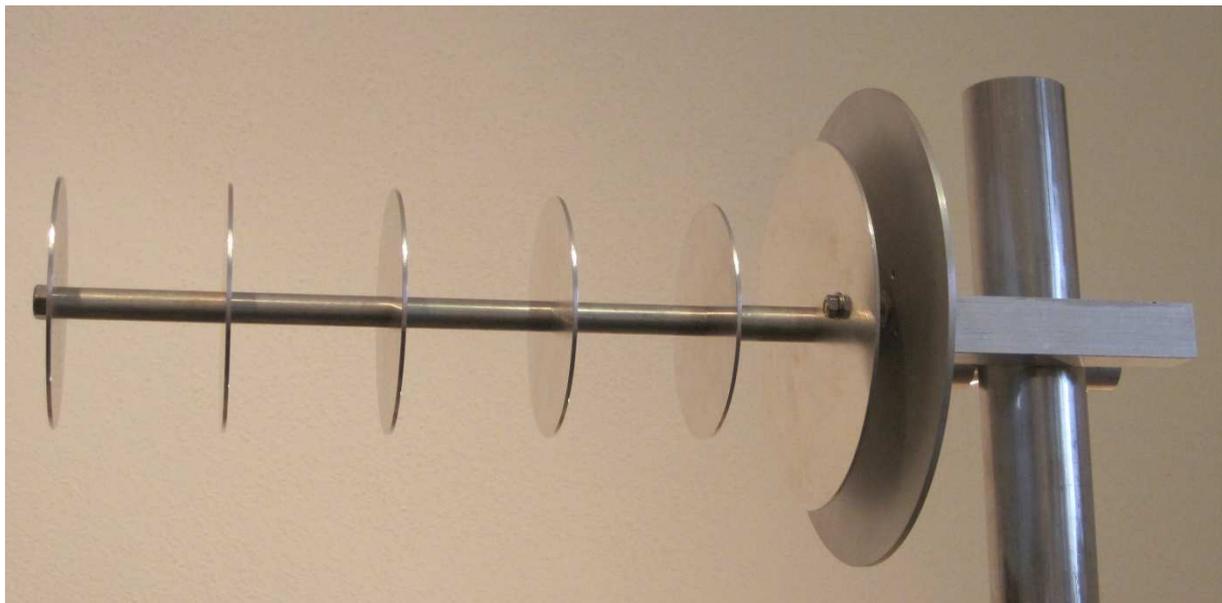
farfield (f=1.285) [1]

Frequency = 1.285  
 Main lobe magnitude = 12.6 dBi  
 Main lobe direction = 90.0 deg.  
 Angular width (3 dB) = 46.9 deg.  
 Side lobe level = -14.8 dB

