

## Erfahrungsbericht zu meinen X-Quad-Antennen

Hallo,

gleich vorab: ich bin mit meinen X-Quad-Antennen zufrieden. Sie stellen einen guten Kompromiss zwischen Größe und Gewinn dar – aber um die Physik kommt man eben nicht herum !

Da man immer wieder Anfragen findet, welche Antennen wohl die beste für Satellitenbetrieb sei, möchte ich an dieser Stelle meinen Erfahrungen mit X-Quad-Antennen schildern. Ich möchte damit keinesfalls Werbung für diese Antennenart machen sondern nur eine Entscheidungshilfe bei der Suche nach der "optimalen Antenne" geben. Ich denke die Wahl einer Antenne wird von vielen Randbedingungen bestimmt, wie z.B. erwünschter Antennengewinn/Öffnungswinkel, Vor-Rück-Verhältnis, Polarisierung, Baugröße, Gewicht, Windlast, Arbeitsaufwand und Kosten der Herstellung bzw. der Beschaffung.

Da sich diese Randbedingungen teilweise widersprechen und verschiedene Anwender andere Prioritäten setzen werden, dürfte es wohl keine "optimale Antenne" schlechthin geben.

Die X-Quad-Antenne zeichnet sich zunächst einmal durch ihre geringe Größe aus. Sie ist eine Art Hybridantenne, d.h. die Direktoren und der Reflektor sind wie Yagi-Elemente ausgeführt und das aktive Element (der Strahler) ist ein gestocktes Quad-Element. Ich habe meine Antenne bei der Firma Andes gekauft und laut Herstellerangabe gelten folgende Daten:

Parameter		2m X-Quad	70cm X-Quad
Elemente je Polarisierungsebene		12	18
Gewinn		10.5 dB/D	12.8 dB/D
Öffnungswinkel	horizontal (E-Ebene)	47°	36°
	vertikal (H-Ebene)	47°	36°
Stockungsabstand		2.82m	1.1m
Fußpunktimpedanz		50-60 Ohm	50-60 Ohm
Abmessungen	Länge	1.46m	1.27m
	Höhe	0.73m	0.22m
Gewicht		2.30 kg	1.55 kg
Windlast (nach VDE855 -160km/h)		74 N	48 N

Ich hatte mittlerweile weitgehend mit diesen Antennen über 1000 Satelliten-QSOs in über 100 verschiedene Länder gearbeitet. Hierbei habe ich in diversen Modi beide Antennen sowohl zum Senden als auch zum Empfangen verwendet. Nachfolgend einige Anmerkungen zu den Antennen und deren Verschaltung in meiner Konfiguration.

Abschließend möchte ich noch erwähnen, dass ich mit jeweils einer einzelnen X-Quad-Antenne auf 2m bzw. 70cm jeweils Level 8 im ZRO - Test über Amsat-Oscar 13 erreicht habe. Dabei wurden Vorverstärker mit Rauschzahlen  $< 0.8\text{dB}$  verwendet. Der Empfänger war jeweils ein FT726R mit 600 Hz CW-Filter und einem nachgeschalteten NF-Filter in SC Technik (switched capacitor Technik).

### Dimensionierung von geeigneten Anpasstöpfen:

Es folgen die Abmessungen von Anpasstöpfen zum zusammenschalten mehrerer Antennen bzw. Ebenen, wie sie u.a. für zirkulare Polarisation benötigt wird. Die Bauanleitung ist an die Beschreibung von DC9NL in der UHF-Unterlage angelehnt. Verwendet wird für den quadratischen Außenleiter ein Alu-Vierkantmaterial, für den runden Innenleiter ein Messingrohr. Beide Materialien sind z.B. in Baumärkten erhältlich. Dort erhält man mit etwas Glück auch passende quadratische Kunststoffpfropfen, um den Anpasstopf oben und unten zu verschließen.

Die Länge der Töpfe muss elektrisch  $\lambda/4$  sein, und da in der Leitung ja Luft als Dielektrikum wirkt, ist die mechanische also gleich der elektrischen Länge.

Für das 2m und das 70cm Band gelten die folgenden Maße:

Länge des Außenvierkantrohrs: 55cm bzw. 20cm  
 Länge des Innenrohres: 52cm bzw. 17.25cm .

Hier nun eine Tabelle für die Maße des Innenrohres und des Außenvierkants, wobei versucht wurde eine Kombination gängiger Abmessungen der verwendeten Materialien zu erzielen (wer hat schon die Möglichkeit z.B. den Innenleiter passend zu drehen ?).

