

# Die „M-Whip“ Monopol Aktivantenne

Von Guenter Fred Mandel, DL4ZAO,  
[www.dl4zao.de](http://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 der Aktivelektronik: 15 kHz – 100 MHz +/- 3db, 100kHz – 18 MHz +/- 1 dB

Stromversorgung: DC 12 – 13,8V stabilisiert

IP2 > + 60 dBm.

IP3: > + 30 dBm.

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

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

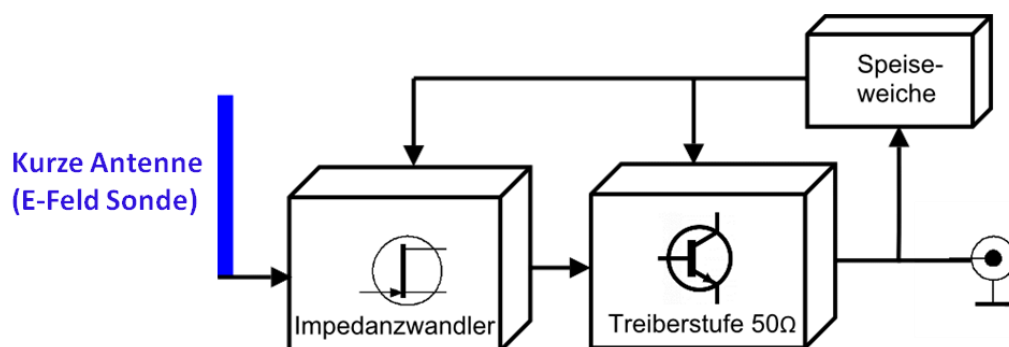


Bild 1 E-Feld Aktivantenne - Funktionsprinzip

Bauvorschläge und kommerziell erhältliche Impedanzwandler-Aktivantennen gibt es in großer Zahl und in unterschiedlicher Komplexität und Preisklasse [6]. Als Beispiel sei an dieser Stelle die einfache „MiniWhip“ von Roelof Bakker, PA0RDT [1], [12] genannt. Als Antennenelement dient ein Stück der Leitplattenfläche, auf dem auch die Verstärkerelektronik aufgebaut ist. Die Leiterplatte kann einfach wettergeschützt in ein Stück PVC-Rohr eingebaut werden.



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 muss, kommt der Linearität der Treiberstufe eine maßgebliche Bedeutung zu. Aus dem Konzept der MiniWhip entstand daher das verbesserte Konzept der M-Whip. Die M-Whip Aktivantenne ist im Grunde eine „runderneuerte“ Version der Mini-Whip mit einer sehr linearen FET-Eingangsstufe mit Stromquelle als Last und galvanisch gekoppelter Treiberstufe. Das Layout auf einer einseitig kupferkaschierten Leiterplatte wird zum überwiegenden Teil mit modernen SMD Bauteilen bestückt. Zum Schutz gegen atmosphärische Überspannungen wurde eine Schutzschaltung am Eingang hinzugefügt.

Die kleine Schaltung mit einer überschaubaren Anzahl von Bauelementen eignet sich als Selbstbauprojekt um Berührungsängste vor dem Umgang und dem Löten von SMD Bauelementen abzubauen. Die SMD Bauteile der Bauform 0805 sind großzügig platziert, so dass auch ein SMD Neuling damit zurechtkommen kann..

