

Aktivantenne für KW, 1. Nachtrag

Helmut Stadelmeyer

Weil die Länge dieser aktiven Antenne gegenüber der Wellenlänge des empfangenen Signals gering ist, eignet sie sich unter anderem als einfache Meßantenne zur vergleichswisen Beurteilung der Feldstärke im Fernbereich. Der nachstehende Beitrag zeigt, wie sie gebaut ist und was man von ihr erwarten darf.

Anlässlich der Antennenversuche mit einem vertikalen, 10 Meter langen Draht zur Erprobung eines 80-m-Übungsfuchssenders sind unter anderem Feldstärkemessungen im Fernfeld notwendig gewesen, um über die Wirksamkeit einer Verlängerungsspule an der Sendeanenne wenigstens ungefähre Aussagen machen zu können. Die dafür verwendete Ausrüstung bestand aus einer Aktivantenne, einer Fernspeiseweiche und einem KW-Empfänger, dessen S-Meter als Zeigerinstrument ausgeführt ist. Versorgt wurde die Anordnung aus der Autobatterie über ein am Zigarettenanzünder angestecktes Kabel.

Weil sich die Antenne nicht nur bei diesen Versuchen gut bewährt hat, sondern neben dem Hauptzweck als eine ganz normale Empfangsantenne unter anderem im Fernfeld das Ermitteln des horizontalen Strahlungsdiagramms einer Richtantenne auf mehreren Bändern erlaubt (wenn man sie an einem Empfänger mit kalibrierter Pegelanzeige betreibt), sollen für Interessierte hier die Unterlagen für den Nachbau zugänglich sein.

Schaltung

Die Schaltung der Aktivantenne ist einem Beitrag im FUNKAMATEUR entlehnt [1], die Fernspeiseweiche ist in [2] beschrieben worden. Nachbauwillige sollten den sehr interessanten Beitrag [1] auf jeden Fall lesen. Beide Baugruppen wurden dem Verwendungszweck als Kurzwellen-Meßantenne angepaßt und mit vorhandenen Bauteilen ausgeführt. Das hat vielleicht ein nicht ganz so gutes Großsignalverhalten wie bei der in [1] beschriebenen Antenne zur Folge, was in diesem Fall aber nicht gestört hat. Wer mit besonders großen Signalpegeln rechnen muß, sollte die dort angegebenen Bauteile verwenden oder den bei [3] angebotenen Bausatz erwerben.

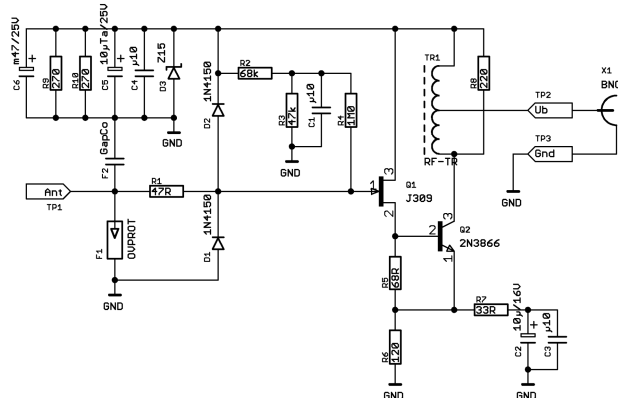


Abb. 2: Antennen-Impedanzwandler



Abb. 1: Betriebsbereite Baugruppen mit eingeschobenem Antennenstab

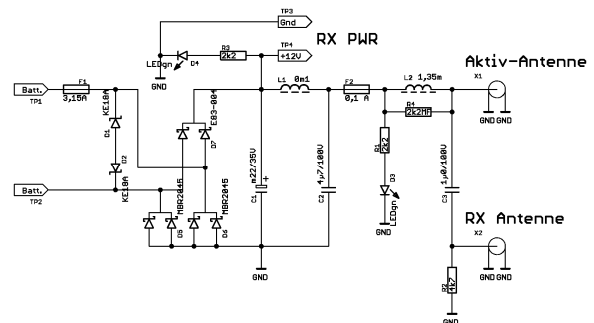


Abb. 3: Fernspeiseweiche

Die Originalschaltung enthält ein Relais, das zusammen mit dem Eingangstristor etwa denselben Strom aufnimmt wie der Ausgangstristor. Weil die beiden Ströme gegensinnig durch die Wicklungen von TR1 fließen, heben sich die vom Gleichstrom im Kern des Übertragers erzeugten Magnetfelder weit-

Aktivantenne

gehend auf. So wird eine Vormagnetisierung vermieden, welche die Großsignalfestigkeit im unteren Frequenzbereich verringern würde. Wir erreichen das durch passende Wahl von R9 und R10. Der Kern des Ausgangsübertragers ist ein Doppellockkern aus Ferrit, der einmal als Antennenübertrager in einem Fernsehgerät seinen Dienst getan hat.

