

Im Zentimeterwellenbereich QRV: 10 GHz für Einsteiger (2)

Ing. (grad.) GERFRIED PALME – DH8AG

Nach der Erläuterung allgemeiner Grundlagen und der Vorstellung der HF-technischen Kernstücke einer 10-GHz-Station befassen wir uns hier mit weiteren Baugruppen. Antennen und deren exakte Nachführung bilden einen weiteren Schwerpunkt. In der kommenden Ausgabe erwartet uns dann der praktische Funkbetrieb.

Beim Autor entstand im Laufe der Jahre ein Stationskonzept, das eine Abwandlung des in Bild 11 (vorige Ausgabe) wiedergegebenen Prinzips darstellt.

Vollständiger Auf-Dach-Betrieb

Das Besondere daran ist, dass sich (außer dem Lokaloszillator (s. a. Bild 2, vorige Ausgabe) alles in einem einzigen Gehäuse direkt hinter dem Parabolspiegel montiert befindet. Bild 12 schafft einen Einblick in den Aufbau. Der Vorteil liegt auf der Hand:

- eine Übertragung des ZF-Signals; führung von über 100 dB zur einstrahlfesten Übertragung des ZF-Signals;
- ein Klingeldraht (bereits ausreichend!) für die Monitoranzeige zur Überwachung der Ausgangsleistung an einem Milliampere-meter im Shack;
- ein dämpfungsarmes Koaxialkabel zur Übertragung des 106,5-MHz-Oszillator-signals;
- eine separate Leitung zur PTT-Steuerung, falls erwünscht; andernfalls kann die Umschaltung mittels einer Schaltspannung

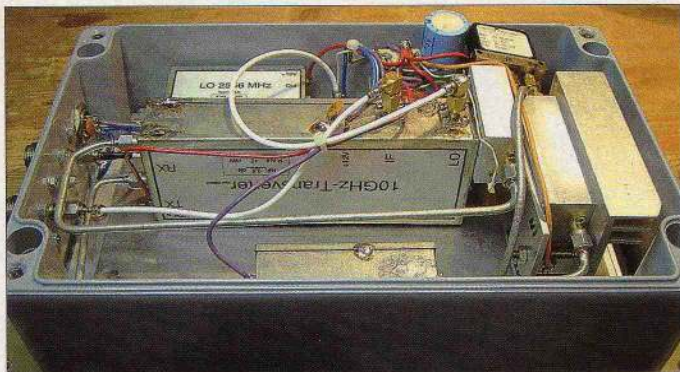


Bild 12: Komplett aufgebaute 10-GHz-Transverteranlage in einem Aluminium-Druckgussgehäuse für die Montage am Antennenmast; der 106,5-MHz-OCXO befindet sich im Shack.

Alle 10 GHz führenden Koaxialleitungen fallen kurz aus, wodurch nur relativ geringe Leitungsverluste entstehen. Etwaige Zwischenverstärkungen zum Ausgleich der ansonsten hohen Kabeldämpfungen sind somit entbehrlich.

Ein Nachteil dieser Aufbauart ist die Servicefeindlichkeit im Reparaturfall (welcher in den letzten zehn Jahren aber noch nie eintrat): Der Gang auf das Dach und die Demontage der kompletten Einheit wären unvermeidlich. Letzteres ist jedoch dank einer gut durchdachten Konstruktion mit nur wenigen Handgriffen möglich. Zum Betrieb der Anlage führen nur vier Leitungen an den Antennenmast:

- ein wetterfestes zweiadriges Kabel für die Versorgungsspannung von 13,8 V Gleichspannung; bei seiner Auswahl muss auf einen genügend großen Leiterquerschnitt geachtet werden, weil schon allein die Leistungsendstufen – je nach Leistungs-kategorie – durchaus „einige Ampere“ brauchen;
- ein Koaxialkabel des Typs H2000 Flex mit seiner hervorragenden Schirmdämpf-

von +3 V bis +14 V Gleichspannung (im Sendefall!) auf der Seele der ZF-Leitung erfolgen (verfügt der Transceiver nicht über eine derartige Option, müsste nach dem Transceiverausgang eine Gleichspannungsweiche in die ZF-Leitung eingefügt werden).

