

2-Element-Vertikal für 40 Meter

Wie man mit etwas Draht und zwei Portabelmasten eine einfache Richtantenne für das 40 m Band baut.

Dipl.-Ing. Jürgen A. Weigl

OE5CWL/OE6CWL

Kärntner Str. 212

A-8053 Graz

oe5cwl@tender.at

Für einen Contest wollten wir für das 40 m Band eine Antenne, die deutlich besser sein sollte als die vorhandene W3DZZ. Gefragt war vor allem ein niedriger Abstrahlwinkel, um möglichst viele DX-Länder erreichen zu können. Zusätzlich sollte die Antenne nach Möglichkeit eine Richtcharakteristik und etwas Gewinn aufweisen. An unserem Conteststandort war ein relativ gutes Erdnetz vorhanden. Dies würde den Betrieb einer Vertikal ermöglichen. Da zwei Fiberglasmasten vorhanden waren, lag es nahe, eine Zwei-Element-Vertikal zu bauen.

Richtantenne aus zwei Elementen

Mit einem zweiten Element gibt es nun verschiedene Möglichkeiten, eine Richtwirkung zu erzielen. Man kann das eine Element, gleich wie bei einer Yagiantenne, als Parasitärstrahler verwenden. Dieses Element wird dann nicht selbst gespeist, sondern bezieht seine Strahlungsleistung indirekt, also parasitär, vom gespeisten Strahler. Dazu wird ein Element entweder als Reflektor ca. 3 bis 5 % länger als der Strahler, oder als Direktor ca. 3 - 5 % kürzer als der Strahler ausgeführt. Fügt man in den Parasitärstrahler (am besten am Fußpunkt) eine richtig dimensionierte Spule ein, so kann man durch Weg- und Zuschalten der Induktivität das Element von einem Reflektor in einen Direktor umwandeln. Damit wäre ein Umschalten der Strahlrichtung möglich. Allerdings müßte man für den Abstand der beiden Elemente voneinander dann einen Kompromiss suchen, denn der optimale Abstand für einen Direktor zum Strahler ist geringer als der eines Reflektors.

Die zweite Möglichkeit ist, beide Elemente zu speisen. Durch richtige Wahl der Phasen- und Amplitudenlage in den beiden Elementen läßt sich dann eine Richtwirkung erzielen. Am bekanntesten ist die Ausführung mit einem Abstand von einer Viertelwellenlänge. Dann läßt sich bei einer Phasendifferenz von 90° eine herzförmige Richtcharakteristik erzielen. Es ergibt sich eine sogenannte Kardioide als horizontales Strahlungsdiagramm mit einem Gewinn von 3,1 dB gegenüber einem einzelnen Element.

Etwas weniger bekannt ist die Ausführung mit einem Elementabstand von einem Achtel der Wellenlänge. Dann ergibt sich für eine Phasendifferenz von 135° ebenfalls eine Kardioide. Diese weist einen Gewinn von 4,2 dB gegenüber einem einzelnen Element auf. Durch Austausch der beiden Elemente in ihrer Phasenlage kann dabei die Strahlrichtung der Antenne umgedreht werden. Die Kardioide hat eine Halbwertsbreite von etwa 120 Grad. Wird eine solche Zwei-Element-Antenne in Ost-West-Richtung aufgebaut, so kann man die wichtigsten Strahlrichtungen für einen Contest recht gut abdecken. Schlechter erreichbar sind dann nur jene Länder, die Richtung Nord bzw. Süd liegen. Das Signal ist dann um etwa 6 dB, also eine S-Stufe, geschwächt. Hier kann man sich allerdings noch anders behelfen. Werden nämlich beide Elemente gleichphasig gespeist, so ergibt sich praktisch ein Rundstrahler. Damit hätte

2-Element-Vertikal für 40 Meter

man dann eine Antenne, die zwei Vorzugsrichtungen und eine Rundstrahlcharakteristik ermöglicht.

