

10GHz/3cm – Hornstrahler für Parabol- und Offsetspiegel

Einleitung

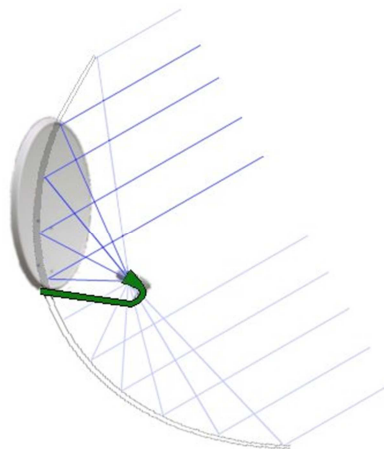
In diesem Vortrag soll ein 10GHz/3cm – Hornstrahler mit Koaxialanschluss vorgestellt werden, welcher ohne große Adaptierung in die LNB-Halterung von einem Offset-Parabolspiegel eingebaut werden kann. Bei verschiedenen Amateurfunkveranstaltungen wurde der Wunsch nach einem solchen Hornstrahler für 10GHz/3cm an mich herangetragen. Nachdem die ersten Recherchen im Winter 2012/13 zu diesem Thema positiv verlaufen waren, fiel die Entscheidung einen Prototyp herzustellen.

Es gibt verschiedene Ansätze und Bauvorschläge zu diesem Thema. Da dieses Thema sehr komplex ist möchte ich hier meine Erfahrungen von der Konstruktion, über die Herstellung sowie die verschiedenen Ergebnisse der Simulation und der Messungen, vorstellen. Mir ist bekannt, dass hier nur ein kleiner Einblick in dieses Thema vermittelt werden kann. Desweiteren sollte nicht unerwähnt bleiben, dass dieses Amateurfunk-Projekt die üblichen Mittel zur Simulation, sowie den Werkzeugeinsatz und die eingesetzten Mess-Mittel weit übersteigt.

Offsetantenne

Bei einer Offsetantenne ist der Parabolreflektor ein Ausschnitt aus einem Paraboloiden. Der Erreger (eine Hornantenne) und seine Halterung befinden sich außerhalb der Hauptstrahlungsrichtung und können somit das Antennendiagramm nicht mehr durch "Schattenbildung" negativ beeinflussen.

Der Erreger strahlt nach oben in einen Parabolreflektorausschnitt und die untere Hälfte des Parabolspiegels wird nicht mehr verwendet. Die Spiegelfläche ist auch nicht mehr kreisrund sondern elliptisch, damit sie wegen des Offsets des Erregers besser ausgeleuchtet wird. Als Erreger werden meist Rillenhornstrahler verwendet. [1]



Offsetantenne mit Strahlenverlauf

Offsetantennen werden hauptsächlich für den Empfang von Satellitenfernsehen eingesetzt. Durch die großen Stückzahlen welche hier produziert werden, sind die Kosten für einen Offset-Spiegel sehr niedrig und somit für den Funkamateur interessant.



OE2IGL Dual-Mode-Feed für 10,4Ghz [2]

Bezugsquellen-Beispiel für einen preisgünstigen Offsetparabolspiegel mit sehr guten technischen Daten welche im Internet zu finden sind.

Gibertini OP65E Alu Antenne hellgrau Preis 25,99€ [3] (Stand 01.01.2014)

Technische Daten:

- Offset Sat-Antenne
- Frequenzbereich: 10.00 – 13.00 GHz
- Elevationswinkel: 15°-45°
- Öffnungswinkel: 4.7°
- F/D Verhältnis: 0,66
- LNB-Halterung: 40mm/23mm
- Windlast: 14,5kg bei 120 km/h

10 GHz/3cm Strahler

Um die erste Version vom Horn Strahler dimensionieren zu können waren mir folgende Quellen sehr hilfreich [4], [5], [6], [7].



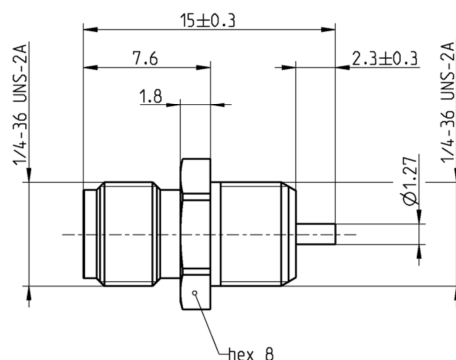
OE2IGL Dual-Mode-Feed für 10,4Ghz [2]

