

Anleitung zum Bau eines Parabolspiegels

Von DB1YV
Josef Oberhaus
Stadtfeldstr. 63 (heute: Bechtrup 24a)
59348 Lüdinghausen

1. Grundlagen
2. Baumaterial und deren Bezugsquellen, benötigte Werkzeuge
3. Ausführung
4. Test und Inbetriebnahme

1. Grundlagen Auf den höheren Amateurfunkbändern, von 1296 MHz aufwärts, haben sich Parabolantennen sowohl für den Betrieb von zu Hause aus, als auch für den Portabelbetrieb bei Contesten u. ä. durchgesetzt. Bereits im 23 cm-Band, wo auch noch Yagi-Antennen oder Gruppen von Yagi-Antennen gute Gewinne versprechen, lohnt sich der Einsatz eines "Spiegels", da der mechanische Aufwand gegenüber einer Gruppenantenne kleiner ist, die Selbstbaulösung sehr preiswert ist und, dem Charakter des Amateurfunks als experimentellen Funkdienst wird in besonderer Weise gerecht, wenn mal wieder etwas selber gebaut wird. Im Folgenden soll auf ein vom Verfasser 1985/86 aus mehreren Vorlagen zusammengesuchtes und später vielfach erfolgreich nachgebautes Konzept eines Parabolspiegels eingegangen werden. Diese Abhandlung wird bewußt allgemeingültig gehalten, so daß Abmessungen, Details von Halterungen etc. individuell angepaßt werden können. Dieses Konzept basiert auf einem Horn als Erreger, welches den Betrieb auf dem 23 cm und dem 13 cm Band zuläßt. Das hat den Vorteil, daß z. B. bei einem Contest für zwei Bänder nur eine Antenne notwendig ist. Ein Parabolreflektor von 1.2 m Durchmesser hat im 23 cm-Band bei einem Öffnungswinkel von 13,7 Grad einen Gewinn von 21,6 dB gegenüber einem isotropen Strahler, im 13 cm - Band bereits einen Gewinn von 26.8 dB bei 7,5 Grad Öffnungswinkel. Der Hornerreger bedingt ein f/D Verhältnis von 0.38, d. h. das Verhältnis von Brennweite f zum Durchmesser D beträgt 0.38 / 1. Bei einem Durchmesser von 1.20 m beträgt die Brennweite 456 mm, der Brennpunkt ist also 456 mm vom Reflektor entfernt. Das f/D- Verhältnis ist abhängig vom Öffnungswinkel des Erregers, die Ausleuchtung des Reflektors ist ideal beim -3 dB- Öffnungswinkel. Das heißt, daß Erreger mit kleinerem Öffnungswinkel in der Krümmung flachere Reflektoren mit größeren Brennweiten benötigen. Auf den Gewinn der gesamten Antenne hat das keine Auswirkungen. Wichtig ist nur die optimale Ausleuchtung des Spiegels, um den größtmöglichen Gewinn zu erreichen. Die allgemeingültige Formel, mit deren Hilfe man die Form der Parabel bei bekanntem f/D Verhältnis berechnen kann, lautet $y=x^2/4f$, nach dieser Formel ist eine Wertetabelle zu erstellen, die zu der benötigten Parabelform führt. Zur Maschendrahtweite ist zu sagen, daß ein Geflecht von 8 x 8 mm für 13 cm noch gut ausreicht (Faustzahl 1/10 Wellenlänge ist eben noch tragbar). Die Formgenauigkeit sollte ebensolche Differenzen nicht übersteigen. Das sollte zu den theoretischen Überlegungen ausreichend sein, in moderner Literatur läßt sich sicherlich noch viel Interessantes nachlesen (UKW-Berichte, DUBUS u.a.).