Phasenleitungen

In älterer Literatur wird zur Erzielung der richtigen Phasen- und Amplitudenverhältnisse empfohlen, einfache Verzögerungsleitungen aus Koax zu verwenden. Diese Koaxleitungen weisen eine elektrische Länge von 90° bzw. 135° auf und sollen für die richtigen Verhältnisse sorgen. Durch die gegenseitige Kopplung der beiden Elemente verändern sich jedoch die Fußpunktimpedanzen. So kommt es dazu, daß die beiden Elemente bei Verwendung von 90° oder 135° Verzögerungsleitungen zum einen nicht die richtige Phasendifferenz aufweisen und zum anderen auch die Elemente nicht mit gleicher Amplitude gespeist werden. Das bedeutet dann aber, daß einerseits der Gewinn und andererseits auch das Vor/Rückverhältnis durch die falsche Phasen- und Amplitudenlage leidet. Dabei wird meist der Gewinn weniger beeinträchtigt als das Vor/Rückverhältnis.

Es wurden verschiedene andere Methoden entwickelt, um die richtige Phasen- und Amplitudenbeziehung zu erzielen. Deren Beschreibung würde bei weitem den Rahmen dieses Artikels sprengen. Wer nähere Informationen dazu sucht, sei auf [1] und [2] verwiesen.

