

Aktivantenne „Mini-Whip“ reloading

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 im Nahfeld entweder bevorzugt die elektrische (Aktiv-Monopol) oder die magnetische Feldkomponente (Aktivloop) aus. Beide Varianten haben ihre jeweiligen Vorzüge und Nachteile [11].

Breitbandige E-Feld Aktivantennen erfordern wegen der anstehenden Summensignale 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 bei tiefen Frequenzen weniger kritisch, da in diesem Frequenzbereich das Außenrauschen aus industriellen und atmosphärischen Quellen dominiert [4].

Das grundsätzliche Prinzip nahezu aller E-Feld Aktivantennen ist ähnlich: Ein zur Wellenlänge elektrisch kurzes Antennenelement, ein Stab oder eine Fläche fungiert als hochohmig Sonde für die elektrische Feldkomponente. Ein FET Impedanzwandler nimmt die Potentialdifferenz des Antennenelementes gegenüber dem Masseanschluss hochohmig ab und eine nachfolgende Treiberstufe bringt das Signal auf die Leistung, damit ein 50 Ohm Koaxialkabel zum Empfänger angeschlossen werden kann. Eine einfache Schaltung einer kurzen Monopol-Aktivantenne ist die weit verbreitete „Mini-Whip“ von Roeloff Bakker, PA0RDT [1]. Der Empfang mit nur 35 x 45mm Fläche einer kupferkaschierten Leiterplatte als „Antenne“ ist erstaunlich.

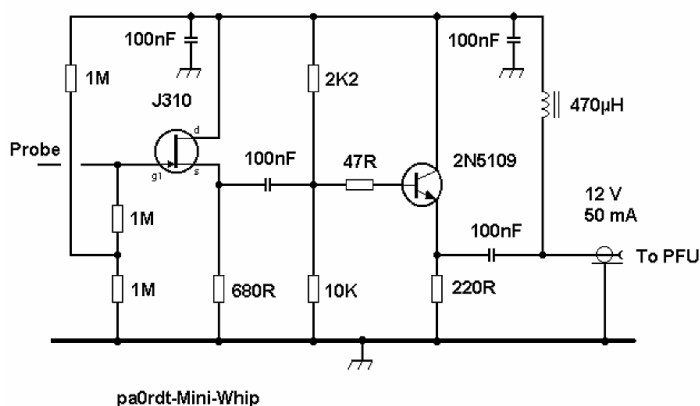


Bild 1 Schaltbild der ursprünglichen Mini-Whip nach PA0RDT, wetterfest montiert in einer PVC-Rohr-Muffe

2. Kennwerte der Mini-Whip:

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

Stromversorgung: 12 ...13,8 V, 60 mA

IP2 > + 50 dBm.

IP3: > + 30 dBm.

Maximale Ausgangsleistung, \geq -10dBm, Kabellängen >50m.

3. Schaltungsbeschreibung der Mini-Whip

Bild 2 zeigt das Schaltbild des Verstärkers der „Mini-Whip reload“ Aktivantenne. Im Layout auf einer einseitig kaschierten Leiterplatte wurde ergänzend zur Ursprungsschaltung ein zusätzliches Relais zum Schutz gegen induzierte Überspannungen spendiert, wie sie bei Gewitter oder in der Nähe von Sendeantennen auftreten können. Der abgekündigte 2N5109 Transistor wurde durch einen modernen CATV Transistor BFG591 oder BFU590G ersetzt. Ein 22 Ohm Widerstand am Ausgang sorgt für eine moderate Zwangsanpassung an das 50 Ohm Kabel und unterdrückt eine Schwingneigung des Emitterfolgers an einer kapazitiver Last, wie sie ein nicht- oder fehlabgeschlossenes Koaxialkabel darstellen kann.

Ein Stück kupferkaschierte Fläche der Leiterplatte dient bei der Mini-Whip als Antenne. Das Betrachtungsmodell von PAORDT beschreibt die Kupferfläche als isolierte kapazitive Sonde für das elektrische Feld. Untersuchungen von Owen Duffy [5] und Pieter-Tjerk de Boer [9] zeigen, dass diese vereinfachte Sicht nicht hinreichend die Funktion erläutert. So geht zum Beispiel der Einfluss des Außenleiters des Speisekabels bzw. die Masthöhe über Grund in die Antenneneigenschaften ein.

Im Ersatzschaltbild (Bild 9) wirkt die Kupferfläche, das Antennenelement, wie eine Spannungsquelle mit einem realen Innenwiderstand im Milliohm Bereich in Serie zu einem kleinen C mit einem hohen frequenzabhängigen Blindwiderstand X_c . Der nachfolgende Verstärker muss also eine sehr hohe Eingangsimpedanz und eine kleine Eingangskapazität aufweisen, um die Generatorspannung verlustarm abgreifen zu können.

