

Loop-Antennen weiterentwickelt – optimierter Lowband-Empfang (2)

Dr.-Ing. CHRISTOPH KUNZE – DK6ED

In der vorigen Ausgabe wurden Loop-Antennen für Lowband-Empfang analysiert und eine Variante mit schrägen Schenkeln als guter Kompromiss zwischen Platzbedarf und Richtwirkung herausgearbeitet. Diese abschließende Folge beschreibt die praktische Umsetzung.

Realisierung der Doppel-Loop

Für Testzwecke wählte ich die kleinste simulierte Form. Die Entscheidung hinsichtlich der Auswahl eines Summierers wurde bereits erläutert. Das Prinzip der Richtungsumkehr, bei der beide Ecken der Loop über Übertrager und Koaxialleitungen mit einem zentralen Umschaltpunkt in Verbindung stehen und dort die Verbindung mit der Speiseleitung und dem Abschlusswiderstand hergestellt wird, hat sich bewährt [4]. Allerdings wäre eine solche Konstruktion einer Doppel-Loop sehr aufwendig und damit im Hinblick auf die Nachbaufehler anfälliger geworden.



Bild 19: Zentraler Umschaltpunkt in einer IP54-Abzweigdose mit Kabelzugentlastungen
Foto: DK6ED

Simulationen haben gezeigt, dass die Abschlusswiderstände nicht unbedingt umgeschaltet werden müssen, sie können also im zentralen Umschaltpunkt an den Enden der Koaxialkabel verbleiben, wie es in Bild 21 dargestellt ist. Man nimmt allerdings dadurch eine zusätzliche Dämpfung von rund 4 dB in Kauf.

Wichtig ist nun noch, dass die gesamte Konstruktion vollkommen spiegelsymmetrisch ausgeführt wird. Da durch die Koaxialleitungen zwischen dem Speisepunkt und den Eckpunkten eine Phasenverschiebung eintritt, sind auch alle Zuleitungen gleich lang zu machen. Für das 160-m-Band ist diese Forderung nicht unbedingt kritisch, bedenkt man jedoch, dass die Antenne auch auf höheren Frequenzen eingesetzt werden soll, ist diese Bedingung un-

bedingt exakt zu beachten. Die Übertrager müssen ebenfalls im gleichen Wicklungssinn angeschlossen werden.

Die Spannung für das Umschaltrelais gelangt über die Speiseleitung zu diesem, dadurch erübrigt sich eine zusätzliche Steuerleitung. Die Zufuhr der Umschaltspannung für das Relais über die Speiseleitung ist grundsätzlich möglich. Es hat sich allerdings gezeigt, dass der Einsatz von konventionellen Spannungsreglern zur Stabilisierung der Gleichspannung zu einem erhöhten Rauschen im MW- und LW-Bereich führt. Eine Stabilisierung sollte daher nicht erfolgen.

Ausführungsdetails lassen sich dem Bild 1 der vorigen Ausgabe für das gesamte System und Bild 19 für den zentralen Umschaltpunkt entnehmen.

Verkopplung von Antennen

Der Wunsch nach einer verkürzten Empfangsantenne entsteht in den meisten Fällen aufgrund beengter Platzverhältnisse, deshalb werden die Empfangs- und die Sendeantenne sehr eng beieinanderstehen. Oft sind Klagen zu vernehmen, dass eine fertig aufgebaute Empfangsantenne keine Richtwirkung habe, es sich also um einen konzeptionellen Fehler beim Entwurf dieser Antenne handeln müsse.

Dieses Phänomen ist in Bild 20 näher untersucht. Eine vertikale Sendeantenne befindet sich im Abstand von $\lambda/4$ vor der Doppel-Loop. Die Folge ist nicht nur, dass die Empfangsantenne fast keinerlei Richtwirkung mehr hat, es findet sogar eine Umkehr des noch erkennbaren Strahlungsdiagramms statt. Der Grund für dieses Problem ist leicht zu erkennen: Die größere, höhere Sendeantenne nimmt die Strahlung einschließlich der Störungen aus dem Nah- und Fernfeld auf und strahlt sie von oben und von der Seite auf die Empfangsantenne ab.