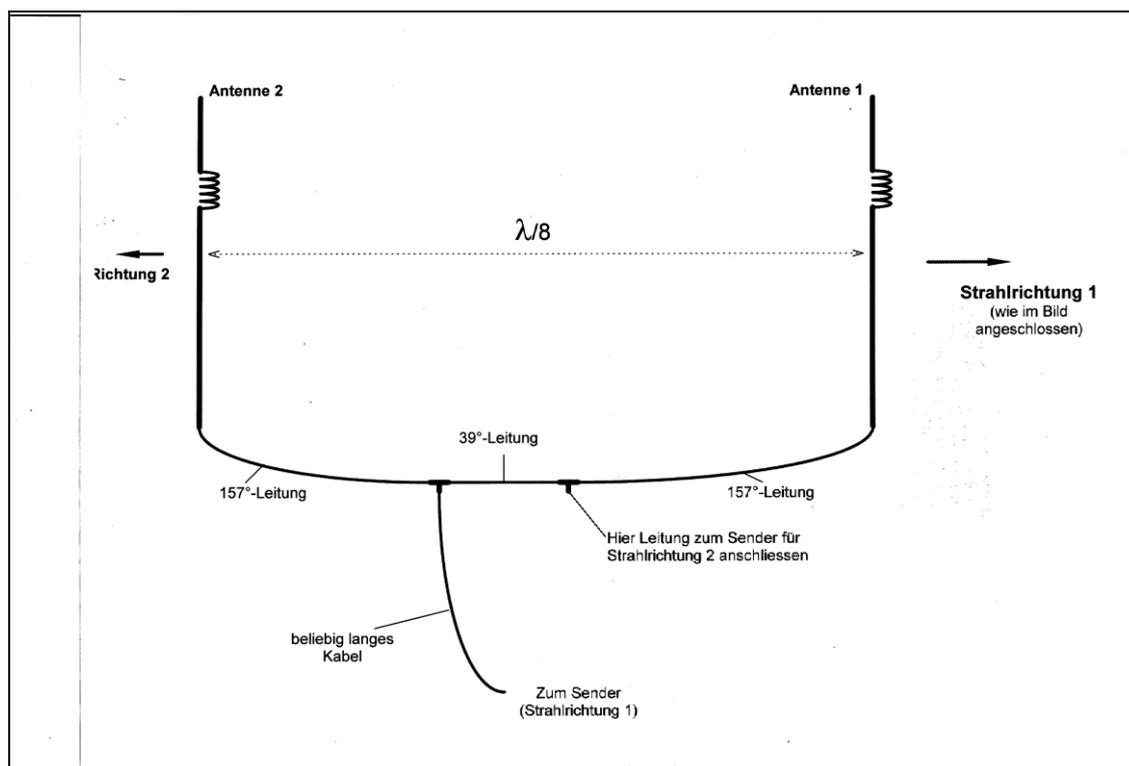


Abbildung 1: Schema der 2-Element-Vertikalantenne mit Phasenleitungen

Für unsere Antenne haben wir uns für eine Speisung mit der sogenannten „Christman-Methode“ entschieden. Diese nutzt die transformierende Eigenschaft einer Leitung. Auf einer Leitung, die ein Stehwellenverhältnis ungleich Eins aufweist, variieren Spannung, Strom und Impedanz entlang der Leitung. Zum Finden der richtigen Längen der Phasenleitungen wird zuerst angenommen, daß die Antennen an ihrem Speisepunkt die gewünschte Amplitude und Phase aufweisen. Unter dieser Voraussetzung werden nun auf dem Speisekabel jene Punkte gesucht, an denen der Wert für die Spannung in Hinblick auf Amplitude und Phase gleich ist. An diesen Punkten können dann die

2-Element-Vertikal für 40 Meter

beiden Speiseleitungen zusammengeschlossen werden. So erhält man dann die richtige Phasenlage bei gleicher Amplitude des Speisestroms.

John, ON4UN hat die entsprechenden Werte für die gängigsten Antennenformen berechnet und in [1] dargestellt. Für die von uns gewählte Bauform ergibt sich die Antenne wie in Bild 1 dargestellt. Gleiche Spannung ergibt sich dann bei den Leitungslängen von 157° und 196° . Die Differenz beträgt also 39° . Die beiden Elemente werden daher über jeweils eine 157° lange Leitung verbunden. Zusätzlich benötigt man eine 39° lange Leitung. Diese 39° -Leitung verbindet nun mittels zweier T-Stücke die beiden 157° Stücke. Das Speisekabel zum Sender führt nun von einer der beiden T-Abzweigungen weg. Die Antenne strahlt dann in jene Richtung, in der die 196° -Phasenleitung ($157^\circ + 39^\circ$) liegt.

Ein besonders angenehmer Punkt bei dieser Art der Speisung ist, daß beim Zusammenschluß der beiden Elemente, also an wahlweise einem der beiden T-Stücke, die Eingangsimpedanz ziemlich genau 50 Ohm beträgt. Damit ist hier das Kabel zum Sender mit ab hier sehr gutem SWR anschließbar. Die Verbindungsleitung von der Abzweigung am T-Stück zum Sender kann von beliebiger Länge sein.

Hier muß aber darauf aufmerksam gemacht werden, daß man für eine eigene permanente Antenne solche Werte nicht einfach nur übernehmen sollte. Stattdessen sollte die Antenne vorerst durchgemessen werden und dann anhand der Messung die richtige Länge der Speiseleitung für den eigenen Aufbau ermittelt werden. Die richtige Vorgehensweise hierfür findet sich in [1]

Für den von uns geplanten vorübergehenden Aufbau einer solchen Antenne war es vertretbar, einfach die errechneten Leitungslängen zu nutzen. Wie gesagt, leidet vor allem das Vor/Rückverhältnis und weniger der Gewinn unter falschen Phasenlagen. Das ist in einem Contest tolerierbar bzw. ggf. sogar gewünscht. Für einen permanenten Aufbau sollte man die Antenne aber auf bestes Vor/Rückverhältnis optimieren.

Ausführung der Phasenleitungen

Für die Phasenleitungen wurde RG58-Koax verwendet. Die Ausgangsleistung bei unserer Station war etwa 750 Watt. Für 40 m ist dies mit RG58 gerade noch vertretbar. Allerdings zeigte sich im Contest, daß die Leitungen doch geringfügig erwärmt wurden. Für höhere Leistungen bzw. höhere Frequenzen sollte man daher besseres Koax verwenden.

