

# Einfache Antennenanlage für Satellitenbetrieb

MARTIN STEYER – DK7ZB

Die niedrig umlaufenden Satelliten der russischen RS-Baureihe bieten die Möglichkeit, mit einfachsten Mitteln in den interessanten Bereich der Weltraum-Kommunikation einzusteigen. Gerade für Stationen mit begrenzten Antennenmöglichkeiten soll hier ein Weg aufgezeigt werden, wie man sicher steilere Umläufe für den QSO-Betrieb nutzen kann.



Bild 1: Die zirkular polarisierte 2-Element-Yagi mit Abstrahlrichtung nach oben

Für das Senden auf dem Satelliteneingabefrequenzbereich im 2-m-Band sowie den Empfang im Satellitenausgabefrequenzbereich auf 10 m verfügen die meisten Amateure schon über die notwendigen Geräte. Inzwischen gibt es dazu auch diverse ausgezeichnete PC-Programme, die nicht nur Bahndaten berechnen und sie als Tabelle oder in Echtzeit, wenn nötig, gleich für mehrere Satelliten gleichzeitig ausgeben, sondern außerdem sogar noch den jeweils aktuellen Bildausschnitt der Erde und den Sichtbarkeitsbereich von Satelliten grafisch darstellen.

Als Antenne ideal ist natürlich eine vertikal und horizontal schwenkbare Anlage, möglichst mit zirkular polarisierter 2-m-Antenne, die automatisch per Software und dazu passendem Antennensteuersystem nachgeführt werden. Die Möglichkeit, so etwas aufzubauen, haben aber wohl nur die wenigsten Amateure, von den nicht ganz unerheblichen Kosten einmal abgesehen.

## ■ Vorüberlegungen

Die hier beschriebene Antennenkombination stellt nicht nur für Anfänger eine gute Wahl dar, sie kann auch eine vorhandene Antennengruppe sinnvoll ergänzen.

Wer Baken und auch die über die Transponder umgesetzten Signale abhört, stellt schnell fest, daß die Bake weit weniger Schwund aufweist als letztere. Das kann also nur daran liegen, daß das auf 2 m abgestrahlte terrestrische Sendesignal schon mit Polarisationsfading vom Satelliten aufgenommen wird. Aus diesem Grund ist eine zirkulare Polarisation der 2-m-Antenne in jedem Fall eine sinnvolle Lösung, um den Schwund zu minimieren. Für Empfang reicht ein in Ost-West-Richtung positionierter Halbwellendipol für das 10-m-Band aus, wenn man sich auf Durchgänge mit einem Elevationswinkel über 15° beschränkt.

Mit einer nach oben abstrahlenden, zirkular polarisierten 2-m-Antenne mit Rundumcharakteristik und einem verkürzten 10-m-Dipol ergibt sich eine ideale Kombination für Satellitenumläufe mit größerem Elevationswinkel.

Eine 2-Element-Yagi mit zirkular rechtsdrehender Polarisation (Bild 1), bestehend aus Strahler und Reflektor hat bei senkrechter Montage genau das richtige Strahlungsdiagramm für den gewünschten Einsatzzweck (Bild 2). Bei 10° Elevation liegt der Gewinn erst 2 dB unter dem Maximum, bei 5° sind es nur 2,5 dB.

## ■ Die 2-m-Antenne

Die in Bild 2 skizzierte 2-m-Antenne ist nicht zu verwechseln mit der schon seit langem verwendeten Kreuzdipol- oder Turnstile-Antenne. Bei letzterer handelt es sich um einen horizontal polarisierten Rund-

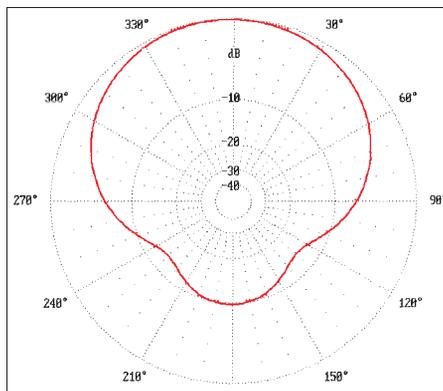


Bild 2: Vertikales Richtdiagramm der gestockten Kreuzyagi

strahler, der auch mit Reflektorwand (Machendraht) oder einzelnen Reflektoren bekannt ist [1].

Die Abmessungen (für eine Kombination Strahler – Reflektor) der zirkular polarisierten Yagi sind aus Bild 3 zu entnehmen. Hier liegt eine echte, zirkulare 2-Element-Yagi mit einem Gewinn von 1 dB gegenüber einem einfachen, linear polarisierten Dipol vor. Wählt man als Bezugsantenne ebenfalls eine zirkular rechtsdrehende Antenne, so stehen 4 dB zur Verfügung.

