

Parabolspiegel für den 2,4/10-GHz-Duoband-Feed

Rotationssymmetrischer Parabolspiegel und Offsetspiegel im Vergleich

Peter-Jürgen Gödecke, DJ7GP

In dem Beitrag „Duoband-Antenne für 13 und 3 cm" **(Bild 1)** im AMSAT-DL Journal 2/15 wurde bereits erwähnt, dass der dort vorgestellte Duoband-Erreger für den Einsatz in einem Offsetspiegel vorgesehen ist. In diesem Beitrag soll nun versucht werden, die Vorteile eines Offsetspiegels für den Betrieb über Es'Hail-2 aufzuzeigen.

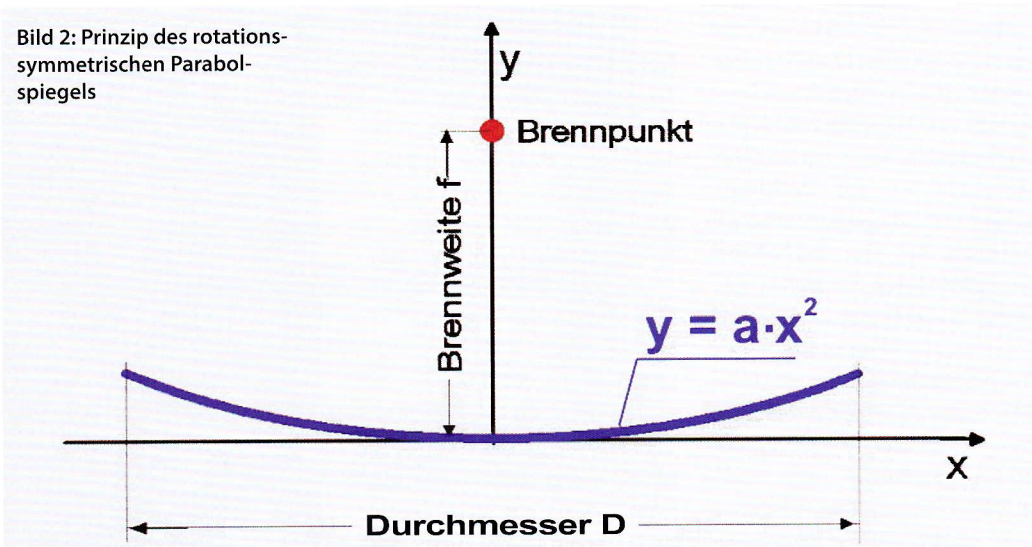


Bild 2: Prinzip des rotationssymmetrischen Parabolspiegels

Die Grundform eines Parabolspiegels entsteht, wenn man eine Parabel ($y = a \times x^2$) um ihre Mittelachse rotieren lässt **(Bild 2)**. Der Brennpunkt liegt folgerichtig auf der Mittelachse. Der Abstand „f" des Brennpunktes zur Spiegeloberfläche und der Durchmesser „D" des Spiegels sind zwei wichtige Parameter. Mit dem Durchmesser und dem Verhältnis „f/D" wird der Spiegel hinreichend genau beschrieben, auch was die Dimensionierung des Erregers (Feed) angeht.

Rotationssymmetrische Parabolspiegel (Primefocus Dish) haben in der Praxis ein f/D von etwa 0,35 bis 0,5 und werden auch als tiefe Spiegel bezeichnet. Ein f/D von 0,4 bis 0,45 ist ein gängiger Wert für verfügbare Spiegel.

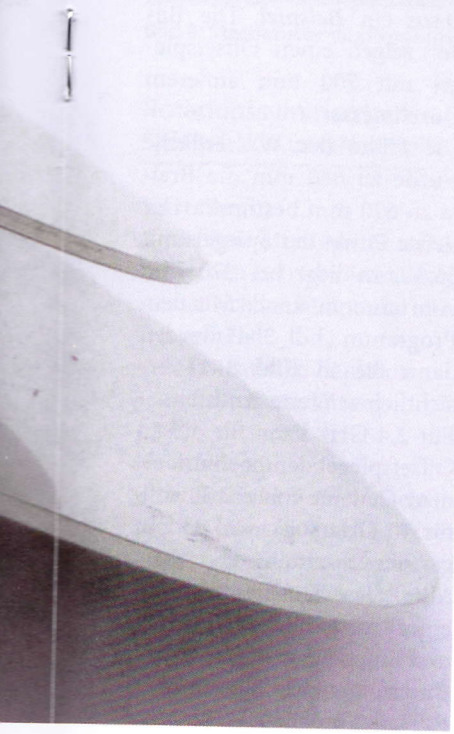


Bild 1:
Duoband-Feed für 2,4 und 10-GHz-Musteraufbau aus Messing und Kupfer ohne dielektrischen Konzentrator für 10 GHz