Zur Ermittlung der Leitungslängen ist der Verkürzungsfaktor zu berücksichtigen. Dieser beträgt für RG58 0,662. Das heißt, das Koax ist nur 66,2% so lang zu wählen, wie die entsprechende Länge bei Ausbreitung im freien Raum ist. Für das 40 m Band (7,05 MHz) ergibt sich eine Wellenlänge von 42,55 m. Dies entspricht 360° . Die Leitungen der Länge von 157° entsprechen also einer elektrischen Länge von 18,55 m. Berücksichtigt man nun den Verkürzungsfaktor, so ergibt sich eine Länge von 12,28 m für die beiden 157° -Phasenleitungen. Für das 39° -Stück ergibt sich eine Länge von 3,05 m Koax.

Verkürzte Elemente

Einer der beiden uns zur Verfügung stehenden Fiberglasmasten hatte nur eine Länge von 8,7 m, der andere hatte eine Länge von 10 m. In beiden Fällen kann man nicht ganz die notwendige Länge einer Viertelwellenlänge von etwa 10,3 m unterbringen. Daher wurden verkürzte Elemente verwendet, wobei für die Bemessung der Elemente die Länge des kürzeren Mastes maßgeblich war.

2-Element-Vertikal für 40 Meter

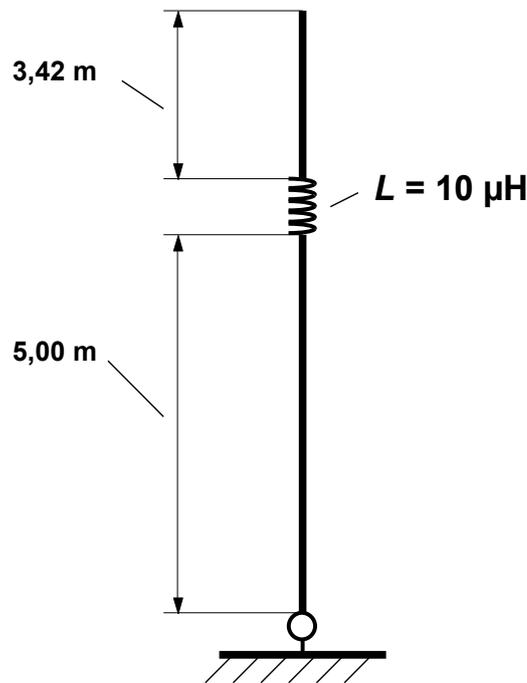


Abbildung 2: Maße für die einzelnen Elemente nach der Abstimmung am Aufbauort. Der obere Teil wird vor dem Abstimmen etwas länger gewählt (ca. 3,50 m), um dann die Antenne auf die richtige Frequenz trimmen zu können

Als Gesamtlänge wurden 8,4 m veranschlagt. Die Verlängerungsinduktivität sollte in 5 m Höhe sein. Damit ergibt sich bei einer Resonanzfrequenz von 7,05 MHz eine notwendige Induktivität von 10 µH. Abbildung 2 zeigt die Maße der Antenne. Für die Wicklung der Spule wurde 1,5-mm²-Schalt Draht mit PVC-Isolierung (Ye) verwendet. Auf eine Wickellänge von 6 cm sind 21 Windungen erforderlich. Die Spulen wurden auf ein kurzes Stück PVC-Rohr mit einem Durchmesser von 40 mm gewickelt. Dieses konnte dann über den oberen, dünneren Teil der Fiberglas masten geschoben werden. Abbildung 2 zeigt die Bemessung der einzelnen Elemente. Die Elemente selbst wurden aus 1-mm²-Kupferlitze gefertigt und am Mast mit Isolierband auf verschiedenen Höhen befestigt. Das untere Ende des Elementes endet in einer SO-239 Buchse. Am Massekontakt der Buchse wurde noch eine zusätzliche Litze angebracht, die dann am Aufbauort mit dem Erdsystem verbunden wurde. Dabei wurden lediglich die beiden Elemente durch ein am Boden liegendes Drahtstück untereinander verbunden. Dieses gemeinsame Drahtstück wiederum wurde auf kürzestem Wege an das vorhandene Erdnetz angeschlossen. Da am Conteststandort eine ausgedehnte Blitzerdung für zwei kommerzielle Sendemasten vorhanden ist, wurden keine weiteren Maßnahmen zur Erdung ergriffen. Sinnvoll wäre ggf. noch gewesen, rund um die Elemente am Boden mehrere kurze Radials auszulegen. Die erzielten Ergebnisse im Contest lassen aber vermuten, daß die Erdverluste nicht zu hoch waren.