Der in [1] vorgeschlagene Transistor 2N5109 wurde von allen namhaften Herstellern bereits vor einiger Zeit abgekündigt, es sind aber noch immer Restbestände verfügbar. Wie in solchen Fällen leider üblich, ist der Preis für den Käufer von Mindermengen nicht gerade verlockend. Aus diesem Grund kam im Mustergerät ein vorhandener 2N3866 zum Einsatz, der in manchen Baubeschreibungen als ein Vorläufer des 2N5109 bezeichnet wird.

Bei etwas längeren Überspannungsimpulsen aus dem Bordnetz verhindern die beiden in Gegenserie geschalteten Suppressordioden in der Fernspeiseweiche das Allerschlimmste, weil dann die Schmelzsicherung F1 auslöst. Solche Dioden gibt es auch in bidirektionaler Bauweise, wobei dann eine genügt. Dies ist in erster Linie ein Schutz für den wertvollen Empfänger.

Der Zigarettenanzünder-Stecker für die Stromzuführung zur Fernspeiseweiche ist zwar gepolt, aber bei Verwendung eines anderen Kabels könnte es dennoch zu einem Polaritätswechsel bei der Versorgungsspannung kommen. Deshalb ist nach den Suppressordioden ein Brückengleichrichter angeordnet, der mit Low-Barrier Schottky-Dioden im TO220- und TO-3-Plastikgehäuse aufgebaut ist. Der entstehende Spannungsabfall ist dann bei 3 A nicht größer als 1 V. Das erlaubt einen problemlosen Betrieb des Empfängers, solange die Fahrzeugbatterie den normalen Ladezustand hat.

Solche Doppeldioden sind in ausgemusterten PC-Netzteilen zu finden. Es ist ratsam, vor dem Einbau die Durchlaßspannung bei 3 A zu prüfen, um sicherzustellen, daß der Spannungsabfall nicht zu groß wird (beim Mustergerät beträgt er gar nur 0,75 V, allerdings mit ausgesuchten Dioden). Die drei Dioden sind auf einem zurechtgebogenen Aluminium-Kühlblech montiert, wie Abb. 6 zeigt; so bleibt die Erwärmung der Dioden gering. Auf isolierten Einbau ist zu achten.

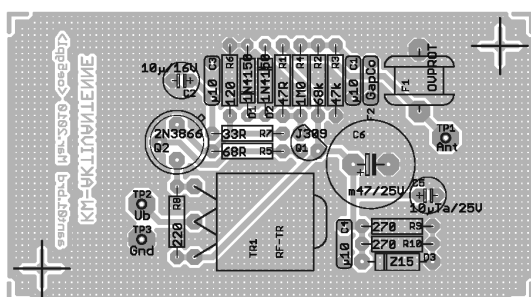


Abb. 4: Bestückungsplan Impedanzwandler

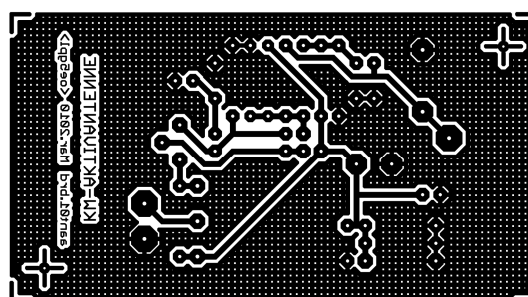


Abb. 5: Leiterplatte Impedanzwandler (nicht maßstäblich)

