

Die „Midi-Whip“ Monopol Aktivantenne

Von Guenter Fred Mandel, DL4ZAO,
www.dl4zao.de

1. Einführung

Für den breitbandigen Empfang von VLF bis 50 MHz, bietet sich eine Aktivantenne als platzsparende und effektive Lösung an. Aktive Antennen werten entweder überwiegend die elektrische (E-Feld Sonde, Aktiv-Monopol) oder die magnetische Feldkomponente (Aktivloop) einer elektromagnetischen Welle aus. Beide Varianten haben ihre jeweiligen Vorzüge und Nachteile.

Breitbandige E-Feld Aktivantennen erfordern wegen der anstehenden Summsignalen lineare Verstärkerstufen mit geringer Intermodulation. Insbesondere in den unteren Kurzwellenbändern und LF/VLF Frequenzbereichen sind sehr gute Intermodulationseigenschaften gefordert. Eine niedrige Rauschzahl oder Spannungsverstärkung ist dabei weniger gefragt, da in diesem Frequenzbereich das Außenrauschen aus industriellen und atmosphärischen Quellen dominiert [4].

2. Designziele:

Frequenzgang: 10 kHz – 30 MHz +/- 4db, 100kHz – 18 MHz +/- 1 dB

Stromversorgung: DC 18 ...22 V bzw. DC 15V stabilisiert

IP2 > + 50 dBm.

IP3: > + 30 dBm.

Maximale Ausgangsleistung, $\geq -10\text{dBm}$, Kabellängen >50m

Das grundsätzliche Prinzip nahezu aller E-Feld Aktivantennen ist ähnlich: Ein zur Wellenlänge elektrisch kurzer Monopol, Stab oder Fläche wirkt als Feldsonde für die elektrische Feldkomponente. Ein FET Impedanzwandler nimmt die Potentialdifferenz der Feldsonde gegen den Masseanschluss hochohmig ab und eine nachfolgende Treiberstufe erzeugt genug Leistung, damit eine 50 Ohm Last wie z.B. ein Koaxkabel gespeist werden kann.

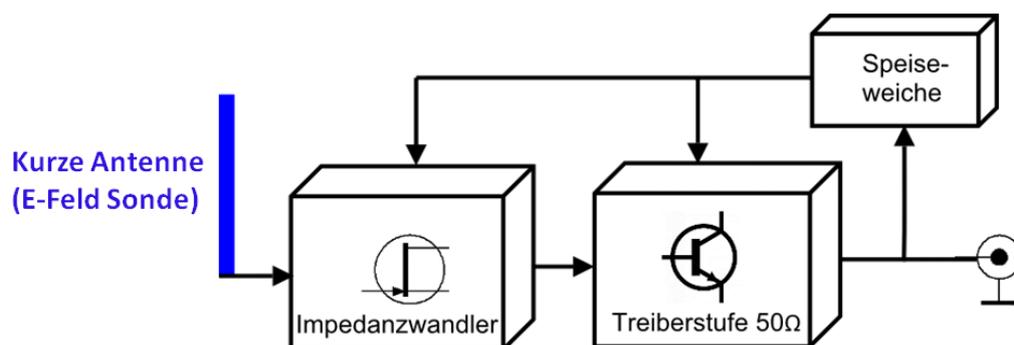


Bild 1 E-Feld Aktivantenne - Funktionsprinzip

Dieses Konzept hatte sich schon in militärischen Aktivantennen der ehemaligen DDR, wie z. B. der „Aktiven Stabantenne KAA 1000“ des Funkwerk Köpenick [4] bewährt. Die KAA 1000 erreichte damit einen OIP3 von +30dBm.

Bauvorschläge und kommerziell erhältliche Impedanzwandler-Aktivantennen gibt es in großer Zahl und in unterschiedlicher Komplexität und Preisklasse. Als Beispiel sei an dieser Stelle die einfache „MiniWhip“ von Roelof Bakker, PA0RDT [1], [12] genannt. Von den beeindruckenden Empfangsleistungen dieser kleinen Schaltung kann man sich per Webradio mit dem von 10kHz

bis 30 MHz durchgehenden WebSDR der Uni Twente selbst überzeugen.
<http://websdr.ewi.utwente.nl:8901/>

Bei den beträchtlichen Summensignalen, die der Verstärker einer Aktivantenne intermodulationsfrei verarbeiten soll, kommt der Linearität der Treiberstufe eine große Bedeutung zu. Insbesondere, wenn die Feldsondenfläche mit einem Stab oder einer Zusatzfläche verlängert wird, ist ein einfacher Emitterfolger als 50Ω Treiber wie bei der Miniwhip nicht ausreichend intermodulationsfest genug. Hieraus entstand das Konzept der **Midi-Whip**: Auf einen linearen Impedanzwandler mit einer FET Stromquelle als dynamischer Last folgt eine lineare komplementär –Gegentaktendstufe im A-Betrieb. Das Konzept ist an die Vorschläge von Chris Trask, N7ZVY [2] und Dallas Lankford [3] angelehnt.

3. Schaltungsbeschreibung der DL4ZAO Midi-Whip

Bild 2 zeigt das Schaltbild des Verstärkers der DL4ZAO „Midi-Whip“ Aktivantenne. Die hochohmige Impedanzwandler-Eingangsstufe T1 ist mit einem MMBFJ310 FET als Sourcefolger ausgeführt. Der Source Last-Widerstand, wird durch eine FET Konstant-Stromquelle mit T2 gebildet. Diese wirkt für den Sourcefolger T1 als Last mit hoher Impedanz und verbessert die Linearität und damit das Intermodulationsverhalten. Außerdem wird durch den hochohmigen Lastwiderstand des Sourcefolgers dessen Übertragungsdämpfung auf nur noch -2dB reduziert. Außerdem wird durch den hochohmigen Lastwiderstand des Sourcefolgers dessen Übertragungsdämpfung auf weniger als 2dB reduziert.

