



*Gunthard Kraus, DG 8 GB*

## Entwurf einer Biquad-Antenne für 5,8 GHz mit 4NEC2 - geht das überhaupt?

Die Biquad-Antenne ist mit ihren kleinen Abmessungen eine interessante Konstruktion. Mit relativ geringem mechanischem Aufwand erreicht man nicht nur einen theoretischen Gewinn von knapp über 10 dB, sondern auch ein gutes Vor-Rück-Verhältnis.

Deshalb wurde aus Neugier untersucht, ob sich die bekannte Software „4NEC2“ noch bei dieser hohen Frequenz einsetzen lässt und welche Probleme bei der praktischen Umsetzung auftreten. Dieser Frequenzbereich steht ja sowohl dem Amateurfunk wie auch dem neuen 5G-Handybereich zur Verfügung. Somit kann eine solche Richtantenne recht nützlich sein.

### 1. Entwurf mit einem Internet-Calculator

Der Artikel über den Bau einer 13-cm-Antenne (= 2300 MHz) in Ausgabe 3/2018 der UKW-Berichte [1] ist Aus-

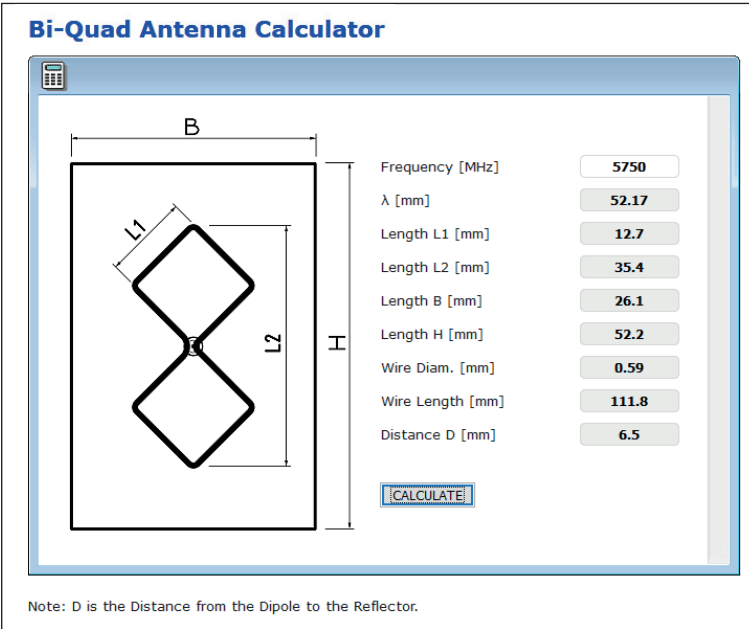
gangspunkt. Darin wird sehr ausführlich über das Prinzip samt Grundlagen, den Entwurf, die NEC-Simulation, die Symmetrierung und die praktischen Ergebnisse berichtet.

Los geht es mit dem Aufruf eines passenden Internet-Calculators aus einer bekannten Homepage in der Schweiz, bei der man noch viele nützliche andere Sachen findet [2].

Wie einfach der Entwurf wird sieht man in **Bild 1**: Es ist lediglich die Eingabe der vorgesehenen Bandmitten-Frequenz von 5750 MHz nötig, um alle Entwurfsdaten zu erhalten (...wobei die Reflektorabmessungen ohne schlimme Folgen gegenüber den vorgeschlagenen 26,1 mm x 52,2 mm auf 60 mm x 60 mm vergrößert werden konnten).

Die nötigen Informationen für die weitere Arbeit sind deshalb

- a. die Armlänge L1 mit 12,7 mm
- b. der Abstand D zwischen Antenne und Reflektor mit 6,5 mm



*Bild 1: Ein Online-Calculator, der leicht zu bedienen ist und auch noch gute Ergebnisse liefert, ist schon eine feine Sache*

c. der Drahtdurchmesser mit 0,6 mm.