Gleichspannungsweiche

Diese besteht aus nur wenigen Bauteilen und kann leicht selbst angefertigt werden. Bild 13 zeigt die kleine Schaltung, die schon in einem sehr kleinen hochfrequenzdichten Weißblechgehäuse Platz findet.

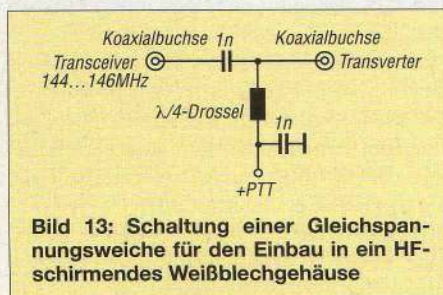


Bild 13: Schaltung einer Gleichspannungsweiche für den Einbau in ein HF-schirmendes Weißblechgehäuse

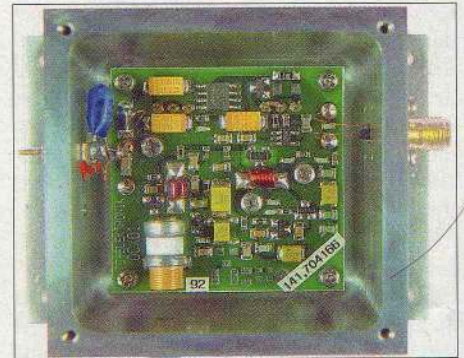


Bild 14: Auf wenige Milligrad genau temperaturregulierter Oszillator (OCXO) für Gigahertz-Anwendungen; im Aluminiumgehäuse [16]

Wer es sich zutraut, der „zerlegt“ alternativ seinen 2-m-Transceiver und fügt anstelle der (oft nur aus einem kurzen Drahtstück) bestehenden Verbindung zwischen der Antennenbuchse und dem Ausgang des Antennenrelais den 1-nF-Kondensator ein. Die – mit genügend räumlichem Abstand – an der Antennenbuchse angelötete 2-m-Sperrdrossel benötigt dann nur noch eine Verbindung zur +12-V-PTT-Schaltleitung.

Sequenzler

Bei der PTT-Umschaltung von Empfang auf Senden (und umgekehrt) muss beachtet werden, dass manche koaxialen Antennenrelais während des Umschaltvorgangs eine nicht genügend hohe Übersprechdämpfung zum Empfangskontakt aufweisen. Infolgedessen könnte der noch nicht völlig abgeschaltete Empfängereingang beziehungsweise Vorverstärker noch das zu gering entkoppelte Sendesignal erhalten und deshalb zerstört werden. Abhilfe schafft ein Sequenzler, der folgerichtig die Einzelkomponenten nach genau definierten Zeiten ab- bzw. anschaltet.

Sequenzler-Fertigbausteine gibt es bei [1]; Baubeschreibungen für normale Sequenzler finden sich bei [11], [12] und [13], während die von [14] und [15] eher schon in die Kategorie Stationsmanager mit zahlreichen weiteren Funktionen fallen.

■ Lokaloszillator (LO)

Die Frequenzstabilität des LO im Transverter (vgl. Bild 1, vorige Ausgabe) bestimmt, wie genau die Frequenzanzeige des 10-GHz-Bereichs am nachgeschalteten Transceiver ausfällt. DX-Verabredungen auf einer vereinbarten Frequenz und das Auffinden von Bakenstationen zur Beobachtung von Überreichweiten sind allein hiervon abhängig – eine gute Frequenzgenauigkeit und Frequenzstabilität des Transceivers vorausgesetzt!

Sofern der Oszillator seine Frequenz wegen Temperaturschwankungen ändert, verschiebt sich dadurch auch die komplette 10-GHz-Frequenzskala und man weiß nie

genau, wo denn nun die gewünschte Frequenz eigentlich ist.

Falls eine aktive Bake empfangen wird, kann man sich an deren Frequenz orientieren und den momentan herrschenden Frequenzversatz zur angezeigten Frequenz einkalkulieren. Letztlich muss aber jeder für sich entscheiden, wie genau er dies alles haben will.