Der Überspannungsschutz der Eingangsstufe vor atmosphärischen Überspannungsimpulsen ist mehrstufig ausgelegt und kann optional den Gegebenheiten angepasst werden. Statische Aufladungen werden über R2 abgeleitet. Ein 90V Gasableiter zusammen mit L1 sorgt für den Grobschutz. Eine TVS Überspannungsschutzdiode mit niedriger Kapazität dient dem Feinschutz. Das Relais X2 ist ein zusätzlicher Schutz und legt den Eingang der aktiven Stufe auf Masse, so lange keine Betriebsspannung anliegt. Die Elektronik ist damit im ausgeschalteten Zustand vor Überspannungsimpulsen am Eingang geschützt. Die Induktivität L1 bildet mit der Eingangskapazität des FET einen Tiefpass und lässt die Verstärkung oberhalb von 25 Mhz langsam abfallen. Ist das nicht gewünscht kann man R1 überbrücken.

Die Induktivität L1 bildet mit der Eingangskapazität des FET einen Tiefpass und lässt die Verstärkung oberhalb von 50 MHz abfallen. Ist das Tiefpassverhalten nicht gewünscht kann man R1 überbrücken. Die Verstärkerelektronik weist dann einen linearen Frequenzgang bis weit über 300MHz auf.

Für die Gegentakt-Treiberstufe sind lineare CATV Transistoren wie das Komplementärpärchen BFQ19 (NPN) und BFQ149 (PNP) gut geeignet. Die SOT89 Gehäuseform bietet den Vorteil, dass der Kollektoranschluss durch das Auflöten auf die Leiterplatte mit einer entsprechenden Kühlfläche versehen wird.

die Transistoren mit Transitfrequenzen im Gigahertz Bereich, erfordern einen HF-gerechten Aufbau, damit es nicht zu unerwünschten Schwingungen im UHF oder SHF Bereich kommt. Eine SMD-Ferritperle in der Basisleitung soll zusätzlich helfen, parasitäre Schwingungen zu unterbinden. SMD Ferritperlen firmieren im Handel als „EMI Ferrit-Entstörfilter SMD“.

Über den Spannungsteiler R7/R8/R9 ist ein Arbeitspunkt mit etwa 60 mA Ruhestrom im A-Betrieb eingestellt. Die Dioden D6 und D7 sollen den Arbeitspunkt über die Temperatur stabilisieren. Die Eingangsimpedanz der Push-Pull Stufe nach dem FET beträgt bis 30MHz etwa 1 K Ω . Der Widerstand R13 verbessert die Ausgangsanpassung und verhindert parasitäre Schwingungen bei kapazitiver Last, wie sie bei nicht abgeschlossenen langen Koaxkabeln auftritt. Er kann bei reeller Last zugunsten einer geringeren Dämpfung verkleinert oder überbrückt werden.

Die Versorgung für das Aktivteil erfolgt entweder lokal oder per Fernspeisung über das Koaxkabel, Pluspol auf dem Innenleiter. Die Auswahl erfolgt über eine Steckbrücke. Wird mit einer stabilisierten Gleichspannung von +15V gespeist, braucht der Spannungsregler nicht bestückt werden und kann per Lötjumper überbrückt werden. Mit bestücktem Spannungsregler soll die DC Fernspeisespannung 18-22V betragen. Die Breitband-Drossel für die Fernspeisung wird nach dem Wickelschema auf Bild 3 auf einen 13mm Ferrit Doppellochkern (Siemens N30 oder Amidon 73 Material) mit 3+7+3 Windungen gewickelt. Die verteilte Wicklung verringert die Wicklungskapazität. Die Diode D8 ist optional und dient als Verpolschutz.

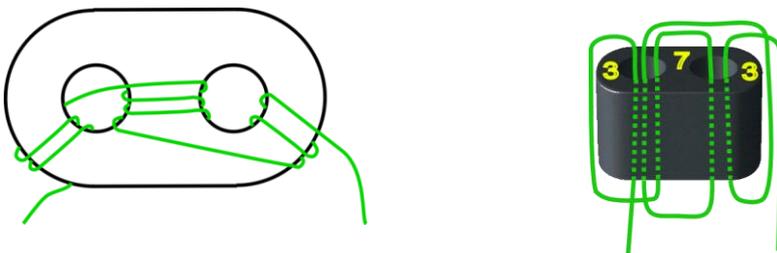


Bild 3 - Wickelschema L4 Breitband Drossel 1mH

Mit einem Stück kupferkaschierter Leiterplatte mit den Abmessungen 5 x 3 cm als Antenne ergibt sich der in Bild 4 errechnete Frequenzgang. Größere Antennenflächen ergeben höhere Ausgangsspannungen insbesondere bei tieferen Frequenzen.