Die Verstärker-Schaltung ist sehr einfach: eine hochohmige Impedanzwandler-Eingangsstufe T1 ist mit einem J310 FET als Sourcefolger ausgeführt. Das optionale Relais X2 legt den Eingang der aktiven Stufe auf Masse, so lange keine Betriebsspannung anliegt, um den FET vor atmosphärischen Überspannungen zu schützen. Auf den FET Impedanzwandler folgt als Emitterfolger eine 50Ω Treiberstufe im A-Betrieb mit dem kräftigen BFG591 Multi-Emitter Transistor. Die Spannungsverstärkung der Mini-Whip beträgt ca. -6dB, ist also kleiner als eins, die Leistungsverstärkung hingegen ist sehr hoch.

Eine modernisierte Variante einer Mini-Whip Aktivantenne mit verbesserter Linearität ist als „Miniwhip-Pro+“ in [7] beschrieben.

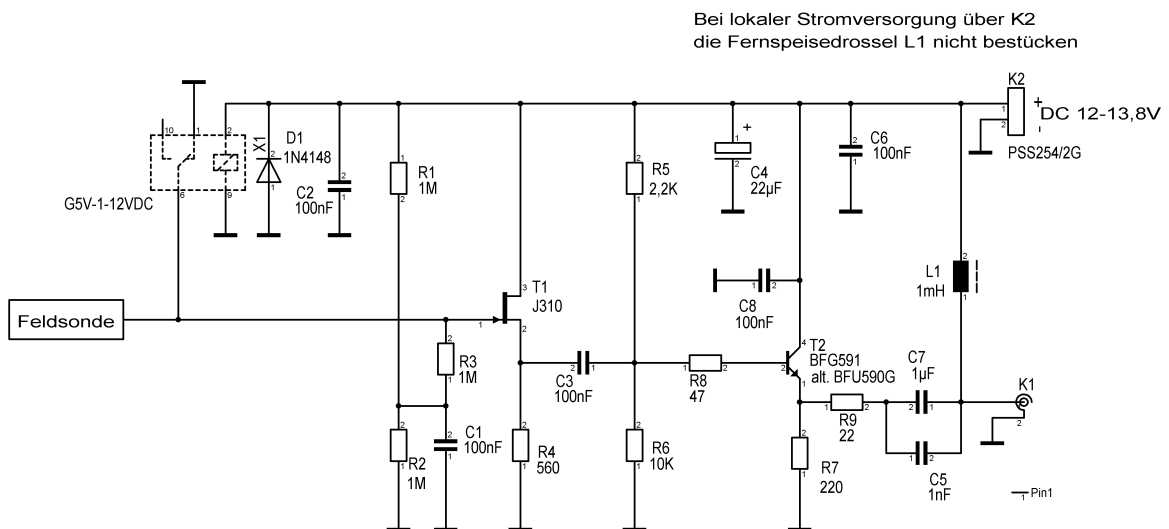


Bild 2 Schaltbild der „Mini-Whip reload“

Die Mini-Whip wird in dieser Ausführung auf einer Leiterplatte mit den Abmessungen ca 80 x 40 mm aufgebaut, und kann einfach in eine 50mm HT Muffe mit zwei PVC Muffenstopfen aus dem Baumarkt wettergeschützt eingebaut werden. Die einseitige Kupferkaschierung bildet auf einer Fläche von 45 x 40 mm die E-Feldsonde, die Antenne.