## Richtcharakteristik 3D mit Struktur



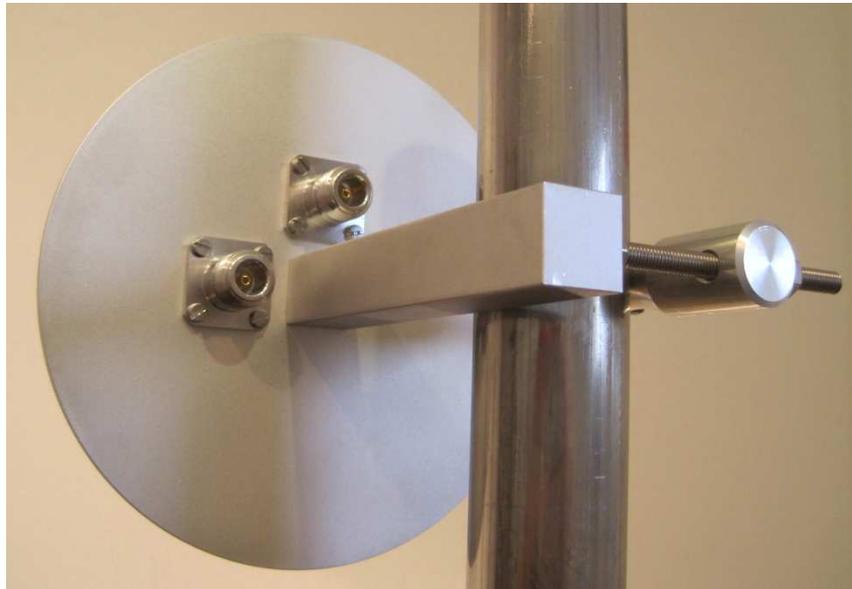
## Scheiben-Patchantenne 23cm



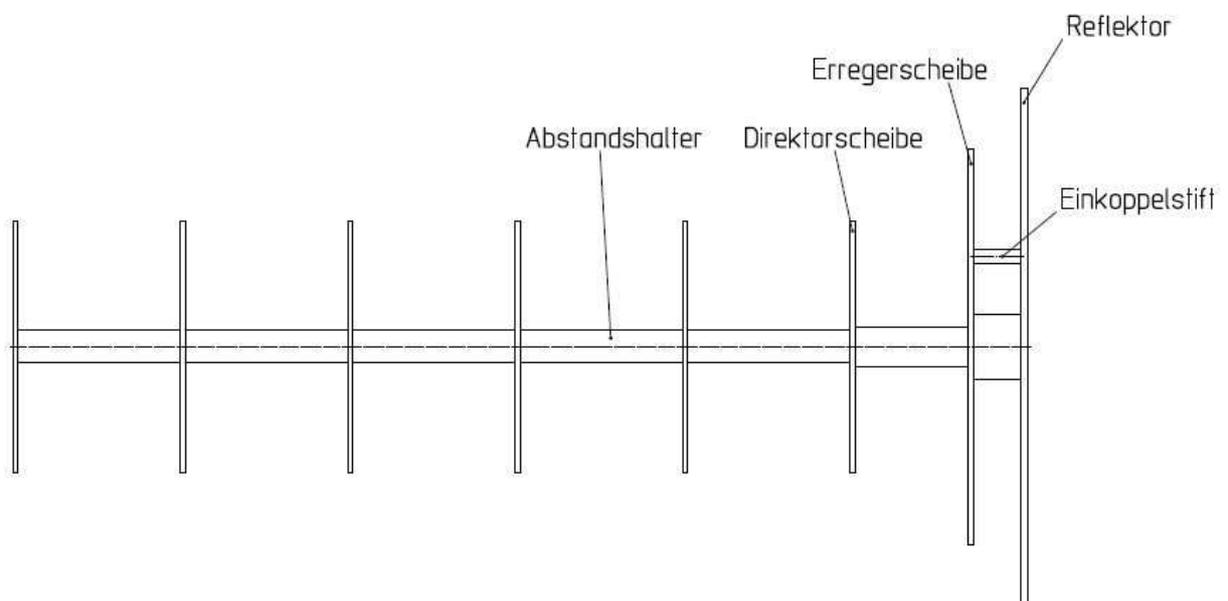
Nachdem die 1,25GHz (23cm) Version so gut funktioniert hat wurden die geometrischen Abmessungen für die 2,4GHz (13cm) Version berechnet und ein weiteres Muster aufgebaut. Das erste Labormuster war von der Mittenfrequenz her etwa 100MHz daneben, zeigte aber wie die 1,25GHz (23cm) Version die gleichen breitbandigen Eigenschaften. Durch eine weitere Optimierungsrunde wurde dann die optimale Geometrie für 2,4GHz (13cm) ermittelt. Nachdem die 2,4GHz (13cm) Version funktionierte wurden die Abmessungen für die 3,4GHz (9cm) geplant und gefertigt. Auch diese Antenne zeigt die gleichen Eigenschaften auf 3,4GHz (9cm).

In Gesprächen und bei Diskussionen um die Scheibenantenne, kam immer wieder die Frage auf ob sich eine zweite Einkopplung auf der anderen Polarisationssebene beeinflusst oder ob diese Anordnung ebenfalls möglich ist. Der Versuch mit einem Prototyp, im 23cm-Band, hat gezeigt, dass beide Polarisationssebenen funktionieren.