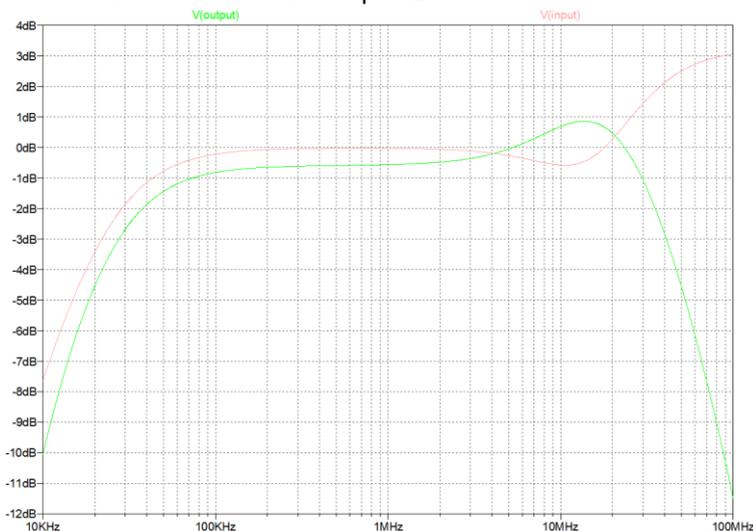


Bild 4 – Frequenzgang Aktivantenne mit 10cm Monopol DL4ZAO „Midi-Whip“ Aktivantenne

4. Aufbau

Die Midi-Whip wurde auf einer Leiterplatte mit den Abmessungen 160 x 35 mm aufgebaut, und kann einfach in ein HT PVC Rohr wettergeschützt eingebaut werden. Die einseitige Kupferkaschierung bildet auf einer Fläche von 100 x 30 mm die E-Feldsonde - die Antenne.

Wem die Antennenfläche bei tiefen Frequenzen nicht ausreicht, kann diese nach mit einem Stab oder einer Zusatzfläche verlängern. Die Pegel nehmen dadurch zu, allerdings besteht dadurch die Gefahr von Intermodulationsprodukten durch die starken Summensignale.

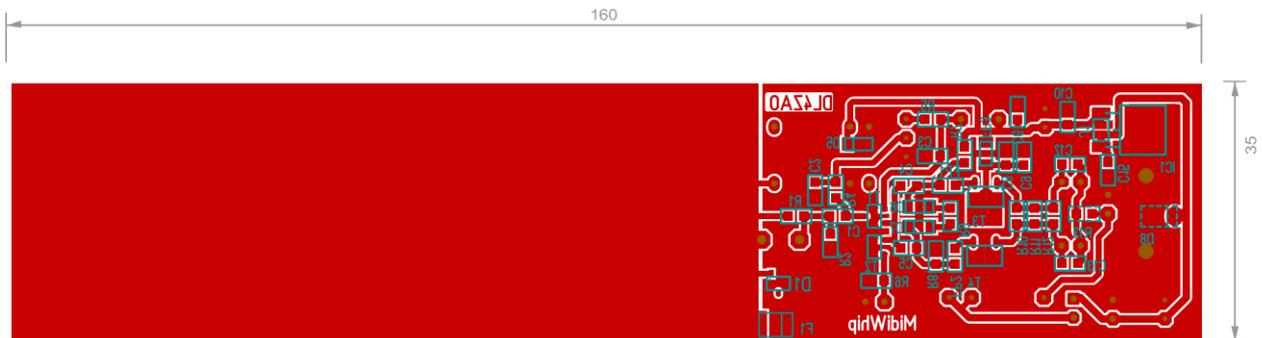


Bild 5 – Leiterplatte der „Midi-Whip“ – Von unten auf die Leiterbahnseite mit der Antennenfläche