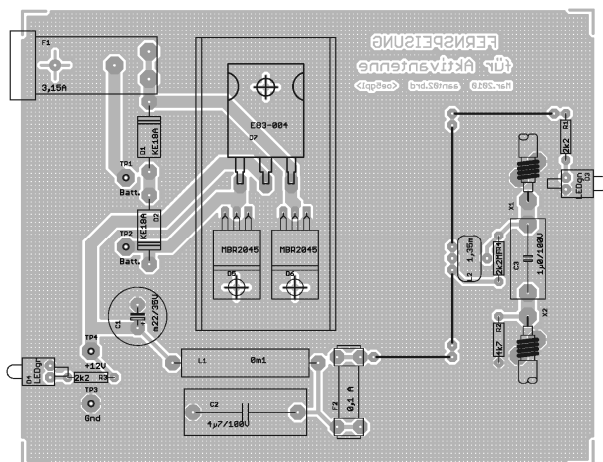


Abb. 6: Bestückungsplan Weiche

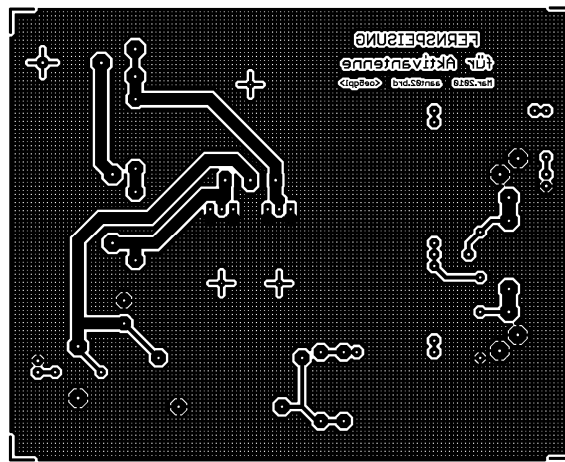


Abb. 7: Leiterplatte Weiche (nicht maßstäblich)

Aktivantenne

Mechanische Ausführung



Abb. 8: Befestigung des Gehäuses

Impedanzwandler

Als Antennenstab dient eine ausziehbare Antenne aus einem alten Kofferradio mit ungefähr 80 cm Länge. Sie steckt recht stramm in einem 8 cm langen Stück Kunststoff, das auf der Drehmaschine passend zugerichtet worden ist (Abb. 9). Das Kunststoffstück steckt wiederum fest in einem etwas mehr als 20 cm langen Isolierrohr, wie es zur Elektroinstallation verwendet wird. Das Rohr wird stramm über einen 5 cm langen Aluminiumzylinder geschoben, der in eine Grundplatte aus Stahl eingepreßt ist. Die Platte ist mit Klebefüßchen aus Gummi versehen, um die Unterlage nicht zu beschädigen.

An der antennenseitigen Gehäusehalbschale verhindert ein außen mittig angenietetes, C-förmig gebogenes Stück Stahlblech ein Verdrehen und Verschieben am Isolierrohr (Abb. 8). Außerdem trägt diese Halbschale die BNC-Buchse für das Verbindungs-

kabel zur Fernspeisung. Die beiden Halbschalen für das Gehäuse des Impedanzwandlers sind aus Aluminium-Blechresten angefertigt, das Gehäuse wird mit zwei straff angezogenen Kabelbindern am Isolierrohr festgemacht. Die elektrische Verbindung vom Antennenstab zum Impedanzwandler erfolgt kapazitätsarm mit einem kurzen Stück isolierter Litze durch ein kleines Loch im Plastikrohr.

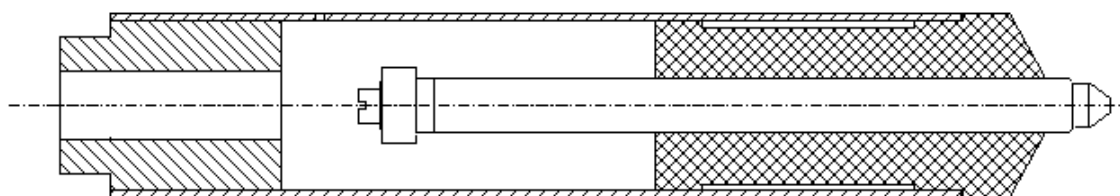


Abb. 9: Schnittzeichnung der Antenne

Fernspeisung

Die Drossel L2 in Abb. 3 verhindert, daß die HF über den Kondensator C2 nach Masse kurzgeschlossen wird; dazu muß diese Drossel eine Mindestimpedanz über den gewünschten Empfangsbereich aufweisen. Sie ist mit einem Ringkern Fabrikat EPCOS angefertigt, den es bei [4] unter Bestell-Nr. 500575-62 gibt. Er wird mit 0,4 mm CuL bis auf einen Restspalt von 2 mm einlagig bewickelt.