2. Baumaterial und deren Bezugsquellen, benötigte Werkzeuge Für das Gerippe des Reflektors eignet sich verzinkter Eisendraht in einer Stärke von 3,8mm oder besser 4,1 mm (nicht mehr so häufig anzutreffen). Für die Bespannung wird Kreuzgewebe Draht mit einer Maschenweite von 8 x 8 mm benötigt, der an den Kreuzungspunkten verlötet und insgesamt verzinkt sein muß. Er läßt sich ohne viel Verschnitt am besten von einem 1 m breiten Streifen abschneiden. Die Menge läßt sich auf dem handgeschriebenen Zuschneideplan entnehmen. Für die Verbindung des Gerippes mit der Bespannung eignet sich sehr gut sogenannter Binde- oder Blumendraht (ebenfalls verzinkt), in der Stärke von 0,7 - 0,8 mm. Diese Drahtwaren sind zu beschaffen in gut sortierten Eisenwarengeschäften, im Landwirtschaftssektor in sogenannten Haus- und Gartenmärkten oder evtl. in Baumärkten. Dabei ist zu beachten, daß sich bei der Abnahme ganzer Rollen (25 kg glatter Draht oder 25 x 1 m Gewebe Draht) der Preis bis zu einem Drittel günstiger ist. Der Draht sollte noch schön silbrig glänzen, dann läßt er sich auch gut verlöten. Für die Masthalterung bzw. die Halterung für den Erreger können Profilveröhre verwendet werden, in einem neueren Konzept wurde ein dreikantiges Rohr aus dem Landmaschinen Sektor verwendet, sodaß sich der komplette Spiegel ohne Schraubaufwand auf das in den Rotor gespannten Gegenstück "aufstülpen" läßt. Ferner werden noch einige Flacheisen benötigt lt. Zeichnung. Wer alles anstatt schweißen lieber schrauben möchte, kann auch

Aluminiumprofile nehmen, die obendrein noch leichter und wetterfest sind. Die genaue Aufstellung ist den Skizzen zu entnehmen. Für die Befestigung des Reflektors an der Masthalterung kann man sehr schön Seilklemmen verwenden, und zwar die mit 6 Muttern. Mindestens 4 Stück davon werden gebraucht. Zu den Werkzeugen: Eine Arbeitsplatte von 1,40 m x 1,40 m wäre ideal, wenn eine Seite etwas schmaler ist, geht es auch noch. Für den Bau des Gerippes braucht man einen 150 W oder noch besser einen 200 W LötKolben, um den dicken Draht ordentlich verlöten zu können. Dementsprechend dick sollte auch das Lötzinn sein, welches auch bei 2 oder 3 mm Dicke mit einer Kolophoniumseele erhältlich ist. Sinnvoll ist auch Lötwasser (oder ein flüssiges Flußmittel), dann verläuft das Lötzinn besser und das Löten geht schneller. Zum Schneiden des dicken Drahtes eignet sich am besten eine Rabbitzange oder ein sog. Kraftseitenschneider, den Gewebedraht kann man mit einer Blechscher schnell durchschneiden. Zum Bereich 'Werkzeug' gehört auch die Form, auf der der Draht zu "Speichen" geformt wird. Diese wird aus einem Brett angefertigt von einer Größe 1,20 x 0,20 m und 3 - 4 cm Dicke. Dieses Brett darf keine Spanplatte sein, es kann jedoch aus mehreren Reststücken zusammengeleimt und geschraubt sein. Auf Dieses Brett wird im Maßstab 1 : 1 das Wertediagramm übertragen, die Punkte werden miteinander verbunden, und nach dieser Linie wird säuberlich die Parabel ausgeschnitten (am einfachsten beim Schreiner oder Tischler auf der Bandsäge). Die konvexe Form (die nach außen gewölbte Form) wird später benötigt. Die Wertetabelle hier einmal deutlich ausgeführt (siehe auch handschriftliche Zeichnung der Parabel).

x	600	550	500	450	400	350	300	250	200	150	100	50	0
y	197	166	137	111	88	67	49	34	22	12	5	1	0

Alle Angaben in mm, die y-Werte sind auf volle mm auf- bzw. abgerundet, die Tabelle muß nach rechts "gespiegelt" werden (in der Skizze ersichtlich).

Wer außerdem noch ein Schweißgerät (Schweißtrafo oder Schutzgasschweißgerät), eine Metallsäge, eine Bohrmaschine und einen Schraubstock hat, ist auf keine fremde Hilfe mehr angewiesen.

3. Ausführung

3.1. Reflektor

3.1.1. Gerippe

Als erstes, um in die Materie einzusteigen, stellt man zwei Ringe her, einen Außenring von 1,20 m Durchmesser und einen zweiten Ring von ca. 60 cm. Die Länge der dafür erforderlichen Drähte beträgt $U = p \times D + 4$ cm Überlappung, $U = 3,14 \times 120 + 4 = 381$ cm $U = 3,14 \times 60 + 4 = 193$ cm.