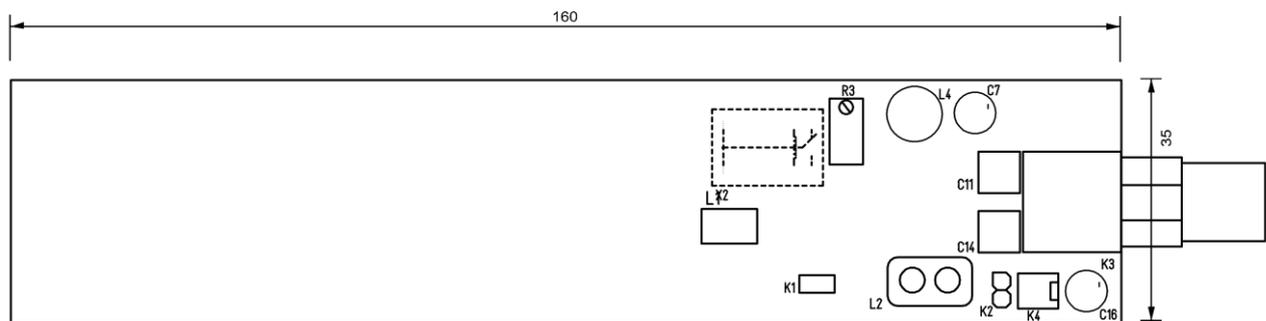


Bild 6 – Leiterplatte - Bestückung oben

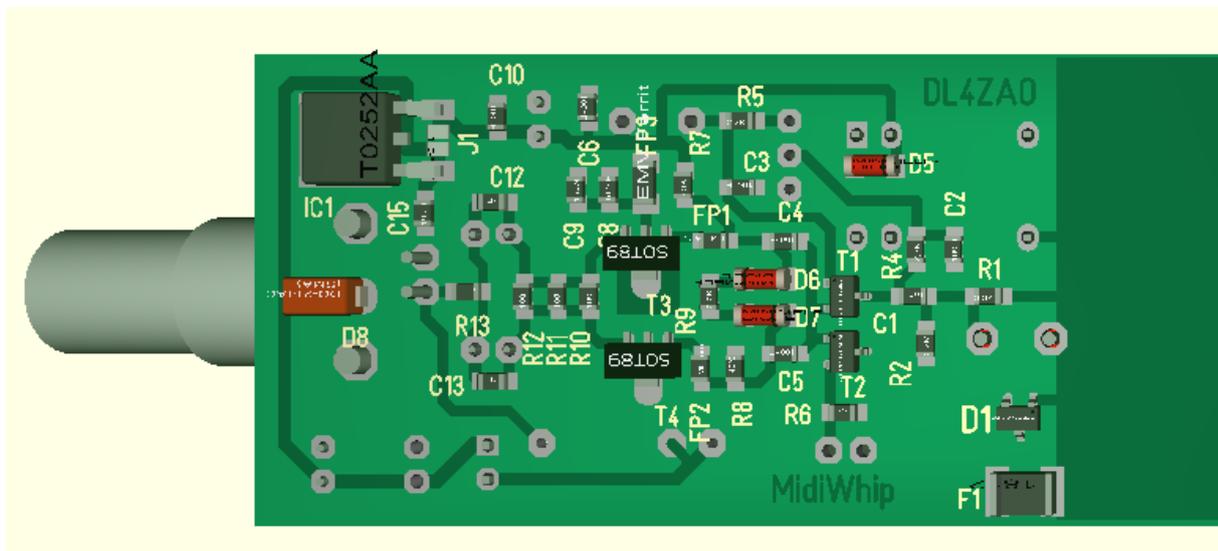


Bild 7 – Leiterplatte - Bestückungsschema der SMD Teile unten

Die bedrahteten Bauteile werden oben auf der Masseseite bestückt. Die SMD Bauteile werden unten auf der Leiterbahnseite bestückt. Zuerst folgt die Bestückung der SMD Bauteile der Gehäusegröße 0805. Danach werden die bedrahteten Bauteile bestückt. Zuerst die flachen und zum Schluss die hohen Bauteile wie die BNC Buchse. Wegen der Exemplarstreuung der FETs wird mit Poti R3 ein konstanter Ruhestrom von ca 12 bis 16mA eingestellt (prüfen mit Multimeter am Messpunkt). Die R-L Kombination aus R1 und L1 sorgt für einen Abfall der Verstärkung über 20MHz um die Antenne von UKW-FM Signalen zu entlasten. Ist dies nicht gewünscht, kann R1 überbrückt werden (0 Ohm).

5. Wirkungsweise - Antennenfläche als E-Feld Sonde

Man kann sich eine elektrisch stark verkürzte Monopol-Aktiv-Antenne ($l \ll \lambda$) als eine Kondensatorfläche vorstellen. Das elektrische Feld am Aufstellungsort verursacht daran eine Potentialdifferenz gegen das Erdpotential am Masseanschluss bzw. an einem Gegengewicht die in der aktiven Elektronik verstärkt wird, um ein 50 Ω Koaxkabel zu treiben. Die Fläche des Antennenstabes hat bestimmenden Einfluss auf den Spannungspegel, den die Antenne abgibt. Die Kapazität der Fläche des Antennenstabes hat demzufolge bestimmenden Einfluss auf die Höhe Leerlaufspannung, die die Antenne abgibt. Die Form der Antenne, ob Stab oder wie als Kupferfläche hat untergeordnete Bedeutung für die Funktion. Die Feldstärke des empfangenen Signals steigt auch proportional mit der Antennenhöhe, solange diese klein im Verhältnis zur empfangenen Wellenlänge ist. Die Antennenfläche der E-Feldsonde wird bei der Midi-Whip durch die einseitige Kupferkaschierung einer Leiterplattenfläche von ca 100 x 30 mm gebildet. Eine weitere Verlängerung der Antennenfläche erhöht die Empfangsspannung, birgt aber die Gefahr, dass sich im Verstärker Intermodulationsprodukte bilden oder dass der nachfolgende Empfänger überfahren wird. In der Praxis hat sich gezeigt, dass eine Vergrößerung der Antenne das Signal/Rauschverhältnis nicht mehr merklich verbessert, da das Außenrauschen dominiert. Das externe Rauschen (atmosphärisches Rauschen und man-made noise) liegt bei 100kHz 90dB über dem Eigenrauschen der Midi-Whip, und bei 30 MHz immer noch 20 dB über dem externen Rauschpegel. [10]. Um unerwünschte Mischprodukte zu vermeiden, ist es daher ratsam, die Feldsonde nur so klein wie nötig zu halten. Mehr zur grundsätzlichen Funktionsweise der elektrisch kurzen Monopol-Aktiv-Antenne im Abschnitt am Ende dieses Dokuments und in [12]

6. Fernspeiseweiche (Bias-Tee)

Die Strom-Versorgung kann entweder direkt an der Antenne über K4 oder per Fernspeisung über das Koaxkabel erfolgen. Der Pluspol wird auf die Seele des Koaxkabels gelegt. Dazu ist eine Fernspeiseweiche wie in Bild 8 erforderlich. Zur Speisung wird ein Steckernetzteil mit einer Gleichspannung zwischen 18 und 22 Volt und mindestens 150mA Strom benötigt. Will man die Weiche bis herunter auf 20 kHz verwenden soll die Drossel L1 mehr als 2mH Induktivität aufweisen. Der optionale Widerstand R1 bedämpft gegebenenfalls eine Eigenresonanz der Drossel. Für L1 eignet sich insbesondere eine 1mH Ferrit Mehrlochkerndrossel wie in Bild 3, sie ist resonanzarm und die Induktivität reicht für den Betrieb ab 50 kHz. Im HF-Signalweg sorgt ein 1 μ F Polypropylen Folienkondensator zusammen mit einem parallel geschalteten NPO Keramik Kondensator dass die Weiche bis in den VHF/UHF Bereich genutzt werden kann.