Zur Stabilitätssteigerung des 106,5-MHz-Signals nimmt man gern einen externen Lokaloszillator in der Ausführung als beheizten Oszillator (OCXO, engl. *oven controlled crystal oscillator*) (Bild 14). Einen Fertigbaustein gibt es bei [16], einen Baustatz mit allen benötigten Teilen oder auch nur die blanke Platine bei [2]. Wer in puncto Stabilität das Beste vom Besten anstrebt, entscheidet sich für einen PLL-Oszillator mit 10-MHz-Referenzeingang [1], siehe z.B. Bild auf S. 1012. Die aktuelle Transverter-Generation von [1] verfügt bereits intern darüber.

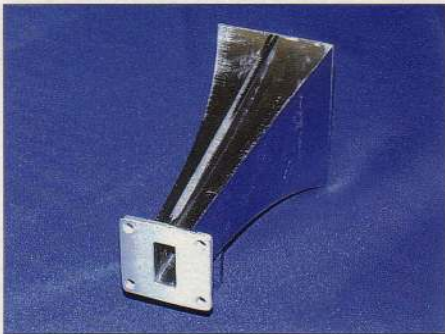


Bild 15: Kommerzieller Hornstrahler

Dazu benötigt man dann aber auch noch die Technik für das entsprechende 10-MHz-Referenzsignal, welches aus den folgenden Quellen hergeleitet werden kann: Vom Global Position System (GPS) [16], vom Langwellensender DCF77 [17] oder (funk-)unabhängig von einem Rubidium-Frequenznormal (Gebrauchtmart, Importe via eBay).

Ich selbst habe seit vielen Jahren den „klassischen“ LO nach DF9LN (Bausatz von [2]) mit dem üblichen Weißblechgehäuse im Einsatz. Zusätzlich zur internen temperaturgeregelten 60-°C-Beheizung des Quarzes ist noch eine weitere geregelte Heizung außen am Weißblechgehäuse angebracht. Alles befindet sich, mit Styropor ummantelt, in einem Aluminium-Druckgussgehäuse. Seine Frequenz „steht“ etwa 10 min bis 15 min nach dem Einschalten.

„Pfiifige“ OMs graben ihren LO einige Meter tief in die Erde ein, wo die Temperatur nahezu konstant bleibt! Der hiesige LO dagegen steht im Shack und das 106,5-MHz-Signal gelangt über ein dämpfungsarmes Koaxialkabel zum Transverter am Antennenmast.

■ Antennen

Ein wesentlicher Vorteil des Funkens im 3-cm-Band sind die möglichen kleinen Antennen bei dennoch relativ hohem Gewinn. Wer hier zunächst als „ersten Gehversuch“ etwas experimentieren möchte, kann sich am Selbstbau eines Hornstrahlers (Bild 15) aus Messingblech, aus Weißblech oder aus kupferkaschiertem Epoxidmaterial versuchen. Abmessungen und sehr viele interessante Hinweise dazu gibt es in [18]; die Maße davon findet man auch im Internet bei [19]; eine weitere Aufbauvariante wird detailliert in [20] beschrieben. Kommerzielle Hornstrahler gibt es mit 135 mm Länge und 16 dBi Gewinn [5] oder mit 300 mm Länge und 20 dBd (1 dBi = 2,14 dBd) Gewinn [6].

Gewinn von Parabolspiegeln

Die „echte“ DX-Antenne für 10 GHz ist natürlich die Parabolspiegelantenne. Mit einem Spiegeldurchmesser von 48 cm lässt sich bereits ein Gewinn von 27 dB erzielen [5], bei einem Parabolspiegel mit 70 cm Durchmesser werden 30 dBd genannt [21]. Diese Gewinnangaben beziehen sich auf die in Bild 6 (vorige Ausgabe) gezeigte Ausführung mit einer Hohlleitersperrung und aufgesetztem Hübchenreflektor. Der theoretische Gewinn in Dezibel, bezogen auf einen Halbwellendipol (G/dBd), lässt sich, ein idealer (!) Strahler vorausgesetzt, mit der Gleichung

$$G/dBd = 10 \log G \quad (1)$$

berechnen, wobei G für das zahlenmäßige Leistungsverhältnis des Antennengewinns steht. Dieses errechnet sich zu

$$G = (4 \cdot \pi \cdot D \cdot F) / \lambda^2, \quad (2)$$

G zahlenmäßiges Leistungsverhältnis des Antennengewinns,

D Durchmesser des Parabolspiegels in cm,

F Brennweite des Parabolspiegels in cm,

λ Wellenlänge in cm.