### 3. Schaltungsbeschreibung der DL4ZAO M-Whip

Bild 3 zeigt das Schaltbild der M-Whip. Die hochohmige Impedanzwandler-Eingangsstufe T1 ist mit einem J310 FET als Sourcefolger ausgeführt. Der Source Widerstand, wird durch eine FET Konstant-Stromquelle aus T2 gebildet. Diese wirkt für den Sourcefolger T1 als Last mit hoher Impedanz und gutem Intermodulationsverhalten. Damit T1 sicher aufgesteuert ist, wird sein Gate mit ca. 5V vorgespannt. Die Vorspannung wird mit dem Poti R1 so eingestellt, dass an Messpunkt MP1 zwischen Source des Impedanzwandlers T1 und Drain der Stromsenke T2 etwa die halbe Betriebsspannung anliegt. Auf den FET Impedanzwandler folgt als 50Ω Treiberstufe ein Emitterfolger im A-Betrieb mit einem bipolaren CATV Transistor BFG591 oder alternativ einem BFU590G. Der Emitterfolger T3 ist DC-gekoppelt, sein Basisstrom wird auch von der Stromsenke T2 geliefert. Um eine gute Linearität zu erreichen wird der Transistor mit einem Ruhestrom von ca. 50mA betrieben. Der Ausgang der Treiberstufe ist mit einem Serienwiderstand R11 etwas zwangsangepasst, so dass auch längere Koaxialkabel keine Schwingneigung verursacht. Die Spannungsverstärkung der M-Whip beträgt damit ca. -4dB an 50 Ohm.

Die Verwendung einer FET Stromsenke an Stelle eines Sourcewiderstandes bringt Vorteile. Es verbessert die Linearität des Sourcefolgers T1 wenn man den FET mit einem konstanten Drainstrom betreibt. In diesem Fall bleibt die Gate-Source-Spannung konstant und man erhält einen konstanten Offset zwischen Ein- und Ausgangsspannung, der nicht wie bei einem Widerstand von dem Grad der Aussteuerung abhängig ist. Die Spannungsverstärkung eines Sourcefolgers ist bekanntlich immer kleiner als 1. Je höher der Wert des Source-Widerstandes als Last ausfällt, desto geringer fällt dieser Spannungsverlust aus. Der hohe Innenwiderstand der Stromsenke T2 als Last für T1 sorgt für geringstmögliche Dämpfung.

Vor dem Eingangs-FET ist ein Transientenschutz vor atmosphärischen vorgesehen. ESD Suppressor-Dioden mit kleiner Kapazität leiten Überspannungsimpulse ab.