Im Falle dass zur Versorgung über die Weiche eine rauscharme stabilisierte DC-Quelle von 15V DC zur Verfügung steht, kann man auf die Bestückung des 15V Spannungsreglers IC1 in der Midi-Whip Aktivelektronik verzichten und das IC durch eine Lötbrücke ersetzen. Es muss in diesem Falle sichergestellt werden, dass eine maximale Spannung von 18 Volt in keinem Falle überschritten wird, um die Transistoren nicht zu zerstören.

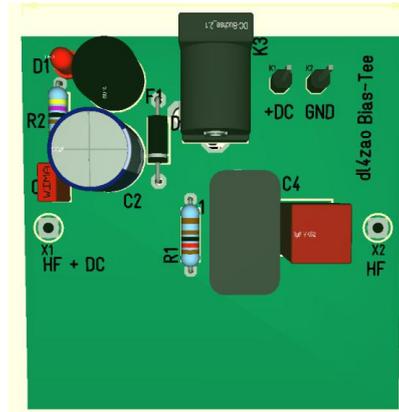
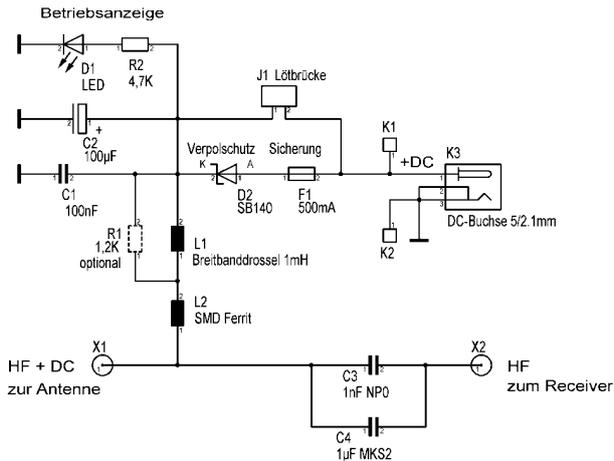


Bild 8 Bias Tee Fernspeiseweiche

7. Aufstellung und Betrieb

Bei allen Aktivantennen die vorzugsweise die elektrische Feldkomponente auswerten, ist eine Anbringung außerhalb des Störnebels wichtig. Die empfindliche Feldsonde empfängt ansonsten Nahfeldstörungen aus häuslichen und industriellen Störquellen wie von Schaltnetzteilen, TV-Geräten, Energiesparlampen und Modems. Praktische Erfahrungen haben gezeigt, dass eine Anbringung auf einem Stab in einer Höhe von etwa 2 bis 5m über Grund und mindestens 15m vom Haus entfernt gute Empfangsleistungen bringen.

Bei einem leitfähigen oder geerdetem Montagemaßstab muss darauf geachtet werden, dass die Antennenfläche der Midi-Whip darüber hinausragt und nicht daneben angebracht ist.

Die Empfangsspannung (Signal + Rauschen) steigt mit der Höhe über Grund. Das Augenmerk ist dabei mehr auf einen guten Signal/Rauschabstand zu richten und weniger auf den absoluten Ausschlag des S-Meters.

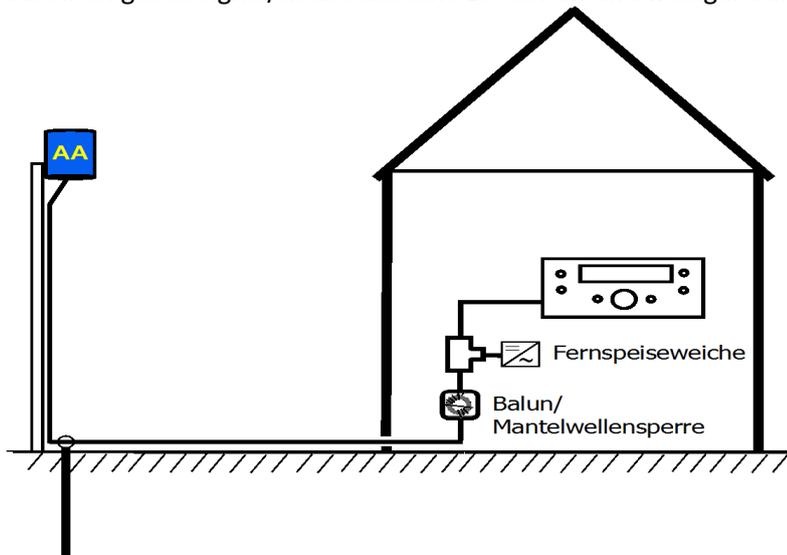


Bild 9 - Aufstellung außerhalb des häuslichen Störnebels

Als HF-Betriebserde und zur Ableitung von atmosphärischen Überspannungspulsen soll bei einer dauerhaften Montage der Aktivantenne der Masseanschluss des Verstärkers sowie der Außenleiter des Koaxkabels mit einem Erder verbunden werden. Eine Erdverbindung ausschließlich über die

Fernspeiseweiche und über den Koax-Schirm bietet wegen der Leitungsinduktivität keinen ausreichenden Schutz.

8. Einfluss der Speiseleitung

Untersuchungen und Simulationen von Owen Duffy, VK1OD [5] und Pieter-Tjerk de Boer [12] zeigen, dass die isolierte Betrachtung der Midi-Whip als Kapazität, die ausschließlich in das elektrische Feld des Raumes koppelt, das Verhalten der Aktivantenne nicht ausreichend abbildet. Sie zeigen, dass der Schirm der Koaxleitung bzw. ein metallischer Mast als Teil der Antenne wirken. Das Empfangssignal ist quasi die Potentialdifferenz der Antennenfläche und dem Koaxschirm bzw. einem leitenden Mast. Daher koppeln auch auf den Außenmantel induzierte Gleichtaktsignale, die am Außenleiteranschluss der Midi-Whip als Spannung gegen Erde anstehen, über die unvermeidlichen Streu-Kapazitäten auf die Antennenfläche und den hochohmigen Verstärkereingang und addieren sich als Störsignal zum Nutzsignal. Abhängig von der Länge der Leitung bis zur HF-Erde wirkt die Midi-Whip nicht nur mit ihrer Antennenfläche als E-Feld Sonde, sondern der Außenmantel der Leitung trägt ungewollt zum Empfang bei und beeinflusst auch den Antennenfaktor.