Die Daten des oben genannten 48-cm-Parabolspiegels ergeben mit Gleichung 2 das zahlenmäßige Leistungsverhältnis 1286; mit Gleichung 1 kommt man auf rund 31 dBd Antennengewinn.

Der real erzielbare Gewinn hängt von der Ausführung des Parabolspiegels, seinem Durchmesser und von der Art des Strahlers beziehungsweise der Ausleuchtung der Reflexionsfläche ab.

Parabolspiegelparameter: Durchmesser, Tiefe, Brennweite, F/D-Verhältnis

Bild 16 verdeutlicht zunächst zwei Spiegelausführungen: Es gibt flache Spiegel mit einer geringen Krümmung, woraus eine große Brennweite F resultiert; Spiegel mit einer starken Krümmung sind tiefer und besitzen eine geringe Brennweite F .

Den rechnerischen Zusammenhang zwischen Brennweite F , Durchmesser D und Tiefe T eines Parabolspiegels beschreibt die Gleichung [22]:

$$F = \frac{D^2}{16 T}, \quad (3)$$

F Brennweite des Parabolspiegels in cm,
 D Durchmesser des Parabolspiegels in cm,

T Tiefe des Parabolspiegels in cm.

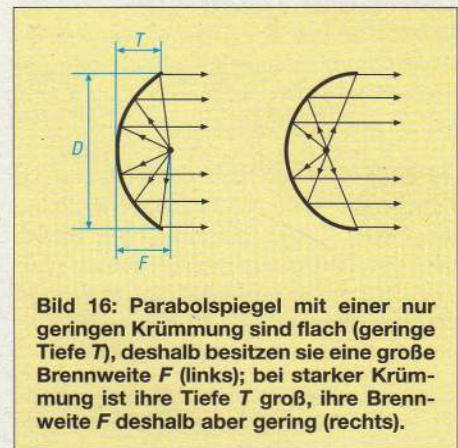


Bild 16: Parabolspiegel mit einer nur geringen Krümmung sind flach (geringe Tiefe T), deshalb besitzen sie eine große Brennweite F (links); bei starker Krümmung ist ihre Tiefe T groß, ihre Brennweite F deshalb aber gering (rechts).

Während beim Parabolspiegel mit einer großen Brennweite die Gefahr besteht, dass ein Strahler mit einem zu großen Öffnungswinkel einen Teil der Energie über den Spiegelrand nutzlos hinaus strahlt, muss der Strahler am Spiegel mit einer geringeren Brennweite womöglich sogar noch etwas rückwärts strahlen (s. Bild 16).

Für eine gute Ausleuchtung eines Parabolspiegels sollen seine Daten in der folgenden Gleichung ein zahlenmäßiges Ergebnis q zwischen 2 und 4 ergeben [23]:

$$q = (16 \cdot F^2) / D^2, \quad (4)$$

F Brennweite des Parabolspiegels in cm,

D Durchmesser des Parabolspiegels in cm.

Manchmal findet man bei Parabolspiegeln nur die Angabe des Durchmessers und des F/D -Verhältnisses. Aus dem Umstellen obiger Gleichung folgt, dass für eine gute Ausleuchtung des Parabolspiegels das F/D -Verhältnis zwischen 0,35 und 0,5 liegen sollte.

Neben einer Berechnung der Brennweite eines Parabolspiegels aus seinen geometrischen Daten (Gleichung 3) kann der Brennpunkt auch durch Versuche ermittelt bzw. die Genauigkeit eines Parabolreflektors überprüft werden.

In diesem Verfahren wird der Brennpunkt durch die Reflexion eines Laserpointerstrahls am Parabolreflektor optisch abgebildet [24]. Dabei zeigte sich, dass bei schlechten Spiegeln der Brennpunkt – räumlich gesehen – eher die Form einer Zigarre als die eines wirklichen Punktes aufweist.

Hohlleiter

Frequenzen zwischen 8,20 GHz und 12,5 GHz werden dem sogenannten X-Band zugeordnet. Das 3-cm-Amateurfunkband fällt in diesen Bereich. Die rechteckigen Hohlleiter für das X-Band besitzen die inneren Abmessungen 22,86 mm × 10,16 mm (siehe auch Bild 7, vorige Ausgabe) und werden unter den Bezeichnungen R 100 (DIN 47302/IEC153 (*International Electrotechnical Commission*), WR 90 (Britischer Standard) und WG 16 (RETMA, *Radio Electronics Television Manufacturers Association*) gehandelt. Hohlleiter für das 3-cm-Band sowie weiteres Zubehör sind bei [5] und [6] erhältlich.