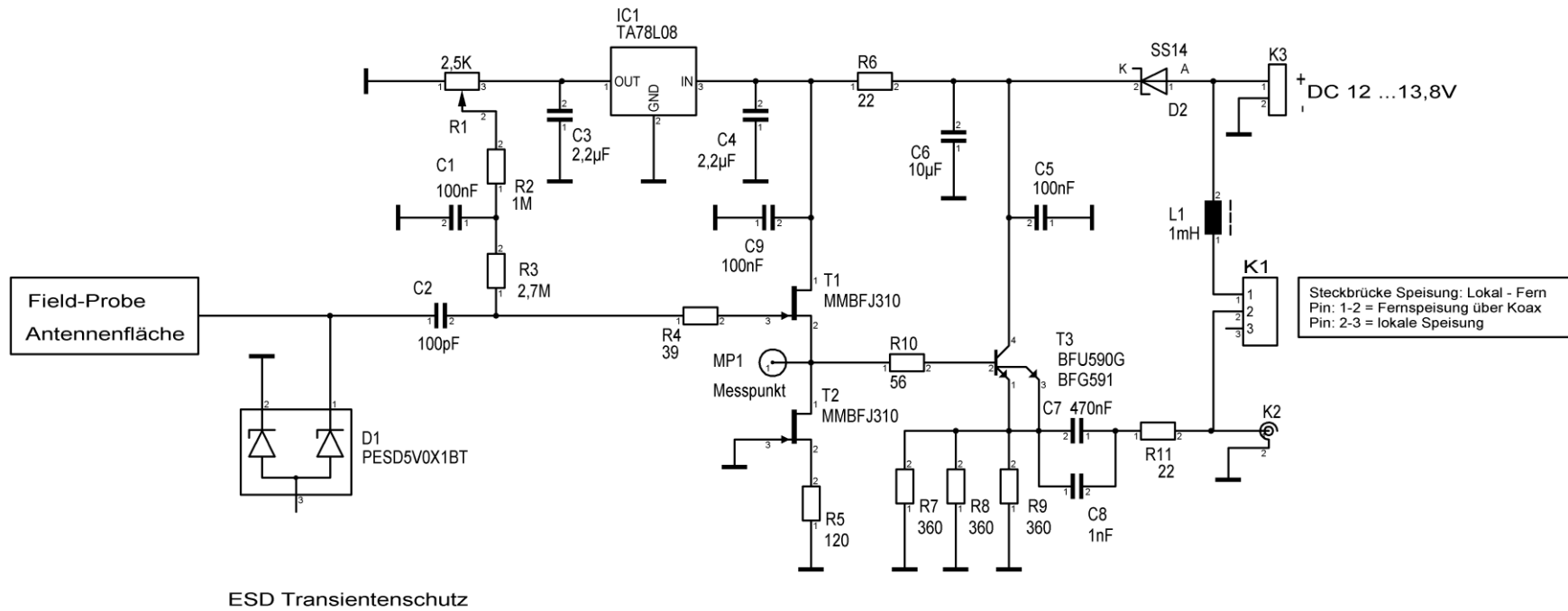


Bild 2 - Schaltbild der DL4ZAO „M-Whip“ Aktivantenne

Die Versorgung für das Aktivteil erfolgt entweder lokal oder per Fernspeisung über das Koaxkabel, Pluspol auf dem Innenleiter. Die stabilisierte DC Speisespannung soll 12 bis 14V 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.



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 simulierte Frequenzgang. Größere Antennenflächen ergeben höhere Ausgangsspannungen insbesondere bei tieferen Frequenzen. Allerdings steigt bei mit einer größeren Antennenfläche die Gefahr, dass Übersteuerungen auftreten.

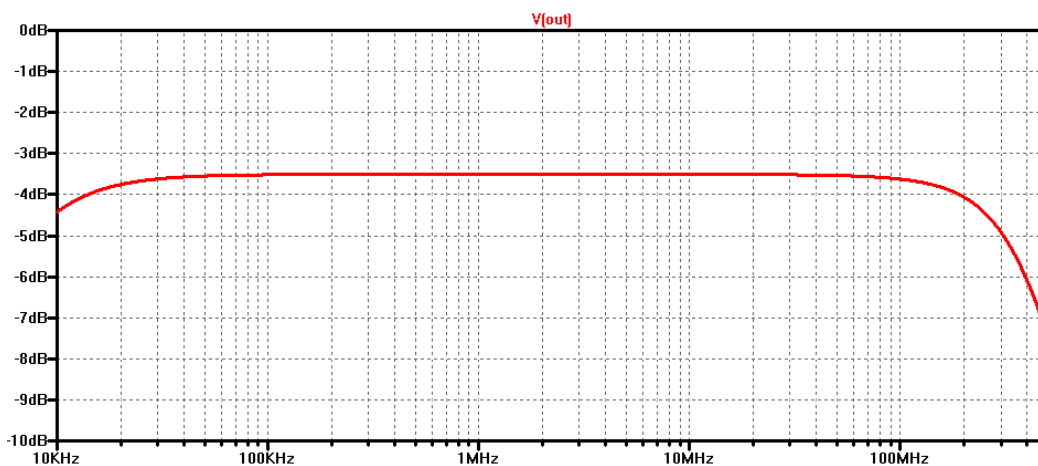


Bild 4 – Frequenzgang Aktivelektronik der DL4ZAO „M-Whip“ Aktivantenne

#### 4. Aufbau

Die M-Whip wurde auf einer Leiterplatte mit den Abmessungen 100 x 40 mm aufgebaut, und kann einfach in ein HT PVC Rohr wettergeschützt eingebaut werden. Die einseitige Kupferkaschierung bildet auf einer Fläche von ca 60 x 40 mm die E-Feldsonde - die Antenne. Falls 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 starke Summensignale.

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 und die Fernspeisedrossel. Wegen der Exemplarstreuung der FETs wird Poti R1 so eingestellt, dass am Messpunkt MP1 eine Spannung zwischen 6 und 7 Volt auftritt. Bei dieser Spannung fließen ca. 50 mA Ruhestrom durch den Emitterfolger T3.