Nach der Ablängung wird der Draht zu einem Ring gezogen, mit 4 cm Überlappung mit dem Bindedraht zusammengebunden und gut verlötet. Die "Speichen" werden aus dem dicken Draht auf der Holzform "gedengelt", also mit dem Hammer in Form gebracht, was zuerst wahrscheinlich viel Mühe bereitet. Das ist so ziemlich die schwierigste Sache beim Spiegelbau, also nur nicht verzagen. Man schneidet am besten zuerst ein 1,60 m langes Stück Draht ab, legt es auf die Holzform und bearbeitet es durch Biegen und Hämmern, bis es schön auf der Holzform aufliegt. Dazu muß diese ab besten in einem Schraubstock eingespannt sein. Der Draht soll ein bis zwei cm über die Form überstehen, der Rest wird abgekniffen. Die überstehenden ein bis zwei cm werden rechtwinklig abgebogen. Die zweite Speiche, die später im rechten Winkel zu der ersten angeordnet wird, muß oben in der Mitte eine kleine Nase bekommen, im Kreuzungspunkt der beiden Speichen. Wenn die ersten beiden Speichen fertig sind, kann das Grundgebilde bereits zusammengesetzt werden. Dazu wird der große Ring auf dem Umfang in vier gleich große Viertel markiert, dort werden später die Enden der Speichen befestigt. Es ist vorteilhaft, an der Holzform einen Fuß zu befestigen, daß sie auf der Montageplatte gut stehen kann. Die Form wird auf die Platte gestellt, der Ring darübergerlegt und die erste Speiche wird an einer beliebigen Stelle, am besten aber nahe der Nahtstelle befestigt mit Bindedraht. Genau gegenüber müßte die zweite Markierung auf dem Ring sein, dort wird auch befestigt. Die zweite Speiche wird im rechten Winkel zur ersten montiert, wobei immer wieder die Holzform unter die Speiche gelegt werden muß. Weder darf sich der große Ring dabei von der Tischplatte abheben, noch darf unter der Speiche nennenswerte Luft sein. Wenn dieses Grundgerippe nun mal hochgehoben wird, möchte man meinen, daß das niemals ein stabiles Ding werden wird, aber keine Angst, die Stabilität kommt später durch die Bespannung. Im folgenden können nicht alle Drähte übereinandergekröpft werden. Insgesamt werden 12 Speichen benötigt, 4 sind fertig, es sind also neben jeder dieser 4 Grundspeichen (zwei durchgehende), noch 2 kurze Speichen zu befestigen. Es werden 8 kurze Speichen angefertigt, unten wie gehabt und oben bis ca. 3 cm vor dem Mittelpunkt des Reflektors reichend. Das obere Ende der Speichen wird leicht mal nach links, mal nach rechts abgebogen. Jedes Feld des Umfangs (1/4) wird nun in drei gleiche Teile markiert, der Zwischenraum zweier Speichen

bekommt also noch zwei Markierungen, an denen die Zwischenspeichen befestigt werden. Knapp vor dem Mittelpunkt des Reflektors werden jeweils zwei Zwischenspeichen mit Bindedraht parallel zur Grundspeiche befestigt. Es ist ratsam, jedesmal sofort zu verlöten, besonders auch unten am großen Ring. Nur mit Bindedraht befestigte Verbindungen verrutschen leicht wieder und nachher passen dann die Maße nicht mehr. Immer wieder zwischendurch ist die Form zu überprüfen, denn nach dem Verlöten kann nichts mehr verschoben werden! Wenn alle 12 Speichen angebracht sind, wird der kleine Ring auf das Gerippe gelegt, schön zentriert, verrödelt und verlötet. Damit ist das Gerippe fertig.

Es ist oftmals leichter, etwas auszuführen als es zu beschreiben, daher gilt, was beim Lesen der Beschreibung nicht klar wird, läßt sich vielleicht durch einen Blick auf die Skizze, die verschiedene Detailzeichnungen enthält, erkennen.