An einem anderen Aufbauort, an dem kein ausreichendes Erdungssystem vorhanden war, wurden die einzelnen Elemente jeweils mit vier resonanten, aber stark verkürzten Radials betrieben. Dabei befanden sich die Radials etwa 1,5 m über Grund, waren etwa 4 m lang und wurden mit Verlängerungsspulen auf Resonanz gebracht. Die Antennen selbst wurden in diesem Fall nicht direkt mit Erde verbunden.

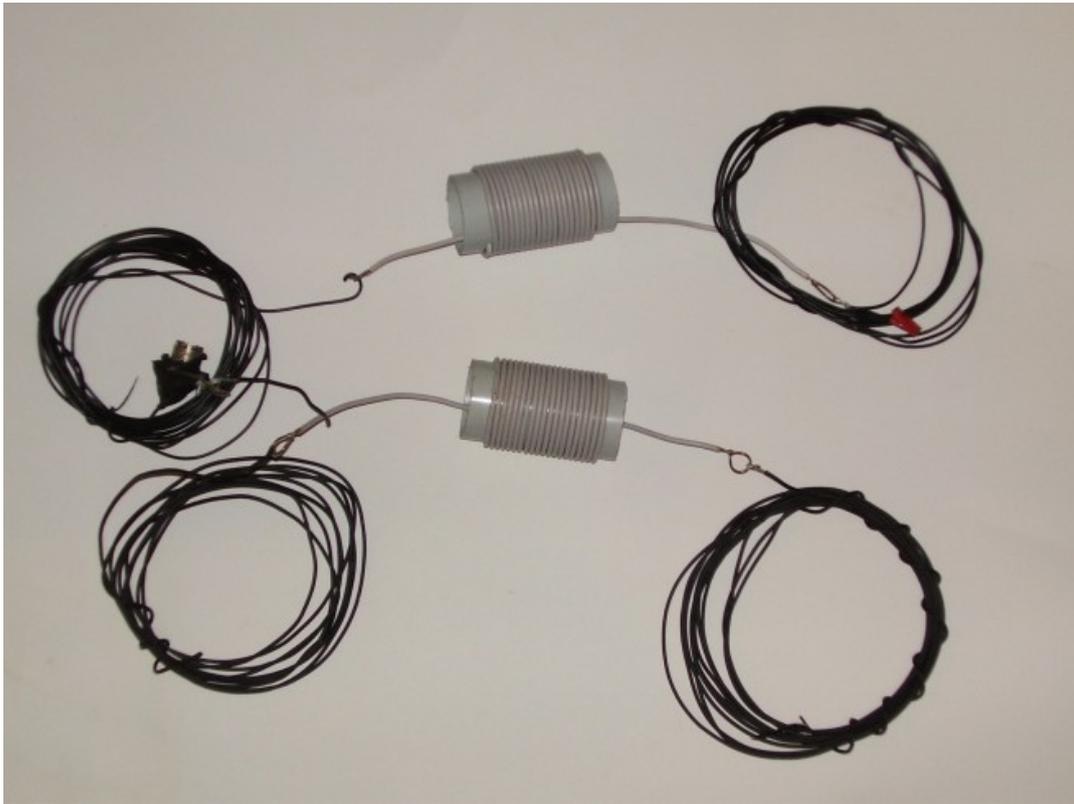


Abbildung 4: Die beiden Elemente mit Verlängerungsspule vor der Montage am Fiberglasmast