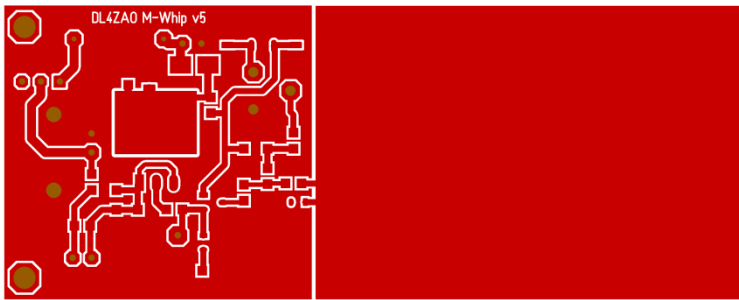


Bild 5 – Leiterplatte der „M-Whip“ – Von unten auf die Leiterbahnseite mit der Antennenfläche

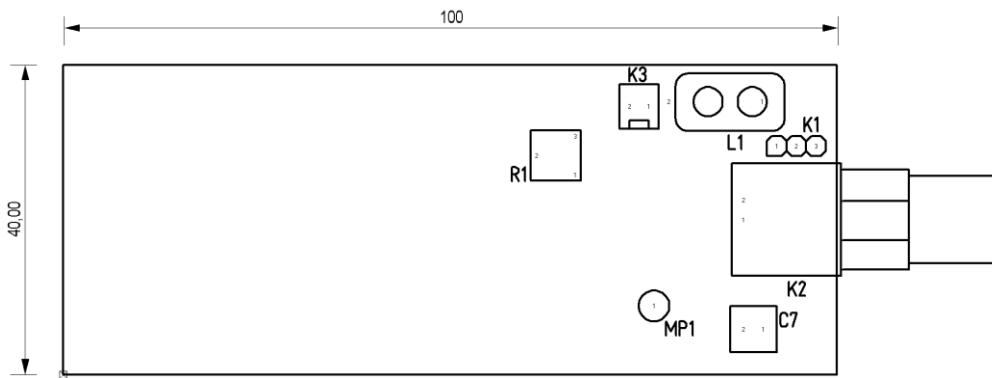


Bild 6 – Leiterplatte - Bestückung oben

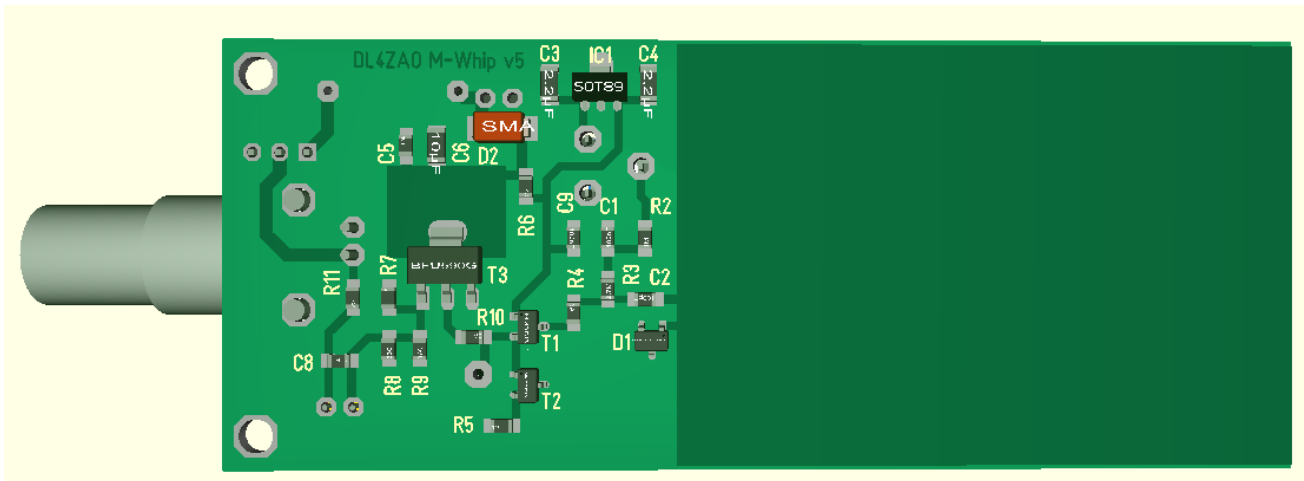


Bild 7 – Leiterplatte (vergrößert, nicht maßstabgerecht) - Bestückung der SMD Teile von unten