Literatur und Links

[1] DJ7GP: „Duoband-Antenne für 13cm und 3 cm", AMSAT-DL Journal 2/15
[2] Mikrowave Antenna Book, Inhaltsverzeichnis W1GHZ: www.w1ghz.org/antennabook/contents.htm
[3] HDL_ANT.exe Version 3b4 W1GHZ: www.w1ghz.org/antennabook/contents.htm
[4] DK2FD: „Parabolantennen für 24 – 241 GHz", Tagungsband zur 32. GHz-Tagung in Dorsten 2009
[5] DJ4AM/DL8EBK: „Cassegrain-Spiegel und Hohlleiter v. Baumarkt", Tagungsb. zur 31. GHz-Tagung in Dorsten 2008
[6] ON6UG: „Gewinnsteigerung an kleinen Parabolspiegeln", Tagungsband zur 30. GHz-Tagung in Dorsten 2007

Die Brennweite eines unbekannten Spiegels kann aus dem Spiegeldurchmesser und der Spiegeltiefe ermittelt werden. Der Spiegelerreger (Feed) soll so dimensioniert sein, dass seine Strahlungskeule am Spiegelrand um 10 dB gegenüber dem Maximum abfällt. So wird der beste Wirkungsgrad erreicht. Spiegel mit einem kleinen f/D benötigen also einen Erreger mit einer breiteren Stahlungskeule (größerer Öffnungswinkel) als Spiegel mit einem größeren f/D.
Hinreichende Genauigkeit der Spiegeloberfläche vorausgesetzt, bestimmt dann letztendlich der Spiegeldurchmesser den Gewinn des Systems Spiegel/Feed. Die Kennwerte eines rotationssymmetrischen Spiegels lassen sich sehr einfach mit dem Programm „hdl_3b4" von W1GHZ ermitteln.

Beispiel: Ein Rotationssymmetrischer Spiegel mit einem Durchmesser von 650 mm **(Bild 3)** und einer Spieltiefe von 71,5 mm hat ein f/D von 0,57. Der Feed soll einen 10-dB-Öffnungswinkel von 95° haben. Das entspricht einem 3-dB-Öffnungswinkel von ca. 57°. Bei einer Arbeitsfrequenz von 2,4 GHz ist bei 50 % Wirkungsgrad mit einem Gewinn von ca. 21 dBi zu rechnen. Bei 10 GHz kann man einen Gewinn von ca. 33 dBi erwarten.



Bild 3: Wie man am Schattenwurf gut erkennt, deckt der Feed einen Teil der Spiegelfläche ab

Offsetspiegel

Offsetspiegel sind ein Ausschnitt aus einem größeren rotationssymmetrischen Parabolspiegel **(Bild 4)**. Dabei liegt der untere Rand des Offsetspiegels üblicherweise im Zentrum des rotationssymmetrischen Parabolspiegels.
Wenn der Offsetspiegel so aus dem Parabolspiegel herausgeschnitten wird, dass sein Rand ringsherum gleich hoch ist – der Offsetspiegel kann mit dem „Gesicht" also flach auf dem Tisch liegen – hat er eine ovale Form und ist höher als breit.
Der Brennpunkt des Offsetspiegels liegt in einer Ebene, die den Spiegel in der Breite exakt teilt. Um die Lage des Brennpunktes in dieser Ebene zu bestimmen, benötigt man die Abstände vom Brennpunkt zum oberen Rand **„A"** und zum unteren Rand **„B"** des Offsetspiegels **(Bild 5)**.
Aus der Höhe **„E"**, der Breite **„D"**, der Tiefe **„X"** und dem Abstand der größten Tiefe vom unteren Rand **„C"** eines Offsetspiegels können