10GHz/3cm Strahler Kurzversion

Die Konstruktion der Hornantenne sollte nicht, wie in den Bauvorschlägen beschrieben, aus verschiedenen Kupferrohrstücken und deren gebräuchlichen Übergängen durch Zusammenlöten hergestellt werden, sondern aus einem Aluminium Rundmaterial spanend bearbeitet werden. Durch diesen Aufbau können die Materialwandstärken so angepasst werden, dass eine gute Stabilität gewährleistet ist. Zur Signal-Einkopplung wird eine Koaxialdurchführung 32K644-500L5 von der Firma Rosenberger [8] verwendet, welche direkt in den Hornstrahler eingeschraubt wird. Die Verbindung zwischen Erregerstift und Innenleiter der Koaxialbuchse wird durch Löten hergestellt.

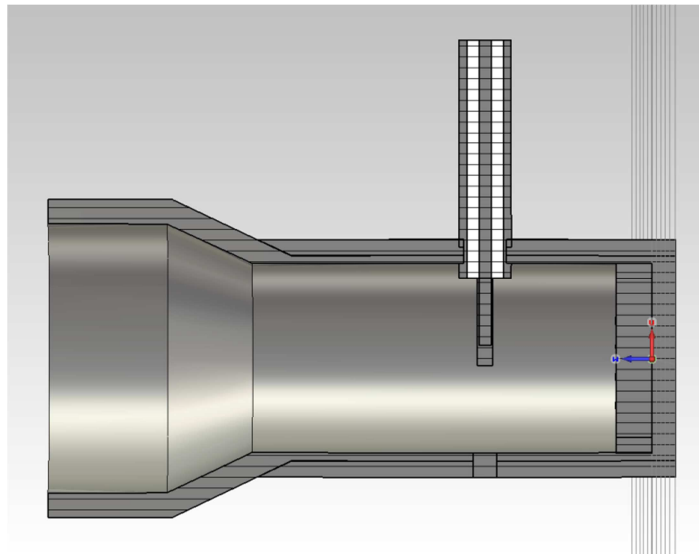
Spezifikationen

- Frequenzbereich 10,368 GHz (3cm)
- Öffnungswinkel 3dB: 73°
- Antennengewinn: 9dBi