Eine oft empfohlene Erdung der Sendeantenne greift aber nicht, denn die Sendeantenne hat weiterhin eine elektrische Länge von $\lambda/4$. Auch der Ansatz, im Shack eine Maßnahme gegen diese Beeinflussung zu ergreifen, muss fehlschlagen, denn durch die Kapazität des koaxialen Speisekabels von rund 100 pF/m ist die Antenne bereits

HF-mäßig geerdet. Es hilft also ausschließlich das Trennen der Sendeantenne direkt an ihrem Fußpunkt über ein Relais!

Ein ungeerdeter Draht einer Länge von $\lambda/4$ hat keinen Einfluss mehr auf das Strahlungsdiagramm der Empfangsantenne. Allerdings ist zu beachten, dass dieser für 160 m $\lambda/4$ lange Draht zum $\lambda/2$ -Dipol auf 80 m wird und dann sehr wohl eine Verformung des Strahlungsdiagramms der Empfangsantenne erfolgt. Hier hilft im Wesentlichen ein verändertes Konzept für die Sendeantenne, bei dem die Eigenresonanz des Strahlers zwischen dem 80-m- und 160-m-Band liegt und dieser erst im Sendefall mittels Kondensator oder Spule auf dem entsprechenden Band resonant gemacht wird.

Vergleich der Eigenschaften und Konsequenzen

Die hier vorgestellte Antenne hat einige wesentliche Vorteile. Es handelt sich im Gegensatz zu den bekannten großen Loop-Systemen um eine ausschließlich auf den Empfang der magnetischen Komponente der einfallenden Strahlung ausgelegte Antenne. Damit hat sie den Vorteil einer höhe-

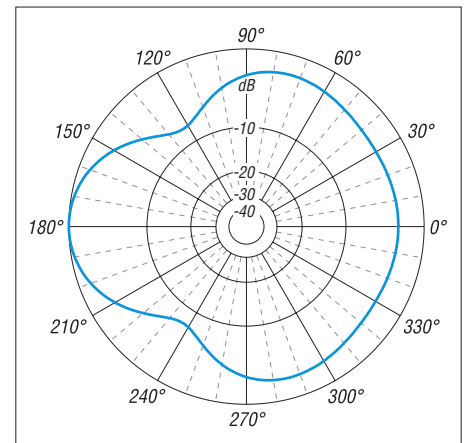


Bild 20: Veränderung des horizontalen Richtdiagramms der Doppel-Loop durch den Einfluss eines $\lambda/4$ hohen Vertikalstrahlers links vom linken Speisepunkt in $\lambda/4$ Entfernung

ren Störfestigkeit gerade in einer dichteren Bebauung. Die aus diesem Grund oftmals benutzten kleinen Magnet-Loops sind keine Alternative, denn aufgrund ihres geringen Umfangs sind sie keine ausgesprochenen DX-Empfangsantennen: Die induzierten Spannungen sind einfach zu gering und der vertikale Öffnungswinkel ist viel zu groß. Bei der Doppel-Loop ist es gelungen, die Vorteile einer größeren induzierten Spannung mit der Störfestigkeit einer Magnetantenne zu kombinieren.

Der DX-Empfang verbessert sich zusätzlich dadurch, dass es gelang, den Öffnungswinkel der bekannten großen Loops deutlich zu verringern, sodass sich das System unter diesem Aspekt durchaus mit einer Beverage-Antenne messen kann. In Ta-

belle 1 der vorigen Ausgabe sind die wesentlichen Simulationsergebnisse zusammengefasst, sodass ein Vergleich der verschiedenen Systeme möglich ist. Die Beverage-Antenne und alle Doppel-Loops haben einen vergleichbaren horizontalen Öffnungswinkel. Bei Beverage-Antennen verbessert sich allerdings dieser Öffnungswinkel auf höheren Frequenzen, während er bei Loop-Antennen unabhängig von der benutzten Frequenz gleich bleibt. Das Vor-Rück-Verhältnis ist bei zwei hintereinander geschalteten Loops erheblich besser als bei einer Beverage-Antenne.