Damit kann man in die 4NEC2-Simulation übergehen.

## 2. Simulation mit 4NEC2

Der Entwurf ist nicht sonderlich schwierig, wenn man das NEC-File der 2300 MHz-Antenne als Ausgangsbasis verwendet und obige Daten einsetzt (**Tabelle 1**). Das 3D-Ergebnis findet sich in **Bild 2** und der 2 Millimeter lange „Steg“ zur Speisung der Anordnung ist gut zu erkennen. Natürlich wird die Struktur dadurch leicht auseinander gezerrt, aber der Einfluss ist relativ gering. Jedoch lässt

sich so die Speisung leicht einfügen.

Die Simulation des Fernfeldes weckt natürlich mit einem theoretischen maximalen Gewinn von 10,8 dBi große Hoffnungen (**Bild 3**), aber die Enttäuschung folgt bei einem Sweep der Eingangsimpedanz über der Frequenz (**Bild 4**): Die Resonanzfrequenz liegt mit ca. 5650 MHz deutlich zu tief. Erst dort ist  $X = \text{Null}$ , aber der Eingangswiderstand beträgt zum Glück fast genau 50  $\Omega$ .

Also startet man über die Taste F12 den „Optimierer“ und lässt durch ihn einen Verkürzungsfaktor „y“ für die Armlänge variieren, um auf eine Resonanz bei 5750 MHz zu kommen. Mit dem Ergebnis von  $y = 0,9818$  ergibt sich dann



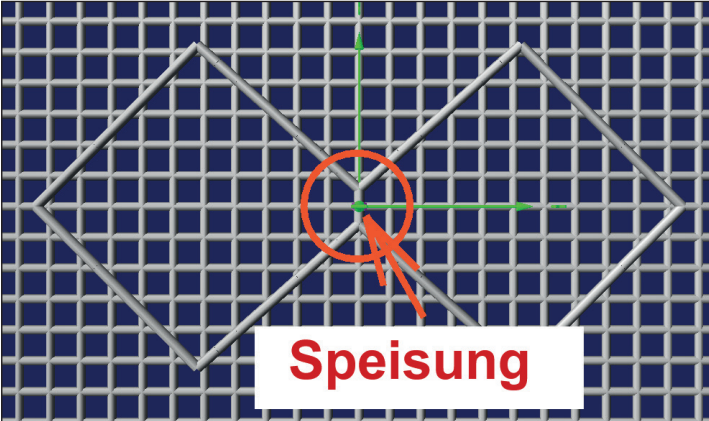
0,9818 • 12,7 mm = 12,5 mm  
für jeden einzelnen Arm.

### 3. Praktische Umsetzung

Man sollte solche symmetrischen Antennen grundsätzlich immer sym-

CM File = biquad_5750M_01.NEC									
CM Biquad 5750 MHz / Lambda = 300 / frequenz = 52,17 mm									
CM Armlänge = Lambda/Viertel = 13,04 mm									
CM Höhe über Ground = 300/frequenz/8 = 6,52mm									
CM Laenge des Reflektors = 60mm									
CM Breite des Reflektors = 60mm									
CE									
,									
SY freq = 5750.0 , Frequenz									
SY y = 1 , Korrektur der Armlänge									
SY rh = 300/freq/8 , Reflektorabstand = Lambda/8									
SY ds = 0.0006/2 , Drahtstaerke Kupferdraht 0,6 mm									
SY x = 300/freq/4*sin(45)*y , Kathete der Armlänge									
,									
, Strahler									
GW	1	1	0	-0.001	0	0	0.001	0	ds
GW	2	8	0	0.001	0	-x	x	0	ds
GW	3	8	-x	x	0	-2*x	0	0	ds
GW	4	8	-2*x	0	0	-x	-x	0	ds
GW	5	8	-x	-x	0	0	-0.001	0	ds
GM	4	1	0	0	180	0	0	0	2
,									
, Reflektor									
,									
GW	1000	1	0	0	-rh	0	0.002	-rh	ds
GW	1001	1	0	0.002	-rh	0.002	0.002	-rh	ds
GM	2	14	0	0	0	0	0.002	0	1000
GM	37	14	0	0	0	0.002	0	0	1000
GM	666	3	0	0	90	0	0	0	1000
GE	0								
,									
,LD	5	0	0	0	5.8001E7	,Kupfer			
,									
EK									
EX	0	1	1	0	1	0			
FR	0	1	0	0	FREQ				
EN									