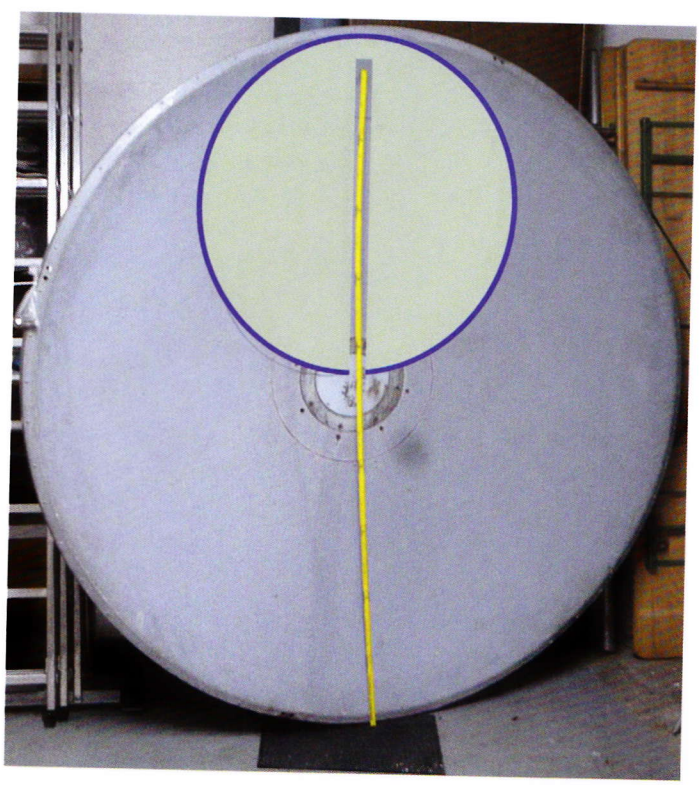


Bild 4: Die markierte Fläche auf dem großen rotationssymmetrischen Parabolspiegel stellt einen Offsetspiegel dar

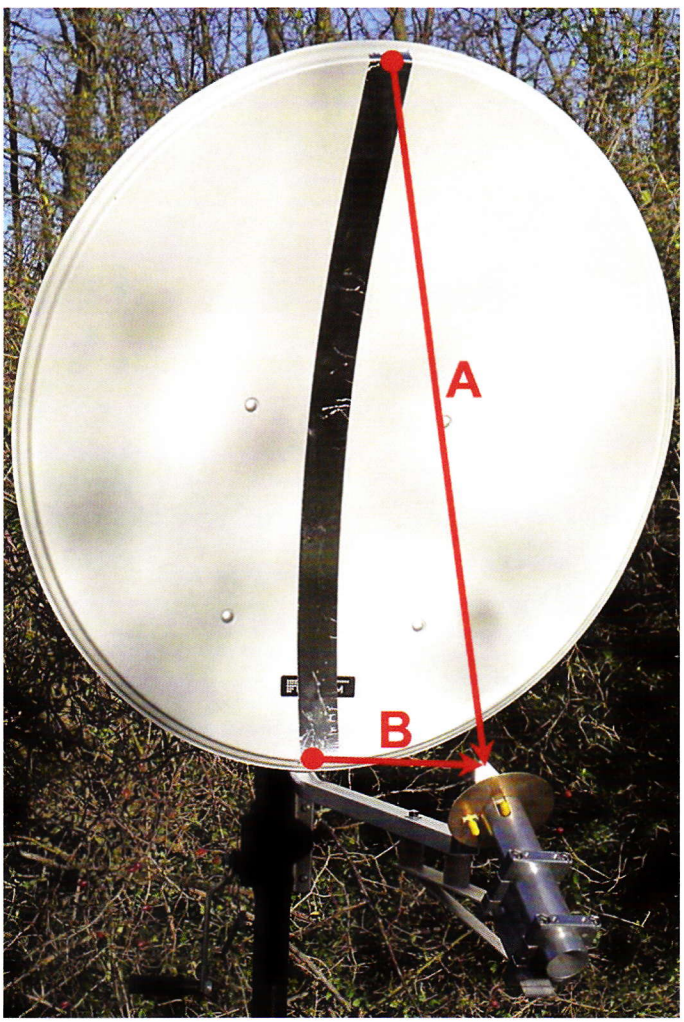


Bild 5: Beim Offsetspiegel liegen Feed und Feed-Halterung außerhalb des Strahlenganges

mit dem Programm „hdl_3b4" diese Werte und das f/D ermittelt werden. Es liegt bei üblichen Offsetspiegeln zwischen 0,6 und 0,8.