Die meisten Störungen erreichen die Midi-Whip leitungsgebunden über den Schirm des Koaxkabels. Dieser ist meist über den Empfänger mit dem PE der Hausverteilung verbunden. Die Störausbreitung erfolgt überwiegend über elektrische und magnetische quasistatische Nahfelder. Dies ist mit ein Grund, dass E-Feld Aktiv-Antennen wie die Midi-Whip, bei allen positiven Eigenschaften, meist schlechtere Störabstände liefern als vergleichbare passive Drahtantennen. Diese ungewollten Empfangswege und die Ausbreitung von Störströmen auf Mast und Kabel gilt es zu durch einen geeigneten Aufbauort und durch Verdrosselung der Zuleitung zu verhindern.

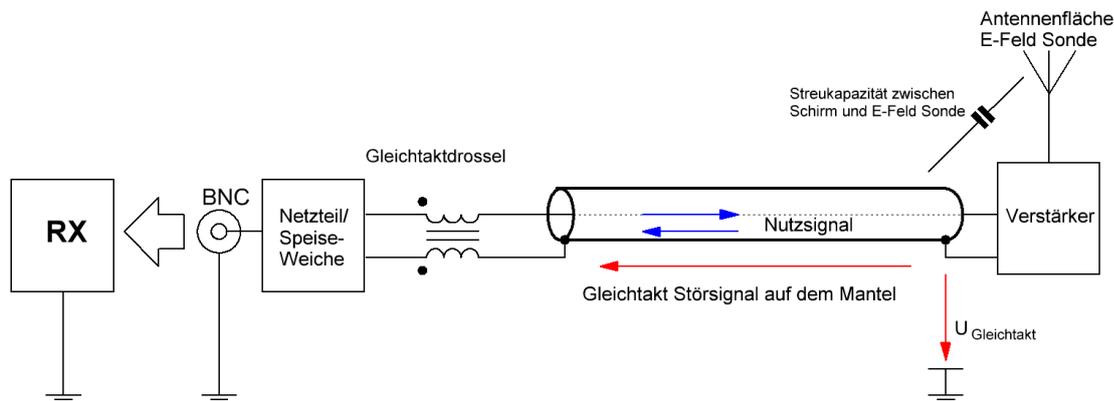


Bild 10 Einfluss der Speiseleitung – Gleichtaktdrossel als Mantelwellensperre

9. Störminderung mit Mantelwellensperre (Gleichtaktdrossel)

Im Gegensatz zum Nutzsignal, das als Gegentaktsignal auf der Speiseleitung übertragen wird, treten auf den Schirm induzierte Störströme als Gleichtaktströme auf dem Schirm eines Koaxkabel auf, man spricht man daher von Mantelwellen. Grundsätzlich können Gleichtaktstörungen gleichermaßen auch bei symmetrischen Leitung auftreten. Durch Einfügen einer Gleichtaktdrossel (Common Mode Choke, Strombalun) in die Speiseleitung können Gleichtaktstörungen unterdrückt werden. Der induktive Widerstand der Mantelwellensperre soll bei der niedrigsten Betriebsfrequenz mindestens noch 250 Ohm betragen, um eine wirksame Gleichtaktunterdrückung zu erzielen. In bestimmten Fällen kann eine zusätzliche Mantelwellensperre zwischen Aktivantenne und Speiseleitung notwendig sein.

10. Theoretischer Hintergrund zur Funktion der Midi-Whip Aktivantenne

Pieter-Tjerk deBoer, PA3FWM beleuchtet in seiner Abhandlung „Fundamentals of the Mini-Whip Antenna“ [12] ausführlich die elektrischen Grundlagen zur Funktion einer E-Feld Aktiv-Antenne. Wie er aufzeigt, misst der hochohmige Verstärker die Potentialdifferenz zwischen dem Antennenelement und „Erde“ des Verstärkers. Als „Erde“ fungiert in der Regel das Potential des Koaxmantels bzw. bei einem leitfähigen Mast - das Potential des Mastes, worauf die Aktivantenne montiert ist.

Das Antennenelement verhält sich wie eine Spannungsquelle in Serie mit einem kleinen Kondensator. Die Leerlaufspannung der Quelle ist proportional zur elektrischen Feldstärke. Der ohmsche Verlustwiderstand ist vernachlässigbar klein im Verhältnis zu dem in Reihe geschalteten kapazitiven Blindwiderstand und kann daher vernachlässigt werden. Der stark verkürzte Monopol kann im Ersatzschaltbild als Generator gesehen werden, der über einen kleinen Kondensator an den Verstärkereingang gekoppelt ist. Bild 14

In der Modellbetrachtung die eine elektrisch sehr stark verkürzte Antenne wie einen Kondensator betrachtet, der mit dem elektrischen Feld koppelt, ist die Form des Strahlers zweitrangig, maßgeblich ist seine Kapazität. Das dient als Erklärung, warum die kleine Leiterplattenfläche der Midi-Whip ausreicht, um bis hinunter in den VLF Bereich zu empfangen.