Bei Betrachtung dieser Simulationen muss man allerdings beachten, dass diese nur die Bodenwelle berücksichtigen. Nach Einbruch der Dunkelheit kommt noch die Raumwelle einschließlich aller möglichen Reflexionen hinzu, sodass ein theoretisches Vor-Rück-Verhältnis zwischen 20 dB und 30 dB in der Praxis vollkommen ausreichend ist und eine weitere Steigerung keinen Effekt bringt. Der vertikale Öffnungswinkel ist bei allen Antennen in etwa gleich. Vergleicht man die einfache Doppel-Loop-Antenne mit diesen Werten, ist zu erkennen, dass dort ebenfalls eine deutliche Verbesserung gelang.

Leider bringt der Ansatz, durch Phasenverschiebung das Strahlungsdiagramm einer Loop-Antenne zu verbessern, auch deutliche Nachteile hinsichtlich der Ausgangsspannung der Antenne. Die Praxis zeigt dazu folgende Ergebnisse: Eine einfache Loop-Antenne kann trotz des deutlichen Signalabfalls ohne Schwierigkeiten mit

einem durchschnittlichen Empfänger benutzt werden. Zwar scheint das empfangene Signal bei den ersten Versuchen deutlich leiser, aber es ist mit weniger Störungen beaufschlagt und das Verhältnis zwischen Signal und Störungen ist besser geworden. So werden Signale hörbar, die man mit der Sendeantenne nicht hätte aufnehmen können. Nutzt man das System zweier Loops hintereinander (Bild 10, vorige Ausgabe) ist ein Vorverstärker mit etwa 10 dB sicherlich sinnvoll. Für die große Doppel-Loop (Bild 14, vorige Ausgabe) sollten es 15 dB sein.

Realisierung des Vorverstärkers

Zu empfehlen sind selektive Vorverstärker, um die Großsignalfestigkeit des nachgeschalteten Empfängers ausnutzen zu können. Ich habe allerdings das Umschalten zwischen den Bändern gescheut und mich daher für einen Verstärker, bestehend aus zwei einstufigen Norton-Verstärkern [11] entschieden, welche im Gegentakt betrieben werden. Er besitzt ausreichende Großsignalfestigkeit und lässt sich sinnvoll für eine Verstärkung bis zu 15 dB auslegen [12]. Auch der Aufbau ist unproblematisch und in freier Verdrahtung möglich, wozu ich in einem separaten Beitrag in einer der nächsten Ausgaben noch Tipps geben möchte.

Bei der kleinen Doppel-Loop (Bild 15, vorige Ausgabe) ist ein zweistufiger Verstärker erforderlich, eine Breitbandlösung mit zwei hintereinandergeschalteten Norton-Stufen findet sich unter [13].