Zur Untersuchung ihrer Wirksamkeit wurde der FA-Netzwerktester verwendet. Im nebenstehenden Diagramm ist die obere Linie die Referenz (Generatorausgang und Detektoreingang sind direkt miteinander verbunden), die blaue Kurve ist der Pegel am Verbindungspunkt der Drossel mit C3 und die rote ist der Pegel am anderen Ende von L2. Die empfängerseitige Buchse war bei dieser Messung mit 50 Ohm abgeschlossen.

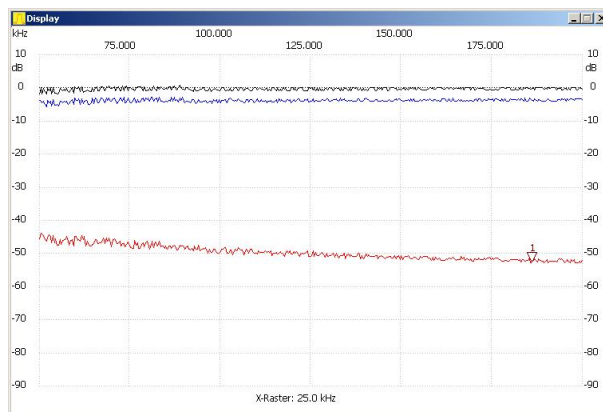


Abb. 10: HF-Dämpfung durch L2 im Bereich von 50 kHz bis 200 MHz

C3 ist ein Fabrikat von SIEMENS, das nicht gewickelt, sondern wie ein Plattenkondensator aufgebaut ist: die bedampften Folien sind an den Schmalseiten abwechselnd links und rechts mit den Anschlüssen kontaktiert. Das hat viel geringere unerwünschte Induktivität und damit besseres HF-Verhalten zur Folge.

Die Durchgangsdämpfung (Abb. 11 und 12) nimmt mit steigender Frequenz allmählich zu und erreicht bei 145 MHz etwa 1,6 dB. Mit einigen Abstrichen ist die Fernspeisung also schon in diesem Zustand in einem recht großen Frequenzbereich verwendbar, ein wenig Nacharbeit könnte den Verlauf der Durchgangsdämpfung noch verbessern.

Aktivantenne

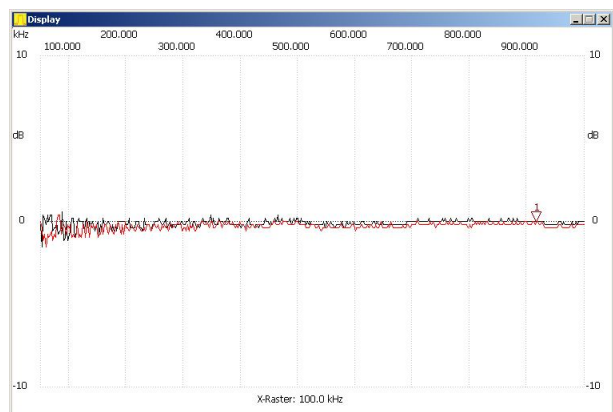


Abb. 11: Durchgangsdämpfung der Weiche im Bereich von 50 kHz bis 1 MHz

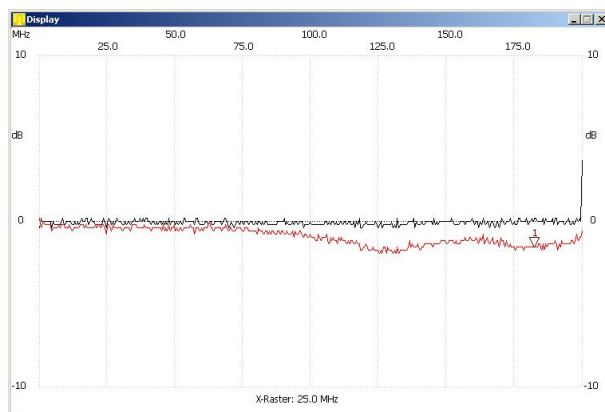


Abb. 12: Durchgangsdämpfung der Weiche im Bereich von 50 kHz bis 200 MHz

Die Anpassung nach Abb. 13 ist bei beiden HF-Buchsen gleich. Mit einer zusätzlichen Kapazität an der Eingangsbuchse gegen Masse läßt sich die Rückflußdämpfung ein wenig beeinflussen: Die grüne Linie ergibt sich bei 20 pF, man wird sie wählen, wenn die Weiche nur für Frequenzen bis 50 MHz verwendet werden soll. Die blaue Kurve erhält man mit 6 pF; die Anpassung ist dann breitbandig, aber nicht so gut. Die einfachste Lösung ist, eine SMD-Kapazität der Baugröße 1206 zwischen die Löt pads des Kabelanschlusses einzufügen.