## 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  $\Omega$  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 M-Whip durch die einseitige Kupferkaschierung einer Leiterplattenfläche von ca 60 x 40 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 M-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.

Für die Zuführung der Betriebsspannung über das Koaxkabel ist ein Fernspeiseweiche wie in Bild 8 erforderlich. Zur Versorgung wird ein Netzteil mit einer stabilisierten Gleichspannung zwischen 12 und 15 Volt und mehr als 150mA Strom benötigt. Die Breitband-Drossel L1 ist von gleicher Bauart wie in Abschnitt 3 beschrieben. Der optionale Widerstand R1 dämpft die Eigenresonanz der Drossel.

Die durchgehende HF-Leitung der Fernspeiseweiche ist auf einer doppelseitig kupferkaschierten Platine 53 x 53 mm als 50 Ohm Stripline aufgebracht. Die Gleichspannung wird über die Breitbanddrossel L1 und ein Ferritfilter L2 auf die Stripline geführt. Mit dem Ferritfilter im SMD Gehäuse in Verbindung mit der Breitbanddrossel ist die Fernspeiseweiche von LF bis VHF verwendbar.

Die kleine Leiterplatte der Fernspeiseweiche kann wahlweise statt mit den Abmessungen 50 x 50mm auch auf 50 x 35mm zugeschnitten werden. Passende Weißblechgehäuse gibt es bei der Fa. Schubert.

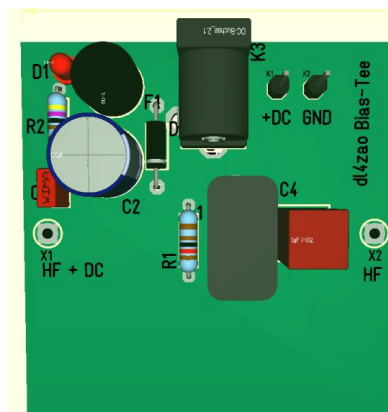
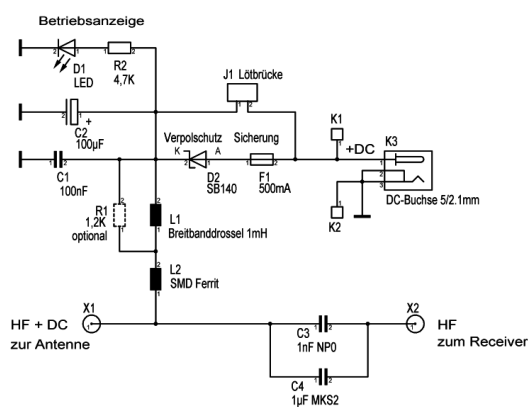


Bild 8 Bias Tee - Fernspeiseweiche

## 1. Aufstellung und Betrieb

Bei allen Aktivantennen die vorzugsweise auf die elektrische Feldkomponente reagieren, 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 M-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.

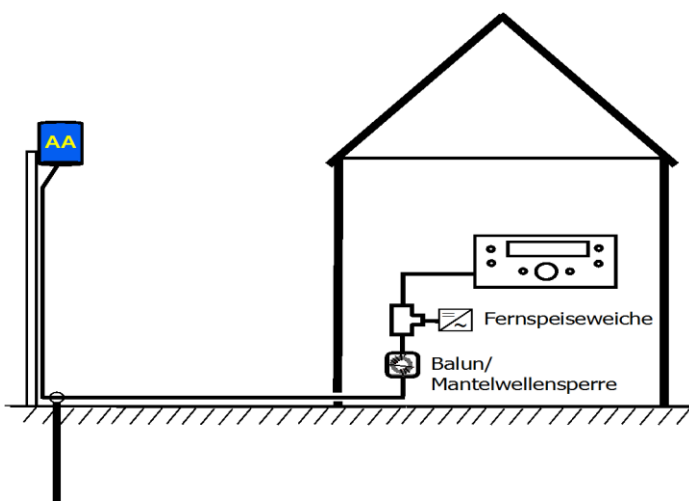


Bild 9 - Aufstellung außerhalb des häuslichen Störnebels

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 keinen ausreichenden Schutz.