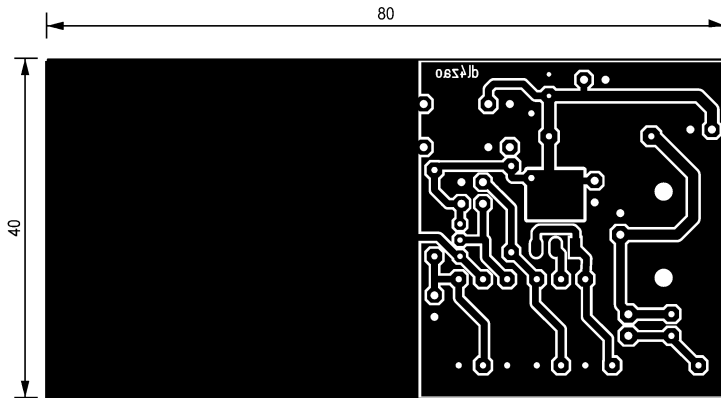


Bild 3 – Leiterplattenlayout der „Mini-Whip“ (Leiterbahnseite), Umriss 80x40 mm

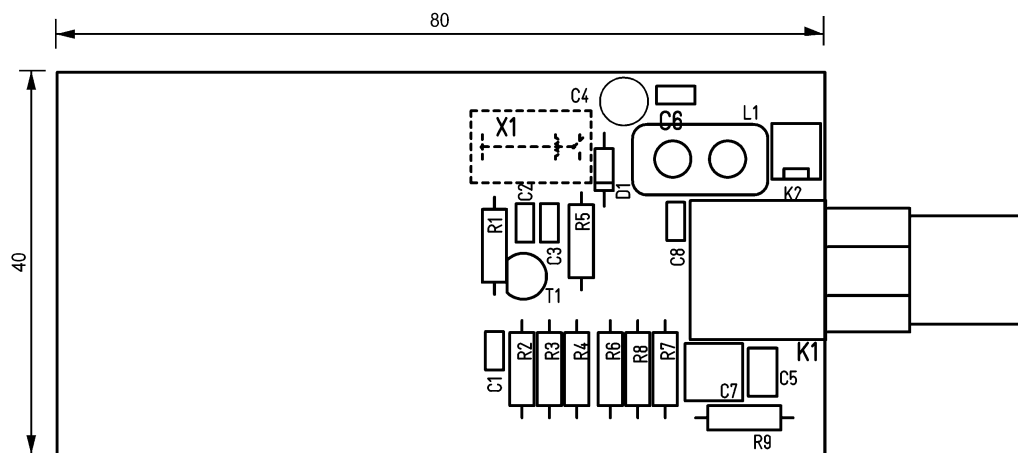


Bild 4 – Bestückung, von oben (größerer Maßstab)

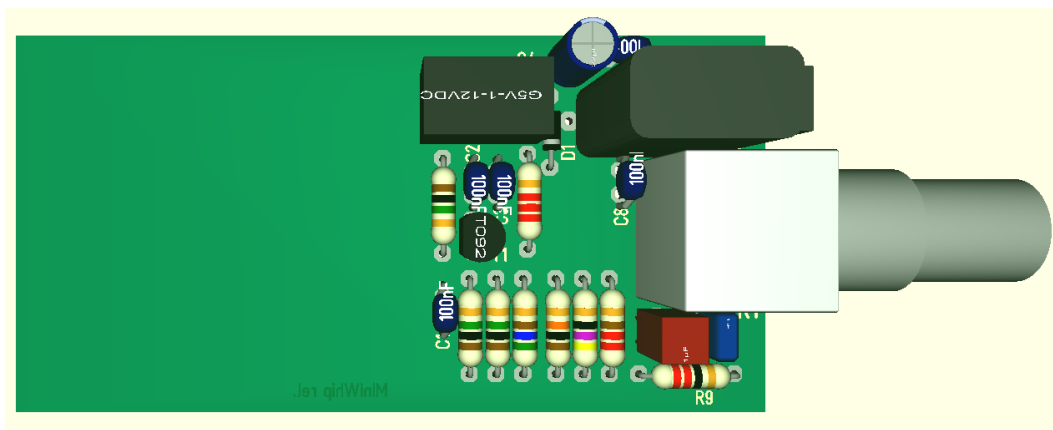


Bild 5a – Bestückung, von oben

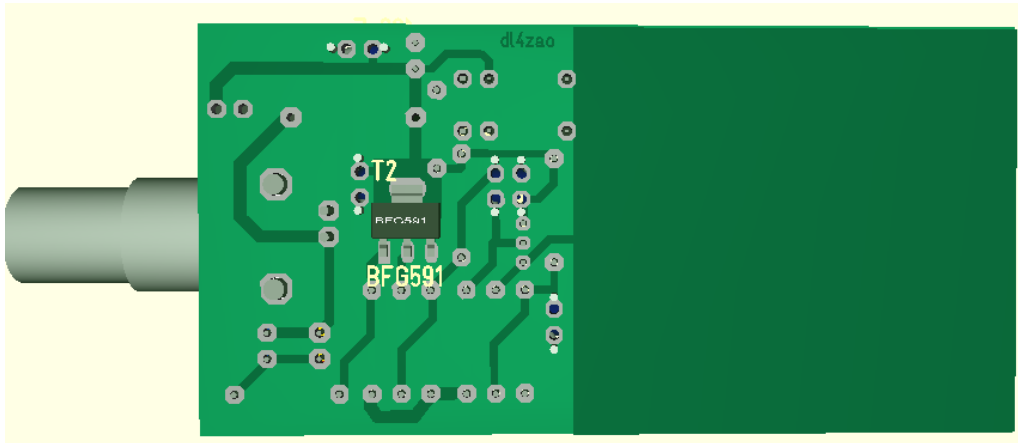


Bild 5b – Bestückung, von unten

4. Aufbau

Bis auf T2, ein HF-Transistor im großen SOT223 SMD Gehäuse, werden nur bedrahtete Bauelemente verwendet. T2 wird zuerst auf der Unterseite der Platine bestückt. Dann kommen die konventionellen Bauteile von oben an die Reihe. Die flachen Bauteile, Widerstände, Dioden und Kondensatoren zuerst, danach die höheren Bauteile wie Transistoren Relais und Drossel und zum Schluss die BNC Buchse für Leiterplatteinbau. Beim J310 FET ist auf kurze Anschlussdrähte zu achten.

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 6 auf einen 13mm Ferrit Doppellochkern (FairRite/Amidon #73 Material) mit 3+7+3 Windungen gewickelt. Die verteilte Wicklung verringert die Wicklungskapazität .