Tabelle 1: Das NEC-File für die 5,75 GHz BiQuad-Antenne



*Bild 2:  
Diese 3D-Antennen-  
struktur wurde mit  
dem Notepad-Editor  
für die 4NEC2-Simu-  
lation entworfen  
(siehe Text und  
Tabelle 1)*

metrisch speisen. Wer dagegen ein Koaxialkabel direkt an die Antenne lötet, verbiegt nicht nur das Richtdiagramm, sondern handelt sich auch Mantelwellen mit all ihren möglichen unangenehmen Folgen (speziell im Sendefall) ein. In [1] wird darauf ausführlich eingegangen.

Also wurde wieder ein Lambda-Viertel-Topf vorgesehen und bei dieser hohen Frequenz sieht der schon etwas anders aus als bei tiefen Frequenzen.

Hierfür wurde ein Stück Messing-Rundmaterial mit 6 mm Durchmesser im Inneren mit einem zylindrischen Zapfensinker (Durchmesser = 5 mm) ausgebohrt und genau auf die Tiefe der Bohrung von 13,04 mm (= ein Viertel der Wellenlänge in Luft bei 5750 MHz) geachtet. Die Gesamtlänge des Topfes wurde auf 14 mm festgelegt.

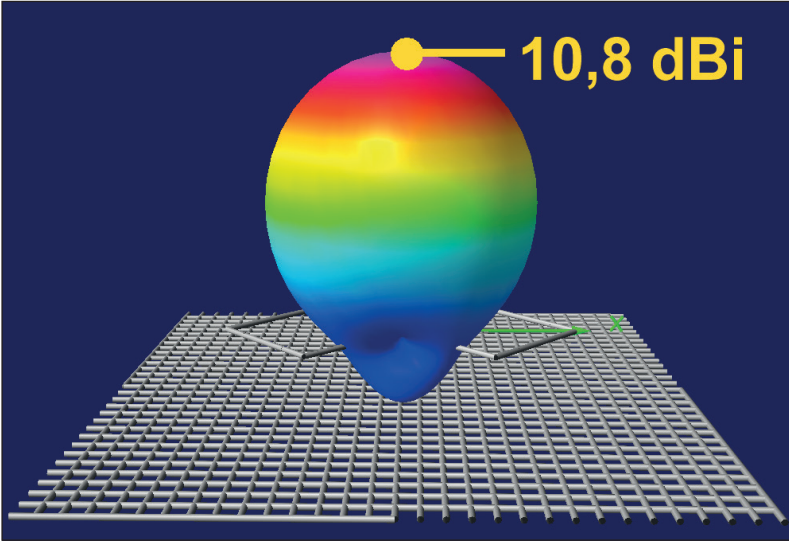
Der Boden des Topfes bekommt eine 2,2 mm Bohrung, in die ein 100 mm langes Stück Semi-Rigid-Kabel vom Typ „RG 405“ eingeschoben wird. Dieses Kabel

trägt an einem Ende einen SMA-Stecker, am oberen Ende wird es auf einer Länge von 5 mm abgemantelt, um an seinen Innenleiter heran zu kommen. Dieses offene Kabelende muss mit seinem Kupfer-Aussenmantel exakt mit dem Rand des 6 mm-Messingröhrchens abschließen. Nach dem Verlöten beider Teile ist der gewünschte Symmetriertopf samt Anschlußleitung fertig und er kann so in die kupferne Reflektorplatte eingelötet werden, dass sich sein oberer Rand exakt auf  $6,5 \text{ mm} - 0,3 \text{ mm} - 0,6 \text{ mm} = 5,6 \text{ mm}$  über der Reflektorebene befindet (**Bild 5**).