### Scheibenantenne 23cm mit horizontaler- und vertikaler-Einkopplung



### Aufbau



Zum Aufbau der Scheibenantenne ist noch zu erwähnen, dass die Abstandshalter sowie die Direktorscheiben alle die gleichen Abmessungen haben.

## Scheibenantenne für Amateur-Radioastronomie

Aufgrund der großen Entfernung der astronomischen Objekte, der Radioquellen, sind die Radiowellen sehr schwach. Daher versucht man in der Radioastronomie die Radiowellen mit großen Antennen zu bündeln. Die Radiowellen können nur von hochempfindlichen Verstärkern empfangen werden.

Im Radiowellenbereich liegen einige der wichtigsten spektralen Linien der Astronomie, unter anderem die HI-Linie (21-cm-Linie, 1420,4058 MHz), die von neutralen Wasserstoffatomen emittiert wird. [3]

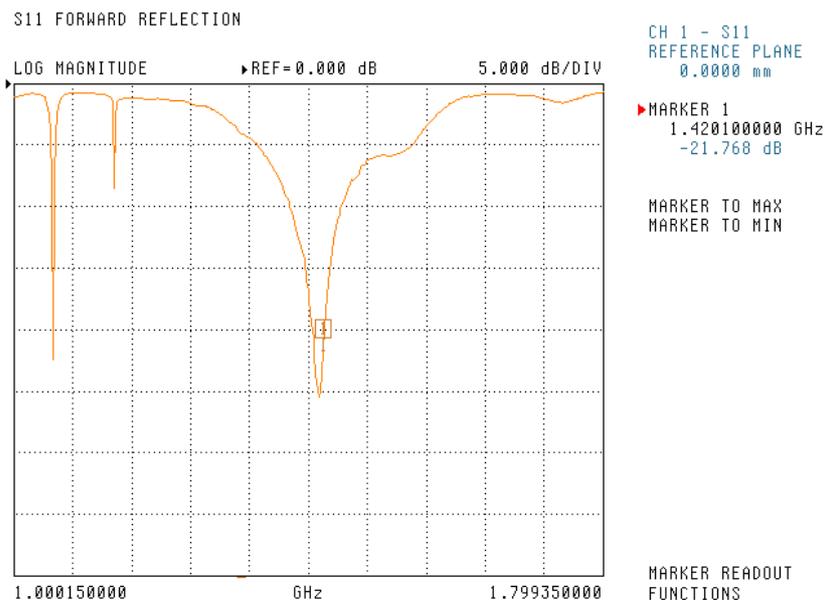
### HI-Linie

Die HI-Linie (H-Eins-Linie), auch Wasserstofflinie, ist in der Astronomie die Bezeichnung für die charakteristische Radiostrahlung des neutralen Wasserstoffs. Der auch verwendete Ausdruck 21-cm-Linie rührt von der entsprechenden Wellenlänge im Vakuum her. In der Radioastronomie spielt diese Strahlung eine wichtige Rolle, weil ihre Untersuchung Auskunft über die Dichteverteilung, Geschwindigkeit und Temperatur von Wasserstoffatomen im Universum gibt. Die Emissions- bzw. Absorptionslinie entsteht durch den Hyperfeinstrukturübergang des neutralen Wasserstoffatoms. Das ist der Energieunterschied zwischen der parallelen und antiparallelen Spin-Orientierung des Elektrons relativ zum Spin des Protons. Die Energiedifferenz beträgt etwa  $5,9 \cdot 10^{-6}$  eV, entsprechend einer Radiofrequenz von etwa 1,420GHz und einer Wellenlänge von etwa 21 cm.[3]

Für diese spezielle Frequenz wurde die Geometrie der Scheibenantenne ebenfalls angepasst und optimiert. Erste Versuche in der Praxis haben sehr gute Ergebnisse gezeigt.