Anders als beim rotationssymmetrischen Parabolspiegel muss der Spiegelerreger nicht in Richtung der Spiegelachse (das wäre der untere Rand), sondern in Richtung der tiefsten Stelle des Spiegels strahlen. Wegen des größeren f/D verlangt der Offsetspiegel einen Erreger mit einer schmaleren Strahlungskeule, also einem kleineren Öffnungswinkel. Wenn der Offsetspiegel eine kreisrunde Bauform hat, müssen die Werte für die Hoch- und Querachse zunächst experimentell ermittelt werden, bevor die Kennwerte des Spiegels mit dem Programm „hdl_3b4" bestimmt werden können.

Dazu lagert man den Spiegel horizontal, verklebt die Befestigungslöcher mit Klebeband und füllt ihn mit Wasser bis zum oberen und untern Rand des Spiegels. Die Lage des Spiegels ist dabei ggf. vorsichtig zu korrigieren.

Die Wasseroberfläche bildet dann ein Oval und man kann die Höhe und die Breite abnehmen (**Bild 6**). Wenn man das Wasser bis auf einen kleinen Rest vorsichtig wieder aus dem Spiegel entfernt, findet man auch gleich die tiefste Stelle des Spiegels (**Bild 7**) und kann den Abstand zum unteren Spiegelrand bestimmen.

Dazu ein ***Beispiel***: Die Bilder zeigen einen Offsetspiegel mit 700 mm äußerem Durchmesser.

Die Höhe der Wasserfläche wurde zu 680 mm die Breite zu 620 mm bestimmt. Der tiefste Punkt des Spiegels mit 66,5 mm liegt bei 320 mm vom unteren Rand. Mit dem Programm „hdl_3b4" werden dann die in **Bild 8–11** ersichtlichen Werte ermittelt.

Für 2,4 GHz kann für diesen Offsetspiegel demnach mit einem Gewinn von ca. 20 dBi, für 10 GHz sogar mit 33 dBi gerechnet werden.

Mit dieser Antenne und einer ordentlichen Sende- und Empfangsausrüstung wird ein erfolgreicher Betrieb über Es'Hail-2 möglich.

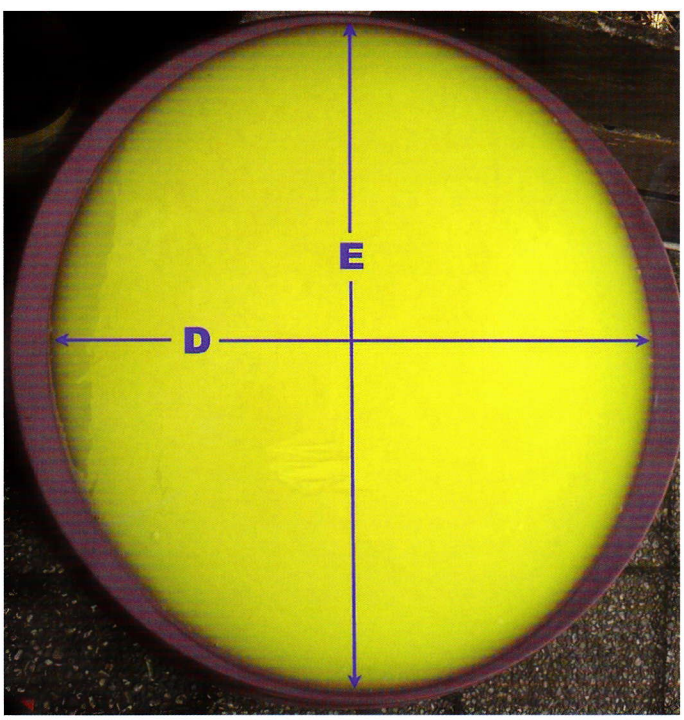


Bild 6: Wenn der Spiegel bis zum oberen und unteren Rand mit Wasser (gelb eingefärbt) gefüllt ist, kann man Höhe und Breite bestimmen