## 2. Einfluss der Speiseleitung

Untersuchungen und Simulationen von Owen Duffy, VK1OD [5] und Pieter-Tjerk de Boer [12] zeigen, dass die isolierte Betrachtung der M-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 M-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 M-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 M-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 M-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.

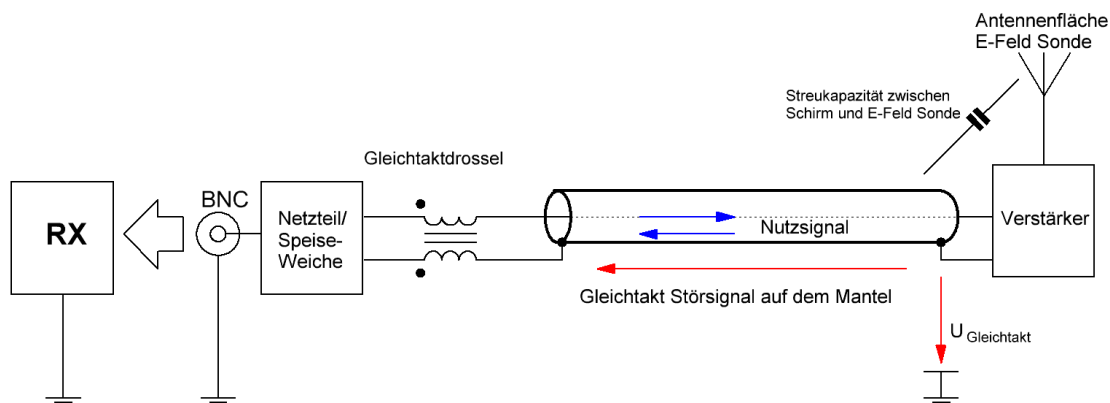


Bild 10 Einfluss der Speiseleitung – Gleichakttdrossel als Mantelwellensperre

### 3. Störminderung mit Mantelwellensperre (Gleichakttdrossel)

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 Gleichakttdrossel (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.



#### 4. Theoretischer Hintergrund zur Funktion der M-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 M-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.

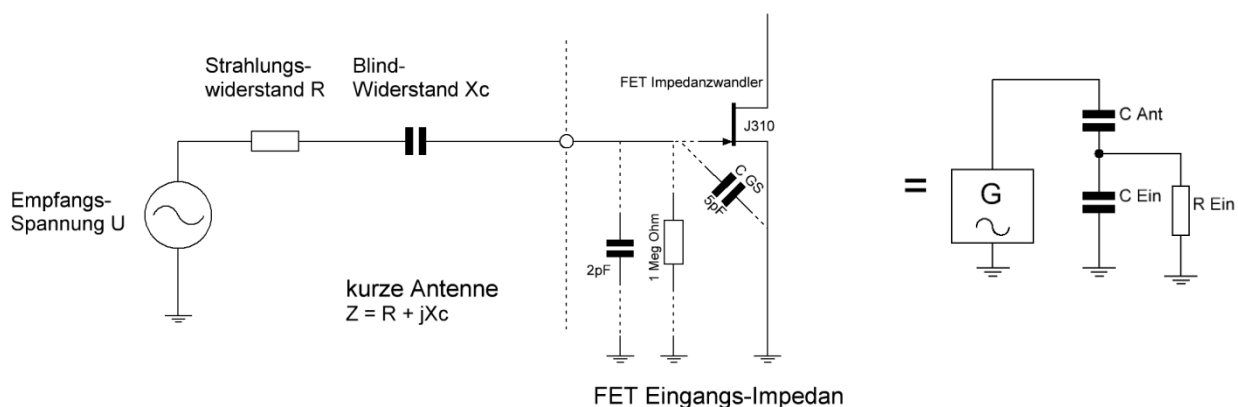


Bild 14 Elektrisches Modell für einen kurzen Monopol mit FET Impedanzwandler

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.