Über eine Viertelwellen-Phasenleitung aus 50-Ω-Kabel wird der eine Dipol mit dem anderen verbunden. Am Speisepunkt ergeben sich somit 25 Ω, die ein weiteres Viertelwellenstück aus zwei parallelgeschalteten 75-Ω-Kabeln wieder auf 50 Ω transformiert.

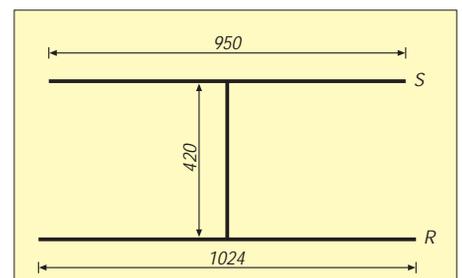


Bild 3: Abmessungen der 2-Element-Yagi (eine Ebene)

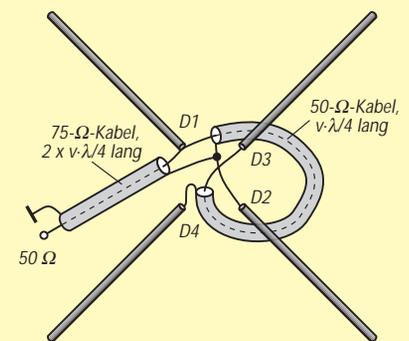


Bild 4: Schema der Zusammenschaltung von Phasen- und Anpaßleitung bei der 2-Element-Yagi

Damit ist noch ein weiterer, willkommener Nebeneffekt verbunden: Erdet man die Anschlußbuchse, so ergibt sich ein vereinfachter Viertelwellensperrtopf, der in anderer Form als „Tonna-Einspeisung“ bekannt ist [1]. Das Prinzip der parallelen Viertelwellenkabel zur Anpassung und als Mantelwellensperre wurde schon in [2] als „DK7ZB-Speisung“ von niederohmigen Yagi-Antennen vorgestellt. Bild 4 verdeutlicht die Zusammenhänge. Dabei ergibt sich rechnerisch ein Wert von 35,5 Ω für den Wellenwiderstand der Transformationsleitung. Die beiden 75-Ω-Kabel führen zu 37,5 Ω. Die Abweichung von 2 Ω bewirkt lediglich ein vernachlässigbares zusätzliches SWR. Die komplette Antenne erreicht ein SWR unter 1,3 über das gesamte 2-m-Band.



Bild 5: Blick in die Anschlußdose des Strahlers der 2-Element-Yagi

Der Aufbau geschieht so, daß eine Elektroinstallationsdose eine 70 mm × 70 mm-Platte aus glasfaserverstärktem Epoxidharz (ohne Cu-Auflage!) auf dem Boden zur Versteifung erhält. Dann wird sie mit Hilfe von zwei Winkeln auf ein Aluminium-Vierkantrrohr der Maße 20 mm × 20 mm × 1,5 mm geschraubt.

Die Elemente bestehen aus 4-mm-Vollaluminium-Schweißdrähten (Material S-ALMn oder ALMg3). Dazu wird ein Ende mit etwa 10 mm Länge in einen Schraubstock gespannt und durch kräftiges Anziehen plattgedrückt. Auf diese Weise läßt sich ein 3-mm-Loch für die Befestigungsschraube bohren. Dann werden die vier Stäbe durch Löcher in der Dose gesteckt und mit dem Boden verschraubt. Ich habe dazu noch 10-mm-Abstandshalter aus Polystyrol untergelegt. Mit Hilfe von Lötösen werden anschließend die Phasenleitung (in der Dose) und die Anpaßleitung (aus der Dose herausführend) befestigt (Bild 5).

Da das Verschalten zur Zirkularpolarisation mitunter offensichtlich Schwierigkeiten bereitet und diese Technik auch für beliebige andere Kreuzyagis gilt, sei hier noch einmal etwas genauer darauf eingegangen. Bezeichnet man die inneren Anschlüsse des einen Dipols mit D1 und D2, die des anderen mit D3 und D4, geht man für zirkular rechtsdrehende Polarisation folgendermaßen vor:

Das Phasenkabel ( $v \cdot \lambda/4$ ; 50 Ω Wellenwiderstand) kommt mit der Seele an D1, mit



Bild 6: Die Dose mit der Koaxialbuchse zum Anschluß des Antennenkabels bei der 2-Element-Yagi

der Abschirmung an D2. Das andere Ende der Seele liegt an D3, die Abschirmung auf der anderen Seite an D4. Wird das Anpaßkabel (zwei parallele Stücke  $v \cdot \lambda/4$ ; 75 Ω Wellenwiderstand) mit der Seele an D1 und mit der Abschirmung an D2 angeschlossen, ergibt sich die Polarisation als zirkular rechtsdrehend. Analog bedeutet Anschluß des Anpaßstückes mit Seele an D3 und Masse an D4 zirkular linksdrehende Polarisation (die aber in der Amateurfunkpraxis keine Rolle spielt). Eine am Boom geerdete Koaxialbuchse (Bild 6) wird in einer weiteren Kunststoffdose befestigt.