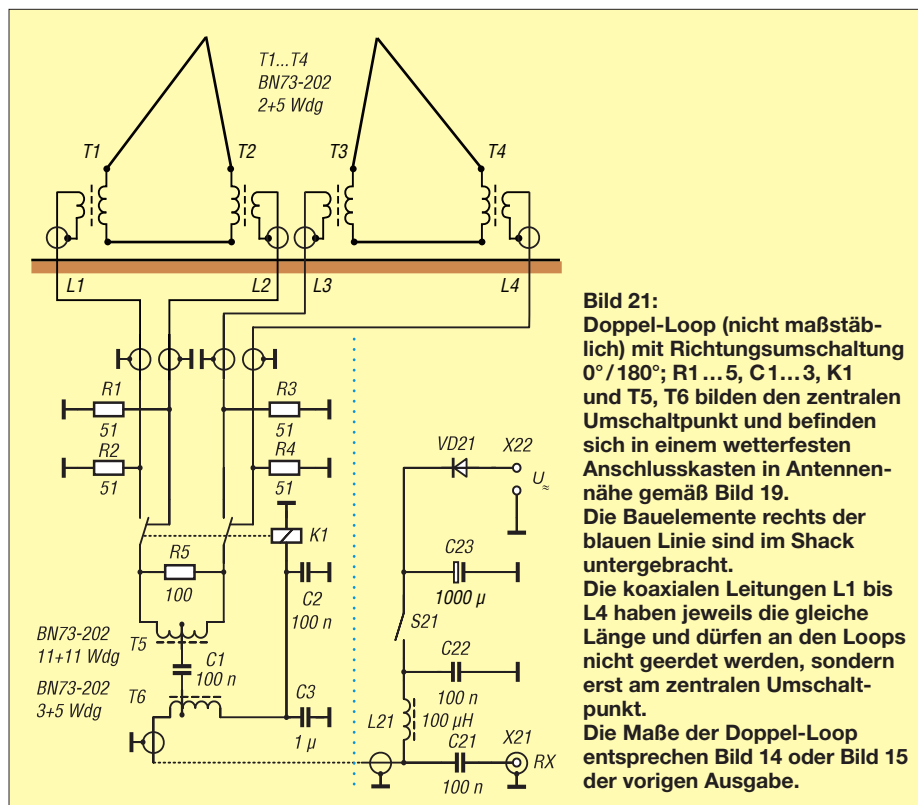


Bild 21: Doppel-Loop (nicht maßstäblich) mit Richtungsumschaltung 0°/180°; R1 ... 5, C1 ... 3, K1 und T5, T6 bilden den zentralen Umschaltpunkt und befinden sich in einem wetterfesten Anschlusskasten in Antennennähe gemäß Bild 19. Die Bauelemente rechts der blauen Linie sind im Shack untergebracht. Die koaxialen Leitungen L1 bis L4 haben jeweils die gleiche Länge und dürfen an den Loops nicht geerdet werden, sondern erst am zentralen Umschaltpunkt. Die Maße der Doppel-Loop entsprechen Bild 14 oder Bild 15 der vorigen Ausgabe.

Ergebnis

Das zuerst vorgestellte System mit zwei Loops an zwei Masten ist hinsichtlich des Strahlungsdiagramms mit einer Beverage-Antenne zu vergleichen, doch hat sich der Platzbedarf auf 10% der ursprünglichen Länge reduziert. Der Aufwand lässt sich weiter verringern, wenn man zur vorgestellten Version mit einem Mast übergeht.

Das Richtdiagramm einschließlich des Vor-Rück-Verhältnisses ist zwar nicht mehr so gut ausgeprägt, wer aber mit zwei rechtwinklig zueinander angeordneten Systemen alle Himmelsrichtungen abdecken will, ist mit dieser Lösung durchaus gut bedient. Eine Antenne mit einer Öffnung der Strahlungskeule von weniger als 80° würde ansonsten nicht mehr alle Richtungen abdecken können und der Empfang zwischen den Hauptkeulen wäre zu stark abgeschwächt.

Aus der Praxis heraus ziehe ich folgendes Fazit: Je besser die Sendeantenne wird, umso dringender macht sich eine separate Empfangsantenne erforderlich. Die Störungen bei Empfang mit der Sendeantenne nehmen so stark zu, dass der Empfang schwächerer DX-Stationen immer schwieriger wird. Aus diesem Grund hatte ich bereits eine K9AY-Antenne errichtet. Sie weist einen Umfang von 26 m auf. Die jetzt vorgestellte Antenne mit zwei Loops von jeweils 10 m bringt trotz der Verluste durch die gegenphasige Kopplung eindeutig bessere Ergebnisse.

Der Grund ist offensichtlich: Die hier vorgestellte Konstruktion hat kleineren Öffnungswinkel. Dies gilt zuerst einmal für die horizontale Ebene – auf diese Weise werden Störungen aus dem Fernfeld reduziert. Aber auch der reduzierte vertikale Öffnungswinkel ist ein weiterer entscheidender Faktor bei der Unterdrückung von örtlichen Störungen, denn diese kommen in der Regel von oben und außerdem gleich verteilt aus allen Richtungen.

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass es möglich ist, auch auf kleineren Flächen Antennen für den DX-Empfang zu errichten, die deutlich bessere Ergebnisse bringen. Einige Sound-Dateien, die dies untermauern, sind im Download-Bereich auf www.funkamateur.de hinterlegt.

DK6ED@darcd.de

Literatur und Bezugsquellen

- [11] Norton, D. E.; Podell, A. F.: Transistor amplifier with impedance matching transformer. U.S. Patent 3,891,934, June 1975; www.google.com/patents/US3891934 → Download PDF
- [12] Lankford, D.: Common Base Transformer Feedback Norton Amplifiers. www.theglearn.com/ke5fx/norton/lankford.pdf
- [13] Solf, P., DK1HE: Aktivantenne Norton Verstärker. www.qrpproject.de/Media/Aktivantenne/AktivantenneHFTeilVers1.pdf