Die Abstimmung der Elemente erfolgte durch Verkürzen des oberen Antennenteiles. Dazu war es nur einmal erforderlich, die Masten zusammenschieben und den oberen Teil um ca. 10 cm zu kürzen. Damit war bei Zusammenschaltung der beiden Elemente über die Phasenleitungen ein gutes SWR erreicht.

Erfahrungen im Betrieb

Groß war die Spannung, als die ersten Versuche noch kurz vor dem CQWW Contest erfolgten. Das SWR war zwar niedrig, aber das heißt noch nicht, daß die Antenne auch wirklich die gewünschten Erfolge bringt. Der erste CQ-Ruf erfolgte kurz nach Sonnenuntergang Richtung Osten. Vorerst kamen eine Vielzahl von Anrufen aus Rußland und den GUS-Staaten. Die Rapporte dabei lagen durchwegs bei 59. Dann haben wir gezielt CQ-DX gerufen. Es ergab sich recht schnell eine lange Serie von Anrufen von japanischen Stationen. Unterbrochen wurde diese Serie nur durch den Anruf einer etwas leiseren Station. Nach einem kurzen QRZ war auch dieses Call im Log: es war KH2X von der Insel Guam.

Nach diesen ersten Erfahrungen waren wir guten Mutes, was den CQWW Contest betrifft. Innerhalb der ersten Stunde konnten dann auch schon Länder wie V26, VP2E, A6, FP etc. auf 40 m gearbeitet werden. Es zeigte sich, daß es mit dieser Antenne möglich war, das Pile-Up immer recht rasch zu knacken. Was allerdings nicht gelang, war, während der Nachtstunden eine Frequenz für längere Zeit zu halten und größere Mengen an QSO über CQ-Rufe zu erzielen. Dazu war unser Signal denn doch etwas zu schwach. Schließlich ist das SSB-Band nur 60 kHz breit und bietet dabei Platz für nur etwa 30 Stationen. Im Contest sind aber ständig einige Tausend Europäer am Band, die verzweifelt um einen Platz kämpfen. Um sich hier durchzusetzen, hätten wir noch deutlich mehr Antennengewinn benötigt.

Für uns waren dennoch die Ergebnisse zufriedenstellend. Die 2 Element Antenne war deutlich besser als die sonst vorhandene W3DZZ. Der einfache und rasche Aufbau spricht für diese Antenne. Da die Antenne selbst gebaut werden kann, ist es auch eine sehr kostengünstige Lösung.

Verbesserungsmöglichkeiten

Was uns während des Contests am meisten störte, war die relativ zeitraubende Richtungsumschaltung. Zwar hatten wir die Antenne knapp vor dem Shack aufgebaut, und die T-Stücke waren direkt neben dem Arbeitsplatz. Aber ein Richtungswechsel erforderte das Abschrauben der Zuleitung von dem einen T-Stück und Wiederanschrauben am anderen T-Stück. Das kostet in einem Contest doch wertvolle Zeit. Noch schwieriger war es, die Antenne in einen Rundstrahler umzuwandeln. Dazu mußte ein T-Stück und die 39°-Phasenleitung entfernt werden. Die beiden Antennen werden dann nur jeweils über die beiden 157° Phasenleitungen an einem T-Stück zusammengeschlossen. Hier würde ein kleiner Schalter einen viel schnelleren Richtungswechsel ermöglichen. Bild 3 zeigt den Schaltplan für diesen Umschalter.