Dieses Projekt wird von DG2NEU Thomas weiterentwickelt und verfeinert, weitere Informationen hierzu können auf seiner Homepage abgerufen werden. [4]

### Rückflussdämpfung S11 – Messergebnis



## Dosenstrahler

Für die ersten Versuche im Frequenzbereich 2,45GHz wurde eine Bauanleitung für einen Rohrstrahler als Erreger einer Parabolantenne für das 13cm Band von DJ1SL nach einem Vortrag auf der UKW-Tagung 1975 in Weinheim nachgebaut [5].

Der erste Laboraufbau wurde aus CuZn-Blechen zusammengelötet. Dieser Aufbau zeigte eine sehr schöne Anpassung im gesamten Frequenzbereich des 13cm Amateurfunk-Bandes.

Nachdem die erste Antenne erfolgreich zusammengelötet war und auch die ersten Reichweiten-Versuche vielversprechende Ergebnisse zeigten war schnell klar, woran an dieser Antenne noch gearbeitet werden muss.

Folgende, sehr wichtige Punkte erfüllte diese Antenne bereits:

- größtmöglicher Antennengewinn bei akzeptabler Baugröße
- gute Richtwirkung im Verhältnis zur Baugröße

Folgende Punkte erfüllte diese Antenne noch nicht:

- Aufbau mechanisch robust
- Aufbau aus nichtrostendem Material
- Möglichkeit die Polarisierung einfach zu drehen
- Möglichkeit die Elevation an der Antenne zu verstellen
- Möglichkeit die Antenne ihrer Umgebung anzupassen

## Theorie

Durchmesser und Länge vom Dosenstrahler können nicht beliebig gewählt werden wie gemeinhin angenommen wird. Der Dosenstrahler funktioniert wie eine Wellenleiter mit offenem Ende. Die Dose bildet einen sogenannten Rundhohlleiter, der die elektromagnetische Welle bis zur Dosenöffnung führt. Am Dosenende pflanzt sich die Welle in der Luft fort. Mit Hilfe der Simulationssoftware CST Microwave Studio kann so der optimale Dosendurchmesser ermittelt werden. Der optimale Durchmesser für 2,45GHz liegt zwischen 84mm und 92mm. Die Rohrlänge ist im Bereich von 100mm bis 150mm, je nach Rohrdurchmesser optimal.

Nach längerem Suchen wurde bei einem Halbzeuge Händler ein geeignetes Aluminium Rohr, welches eine Wandstärke von 2mm aufweist, gefunden. Dieses Rohr erfüllte die Stabilitätsansprüche. Als Antennenboden wird ebenfalls Aluminium verwendet. Diese beiden Teile werden mechanisch zusammengepresst. Durch das Verpressen entfällt die Lötarbeit vom Messingblech. Der Erregerstift wird aus CuZn gedreht und dann mit einem handelsüblichen HF-Stecker verlötet. Der Abgleich erfolgt mittels einer M2 Schraube im Erregerstift. Diese Technik hat sich bestens bewährt.

Um bei der Wellenlänge von 2,45GHz (genau sind es 122,45mm), die Antenne über den gesamten Frequenzbereich mit einer Rückflussdämpfung besser als 18dB exakt abzustimmen, ist ein Netzwerkanalysator unumgänglich. Versuche, dies ohne Überprüfung

an einem Messgerät exakt zu erreichen, haben gezeigt, dass der Parameter der Rückflussdämpfung einen erheblichen Einfluss auf die Reichweite der Funkstrecke hat.

Durch das Anbringen von vier Gewindelöchern M6 in der Bodenseite des Dosenstrahlers ist es möglich mit Hilfe von Gewindestangen den Erreger sowohl horizontal als auch vertikal optimal auszurichten.