Wer sich über diese Rechnung wundert, dem sei die Lösung verraten:

Der Wert „0,3 mm“ stellt natürlich den Radius des versilberten Kupferdrahtes mit 0,6 mm Durchmesser dar, aus dem die Antennenstruktur zurecht gebogen wurde. Und „0,6 mm“ ist die Dicke einer RO4003-Isolierplatte (Erklärung nachfolgend).

Beim offenen Ende des Röhrchens wird nun die gerade erwähnte passende (mit

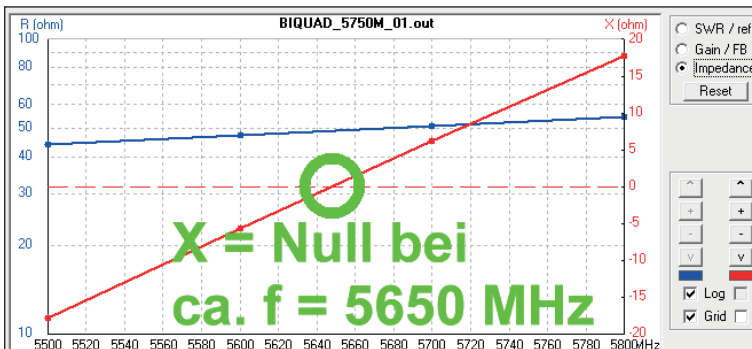


*Bild 3:  
Das simulierte 3D-Richtdiagramm weckt große Hoffnungen*

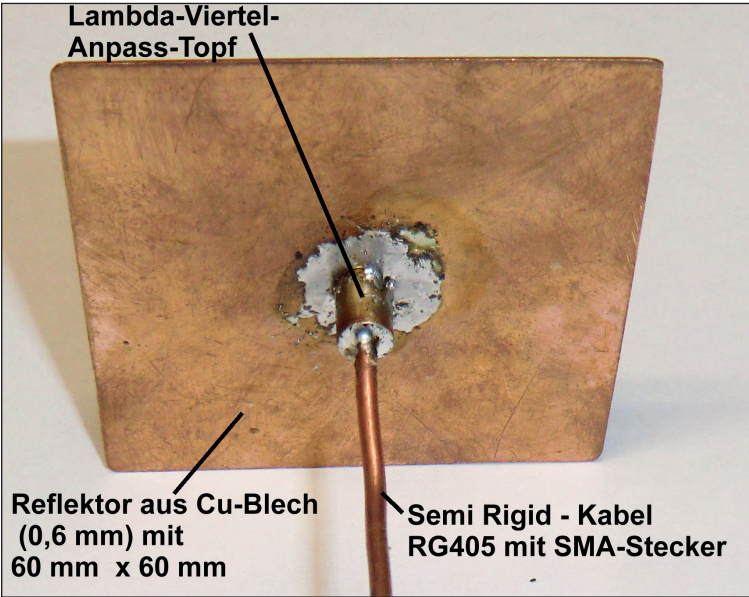
der Laubsäge ausgesägte) nackte Scheibe aus RO4003-Material (Dicke = 0,6 mm) als Isolation aufgelegt. Sie ist mit zwei Bohrungen von 0,6 mm Durchmesser versehen. Eine Bohrung nimmt den Innenleiter des Semi-Rigid-Kabels auf. Die andere ermöglicht den Zugang zum Außenmantel des Kabels über einen dort angelöteten

0,6 mm-Draht. Damit ist die Konstruktion schon fertig.