Eine weitere Verbesserungsmöglichkeit wäre noch, zusätzliche Radials rund um die einzelnen Strahler auszulegen. Wir hatten zwar ein relativ gutes Erdnetz, die Stromdichte bei einer Vertikal ist jedoch rund um die Strahler am größten. Bei einem weiteren Einsatz werden wir daher an den Fußpunkten noch kurze Radials vorsehen, die direkt auf den Erdboden aufgelegt werden.

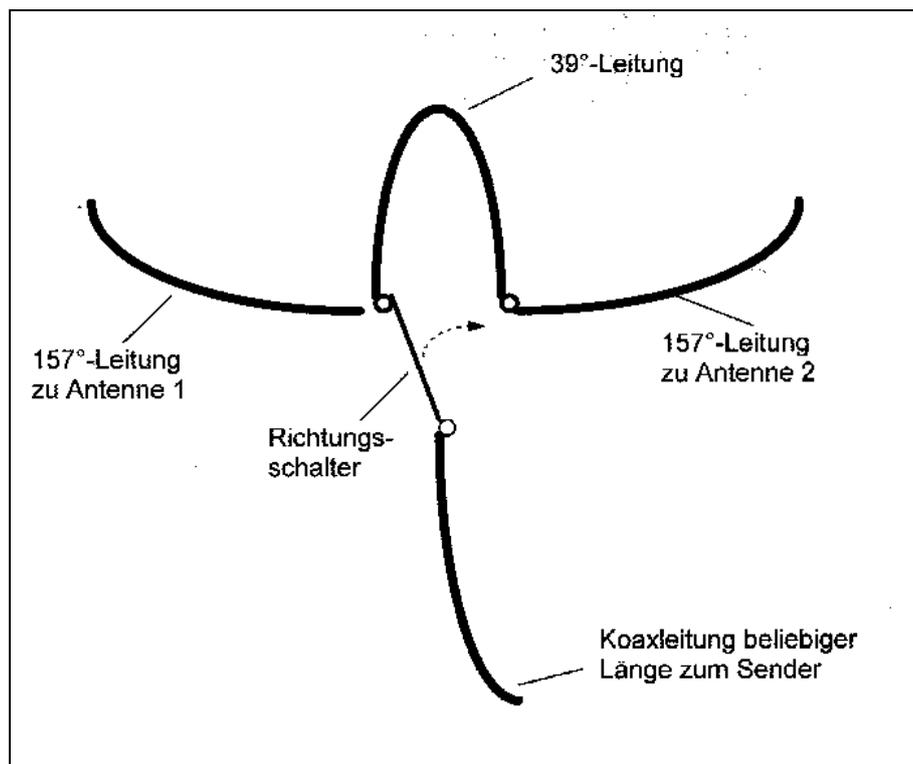


Abbildung 3: Der Einbau eines Schalters ermöglicht das rasche Umschalten der Antenne. Wird noch eine Möglichkeit vorgesehen, die 39 ° Phasenleitung kurzzuschließen und beide Elemente parallel zu speisen, so ergibt sich zusätzlich die Möglichkeit für eine angenäherte Rundstrahlcharakteristik

Literatur:

[1] Devoldere, John, ON4UN; Low-Band Dxing; ARRL, Newington 1999, ISBN 0-87259-704-0 (s. Chapter 11 - Phased Arrays)

[2] The ARRL-Antenna Handbook, s. Kapitel Multielement Arrays - Driven Arrays, American Radio Relay League Inc., Newington, CT

© 2005 by DI Jürgen A. Weigl, OE5CWL/OE6CWL

Gerne wird dieser Beitrag hier der Amateurfunkgemeinde vorgestellt. Es wird jedoch darauf hingewiesen, daß sämtliche Rechte daran vorbehalten bleiben. Ein Nachdruck, Übernahme auf die eigene Homepage, Übersetzung oder andere Verwertung in welcher Form auch immer bedarf der Zustimmung des Autors.