Strahler mit Hohlleiterspeisung

Sofern zur Wellenleitung ein Hohlleiter dient, kann dieser bogenförmig zum Brennpunkt geführt werden (ähnlich dem Titelbild der vorigen Ausgabe), wo er dann in einem trichterförmigen Strahler endet, welcher frontal in den Spiegel einstrahlt.



Bild 17: Kommerzieller Hornstrahler für 10 GHz aus Aluminium mit SMA-Koaxialanschluss

Weil das Biegen des Hohlleiters im Selbstbau mechanisch nicht ganz einfach ist, wird gern auch die in Bild 7 (vorige Ausgabe) gezeigte Konstruktion angewandt. Der Hohlleiter gelangt von hinten durch die Spiegelmitte an die Vorderseite. Vereinfacht dargestellt ist dort an seinem offenen Ende ein an den Seiten geschlossenes rechteckiges Häubchen (Häubchenreflektor [25]) montiert, um damit den Spiegel auszu-leuchten. Fertige Häubchenreflektoren gibt es bei [6].

Weitere Möglichkeiten für eine Hohlleiterspeisung bieten unter anderem der Plättchenstrahler [26], der Dipol mit Reflektor [27], der Doppelschlitzstrahler [28], die jedoch ebenfalls alle schon sehr speziell sind und entsprechende Feinmechanikerarbeit erfordern.

Strahler mit Koaxialspeisung

Zur Frontaleinstrahlung in den Parabolspiegel bietet sich als koaxial gespeister Strahler ein Hornstrahler in der Ausfüh-

rung gemäß Bild 17 an. Es gibt ihn anschlussfertig mit einer SMA-Buchse.

Während eine Ausführung aus Messing hergestellt ist und für Parabolspiegel mit einem F/D-Verhältnis von 0,35 bis 0,4 angegeben wird [30], besteht eine andere Ausführung aus Aluminium, wobei der Katalog dazu einen Öffnungswinkel von 149° bei 10 dB nennt [2] (demgegenüber wird der Antennenöffnungswinkel auf die beiden -3-dB-Punkte bezogen). Das bedeutet, für eine gute Ausleuchtung müssen die beiden vom Brennpunkt ausgehenden Strahlen des 149°-Öffnungswinkels gegenüberliegend auf den Spiegelrand treffen. Nach H. Paul Shuch, N6TX, soll der Brennpunkt des Parabolspiegels geringfügig in den Hornstrahler eintauchen [29]. Für die Eintauchtiefe a gibt er folgende Formel an:

$$a = \frac{d \cdot F}{D} - \frac{d \cdot D}{16 \cdot F}, \quad (5)$$

a Eintauchtiefe des Brennpunkts in den Hornstrahler,

d Innendurchmesser des Hornstrahlers,

F Brennweite des Parabolspiegels,

D Durchmesser des Parabolspiegels.

Das Optimum wird man freilich nur im Versuch herausbekommen!

Weiterhin eignen sich Dipol- oder Ring-erreger für normale Parabolspiegelantennen (auf die für den Fernseh-Satellitenempfang üblichen Offsetspiegel soll hier nicht eingegangen werden; auch sie sind mit Trick nutzbar). Kommerziell gefertigte Ringerreger (*Ring dish feed*) mit SMA-Buchse für Parabolspiegel mit einem F/D-Verhältnis von 0,45 gibt es bei [30].