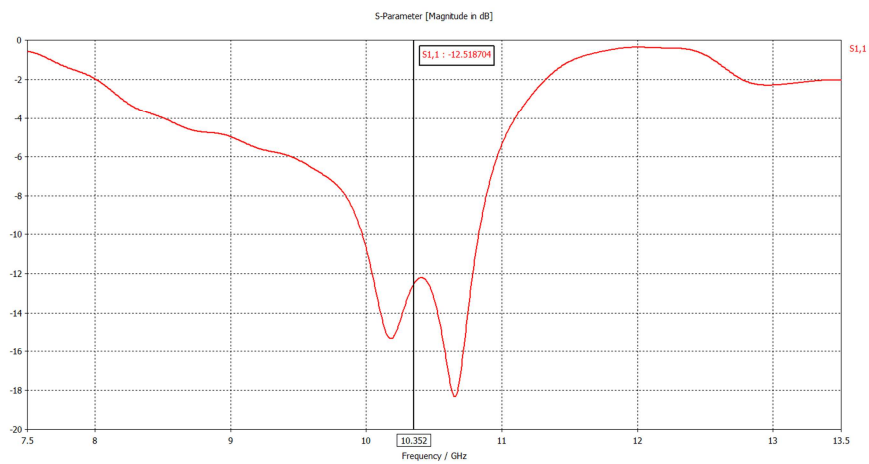


Koaxialdurchführung Rosenberger 32K644-500L5

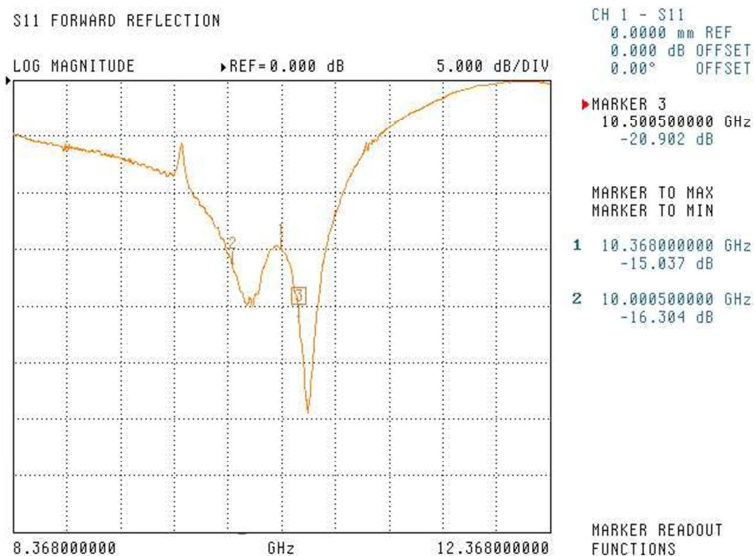
Konstruktion 3D-Modell



Rückflussdämpfung Simulation S11 -12,5dB/10,352GHz

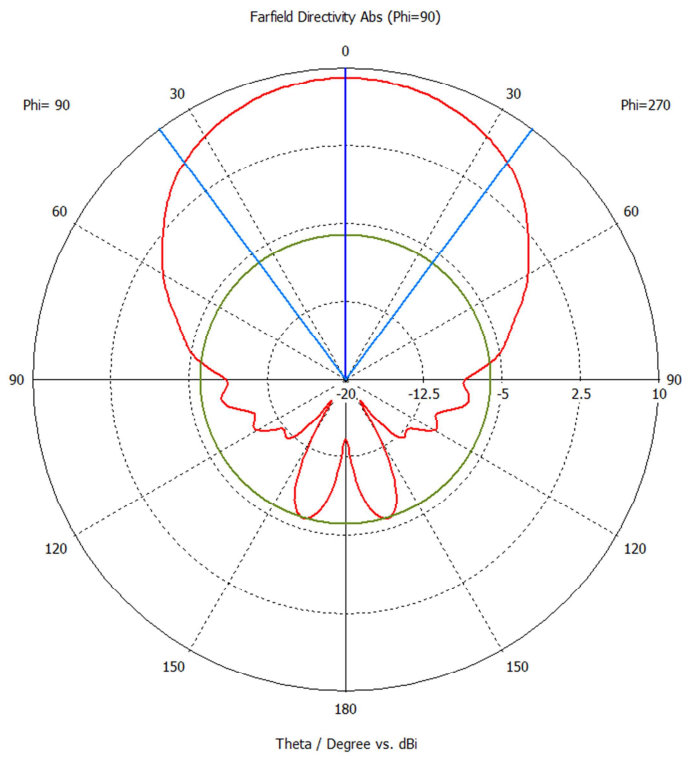


Rückflussdämpfung Messergebnis S11 -15,0dB/10,368GHz

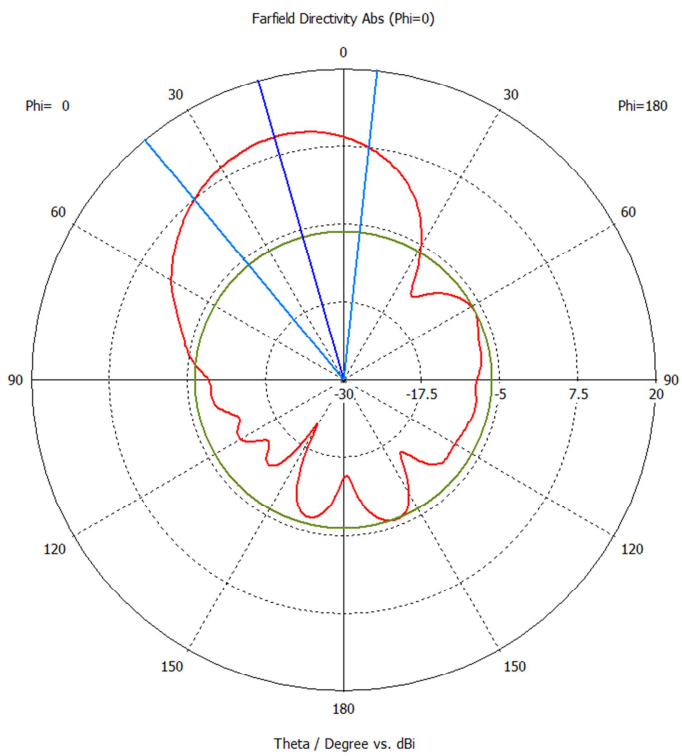


Richtcharakteristik

H-Ebene



E-Ebene



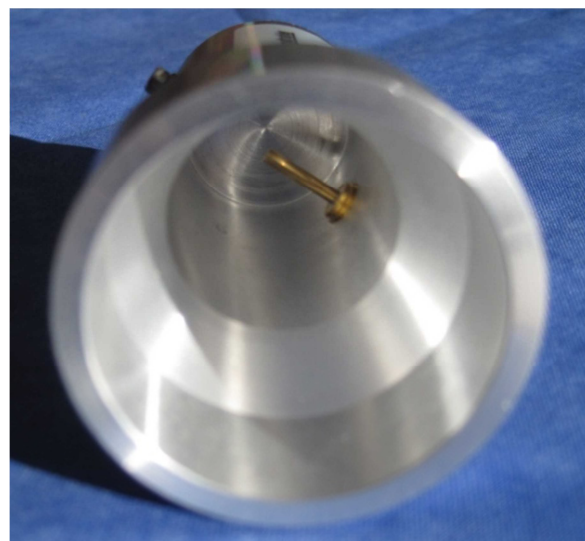
Prototyp 10Ghz/3cm Hornstrahler kurz



Erregerstift 10GHz Hornstrahler (Kurzversion)