3.1.2 Bespannung Ob zuerst die Bespannung vorgenommen wird oder die Halterung angefertigt wird, ist Geschmacksache, für die Halterung spricht, daß dann später bei der Bespannung der Reflektor senkrecht steht und somit eventuell bequemer gearbeitet werden kann. Der ein m breite Streifen wird zunächst in zwei 50 cm breite Streifen halbiert. Mit einem dunklen Filzschreiber und einem Lineal werden die Schnitte markiert. Die grobe Aufteilung läßt sich wieder der Skizze entnehmen, die genauen Zuschnitte sind individuell vorzunehmen, da die auszufüllenden Segmente nicht einheitlich sind. Die Felder müssen so breit ausgeschnitten werden, daß sie mindestens ein cm über die Speichen hinausragen. Jedes zugeschnittene Segment wird sofort eingebaut. Dazu legt man es mittig auf ein Feld auf die Innenseite des Gerippes, und zwar außen bündig. Dann wird es an mehreren Stellen mit Bindedraht angebunden, etwa alle 10 cm reicht aus. Die im Bereich der Speichen überstehenden Keile des Gewebedrahtes werden nach außen umgebogen. Das zweite Segment wird auf das nächste Feld gelegt und ebenso befestigt. Wenn alle 12 Segmente angebracht sind, schneidet man ein passendes 6 Eck zurecht für die Mitte des Spiegels. Ganz Ungeduldige würden jetzt bereits die ersten Versuche machen wollen, weil der Spiegel ja "fertig" ist. Die hier beschriebene Verbindung der Segmente mit dem Gerippe ist für Dauereinsatz zu punktuell und würde in absehbarer Zeit auseinanderfallen. Die Ringe und Speichen sollten auf der gesamten Länge mit der Bespannung verrödelt werden. Dazu schneidet man 30 bis 40 cm lange Stücke von dem Bindedraht ab und rödelt diesen schön stramm um den dicken Draht der Speichen und der Ringe, wobei bei jeder Windung auch ein Draht des Gewebes umfaßt werden sollte. Dann ist es angebracht, alle 10 cm eine Lötverbindung vorzunehmen, wozu man den Reflektor am besten flach auf den Rücken legt, daß der dicke Draht unter der Bespannung liegt. Es ist günstig, bei diesen Lötungen mit Lötwasser oder flüssigen Flußmitteln zu arbeiten, weil ansonsten das Lötzinn schnell von der Lötstelle wegfließt und sich nicht mit ihr verbindet. Hiermit wäre der Reflektor fertiggestellt, er dürfte jetzt eine beträchtliche Stabilität aufweisen.

3.2. Halterung

Jetzt ist eine Halterung anzufertigen, die den Reflektor am Mast festhält und den Erreger im Brennpunkt des Reflektors fixiert. In diesem Bereich sind viele Variationen denkbar, zwei verschiedene Ausführungen sind vom Verfasser aufgebaut worden, eine stabile, leider auch etwas schwere Version für den rauen Fieldday- und Contestbetrieb und eine leichtere, aber mechanisch anfälligere Version für den stationären Betrieb (Die Anfälligkeit bezieht sich aber nur auf den Transport, einmal fest montiert, überwiegen die Vorteile). Die zweite Version ist auch vielleicht etwa einfacher nachzubauen. Es ergibt sich nun die Frage, wo man ab besten geeignetes Material bekommen kann. Da jede Parabolantenne eine "Vormastantenne" ist, ist es wichtig, den Schwerpunkt möglichst nah an die Rückseite des Reflektors zu bekommen. Diese Forderung ist optimal verwirklicht, wenn das Mastrohr $d \text{ u r c h}$ die Halterung geht. Wenn man ein Rohr findet, das mit wenig Spiel über das Drehrohr paßt, wäre es schon sehr gut. Wenn es auch noch verdrehsicher ist, wäre es optimal. Das läßt sich verwirklichen durch die Verwendung von eckigen Röhren (sog. Profilrohre) oder von sog. Gelenkwellenprofilen aus der Landmaschinenbranche. Bei der Verwendung von normalen Röhren kann die "Drehverhinderung" auch durch Klemmschrauben bewerkstelligt werden. Die Arbeitsschritte sind dann wie folgt:

- a) Aussuchen eines passenden Rohres
- b) Justage des Halterrohres auf dem "Rücken" des Reflektors
- c) Vorbereitung der vier Haltestreben
- d) anschweißen der Streben an das Rohr