Feedhalter

Nur wenn sich der Strahler im Brennpunkt des Parabolspiegels befindet, ist mit einem guten Ergebnis zu rechnen. Dazu braucht man eine entsprechende Halterung. Einen einfachen Halter zur Aufnahme des Hornstrahlers aus Bild 17 an einem 60-cm-Parabolspiegel stellt Bild 18 vor:

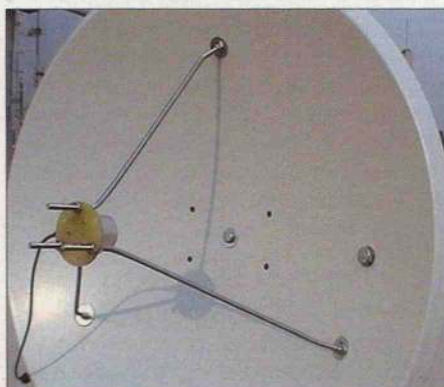


Bild 18: Feed-Halterung aus 6-mm-Gewindestangen zur Aufnahme und genauen Positionierung eines Hornstrahlers am 60-cm-Parabolspiegel

Der Strahler ist auf eine kreisförmige Montageplatte (6 mm dicke Epoxidplatte) geschraubt, welche durch drei im Winkel von 120° angeordnete 6-mm-Gewindestangen gehalten wird. Die anderen Enden der Gewindestangen sind durch den Parabolspiegel gesteckt und dort verschraubt [31].

Es muss aber auch jedem klar sein, dass bei dieser Konstruktion die drei Gewindestangen – wie überhaupt jegliches Metall – vor dem Parabolreflektor abschirmend (und reflektierend) wirken und dadurch letztlich den Gewinn verringern. Isolierendes und sehr stabiles (!) Material wäre dafür günstiger.

Nicht ganz optimal ist dagegen die Verschraubung der Gewindestangen direkt am Parabolspiegel, falls dieser aus einem dünnen Blech gefertigt wurde. Hier besteht die Gefahr, dass er sich beim Verschrauben der aufliegenden Muttern – oder bei Verwendung von Unterlegscheiben mit einer dann noch größeren Auflagefläche – verzieht und seine Parabolform nicht mehr genau einhält. Das gleiche Problem besteht häufig auch bei der Masthalterung solch eines Spiegels.



Bild 19: Bei 10-GHz-Antennen ist die Richtungsanzeige am unteren Originalgerät faktisch unbrauchbar. Die winkelgradgenaue Anzeige erfolgt deshalb im oberen Gerät digital. Die normale Antennendrehgeschwindigkeit kann beibehalten oder mit Impulssteuerung verringert werden.

Für die ersten Gehversuche und zum Sammeln von Erfahrungen mag so ein billiger dünner Parabolspiegel zunächst reichen. Doch dann sollte man sich beizeiten nach einem Qualitätsspiegel umschauen (ausgemusterte Industriespiegel), welche wirklich stabil sind und über eine Masthalterung verfügen, die ein Verwinden der Parabolform ausschließt.

Windlast beachten

Gegenüber den (Lang-)Yagi-Antennen der bekannten UKW-Amateurfunkbänder sind 10-GHz-Parabolspiegelantennen vergleichsweise klein, weil sie in der Ebene nur eine Ausdehnung besitzen, welche kaum größer als die Spiegelbrennweite ist.

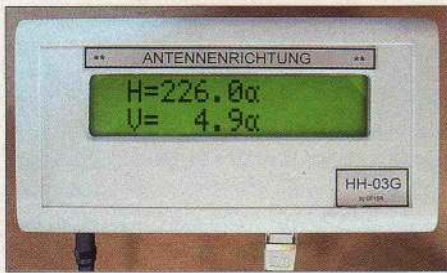


Bild 20: Azimut- und Elevations-Richtungsanzeige mit der Auflösung von 0,1°

In der Höhe misst ein 60er-Spiegel zwar ebenfalls 60 cm, doch bei einer 2-m-Yagi-Antenne muss man auch schon den vertikalen Mindestabstand einer halben Wellenlänge zur nächsten Antenne am Mast einhalten.

Wer eben mal schnell einen Parabolspiegel zusätzlich an eine vorhandene Antennenanlage montieren will, sollte sich jedoch zuvor über die erhöhte Belastung des Antennenstandrohrs Gedanken machen und nachrechnen, ob das zulässige Biegemoment nicht womöglich überschritten wird. Bei einer Montagehöhe unter 20 m hat ein Parabolspiegel mit 60 cm Durchmesser eine Windlast von 224 N (Newton). In Höhen über 20 m muss man mit 308 N rechnen und an Standorten auf Hügeln, in den Bergen sowie an der Küste mit 403 N [32]. Vorstellbarer wird dieser Wert, wenn man ihn (physikalisch betrachtet ist das jedoch falsch!) mit rund 40,3 kg angibt!