Anzahl der Antennen	Außenkante Vierkant /mm	Wanddicke Vierkant /mm	Durchmesser Innenrohr /mm	optimales VSWR
4	25	1.5	15.6	1:1.0
4	25	2	15	1:1.02
4	20	1.5	12	1:1.04
2	25	1.5	13	1:1.05
2	25	2	12.5	1:1.0
2	25	2	13	1:1.12

## Schaltung für Zirkularpolarisation einer X-Quad-Antenne:

Im folgenden soll eine einfache Möglichkeit beschrieben werden, wie man mit nur einem einzelnen Koaxrelais eine Umschaltung für zirkular links/rechts realisieren kann. Bei der X-Quad befinden sich die Strahler für horizontale und für vertikale Polarisation räumlich in der gleichen Ebene, sie sind ja auch mechanisch eine Einheit. Da bedeutet, dass man zum Erzielen einer zirkularen Polarisation die beiden Strahler um  $90^\circ$  phasenverschoben speisen muss. Welcher Strahler zuerst gespeist wird legt die Drehrichtung der zirkularen Polarisation fest. Der Phasenversatz kann einfach durch unterschiedlich lange Leitungen vom Leistungsteiler (Anpasstopf) bis zu den Strahlern erreicht werden. Die absolute Länge der Antennenzuleitungen spielt dabei keine Rolle, sie müssen nur relativ zueinander eine bestimmte Längendifferenz  $a$  aufweisen. Diese Längendifferenz ist:

$$a = (4 \cdot n \pm 1) \cdot v \cdot \text{Lambda} / 4 .$$

Hierbei sind:

$n =$  ganze Zahl ( $n=0,1,2,\dots$ )

$v = 1 / \sqrt{\epsilon_r}$  Verkürzungsfaktor des verwendeten Koaxialkabels, welcher durch das verwendete Dielektrikum mit der relativen Dielektrizitätszahl „ $\epsilon_r$ “ bestimmt wird (z.B.  $v = 0.66$  für RG213, RG58)

$\text{Lambda} =$  Wellenlänge .

Hier als Beispiel einige Werte:

2m-Band: Frequenz  $f=145$  MHz  $\rightarrow$   $\text{Lambda}=2.069$ m

für  $v=0.66$  folgt:

$$v \cdot \text{lambda} / 4 = 0.341\text{m}$$

$$v \cdot \text{lambda} / 2 = 0.683\text{m}$$

$$v \cdot \text{lambda} \cdot 3/4 = 1.024\text{m}$$

$$v \cdot \text{lambda} = 1.366\text{m}$$

Hierbei bewirkt eine Abweichung von der geforderten Länge  $\Delta a = 5$ mm einen Phasenfehler von  $1.3^\circ$ , welcher sicherlich noch keine merkliche Abweichung von der gewünschten Zirkularpolarisation bewirkt.

Der vollständig halber seien auch noch die entsprechenden Werte für das 70cm - Band angegeben:

70cm-Band: Frequenz  $f=435$  MHz  $\rightarrow$   $\text{Lambda}=0.690$ m

für  $v=0.66$  folgt:

$$v \cdot \text{lambda} / 4 = 0.114\text{m}$$

$$v \cdot \text{lambda} / 2 = 0.228\text{m}$$

$$v \cdot \text{lambda} \cdot 3/4 = 0.341\text{m}$$

$$v \cdot \text{lambda} = 0.455\text{m}$$

Hierbei bewirkt eine Abweichung von der geforderten Länge  $\Delta a = 5$ mm einen Phasenfehler von etwa  $4^\circ$ , welcher schon deutlich höher als der bei gleicher Längenabweichung auf 2m ist.

Bei Verwendung eines Koaxrelais, bei welchem der jeweils nicht auf den Eingang geschaltete Ausgang NICHT GEERDET ist (z.B. CX140D o.ä.), also leer läuft, wird dieser Leerlauf durch eine Leitung der Länge  $l = n * v * \lambda / 2$  an die damit verbundene Buchse des Anpasstopfes transformiert. Damit sind von den 3 Ausgängen dieses Anpasstopfes immer 2 Stück mit 50 Ohm abgeschlossen und der dritte sieht eine unendlich hohe Impedanz (den Leerlauf). Der Anpasstopf transformiert nun die Parallelschaltung dieser 3 Impedanzen, welche 25 Ohm ergibt, auf die gewünschten 50 Ohm an seinem Eingang. Von hier aus kann dann mit einem 50 Ohm - Koaxialkabel beliebiger Länge der Transceiver oder besser natürlich möglichst sofort ein Vorverstärker angeschlossen werden.

Für die Länge der beiden Verbindungsleitungen l3 und l4 gilt:

$$l_3 = 2 * m * v * \lambda / 2 \quad \text{und} \quad l_4 = (2 * m + 1) * v * \lambda / 2 .$$

Eine der beiden muss als um  $v * \lambda / 2$  länger sein als die andere, um zwischen links- und rechts-zirkularer Polarisation umschalten zu können.

Die Leitungen l1 und l2 können beliebig lang sein, müssen jedoch relativ zueinander den oben erwähnten Längenversatz  $a = (4 * n \pm 1) * v * \lambda / 4$  aufweisen.

vy 55 & 73 de Matthias DD1US

Email: [DD1US@AMSAT.ORG](mailto:DD1US@AMSAT.ORG)

Homepage: <http://www.dd1us.de>