10GHz Hornstrahler (Kurzversion)



10GHz Hornstrahler (Kurzversion)

Nachdem die ersten Prototypen aufgebaut und vermessen waren wurde der Wunsch nach mehr Gewinn und einem kleineren Öffnungswinkel, um einen Offset-Parabolspiegel optimal ausleuchten zu können, weiter verfolgt. Insbesondere Offset-Antennen erfordern Erreger mit kleineren Öffnungswinkeln.

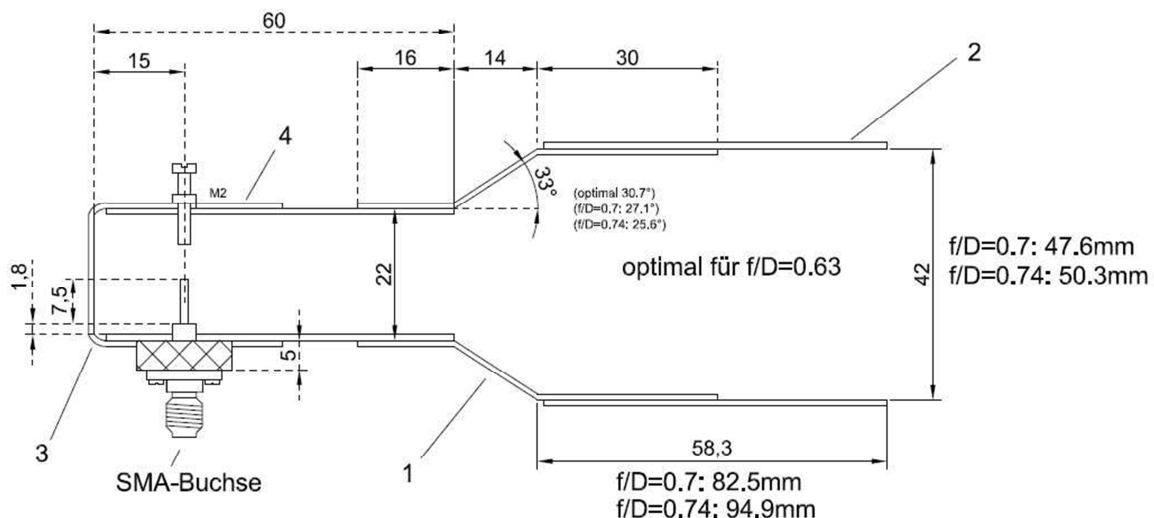
Grundlagen 10GHz Dual-Mode Hornstrahler aus Kupfer Fittings nach G3PHO

In den Mikrowellen-Fachzeitschriften sind viele Bauvorschläge von Hornstrahlern zu finden. Um den Gewinn beim Hornstrahler noch etwas zu steigern und auch die Performance für den Einsatz als Erreger für ein Offset-Parabol zu verbessern sind folgende bekannten Quellen [4], [5], [6], [7] sehr geeignet und hilfreich. Der Dual-Mode Hornstrahler ist sehr gut geeignet für Offset-Parabolspiegel welche ein f/D -Verhältnis im Bereich von 0,5 bis 0,7 aufweisen. Desweiteren ist das Strahlungsdiagramm in der E- und H-Ebene sehr symmetrisch im Gegensatz zu anderen Erregersystemen. Der Dual-Mode Hornstrahler ist ein sehr „sauberer“ Strahler, da er keine Nebenkeulen mit Nullstellen aufweist und eine sehr gute Rückflusdämpfung S_{11} (Anpassung) zeigt. Da die Phasenzentren der beiden Ebenen sich nahezu am gleichen Punkt befinden ist, es einfach den Strahler in den richtigen Brennpunkt beim Offset-Parabol zu positionieren.