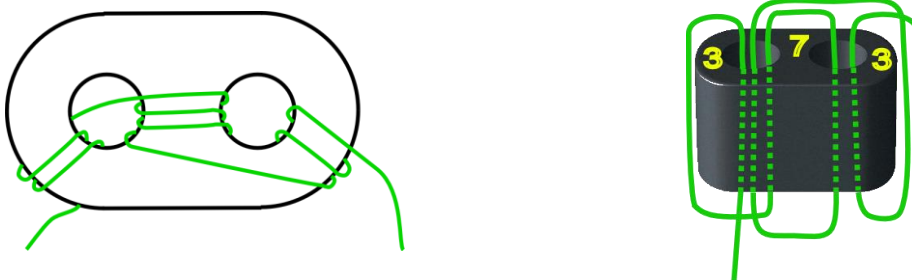


Bild 6 – Breitband Drossel zur Fernspeisung

Handelsübliches HT PVC-Abflussrohr aus dem Baumarkt eignet sich gut als wetterfestes Gehäuse. Der Gewindeflansch der BNC Buchse dient als Befestigung der Antenne 9n einem 50mm HT-Muffenstopfen. Mit der Überwurfmutter kann die kleine Leiterplatte mit dem Muffenstopfen verschraubt und zum Wetterschutz in eine HT-Muffe gesteckt werden, die oben mit einem weiteren Muffenstopfen als Deckel abgedichtet wird. Gegebenenfalls muss die Leiterplatte mit einer Feile eingepasst werden.

5. Stromversorgung - Fernspeiseweiche (Bias-Tee)

Für die Zuführung der Betriebsspannung über das Koaxkabel ist eine Fernspeiseweiche erforderlich. Zur Versorgung wird eine stabilisierte und saubere Gleichspannung zwischen 12 und max. 15 Volt benötigt. Das Netzteil soll mindestens 150mA Strom liefern können. Der Pluspol der Versorgungsspannung muss auf dem Innenleiter liegen, der Minuspol auf dem Schirm des Koaxialkabels.

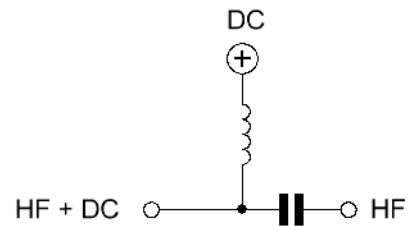


Bild 7: Prinzip einer Fernspeiseweiche

Es kann im Grunde jede Fernspeiseweiche verwendet werden, die die vorstehend genannten Anforderungen erfüllt für den genutzten Frequenzbereich geeignet ist. Die Baumappte für eine geeignete Fernspeiseweiche kann hier heruntergeladen werden.

Link: [Bias-Tee Basic-Fernspeiseweiche](#)

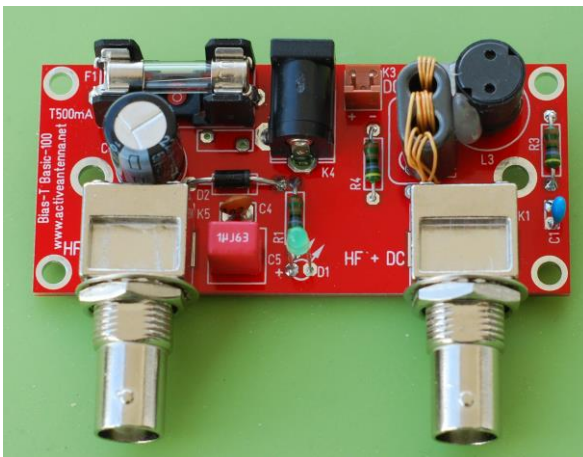


Bild 8 Fernspeiseweiche - Bias-T Basic

6. Funktionsprinzip der Mini-Whip

Pieter-Tjerk deBoer, PA3FWM beleuchtet in seiner Abhandlung „Fundamentals of the Mini-Whip Antenna“ [9] ausführlich die elektrischen Grundlagen der 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, auf dem Aktivantenne montiert ist.

Das Antennenelement verhält sich in der Ersatzschaltung wie eine Spannungsquelle in Serie mit einem kleinen Kondensator. Die Leerlaufspannung der Quelle ist proportional zur elektrischen Feldstärke. Die Whip - ein elektrisch kurzer Monopol kann im Ersatzschaltbild als Generator gesehen werden, der über einen kleinen Kondensator an den Verstärkereingang gekoppelt ist. Bild 9

Der Blindwiderstand X_c der Antennenkapazität C_{Ant} , 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 abnehmen zu können, ist 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.