In **Bild 6** ist gut zu sehen, wie die Antenne selbst an diese beiden Drähte angelötet wird. Damit kann man jederzeit schnell leicht geänderte Abmessungen ausprobieren, falls das Messergebnis unbefriedigend ist.



*Bild 4:  
Allerdings liegt die Resonanzfrequenz noch zu tief (Korrektur - siehe Text)*



*Bild 5:  
Hier sieht man  
die im Text  
beschriebene  
Ausführung  
der Symmetrie-  
rung mit einem  
Lambda-Viertel-  
Topf*

## 4. Messergebnisse mit dem Vektoriellen Netzwerk-Analysator

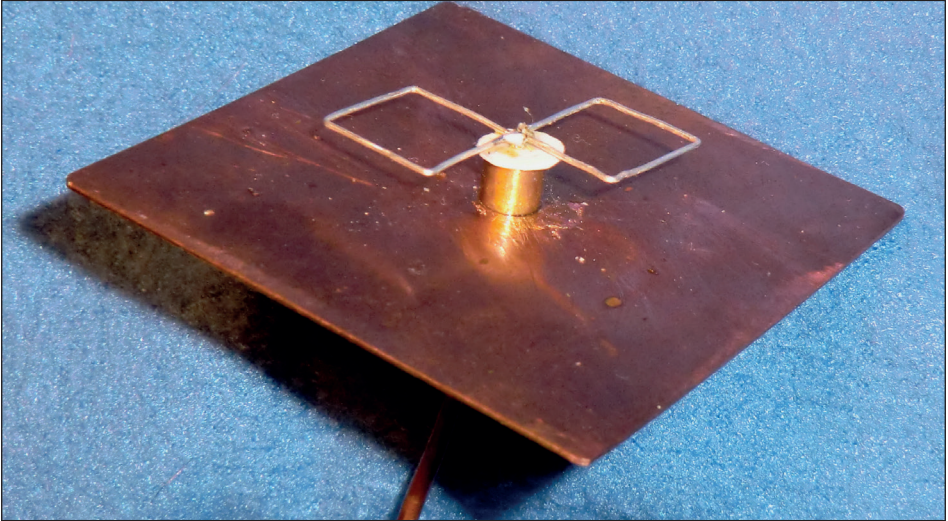
Schließt man die Antenne zum ersten Mal an den Analysator an, so ist man zunächst leicht entsetzt. Es zeigt sich eine breite Kurve mit mehreren Minima und so lernt man schnell, dass schon ein Verbiegen in der Größenordnung von wenigen Zehntel Millimetern alles verändert. Also wird ein Geduldspiel gestartet (= leichtes Verformen der Antenne oder Ändern des Abstandes zum Reflektor usw.) und irgendwann hat man doch die gewünschte S11-Kurve mit einem einzigen sauberen Minimum auf dem Schirm. Allerdings liegt dieses Minimum nicht bei 5750 MHz, sondern bei 6150 MHz

und liefert die erste Antwort auf unsere Eingangsfrage (= kann das 4NEC2 überhaupt noch?).

Wenn man jetzt nachrechnet, beträgt die Abweichung etwa 7 %. Das ist zwar nicht extrem gut, aber auch nicht ganz so schlimm und die Korrektur ist einfach. Man vergrößert einfach die Struktur um den Faktor

$6150 \text{ MHz} / 5750 \text{ MHz} = 1,07$   
und biegt sich eine neue Bi-Quad mit einer Armlänge von  $12,5 \times 1,07 \text{ mm} = 13,4 \text{ mm}$  zurecht. Das ist zwar wieder ein „Gefummel“ und schon eine Abweichung in der Zehntel Millimeter-Größenordnung wirkt sich unangenehm aus.