Pieter-Tjerk de Boer, PA3FWM hat die Kapazität einer rechteckigen Fläche berechnet [13]. Nach seinen Untersuchungen hängt die Kapazität der Fläche vom Umfang der Rechteck-Fläche ab, das Seitenverhältnis hat dabei einen geringfügigen Einfluss. In seinen Berechnungen hat er als Daumenregel eine Kapazität von ca 10pF pro Meter Umfang der Antennen-Fläche ermittelt.

Der Blindwiderstand X_c der Antennenkapazität, der bei niedrigen Frequenzen sehr hohe Werte annimmt, bildet mit dem Eingangswiderstand des FET und dem Blindwiderstand der Gate-Source Kapazität und den Schaltungskapazitäten einen kapazitiven Spannungsteiler, der die Eingangsspannung am Gate des FET vermindert. Um die Leerlaufspannung verlustarm einem kurzen Monopol entnehmen zu können, ist also ein hochohmiger Impedanzwandler mit geringer Eingangskapazität erforderlich. Die Eingangsimpedanz des FET-Impedanzwandlers wird im Wesentlichen durch die parasitären Kapazitäten des FET und des Schaltungsaufbaus bestimmt.

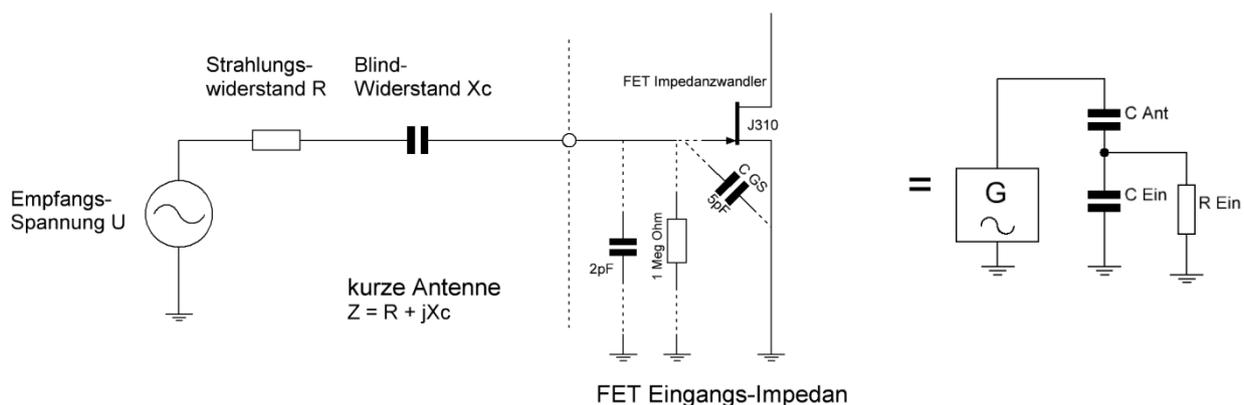


Bild 14 Elektrisches Modell für einen kurzen Monopol mit FET Impedanzwandler

Die Ausgangsspannung eines elektrisch stark verkürzten Monopols nimmt proportional mit der Länge zu, denn damit nimmt gleichzeitig auch seine Kapazität zu. Längere Monopole ergeben eine höhere Ausgangsspannung, der Signal/Rauschabstand bleibt gleich, solange das Außenrauschen größer als das Rauschen der Elektronik ist. Die Feldstärke des empfangenen Signals steigt auch proportional mit der Antennenhöhe, solange diese klein im Verhältnis zur empfangenen Wellenlänge ist.

11. Richtfaktor und Strahlungswiderstand einer elektrisch kurzen Antenne

Die M-Whip ist eine „elektrisch kurze Antenne“. Ein Dipol oder ein Monopol wird als "kurz" bezeichnet, wenn die tatsächliche geometrische Antennenlänge l des Monopols wesentlich kürzer als ein Viertel der Betriebswellenlänge ist.

Die Leistung, die eine Antenne dem elektromagnetischen Feld entnehmen kann, wird durch ihre Wirkfläche A beschrieben [3].

$$A = \frac{\lambda^2}{4\pi} D$$

D ist dabei der Richtfaktor, der für den Halbwellendipol 1,64, und für den elektrisch kurzen Dipol 1,5 beträgt. Analog gelten für den kurzen Monopol ein D von 3,28 bzw 3. Ein Monopol, der klein gegenüber der Wellenlänge λ ist führt also zu einer Empfangsleistung, die nur etwa 10% geringer ist als beim resonanten $\lambda/4$ Monopol! Wenn es so ist, dass eine elektrisch stark verkürzte Antenne gegenüber einer resonanten Antenne nur geringfügig weniger Gewinn oder Wirkfläche hat, warum plagen wir uns dann mit Viertel- oder Halbwellenantennen ab? [6]Ein Blick auf die Anpassungsverhältnisse macht schnell klar, warum.

Bei stark verkürzten Antennen besteht der Fußpunktwiderstand aus der Reihenschaltung des Strahlungswiderstandes und des Verlustwiderstandes sowie einer kleinen Kapazität. Der Strahlungswiderstand R_S eines kurzen Monopols der Länge l errechnet sich nach der Beziehung

$$R_S = 395 \times \left(\frac{l}{\lambda}\right)^2$$

Bei Antennenlängen wie bei der Midi-Whip liegt der Strahlungswiderstand bei tiefen Frequenzen im Milliohm Bereich. Dazu in Serie liegt die Antennen-Kapazität mit wenigen Picofarad.