## 5. 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 Halbwelldipol 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  $\lambda$  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 M-Whip liegt der Strahlungswiderstand bei tiefen Frequenzen im Milliohm Bereich. Dazu in Serie liegt die Antennen-Kapazität mit wenigen Picofarad.

## 6. 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.

## 7. 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] Pieter-Tjerk de Boer, PA3FWM, "[Grounding of MiniWhip and other active whip antennas](#)"
- [8] Janzen "Kurze Antennen", 1986
- [9] Owen duffy, VK1OD, "How does the PA0RDT Mini-Whip work"
- [10] ITU Recommendation ITU-R P.372-10 (2011) „Radio Noise“
- [11] Guenter Fred Mandel, DL4ZAO, "M-Whip Aktivantenne", [www.dl4zao.de](http://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](#)"

### **Urheberrechtsvermerk**

*Dieses Dokument 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*

## Stückliste

Pos	Anzahl	Name	Wert	Typ/Hersteller	Gehäuse	SMD-	Bestückung
1	1	C1	220nF	Kondensator, Keramik X7R	0805	YES	unten
2	1	C2	100pF	Kondensator, Keramik NP0	0805	YES	unten
3	2	C3,C4	2,2µF / 25V	Kondensator, Keramik X7R	1206	YES	unten
4	3	C1, C5,C9	100nF	Kondensator, Keramik X7R	0805	YES	unten
5	1	C6	10uF/25V	Kondensator, Keramik X7R	1206	YES	unten
6	1	C7	470nF	MKS02/Wima	Rastermass 2,54mm	NO	oben
7	1	C8	1nF	Kondensator, Keramik, NP0	0805	YES	unten
8	2	D1	PESD5V0X1BT	TVS-Diode/NXP	SOT23	YES	unten
9	1	D5	SS14	Schottky Diode, 1A	DO214, SMA	YES	unten
10	1	K3	Steckverb. 2-polig, stehend	PSL2G/econ / Conrad	Stiftleiste Rastermass, 2,54mm	NO	oben
11	1	K3	Buchse mit Litze 2-polig	PS2 / Conrad 1303860 - 62			
12	1	IC1	TA78L08F alt. TS78L08ACY	Festspannungsregler 8V	SOT89	YES	unten
13	1	K1	JUMPER3	Steckbruecke	Stiftleiste_1x03_G_2,54	NO	oben
14	1	K2	BNC	Reichelt	BNC-BUCHSE_ABGEWINKELT	NO	oben
15	0	leer					
16	1	L1	Doppellochkern BN73-202	Amidon	Drossel 1mH, siehe Text	NO	oben
17	1	MP1	Messpunkt	Stift	LOETPUNKT	NO	oben
18	1	R1	2,5KΩ	Trimpotentiometer	POTI Piher 6mm, PT6-L	NO	oben
19	1	R2	1MΩ	Widerstand	0805	YES	unten
20	1	R3	2,7MΩ	Widerstand	0805	YES	unten
21	2	R4	39Ω	Widerstand	0805	YES	unten
22	1	R5	120Ω	Widerstand	0805	YES	unten
23	1	R6	22Ω	Widerstand	0805	YES	unten
24	1	R7, R8, R9	360Ω	Widerstand	0805	YES	unten
25	2	R10	56Ω	Widerstand	0805	YES	unten
26	1	R11	22Ω	Widerstand	0805	YES	unten
27	1	T1,T2	MMBFJ310	JFET	SOT23/3	YES	unten
28	1	T3	BFG591, alt. BFU590G	HF-Transistor/NXP	SOT223	YES	unten