Immerhin: Die Resonanzfrequenz sank nun auf 5850 MHz und S11 war kleiner als -15 dB. Hier wurde erst mal aufgehört, denn die korrigierte Armlänge müsste



*Bild 6: Und hier noch ein Blick auf den „Schnell-Tausch-Anschluss mit Isolation“ für den Drahtantennen-Teil (Siehe Text)*

nun 13,6 mm betragen und das läuft wieder auf mehrere Versuchsexemplare hinaus, bis eines passt.

## 5. Zusammenfassung

Der 4NEC2-Entwurf klappt besser als erwartet und mit weniger als 10 % Abweichung kann man leben, da die Korrektur über eine simple Dreisatz-Rechnung gut funktioniert.

Die praktische Umsetzung ist dagegen eine echte Herausforderung, da der Zehntel Millimeter plötzlich zum Maß der Dinge wird. Mit der dazu ausgetüftelten Konstruktion (= nur die reine BiQuad-Struktur muss beim Experimentieren neu zurecht gebogen und dann aufgelötet werden) ist die Optimierung nicht mehr sonderlich schwierig.

Was schwierig bleibt, ist am Ende der mechanische „Feinabgleich“, bis die S11-Kurve so aussieht, wie man es haben möchte. Jede Unsymmetrie oder Abweichung (der Form der BiQuad oder des Abstandes zwischen Antenne und Reflektor usw.) führt sofort zu eigenartigen Ergebnissen wie z.B. einer „zweihöckrigen S11-Bandfilterkurve“. Außerdem lernt man mal wieder, dass die SMA-Verbindung zwischen Antenne und Vektor-Analysator mit dem korrekten Drehmoment anzuziehen ist - auch hier kann man beim Aufschrauben von Hand fast jede beliebige Kurve produzieren...

Antennengewinn und Richtdiagramm scheinen nicht weit von der Simulation entfernt zu sein, denn in der Kellerwerkstatt ergab sich ein ähnliches Verhalten wie beim Vorbild (= 2300 MHz-Version).

Man bräuchte halt eine echte Antennen-Messkammer oder den Zugang zu einer dieser modernen EMV-Prüfkammern.

Insgesamt eine interessante und kurzweilige Herausforderung, besonders an die Geduld und die ruhige Hand.

mulation und Bau von Antennen für das 13-cm-Band. Teil 2: Entwurf einer Biquad-Antenne“.

Der Artikel ist auch online zu finden unter: [www.gunthard-kraus.de](http://www.gunthard-kraus.de)

[2] Gefunden im Internet:  
[https://www.changpuak.ch/electronics/bi\\_quad\\_antenna\\_designer.php](https://www.changpuak.ch/electronics/bi_quad_antenna_designer.php)

## 6. Literatur + Links

[1] UKW-Berichte 3/2018. Gunthard Kraus und Hardy Lau: „4NEC2-Si-

ANZEIGE

### NEU Stab-Sammelmappen A4 in 4 Farben!

Sammelmappe A4 - grau



Art.Nr.: 08051

€ 8,60

Sammelmappe A4 - weiß



Art.Nr.: 08050

€ 8,60

Sammelmappe A4 - schwarz



Art.Nr.: 08052

€ 8,60

Sammelmappe A4 - blau



Art.Nr.: 08049

€ 6,95

### Universelle Stab-Sammelmappen für Zeitschriften und Noten im DIN A4-Format.

- Rückenbreite satte 90 mm für viel Volumen!
- 315 mm hoch und 220 mm lang
- Innen Stäbchen-Mechanik mit 12 Stahldrahtstäbchen Ø 1,2 mm
- Außenseite in Leinen-Optik glänzend in der jeweiligen Farbe
- die aufgeschweißte Rückentasche ist 70 mm x 65 mm groß
- ein Ordner wiegt ca. 310 g



Fachversand für Funkzubehör  
In der Büg 11, 91330 Eggolsheim  
Tel. 09191 9795410 Fax 09191 97954133  
[info@ukwberichte.com](mailto:info@ukwberichte.com)  
online bestellen unter: [www.stecker-shop.net](http://www.stecker-shop.net)