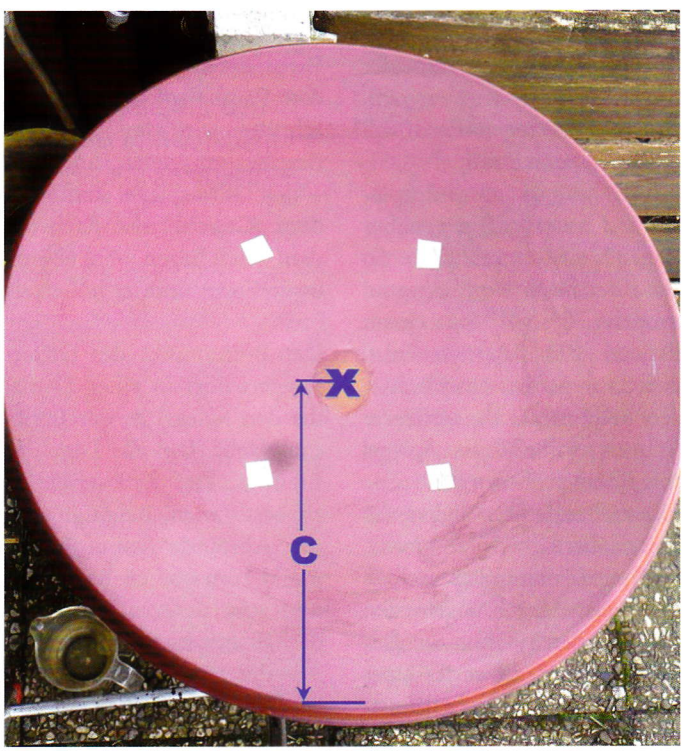


Bild 7: Der Rest des Wassers sammelt sich an der tiefsten Stelle des Spiegels

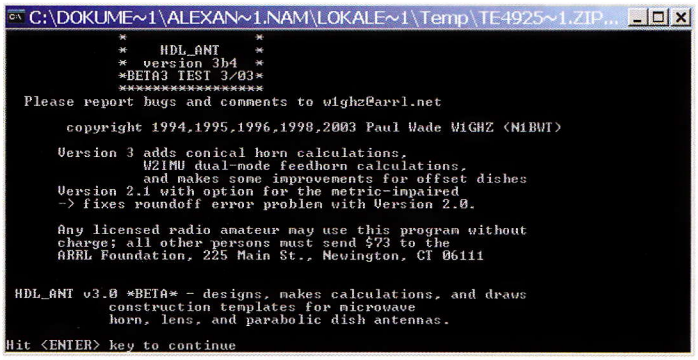


Bild 8: Startfenster des Programms „hdl_ant“

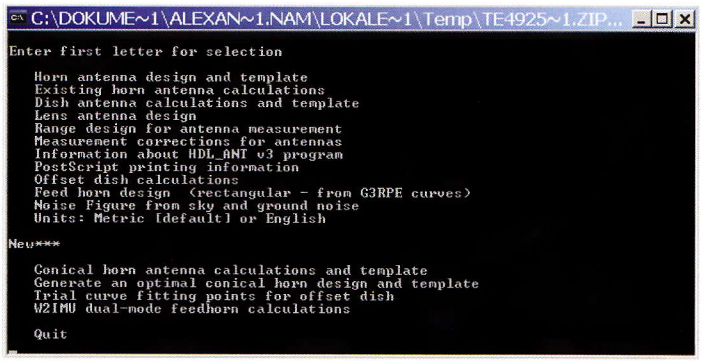


Bild 9: Auswahlfenster von „hdl_ant“

Rotationssymmetrische Spiegel: Vor- und Nachteile

Vorteile

- vertikale Montage für terrestrischen Betrieb (ästhetisch)
- lässt sich leicht optimal ausleuchten
- übersichtliche Funktion
- einfache Ausrichtung

Nachteile

- bei Satellitenbetrieb nach oben offen (Schmutz-, Wasser- oder Schneeablagerung)
- nimmt bei Satellitenbetrieb rückwärtige Störstrahlung auf (Bodenrauschen)
- der Erreger deckt einen Teil der Spiegelfläche ab
- höhere Beschaffungskosten als Offsetspiegel