Vorteile um diesen Hornstrahler für den Offset-Spiegel weiter zu verfolgen:

- Ausleuchtung-Kegel
- Spillover
- Symmetrie E- / H-Ebene
- Brennpunktgenauigkeit
- Hornstrahler – Nebenkeulen
- Blockierung durch den Hornstrahler und Stützstreben
- Ungenauigkeiten in der Geometrie vom Offset-Spiegel

Dual Mode Horn für 10368 MHz (koaxial)



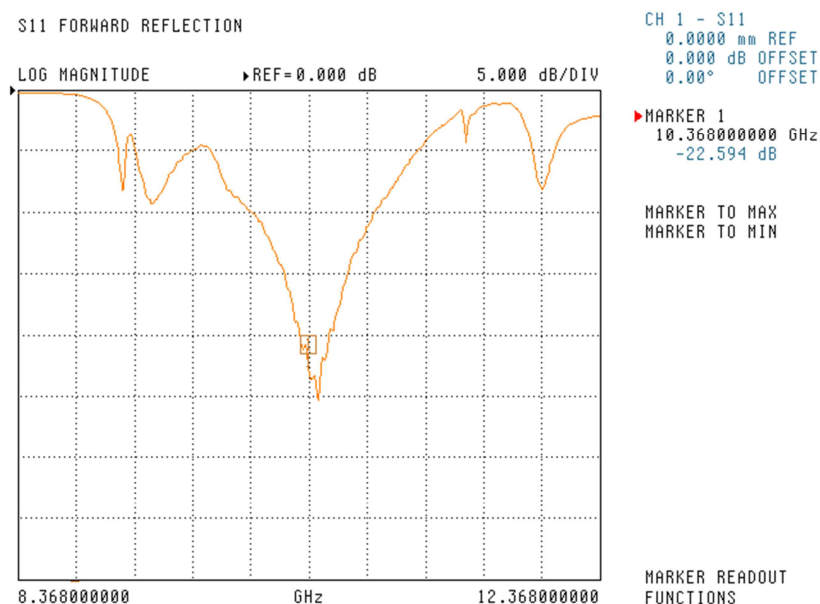
Zeichnung Dual-Feed Horn [9]

Nach der ersten Dimensions-Abschätzung war klar, dass dieser 10GHz Dual-Mode Hornstrahler nicht aus einem Stück hergestellt werden kann. Daraus resultierte ein Aufbau aus 3 Teilen. Um die Zerspanung von Aluminium so gering wie möglich zu halten wurde ein Rohr mit den Abmessungen 45x2 (AlMgSi0,5) gesucht. Dieses Rohr kann über den Handel bezogen werden. Die beiden anderen Teile waren ohne Problem als Drehteile zu fertigen. Die Fügestellen wurden als Presspassungen ausgelegt, dadurch ist auch der Einsatz bei unterschiedlichen Temperaturen kein Problem. Der Einsatz von Aluminium hat noch den weiteren Vorteil, dass der Hornstrahler nicht anfängt zu korrodieren. Um die Rückflussdämpfung S11 auf den optimalen Wert einstellen zu können, wird auf der gegenüberliegenden Seite der Einkopplung eine M2 Abgleichschaube mit Kontermutter angebracht, um am Network-Analyser den 10GHz Strahler auf den maximalen Wert abzustimmen.

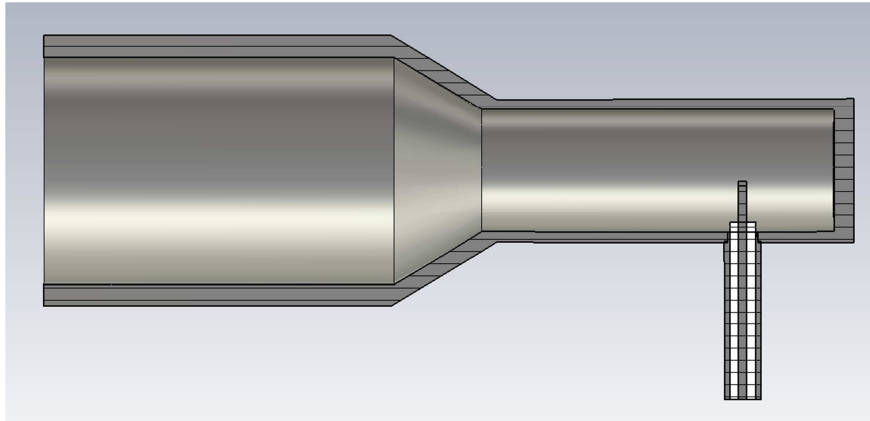
Der Erregerstift hat bei dem Hohlleiterdurchmesser von 22mm einen Durchmesser von 2mm und eine Länge von 7,6mm. Laut Simulation müsste der Durchmesser vom Erregerstift einen Durchmesser von 1,3mm aufweisen – dies ist jedoch mechanisch nicht sehr gut zu realisieren, da die verwendete SMA Koaxialdurchführung 32K644-500L5 von der Firma Rosenberger [8] von Haus aus schon einen Innenleiterdurchmesser von 1,27mm misst.