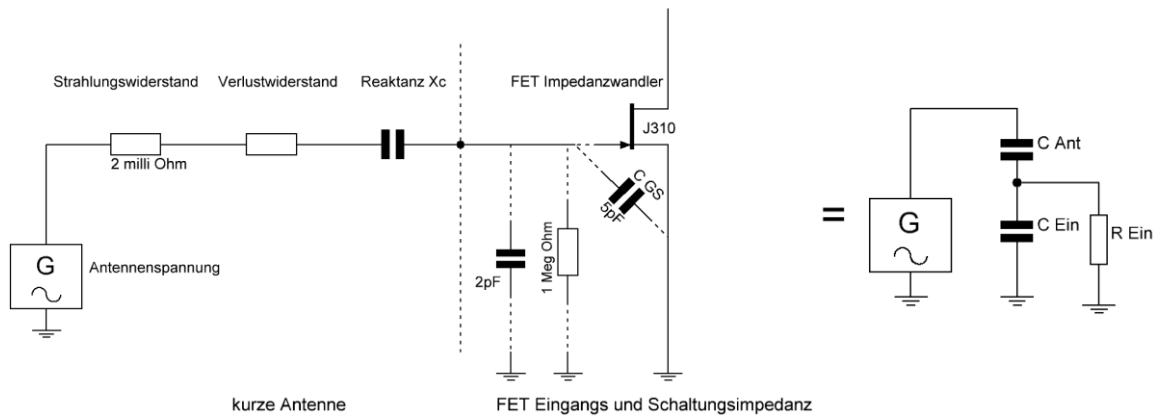


Bild 9 Elektrisches Modell für einen kurzen Monopol mit FET Impedanzwandler

Die Ausgangsspannung eines elektrisch kurzen Monopols nimmt proportional mit der Länge und der Höhe über Grund zu. Längere Monopole ergeben eine höhere Ausgangsspannung. Der Signal/Rauschabstand bleibt unverändert, solange das Außenrauschen größer als das Rauschen der Elektronik ist. Dies gilt, so lange Länge oder Höhe klein gegenüber der Wellenlänge sind. Darüber bilden sich Resonanzen mit Welligkeiten aus (Mehr dazu in Abschnitt 9).

7. Tipps zur zur Aufstellhöhe

Die Empfangsspannung (Signal + externes Rauschen) einer E-Feld Whip-Antenne nimmt mit der Länge des Antennenstabs und zusätzlich mit der Höhe über der Bezugs-Erde zu. Um Übersteuerung in der Aktivelektronik zu vermeiden, ist es ratsam das Augenmerk in erster Linie auf ein ausreichendes SNR und weniger auf einen möglichst hohen Ausschlag des S-Meters zu richten. Die Länge einer Whip bzw. ihre Montagehöhe wählt man sinnvoll so, bis eine größere Höhe nur noch eine Zunahme des Gesamtpegels aber keine Verbesserung des SNR mehr bewirkt. Um Übersteuerungen zu vermeiden soll die Aufstellhöhe nicht zu hoch gewählt werden. Bei der Montage an einem leitfähigen Trägermast, muss das Antennenelement der Whip über den Mast hinausragen.

Der ideale Aufstellungsort für eine Whip wäre direkt über einer ausgedehnten Metallfläche z.B. einem niedrigen Blechdach als Massefläche oder über einer gutleitenden HF-Erde mit einem Radialsystem.

Der Mast, sowie das speisende Koaxialkabel sind wirksame Bestandteile des Aktivantennensystems. Bei der Montage auf einem Mast wird das Bezugspotential für die Aktivantenne vom Schirm der Koaxleitung oder z.B. einem geerdeten Tragmast bereitgestellt. Das Empfangssignal entsteht aus der

Spannung (Potentialdifferenz) zwischen dem Antennenelement, der Whip, und dem Potential des Koaxschirms unmittelbar an der Verstärkerbuchse als Masse-Bezug. Über den Abstand bis zur HF-Erde variiert dieses Massepotential abhängig von der Frequenz bis hin zur ungewollten Ausbildung von Resonanzen. Aus diesem Grund hat die Länge des Koaxkabels bis zum Erdungspunkt einen merklichen Einfluss auf die Empfangseigenschaften.

Die Qualität eines empfangenen Signals ist nicht allein vom Spannungspegel der Eingangs-Spannung am Empfänger abhängig, sondern wird in erster Linie durch den Abstand zwischen Nutzsignal und dem Rauschen bestimmt, dem Signal-to Noise Ratio (abgekürzt: S/N oder SNR). Das Rauschen setzt sich aus dem Eigenrauschen der Elektronik und dem externen Rauschen (atmosphärisches und Man-Made Rauschen) zusammen.

8. Aktivantenne störungsarm betreiben

Aktivantennen vom Typ einer MiniWhip platziert man am besten außerhalb des häuslichen Störnebels. Die hochohmige Sonde fängt Nahfeldstörungen von Störquellen wie Schaltnetzteilen, TV-Geräten, Energiesparlampen und Modems auf.

Viele Störungen werden leitungsgebunden über Einstrahlung auf den Schirm des Koaxialkabels (Mantelwellen) oder durch Ausgleichsströme über Erdschleifen eingeschleppt. Das Koaxkabel ist meist über den Empfänger mit dem PE der Hausverteilung verbunden, so können auch über diesen Weg Störspannungen und Ströme eingekoppelt werden. Ein Strombalun, der als Mantelwellensperre in das Koaxialkabel eingeschleift wird, hilft derartige Störungen zu minimieren.