Beim Portabelbetrieb wird man deshalb auf ein besonders stabiles und standsicheres Stativ (und die Windverhältnisse) achten müssen.

■ Gefühlvolle Antennensteuerung und genaue Digitalanzeige

Sobald die 10-GHz-Antennenanlage aufgebaut ist und es darum geht, die Parabolspiegelantenne genau in die Richtung einer Bake oder eines verabredeten Funkfreundes zu stellen – spätestens dann wird man von der Realität eingeholt:

- Die zuvor über das QTH-Kenner-Programm am Computer berechnete Antennenrichtung kann gar nicht mit dieser Genauigkeit an der Rotoranzeige abgelesen werden.

- Die Antenne dreht viel zu schnell. Bevor man überhaupt irgendetwas hört, ist man schon „am Ziel vorbei geschossen“, denn die Parabolspiegelantenne hat einen nur geringen Öffnungswinkel.

Das hat DB6NT vermutlich schon im Jahre 1998 geärgert, als er eine Schaltung entwickelte, die eine Geschwindigkeitssteuerung an Rotoren der KR400-Reihe (einige Rotoren anderer Firmen sind nahezu baugleich) zulässt und außerdem das vom Rotor zurückgemeldete analoge Richtungsanzei-

signal in eine Digitalanzeige umsetzt. Die Schaltung und deren Beschreibung kann bei [1] heruntergeladen werden. Leiterplatten dafür erhält man bei [1], Bausätze bei [5].

Bei der Rotorsteuerung sieht diese Schaltung allerdings einen Eingriff in das Steuergerät vor. Dass dies aber gar nicht erforderlich ist, wird von [33] beschrieben.

Ich persönlich habe das Steuergerät deshalb im Originalzustand belassen. Oben auf steht für die Azimut- und Elevationsanzeige das Kästchen mit der Zusatzelektronik (Bild 19). Mit den beiden Kippschaltern (jeweils in der Mitte unterhalb der beiden Digitalanzeigen) bleibt in der oberen Schaltstellung die Originalgeschwindigkeit der Rotoren beibehalten; in der unteren Stellung durchfahren sie beim Drücken des entsprechenden Tasters ein Winkelgrad in 5 s (andere Zeiten sind intern einstellbar). Somit kann die Antenne zunächst mit normaler Geschwindigkeit grob in die gewünschte Richtung gebracht und dann äußerst gefühlvoll „ins Ziel“ gesteuert werden.

Die hiesige Digitalanzeige besitzt eine Auflösung von 1°. Das ist bei den hier benutzten Rotoren der G-Serie von Yaesu bereits völlig ausreichend. Beide sind gut zehn Jahre alt und haben das wohl dieser Qualitätsklasse und dem Alter entspre-



Bild 21: Dieser Encoder dient zur Messwertaufnahme der Drehposition vom Rotor. Mit seiner 6-mm-Achse und der üblichen Zentralbefestigung kann er gegen das in den Rotoren eingebaute 500-Ω-Potentiometer ausgetauscht werden.

Fotos: ID-Elektronik (1), UKW-Berichte (1), DH8AG (6)

chende mechanische Spiel. Dennoch lassen sich weit entfernte Baken und verabredete DX-Funkverbindungen auch noch bei über 400 km Entfernung mit dem verwendeten 60-cm-Parabolspiegel bei einer Genauigkeit von maximal $\pm 2^\circ$ Anzeigabweichung anpeilen.

Eine andere Generation Rotoranzeige – nämlich die mit einem Mikrocontroller – kommt von DF1SR [34]. Sein Gerät schafft eine Anzeigauflösung von 0,1° (Bild 20). Den Drehwinkel erfasst ein Encoder mit einer 6-mm-Achse. Wie Bild 21 zeigt, ist er von den Abmessungen dem in den oben genannten Rotoren eingebauten 500-Ω-Potentiometer sehr ähnlich.