Sollte der Wunsch nach einer nicht so ausgeprägten Resonanzstelle bestehen kann man den Hohlleiterdurchmesser auf 20mm reduzieren und erhält dann mit den gleichen Erregerstiftabmessungen, folgende Rückflussdämpfung.

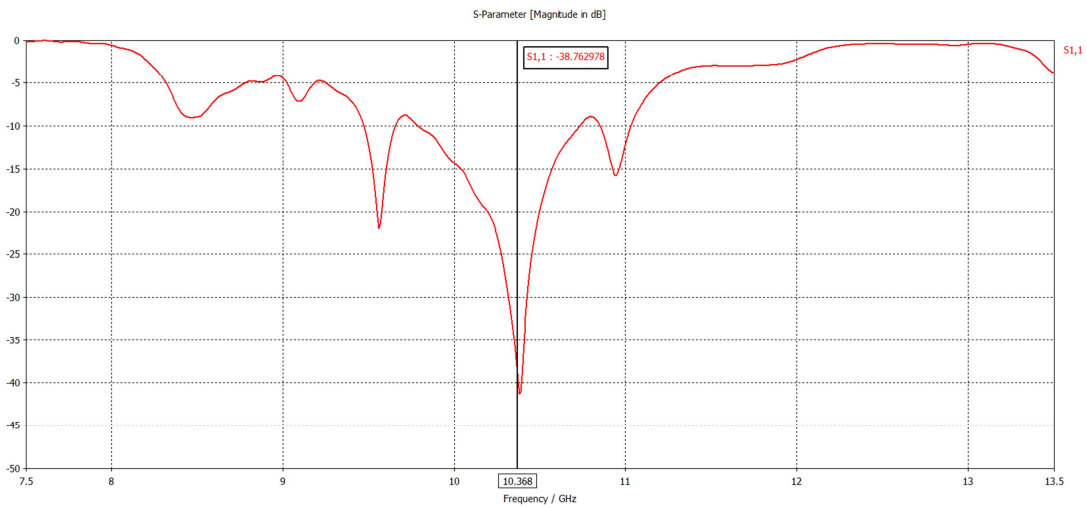
Rückflussdämpfung Messergebnis S11 -15,0dB/10,368GHz