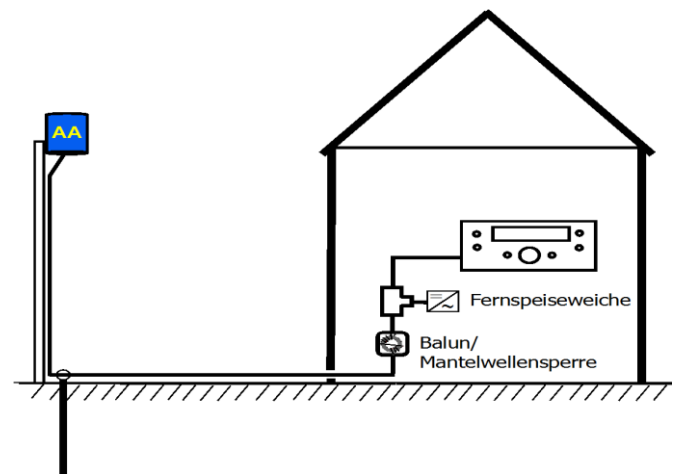


Bild 10

Die Ausbreitung von unerwünschten Störströmen über das Koaxialkabel lässt sich durch Wahl eines geeigneten Aufstellungsorts, Verdrosselung der Leitung und HF-gerechte Erdung minimieren. Den Koaxschirm verbindet man auf möglichst kurzem Weg mit einer HF-gerechten Erde. Große Kabellängen zwischen Aktivantenne und HF-Erde beeinträchtigen die Empfangseigenschaften. Mantelwellensperre(n) im Leitungsweg unterdrücken das Einschleppen von Störungen. Verlegt man die Speiseleitung in der Erde oder auf der Erde mindert das zusätzlich die Gefahr von eingestrahelten Störungen. Störarme Leitungsführung und Erdung erscheint manchmal wie Stoff für Druiden, aber ohne Zaubertrank hilft meist Probieren

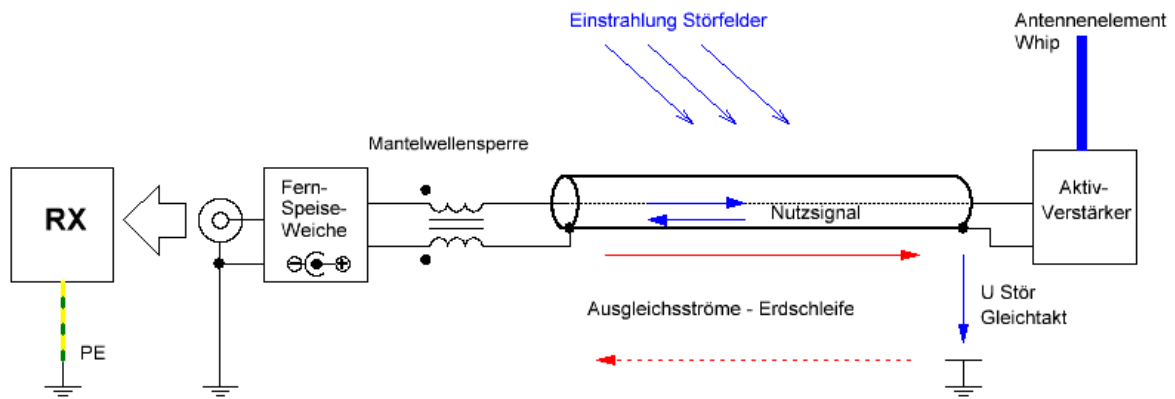


Bild 11: Störungseinkoppelung über Erdschleife und Schirm der Speiseleitung

Der Masseanschluss des Verstärkers bzw. der Außenleiter der Koaxbuchse soll auch aus Schutzgründen auf kurzem Wege mit einem Erder oder dem geerdeten Montagemast verbunden werden. Eine Erdverbindung ausschließlich über den Koax-Schirm über eine Erdverbindung im Shack bietet keinen ausreichenden Schutz gegen Überspannungen. Zudem besteht die Gefahr, dass durch eine „schmutzige“ PE-Haus-Erde zusätzlich Störungen eingeschleust werden.