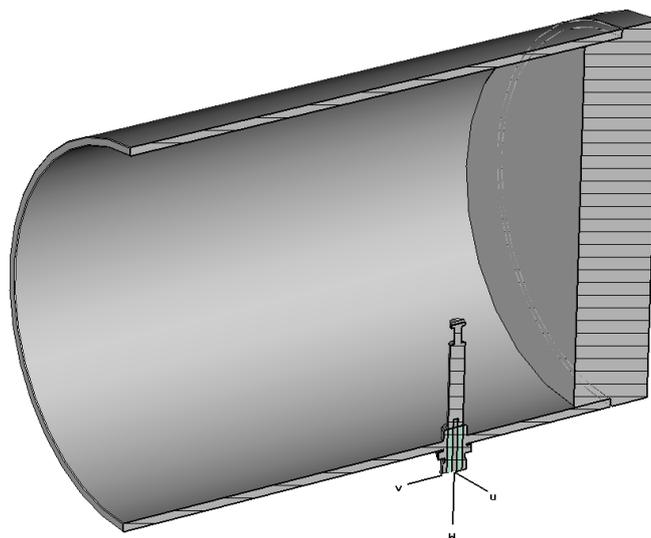
Bei Feldversuchen mit dem Dosenstrahler und nur einem Radom aus Frischhaltefolie, fixiert mit einem Klebeband oder dergleichen, hat sich gezeigt, dass die Frischhaltefolie keinen nennenswerten Einfluss auf die abgestrahlte bzw. auf die empfangene Welle hat. Eine stabilere, UV beständigere Kunststoffscheibe, hat den Nachteil, daß das HF-Signal gedämpft und sich somit bei kritischen Verbindungen das Signal-Rauschverhältnis verkleinert. Hier muss sich der Benutzer zwischen der stabilen Variante und der High-S/N-Variante entscheiden.

Der 3dB-Öffnungswinkel dieser Antenne liegt in beiden Ebenen bei 75Grad. Dieser Wert hat sich auch in der Praxis bestätigt.

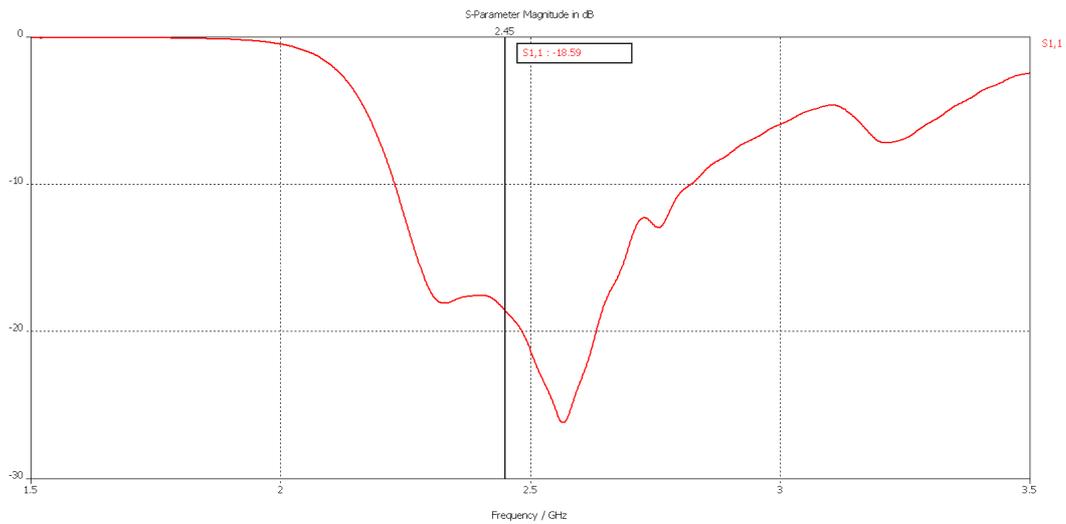
### Spezifikationen

- Frequenzbereich 2,4GHz ISM (2,4GHz-2,5GHz)
- Reichweite ca. 2000m / Einbau in 2m Parabolspiegel ca. 10000m (Feldtest)
- Öffnungswinkel 75°
- Antennengewinn ca. 8dBi
- Polarisation wahlweise vertikal/horizontal