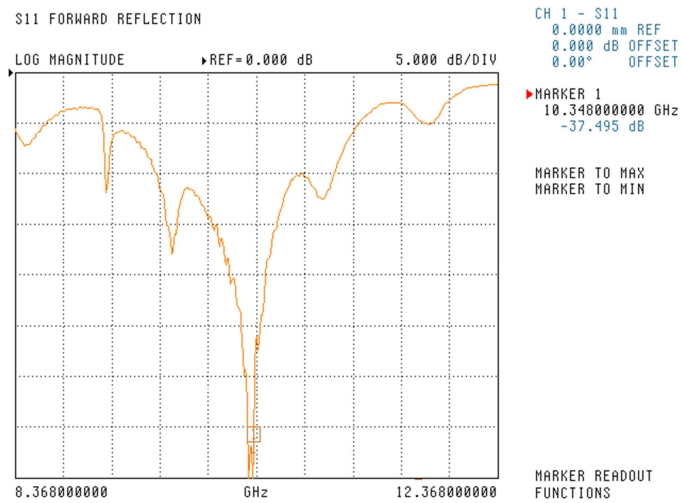
Konstruktion 3D-Modell



Rückflussdämpfung Simulation S11

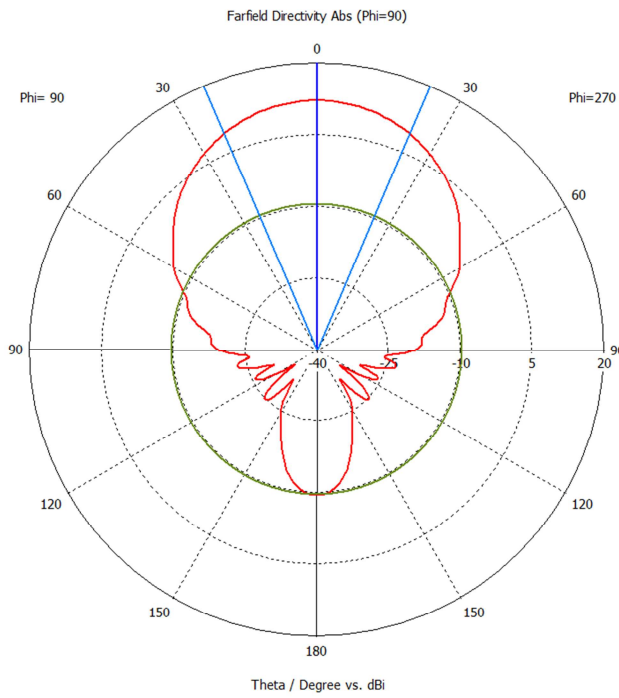


Rückflussdämpfung Messergebnis S11



Fernfeld (Darstellung in Polarkoordinaten)

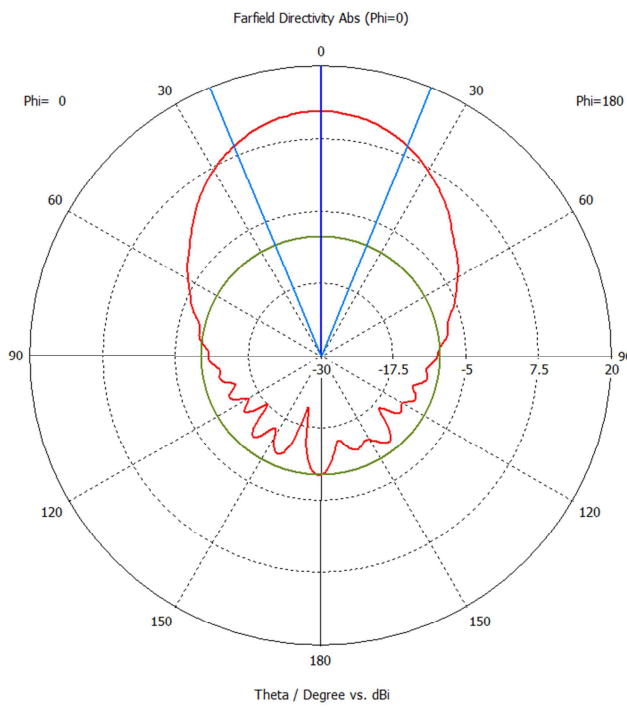
H-Ebene



farfield (f=10.368) [1]

Frequency = 10.368
Main lobe magnitude = 12.2 dBi
Main lobe direction = 0.0 deg.
Angular width (3 dB) = 46.3 deg.
Side lobe level = -21.7 dB