Etwas Erfindergeist verlangt die Übertragung der Drehbewegung vom Rotor oder vom Antennenmast auf die Achse des Encoders, falls man den direkten Austausch des im Rotor eingebauten Potentiometers gegen den Encoder scheut. Eine externe Drehwinkelübertragung auf den Encoder erreicht DF1SR beispielsweise mit einer Magnetkupplung. In einem anderen Fall überträgt er die Drehbewegung mit einem etwa 3 cm langen Stück Benzinschlauch, welcher stramm auf der 6-mm-Encoderachse steckt. (wird fortgesetzt)

Literatur und Bezugsquellen

- [1] Schneider, W., DJ8ES: Mikrokontrolliert: Ablaufsteuerung (Sequencer) mit Roger-Piep. FUNKAMATEUR 49 (2000) H. 8, S. 890–891
- [2] Schneider, W., DJ8ES: Sequencer II: Ablaufsteuerung mit Roger-Piep. FUNKAMATEUR 51 (2002) H. 1, S. 68–69
- [3] Sander, K.: Ein- und Ausschaltsequenzer. FUNKAMATEUR 54 (2005) H. 12, S. 1246–1248. www.sander-electronic.de
- [4] Dröse, O., DH8BQA: Sequenzer auch im Telegrafiebtrieb. FUNKAMATEUR 57 (2008) H. 6, S. 628–629
- [5] Dröse, O., DH8BQA: FA-Stationsmanager mit Sequenzer und CW-Zwischenspeicherung. FUNKAMATEUR 59 (2010) H. 3, S. 293–297
- [6] ID-Elektronik, Wingertgasse 20, 76228 Karlsruhe, Tel. (07 21) 9 45 34 68, www.id-elektronik.de
- [7] Graubner, N., DL1SNG; Traving, W.-G., DL1FAC: DCF77-gesteuertes Frequenznormal mit Funkuhr und Sternzeit. FUNKAMATEUR 57 (2008) H. 12, S. 1286–1290; 58 (2009) H. 1, S. 44–47, H. 2, S. 153–155. www.funkamateure.de → Online-Shop → BX-176
- [8] Reithofer, S., DL6MH (†): Praxis der Mikrowellenantennen. Verlag UKW-Berichte, Baidorf 1987, S.143 ff.
- [9] Gruntzel, M., DL4IB: GHz-Antennen. www.qsl.net/dl4ib
- [10] Weiner, K., DJ9HO (†): Selbstbau-Hornstrahler für die Bänder 10 und 24 GHz. UHF-Unterlage, Teil IV, Fachbuchverlag Weiner, Hof 1984, S. 740
- [11] Procom Deutschland, Heideland Süd 28, 24976 Handewitt, Tel. (04 61) 95 77 22; www.procom-deutschland.de; weitere Parabolspiegel bei ANJo-Antennen, s. S. 1016 in dieser Ausgabe
- [12] Schwarzbeck, G., DL1BU: Primärstrahler für Parabolantennen (1 GHz–6 GHz). CQDL 55 (1984) H. 8, S. 378–383
- [13] In [18], S.104
- [14] Palme, G., DH8AG: Überprüfung der Brennpunkte von Parabolspiegeln. FUNKAMATEUR 58 (2009) H. 9, 962–964
- [15] In [18], S.110 f.
- [16] Ebenda, S. 113 f.
- [17] Ebenda, S. 108 f.
- [18] Dörfler, D., DJ4AM; Vogl, P., DL1RQ: Optimierung eines Antennensystems für 10 GHz aus Doppelschlitzstrahler (Penny-Feed) und Parabolspiegel. 14. VHF-UHF-SHF-Tagung, München 2002, Tagungsheft S. 7 ff.
- [19] Shuch, P., N6TX: Care and Feeding of a SETI Dish. www.setileague.org/hardware/feedchok.htm
- [20] RF Hamdesign, Gauke Boelensstraat 108, NL-9203 RS Drachten, Tel. +31 512 354 126, Fax +31 847 187 776; www.rfhamdesign.com/
- [21] Palme, G., DH8AG: Wie baue ich einen Feed-Halter? funk 26 (2002) H. 10, S. 52–53
- [22] Palme, G., DH8AG: Wie berechne ich eine einfache Antennenanlage. CQDL 72 (2001) H. 6, S. 439–441
- [23] Palme, G., DH8AG: Rotorsteuerung mit digitaler Richtungsanzeige. funk 24 (2000) H. 2, S. 14–15
- [24] Hylinsli, G., DF1SR: Auto-Tracking Hardware. www.df1sr.de → Projects → EME-Tracking