Die Reflektoren können aus 6-mm-Aluminiumrohr oder den schon beschriebenen 4-mm-Schweißstäben bestehen. Da die Stäbe aber nur eine Länge von 1 m besitzen, habe ich eine Mittelhülse (120 mm lang) verwendet, in die die beiden Reflektorhälften mit je 510 mm eingesteckt werden.



Bild 7: Die komplette Antennenanlage für 2 m und den beiden DV-27-Strahlern für das 10-m-Band

Anschließend sorgt kräftiges Einspannen in den Schraubstock für einen sicheren Halt der Stäbe. Zur Befestigung werden der Boom (20 mm × 20 mm) durchbohrt und die Reflektorelemente durchgesteckt. Eine selbstschneidende Edelstahlschraube 15 mm × 2,9 mm hält die Rohre fest.

Für den Strahler (reaktanzmäßig unverstimmt) und den Reflektor (induktiver Blindanteil) eignen sich ohne Längenänderung 4-mm- oder 6-mm-Elemente. Man beachte: Bei Yagis mit Direktoren (kapazitiver Blindanteil) sind Durchmesseränderungen nur möglich, wenn man beim Aufbau auch die notwendige Längenänderung der Direktoren berücksichtigt!

## ■ Die 10-m-Antenne

Für leichte Drehbarkeit und Portabelbetrieb habe ich beim 10-m-Dipol eine Lösung gewählt, die sicher erfahrene DXer zum Schmunzeln anregt. Durch Experimente mit einem Kurzdiplom und einer 2-Element-Yagi mit DV-27-Strahlern [3], die durchaus eine Brauchbarkeit der mit verlustbehafteten Induktivitäten ausgestatteten CB-Antennen zeigte, habe ich auch hier eine solche Lösung angewendet. Der verkürzte Strahler hält bei CW/SSB-Betrieb die 100 W eines normalen Transceivers aus; bei FM muß man die Leistung allerdings auf 50 W reduzieren.

Mit Hilfe eines Mittelstücks aus Plexiglas werden die beiden DV-27-Strahler befestigt (Bild 7). An sich ist ein Balun zum Hören nicht unbedingt notwendig; wer die Antenne aber auch zum Sendebetrieb nutzen will, sollte besser einen Balun mit einem preiswerten Ringkern (Amidon T 130-6, Kennfarbe gelb, 3 × 7 Wdg. 1-mm-CuL) einsetzen, wie er schon in [4] beschrieben wurde.

## ■ Betriebserfahrungen

Die besten Erfahrungen werden, wie zu erwarten, bei Überkopfdurchgängen gemacht. Da die Satelliten-Flugrichtung entweder von Nord nach Süd bzw. von Süd nach Nord erfolgt und damit die Ausrichtung des Dipols in etwa stimmt, kann ein Nachdrehen des 10-m-Dipols in der Regel unterbleiben.

Mit einer Sendeleistung von 20 bis 30 W ist CW-Betrieb über RS-12 immer, SSB fast immer möglich. Bis herab zu einem Elevationswinkel von 15° klappt es mit dieser einfachen Anordnung und wenig Leistung eigentlich sehr gut. Mit einer höheren Sendeleistung von 100 W HF wird sogar ein Signal bis zu einem Elevationswinkel unter 5° und einer Satellitenentfernung von mehr als 3200 km einwandfrei umgesetzt. Damit übertrifft die 2-m-Antenne alle meine Erwartungen. Nur noch bei extrem flachen Umläufen besteht die Notwendigkeit, meine 9-Element-Kreuzyagi einsetzen zu müssen.

Empfehlenswert kann es sein, nach dem gleichen Schema wie bei der 2-m-Antenne auch einen zirkular polarisierten Kreuzdipol für das 10-m-Band aufzubauen. Damit lassen sich Fadingscheinungen weiter reduzieren.

## Literatur

- [1] Rothammel, K.; Krischke, A.: Rothammels Antennenbuch, Frankh-Kosmos Verlags-GmbH & Co., Stuttgart 1995
- [2] Steyer, M., DK7ZB: Einfache Speisung von Monoband-Yagis FUNKAMATEUR 44 (1995), H. 4, S. 406
- [3] Steyer, M., DK7ZB: Der DV-27-Beam, eine Richtantenne für Amateurfunk und CB, funk 20 (1996), H. 8, S. 38
- [4] Steyer, M., DK7ZB: Neues von der DK7ZB-Portabelyagi für Kurzwellen, FUNKAMATEUR 46 (1997), H. 8, S. 970