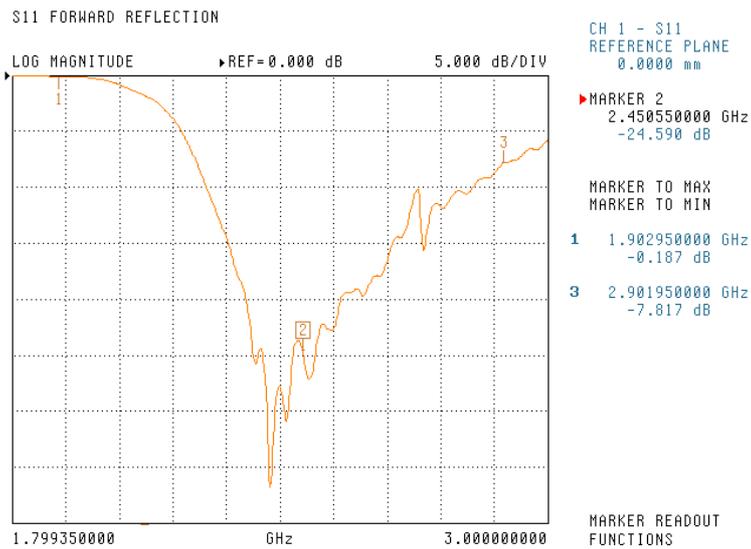
### Konstruktion - 3D-Model



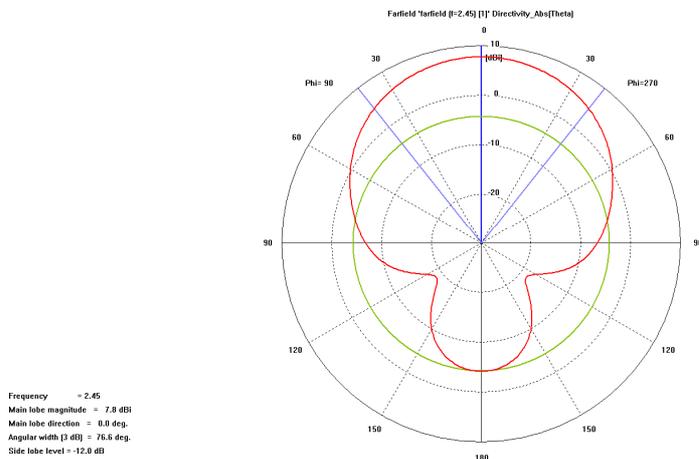
## Rückflussdämpfung S11 (Simulationsergebnis)



## Rückflussdämpfung S11 ( Messergebnis )



## Richtcharakteristik (Simulation)



## Dosenstrahler mit Masthalterung



Einige Anwender dieser Antenne haben sich den Dosenstrahler an der Außenseite in der entsprechenden Umgebungsfarbe lackiert, um somit die Antenne zu tarnen. Ein Klebebandstreifen in waagerechter Richtung zweimal auf die Antenne geklebt hilft, dass Regenwasser nicht bis zum Steckverbinder herunter laufen kann. Sobald ein Radom eingesetzt wird, ist an der tiefsten Stelle der Antenne ein Kondenswasser Loch zu bohren. Dieses Loch sollte aber nicht größer als 2mm sein und sich an der tiefsten Stelle der Antenne befinden.

### Ausblick und Resümee

Durch den Einsatz dieser Antennen sowohl im Outdoor als auch im Indoor Bereich seit mittlerweile fast 12 Jahren kann von bewährter Technik gesprochen werden. Weitere aktuelle Informationen erhalten Sie unter [www.falk-on-tour.de](http://www.falk-on-tour.de) oder bei gezielten Fragen unter [info@falk-on-tour.de](mailto:info@falk-on-tour.de).

### Literatur

[1] Quadantenne URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Quadantenne> [Stand: 14.01.2012].

[2] Helmut Bayerlein DC3YC, ADACOM-Magazin 7 (1994) Breitbandige Richtantennen für die Mikrowellenbänder.

[3] HI-Linie URL. <http://de.wikipedia.org/wiki/HI-Linie> [Stand: 14.01.2012].

[4] DG2NEU Thomas Freina Amateurradioastronomie <http://www.DG2NEU.de>

[5] UKW-Berichte 1/1976 Rohrstrahler als Erreger einer Parabolantenne für das 13cm Band