9. Einfluss der Höhe auf eine Monopol-Aktivantenne

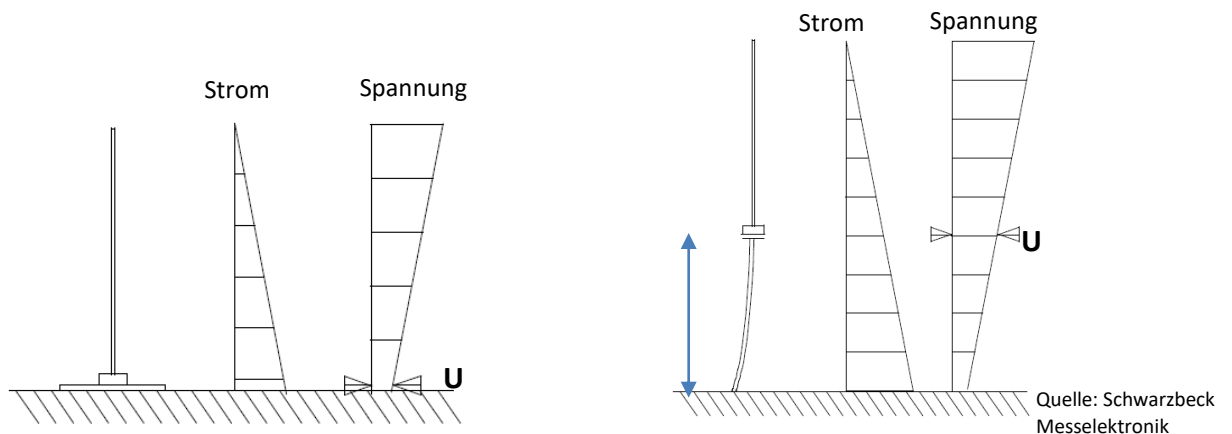


Bild: 12 Strom und Spannungsverteilung bei unterschiedlicher Höhe

In homogenen Feldern zeigen Monopole (wie z.B. eine Whip) im Gegensatz zu symmetrischen, dipolartigen Antennen eine Abhängigkeit von der Höhe. Die Ursache hierfür liegt in der frequenzabhängigen bzw. laufzeitbedingten Stromverteilung begründet, die sich entlang des Koaxialkabels oder des Mastes einstellt. Das Strommaximum tritt am Boden auf, während das Maximum der Spannungsverteilung am oberen Ende der Whip zu finden ist. Von der hochohmigen Aktivelektronik wird die Spannung nur wenig unterhalb des Spannungsmaximums abgenommen.

Die Abbildung zeigt einen Monopol und die zugehörigen Strom- und Spannungsverteilungen bei tiefen Frequenzen ($l \gg \text{Stablänge}$). Die Lage des hochohmigen Spannungsabgriffs U ist jeweils durch die beiden Pfeile gekennzeichnet. Die von der Whip abgegriffene Feldstärke hängt also nicht nur von der Größe des Antennenelements ab (Stab oder Metallfläche), sondern auch von der Aufstellungshöhe über Grund.

In der Literatur wird dafür oft der Begriff "effektive Höhe" verwendet. Die effektive Höhe oder Nutzhöhe h_{eff} einer Antenne ist nicht identisch mit ihrer wirklichen Länge oder Höhe. Es ist ein Umwandlungsfaktor der den Zusammenhang zwischen der Empfangsfeldstärke E und Leerlaufspannung U_0 einer Antenne beschreibt.

$$U_0 = E \cdot h_{eff}$$

Man findet h_{eff} von diversen Antennenformen in der Literatur.

Der absolute Signalpegel steigt mit zunehmender Höhe l an. Bei einer Whip ist das eine Kombination aus der Länge des Antennenelements und der Höhe über Grund.

- *Die effektive Höhe h_{eff} und damit die empfangene Leerlaufspannung U_0 eines Monopols hängt nicht allein von der Länge des Antennenelements ab, sondern steigt mit der Höhe über Erde.*
- *Ab einer größeren Montagehöhe, abhängig vom Verhältnis l/λ , ist die Spannungs- und Stromverteilung auf dem Mast nicht mehr gleichmäßig, sondern wird über die Länge wellig. Die Empfangsspannung wird frequenzabhängig mit Spitzen und Einbrüchen.*

10. Aktivantenne, Mast und Erde bilden ein System

Für beste Empfangsergebnisse mit einer Whip Aktivantenne ist es hilfreich, den aktiven Teil nicht isoliert zu betrachten, sondern als Bestandteil eines Antennensystems.

Dieses System besteht aus den drei Komponenten:

- **Antennenelement** als Stab, Fläche etc. Es wirkt als "elektrisch kurze Monopol-Antenne".
- **Aktivelektronik**, ein Impedanzwandler-Verstärker mit hoher Eingangsimpedanz und einer 50Ω Treiberstufe für das Koaxialkabel
- **Referenzpotential** – das Erdpotential, in der Qualität wie es am Erdanschluss bzw. am Außenleiter der Anschlussbuchse an der Aktivelektronik zur Verfügung steht .
 - Die Masthöhe bzw. die Länge der Erdzuführung spielt für die Eigenschaft als Breitbandantenne mit glattem Frequenzgang eine wichtige Rolle. Die Erdzuführung ist Bestandteil des Aktivantennensystems und bestimmt die Empfangseigenschaften maßgeblich mit.
 - Das Bezugspotential wird meist über einen geerdeten Antennenträger oder, im Falle eines isolierten Mastes, über den Außenschirm des Koaxialkabels oder eine separate Erdleitung zugeführt. Die Verbindung mit einer HF-gerechten Funktions-Erdung soll auf kürzestem Wege, am besten direkt am Fuße des Mastes erfolgen. Ist der Abstand zum Erdpotential im Verhältnis zur empfangenen Wellenlänge zu lang (Daumenregel: länger als 1/10 der Wellenlänge), bilden sich auf der Erdleitung bzw. dem Mast Resonanzen aus, die zu Überhöhungen und Einbrüchen des abgegebenen Empfangspegels führen – die

Breitbandeigenschaft der Aktivantenne ist dann beeinträchtigt.