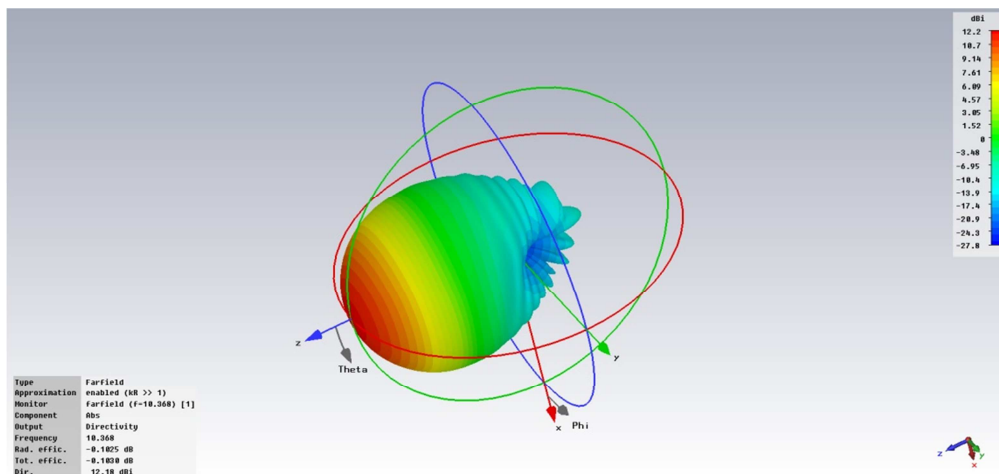
E-Ebene



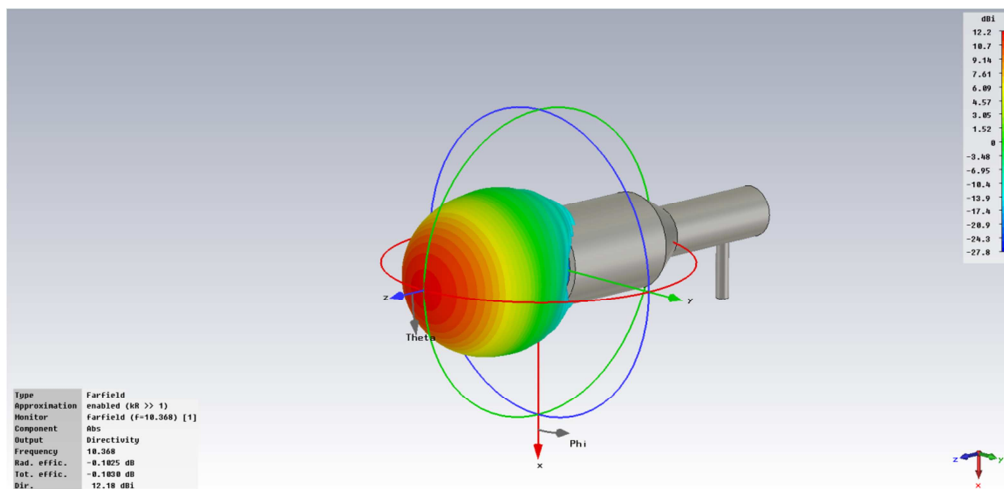
farfield (f=10.368) [1]

Frequency = 10.368
Main lobe magnitude = 12.2 dBi
Main lobe direction = 0.0 deg.
Angular width (3 dB) = 44.7 deg.
Side lobe level = -21.6 dB

Fernfeld (3D)



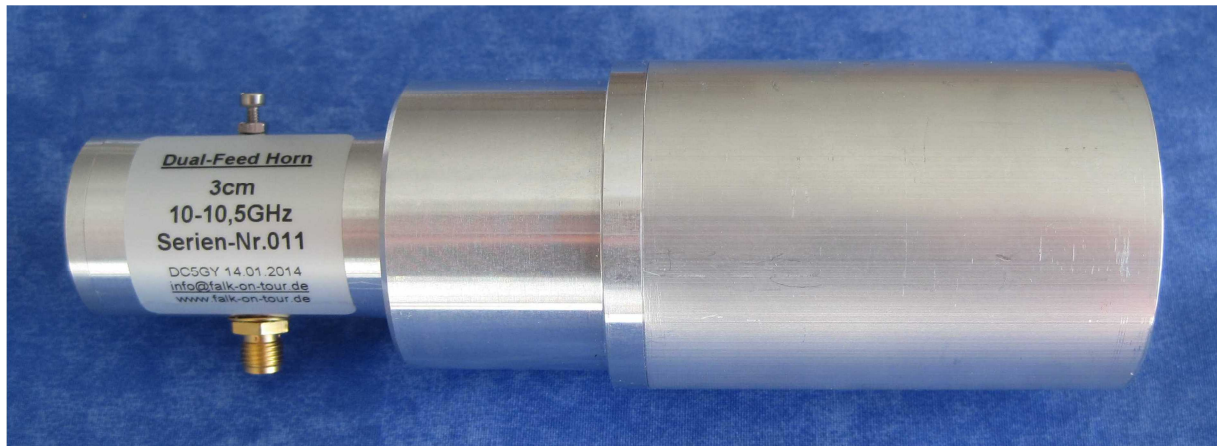
Fernfeld (3D inklusive Konstruktion)



Prototyp 10GHz/3cm Hornstrahler (lang)



Erregerstift 10GHz Hornstrahler (Langversion)



10GHz Dual-Feed Hornstrahler

Spezifikationen

- Frequenzbereich 10,368 GHz (3cm)
- Öffnungswinkel 3dB: H-Ebene 46° E-Ebene 45°
- Antennengewinn: 12dBi

Literatur

[1] Offsetantenne <http://de.wikipedia.org/wiki/Offsetantenne> [Stand 01.01.2014]

[2] OE2IGL Gerald Ihringer

[3] www.Ewerk-onlineshop.de 60cm Offsetspiegel

Dual mode feed horn und deren Berechnung

[4] http://www.w1ghz.org/antbook/ch6_5-1.pdf

Der Feed für Standardoffset von G3PHO mit einer Outputlänge von 47mm

[5] <http://www.g3pho.free-online.co.uk/microwaves/horn.htm>

[6] <http://www.g3pho.free-online.co.uk/microwaves/horn.pdf>

Anhaltspunkte für Öffnung und Länge je nach f/D eines Spiegels

[7] http://www.w1ghz.org/antbook/conf/optimized_dualmode_feedhorns.pdf

[8] Rosenberger Hochfrequenztechnik GmbH & Co. KG 83413 Fridolfing

[9] DL3IAE Daniel Koch