12. Kurz Zusammengefasst

- Der hochohmige Verstärker der E-Feld Aktivantenne misst die Potentialdifferenz zwischen dem Antennenelement und "Erde" des Verstärkers.
- Die aktive Monopol E-Feld-Antenne empfängt vertikal polarisierte Signale, unabhängig davon, ob das Antennenelement vertikal oder horizontal ausgerichtet ist. Das gilt, so lange Mast und Aktivantenne kurz sind im Vergleich zur Wellenlänge. [12]
- Die Form des eigentlichen Antennenelementes, Stab oder Fläche, ist von untergeordneter Bedeutung. [12]
- Die Größe des Antennenelementes bestimmt seine Kapazität, diese bildet einen Spannungsteiler mit der Eingangsimpedanz des Verstärkereingangs. Zur Ermittlung der Kapazität einer Fläche siehe in [13]
- Eine Erdung oder ein ausreichendes metallisches Gegengewicht an Masse der Aktivantenne ist wichtig. Erfolgt die Erdung nur über den Schirm des Koaxkabels und über die Erdverbindung im Shack besteht die Gefahr, dass durch eine derartige „schmutzige Erde“ Störungen auf die Antenne übertragen und verstärkt werden.

13. Referenzen

[1] Roelof Bakker, PA0RDT - MiniWhip"

[2] Chris Trask, N7ZVY, "Complementary Push-Pull Amplifiers for Active Antennas, A Critical Review"

[3] Dallas Lankford, Dr., WW2PT, "Simplified Complementary Push-Pull Output Active Whip Antennas," 7. Dez 2007

[4] Aktive Stabantenne KAA 1000 Typ 1557.28, Funkwerk Köpenick, Berlin, Juli 1982

[5] Rothammel/Krischke, „Rothammels Antennenbuch“, Kap.4, DARC Verlag

[6] Best, Siegfried „Aktive Antennen für DX Empfang“, ISBN 3-7723-1821-5

[7] Chavdar Levkov, LZ1AQ "Reducing the Noise in Dipole Mode with Common Mode Filter"

[8] Janzen "Kurze Antennen", 1986

[9] Owen duffy, VK1OD, "How does the PA0RDT Mini-Whip work"

[10] [8] Pieter-Tjerk de Boer, PA3FWM, "[Grounding of MiniWhip and other active whip antennas](#)"

[11] Guenter Fred Mandel, DL4ZAO, "M-Whip Aktivantenne", www.dl4zao.de

[12] Pieter-Tjerk de Boer, PA3FWM, "[Fundamentals of the Mini-Whip Antenna](#)"

[13] Pieter-Tjerk de Boer, PA3FWM, "[Capacitance of Antenna Elements](#)"

[14] Guenter Fred Mandel, DL4ZAO, "[Whip und Loop – Aktivantennen für den Empfang](#)"

Stückliste

Pos	Anzahl	Name	Wert	Hersteller/Bezugsquelle	Gehäuse
1	3	C1,C12,C13	1nF	Reichelt	0805
2	8	C2,C3,C4,C5,C6,C8,C10,C15	100nF	Reichelt	0805
3	2	C7,C16	22µF RAD FC 22/63	Reichelt	C_ELKO_RM2,54_DM6
4	1	C9	150pF NPO	Reichelt	0805
5	2	C11,C14	470nF - MKS-02	Reichelt	6X6 RM2,54
6	2	D1	PESD5V0X1BT	TVS Diode NXP	SOT23
7	0	absichtlich leer			
8	3	D5,D6,D7	LL4148	Reichelt	MINIMELF_DIODE
9	1	F1	90V Surge Arrestor 2051-09	Bourns / Farnell	1812-D
10	2	Filter1,Filter2	EMI Ferrit BLM21-120Ohm	Reichelt	0805
11	1	Filter3	EMI Ferrit BLM31-120Ohm	Reichelt	1206
12	1	IC1	MC78M15	Conrad	TO252AA-3Pin
13	1	J1	LÖTJUMPER	Reichelt	LÖTJUMPER OPEN
14	1	K1	Messpunkt	Reichelt	STIFTLAISTE_GERADE_2
15	1	K2	Steckbruecke	Reichelt	Stiftleiste_1x02_G_2,54
16	1	K3	BNC-BUCHSE UG1094W1	Reichelt	BNC-BUCHSE_ABGEWINKELT
17	1	K4	PSS254/2G	Reichelt	PSS254/2G
18	1	L1	47µH	Neosid / Conrad	5X8R5,08
19	1	L2	1mH	Kern BN-73-0202 / Reichelt	Doppellochkern 7,5x13mm
20	1	L4	220uH; L07HCP	Fastron / Reichelt	D8R5,08
21	3	R1,R7,R8	3,3K	Reichelt	0805
22	2	R2,R4	2,2M	Reichelt	0805
23	1	R3	10K Spindeltrimmer	Reichelt	TRIMMER_3296W
24	2	R5,R9	2,2K	Reichelt	0805
25	1	R6	120	Reichelt	0805
26	3	R10,R11,R12	100	Reichelt	0805
27	1	R13	39	Reichelt	0805

28	2	T1,T2	MMBFJ310	Fairchild / Conrad	SOT23/3
29	1	T3	BFQ19S	Conrad	SOT89
30	1	T4	BFQ149	Farnell	SOT89
31	1	X2	Relais FRS1-B-S DC12V	Reichelt	FRS1 SERIES, Maluska
32		D8	S1B (1N400x in SMD)	Reichelt	DO214
33	1	Leiterplatte 35x160mm	einseitig, einfach verzinnt	diverse	

Urheberrechtsvermerk

Dieser Artikel darf unter der Voraussetzung, dass Quelle und Name des Autors genannt werden für private und nichtkommerzielle Zwecke kopiert und unter den gleichen Bedingung weitergegeben werden. Rechte Dritter sind zu berücksichtigen.

Günter Fred Mandel