- **Eine höhere Montage ergibt höhere Ausgangspegel, jedoch**
- **Masthöhen über $\lambda/10$ – führen zu Welligkeiten bei höheren Frequenzen**

11. Richtfaktor und Strahlungswiderstand einer elektrisch kurzen Antenne

Die Mini-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[2][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 Fußpunktwidestand 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 Mini-Whip liegt der Strahlungswiderstand bei tiefen Frequenzen im Milliohm Bereich. Dazu in Serie liegt die Antennen-Kapazität wenigen Picofarad.

12. Kurz Zusammengefasst

- Der hochohmige Impedanzwandler-Verstärker einer MiniWhip Aktivantenne sondiert die Potentialdifferenz (Leerlauf-Spannung, EMK) zwischen dem Antennenelement und “Erde-Potenzial” an der Anschlussbuchse des Verstärkers.
- Masthöhe über Grund, Erdung, Koaxialkabel und Whip-Aktivantenne interagieren und müssen in ihrer Gesamtheit als Antennensystem betrachtet werden.
- Die Ausgangsspannung nimmt mit der Montage-Höhe und mit der Größe des Antennenelements zu. Allerdings nimmt neben dem Nutzsignal auch das externe Rauschen zu. Deshalb besser auf einen ausreichenden Signal/Rauschabstand achten und erst in zweiter Linie auf einen hohen S-Meter Ausschlag.
- Aufstellung in störarmer Umgebung und ein kurzer Kabelweg zu einer HF-gerechten Erdung am Schirm/ Masseanschluss der Aktivantenne ist wichtig.
- Erfolgt die Erdung nur über den Schirm eines langen Koaxkabels und über die Erdverbindung im Shack, besteht die Gefahr, dass durch eine „schmutzige Erde“ Störungen auf die Antenne übertragen und verstärkt werden. Das Einfügen einer Mantelwellensperre vor dem Shack ist anzuraten.

13. Referenzen

- [1] Roelof Bakker, PA0RDT – Mini-Whip”
- [2] Rothammel/Krischke, „Rothammels Antennenbuch“, Kap.4, DARC Verlag
- [3] Best, Siegfried „Aktive Antennen für DX Empfang“, ISBN 3-7723-1821-5
- [4] ITU Recommendation [ITU-R P.372-16 \(2022\) „Radio Noise“](#)
- [5] Duffy, Owen, VK1OD, “How does the PA0RDT Mini-Whip work”
- [7] Guenter Fred Mandel, DL4ZAO, [„MiniWhip Pro+“](#)
- [8] Chavdar Levkov, LZ1AQ “Reducing the Noise in Dipole Mode with Common Mode Filter”
- [9] Pieter-Tjerk de Boer, PA3FWM, [„Fundamentals of the Mini-Whip Antenna“](#)
- [10] Pieter-Tjerk de Boer, PA3FWM, [“Capacitance of Antenna Elements”](#)
- [11] Guenter Fred Mandel, DL4ZAO, [“Whip und Loop – Aktivantennen für den Empfang“](#)
- [12] Pieter-Tjerk de Boer, PA3FWM, [“Grounding of MiniWhip and other active whip antennas”](#)

Stückliste

Pos	Anzahl	Name	Wert	Gehäuse	Hersteller / Bezugsquelle
1	4	C1,C2,C3,C6,C8	100nF Keramik	2,54X5,08, Rastermass 2,54mm	Reichelt
2	1	C4	22µF, Elko	D6R2,54_ELKO	Reichelt
3	1	C5	1nF Keramik, NPO	6X6R2,54	Reichelt
4	1	C7	1µF MKS-02 Folienkondensator	3X5R2,54	Reichelt
5	1	D1	1N4148	DO35	Reichelt
6	1	K1	PSS254/2G Steckleiste	PSS254/2G	Reichelt
7	1	K2	BNC-BUCHSE_ABGEWINKELT	BNC-BUCHSE_ABGEWINKELT	Reichelt
8	1	L1	BN73-0202 Doppellochkern	Doppellochkern 7,5x13mm (202)	Amidon/Reichelt
9	3	R1,R2,R3	1M	0207	Reichelt
10	1	R4	560	0207	Reichelt
11	1	R5	2,2K	0207	Reichelt
12	1	R6	10K	0207	Reichelt
13	1	R7	47	0207	Reichelt
14	1	R8	220	0207	Reichelt
15	1	R9	22	0207	Reichelt
16	1	T1	J310	TO92(1)	www.dariusgmbh.de
17	1	T2	BFG591 alt. BFU590G	SOT223	www.dariusgmbh.de
18	1	X2	G5V-1-12VDC	G5V SERIES, OMRON	Reichelt

Stückliste