Offsetspiegel: Vor- und Nachteile

Vorteile

- niedrige Beschaffungskosten
- steht bei Satellitenbetrieb nahezu senkrecht (keine Schmutzablagerung)
- Feed schaut bei richtiger Spiegelmontage (nicht vor der Hauswand) in den kalten Himmel
- fällt nicht als Afu-Antenne auf

Nachteile

- für terrestrischen Betrieb nach vorn geneigt (unästhetisch)
- optimale Ausleuchtung nicht leicht zu erreichen
- Ausrichtung nicht ganz einfach

Zusammenfassung

Für den vorgesehenen Anwendungsfall, den Betrieb über den geostationären Satelliten Es'Hail-2, ist einer der vier aufgeführten Vorteile eines rotationssymmetrischen Parabolspiegels (vertikale Montage für terrestrischen Betrieb) nicht relevant, während von den aufgeführten Nachteilen alle vier zutreffen. Von den aufgeführten Vorteilen des Offsetspiegels treffen dagegen alle vier zu, während von den aufgeführten Nachteilen zwei relevant sind (optimale Ausleuchtung nicht leicht zu erreichen, Ausrichtung nicht ganz einfach). Wobei die nicht so einfache Ausrichtung bei Betrieb über einen geostationären Satelliten nur einmal erforderlich ist und deshalb nicht ins Gewicht fällt. Unter Abwägung der Vor- und Nachteile der beiden Typen von Parabolspiegeln ist für den vorgesehenen Betrieb über den geostationären Satelliten Es'Hail-2 der im AMSAT-DL Journal 2/15 beschriebene Duoband-Feed in Kombination mit einem Offsetspiegel eine gute Wahl.

Nachtrag

Es'hail-2 wird auf 10 GHz im Schmalbandbetrieb in vertikaler Polarisation und im Breitbandbetrieb in horizontaler Polarisation senden. Will man den Duoband-Feed für beide Transponder nutzen, kann das 10-GHz-Hörnchen mit zwei um 90° versetzte Einspeisungen für horizontale und vertikale Polarisation versehen werden (**Bild 12**).

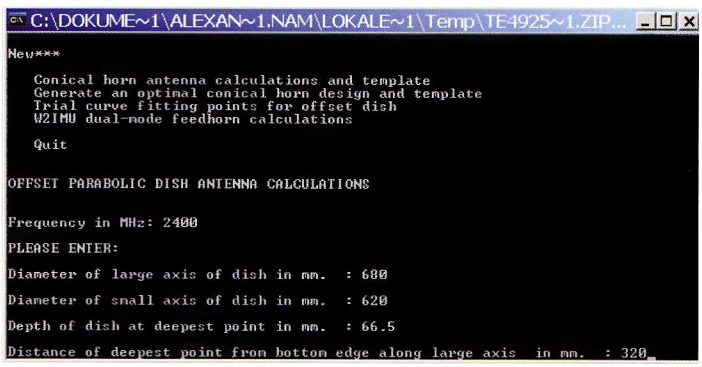


Bild 10: Eingabefenster von „hdl_ant“

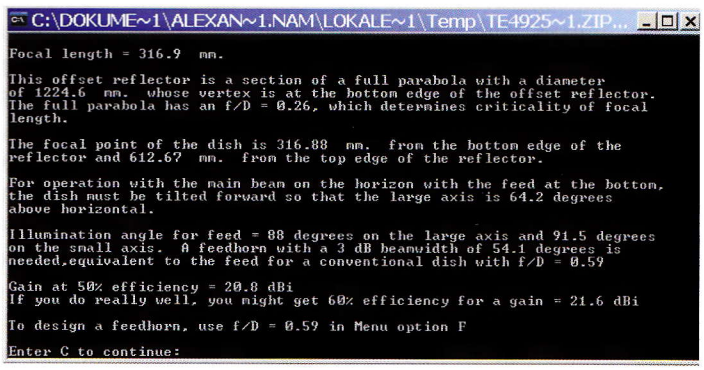


Bild 11: Ergebnisfenster von „hdl_ant“



Bild 12: 10-GHz-Hörnchen mit Einkopplung für horizontale und vertikale Polarisation