Das Rohr muß natürlich gerade (parallel zur Tischfläche, auf der der Reflektor liegt) und die Streben spannungsfrei, gleichmäßig mit ihren Enden auf dem inneren Ring aufliegen. Dann kann die Halterung unter Verwendung der Drahtseilklemmen mit dem Reflektor verschraubt werden. Dies sollen alles nur Vorschläge sein, wenn ein interessierter OM kein Schweißgerät zur Verfügung

hat, muß er sich irgendwie helfen lassen oder ein anderes Konzept erarbeiten, bei dem evtl. alles geschraubt werden kann. Hier führen, wie überall, viele Wege nach Rom. Bei der Fielddayausführung wird die Halterung bis unterhalb des Reflektors verlängert, vielleicht mit einem dünnwandigem Profilrohr und von dort aus entweder fest oder geschraubt mit einem weiteren Profilrohr bis 65 mm unter und 50 - 100 mm hinter den Brennpunkt zu einer Halterung für den Erreger geführt. Auf den Skizzen läßt sich das gut erkennen. Bei der zweiten Version werden die Streben, die den Reflektor an das Halterrohr binden, etwas länger gelassen. Am Ende der Streben wird jeweils ein 7 mm Loch gebohrt, wo später die Gewindestange befestigt wird. Das Horn bekommt dann dementsprechend eine Schelle mit Laschen, die ebenfalls Löcher für die anderen Enden der Gewindestangen haben. Die Anordnung ist wiederum auf der Skizze zu ersehen. Bei dieser Version sollte überall, wo es möglich ist, Gewicht eingespart werden, daß die Gewindestangen die Last gut tragen können, d. h. Erreger möglichst aus dünnwandigem Weißblech, die notwendigen Laschen direkt auf das Horn auflöten, statt einer aufwendigen Schelle. 3.3 Der Erreger Der Erreger, das Horn, ist die eigentliche (abstahlende) Antenne und als solche sorgfältig aufzubauen. Man kann es aus Kupferblech fertigen (Reststücke vom Dachdecker oder Installateur) oder aus Weißblech, für erste Versuche geht sogar kupferkaschiertes Pertinax. Die Buchse auf der Skizze ist natürlich eine N-Norm Buchse. Wer einen Richtkoppler besitzt, kann in das Stäbchen an der N-Buchse, wenn es etwas kürzer bleibt, ein Gewinde hineinschneiden und eine Schraube hineindreihen, um damit das SWR noch etwas zu verbessern bzw. auf die Arbeitsfrequenz optimal abzustimmen. Die Positionierung vor dem Reflektor ist nicht auf den mm kritisch, es reicht, wenn man das Horn so in den Brennpunkt montiert, daß dieser sich in der Ebene befindet, wo das Horn von der Quaderform in die "Trichterform" übergeht, nicht etwa, wo sich die Buchse mit dem Stäbchen befindet. Das Stäbchen muß für horizontale Polarisierung waagrecht liegen. Die gedachte Achse des Hornes sollt natürlich "rechtwinklig" zum Reflektor und genau durch dessen Mittelpunkt gehen. Wenn sorgfältig gearbeitet wird, werden die Resultate auch zufriedenstellend sein. Bleibt noch eine Arbeit: Das "Wetterfestmachen": Nicht verzinkte Teile werden nach Säuberung mit Rostschutzgrundierung und später mit wetterfester Lackfarbe angestrichen. Den kompletten Reflektor kann man sehr schön mit einer kleinen Schaumgummirolle mit Bootslack überrollen, mindestens zweimal von beiden Seiten. Dann kann man sehr lange Freude an seinem Spiegel haben.

4. Test und Inbetriebnahme

Bei sauber durchgeführtem Aufbau kann der Spiegel unmittelbar in Betrieb genommen werden.

Als Kabel wird üblicherweise H 100 verwendet, es gibt aber auch dämpfungsarmes RG 213 oder das neue Aircom Plus. Letztere beiden haben etwas bessere Biegeeigenschaften. Nun bleibt zu wünschen, daß der Aufbau reibungslos klappt, daß die Anleitung verständlich genug ist und als wichtigstes, daß mit der neuen Antenne auch die Bänder reichlich frequentiert werden.

Mit vy 55 und 73 DB1YV

DB1YV, Josef Oberhaus, Bechtrup 24a 59348 Lüdinghausen,
DB1YV@DBØFBB, DB1YV@DARC.de