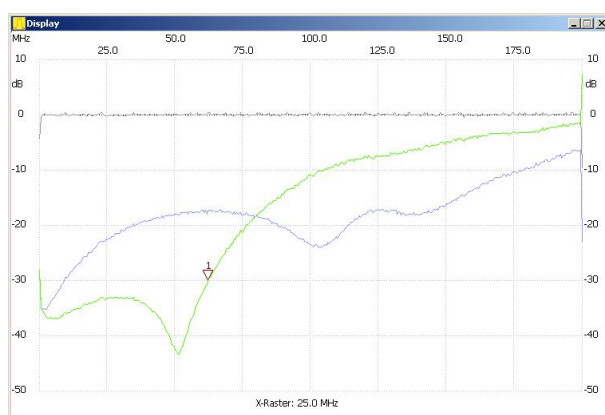


Abb. 13: Rückflußdämpfung der Weiche im Bereich von 50 kHz bis 200 MHz

Zum Schutz der Leiterplatte hat sich das aus einem Alu-Strangpreßprofil bestehende Gehäuse eines alten ELSA-Modems angeboten. Eine Frontplatte aus 1,5 mm starkem Alublech trägt die Sicherung F1, die Buchse für die Stromzuführung, zwei Buchsen für 4-mm-Bananenstecker zur Versorgung des Empfängers und eine LED zur Anzeige der Bereitschaft. In der Rückseite sind die beiden BNC-Buchsen zum Anschluß von Empfänger-Antenneneingang und Impedanzwandler sowie eine weitere LED zur Kontrolle der Sicherung F2 eingebaut.

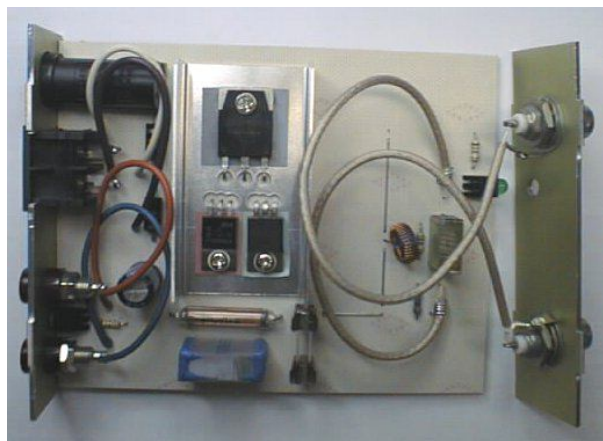


Abb. 14: Fertig aufgebaute Fernspeisung



Abb. 15: Fernspeisung Vorderseite



Abb. 16: Fernspeisung Rückseite

Achtung! Diese Fernspeisung ist ausschließlich für den Betrieb an einer 12-V-Kfz-Batterie geeignet, auch wenn in die in Abb. 15 ersichtliche Buchse der Stecker eines Rasierapparatkabels paßt. Ein irrtüm-

Aktivantenne

licher Anschluß an das 230-V-Netz wäre absolut lebensgefährlich!!

Es wird deshalb die Verwendung einer Anschlußart empfohlen, die eine solche Verwechslung mit Sicherheit ausschließt.

Inbetriebnahme des Impedanzwandlers

Die magnetische Flußdichte im Kern eines Übertragers ist sowohl von Frequenz und Amplitude einer an der Wicklung anliegenden Wechselspannung abhängig als auch vom Gleichstrom, der durch die Wicklung fließt. Mit geringer werdender Frequenz nimmt bei gleichbleibender Amplitude die vom Wechselfeld hervorgerufene Flußdichte zu. Wird sie so groß, daß der Kern in die Nähe der magnetischen Sättigung kommt, dann arbeitet der Übertragunger nicht mehr linear und es kommt zu Verzerrungen.

Um auf eine möglichst niedrige Grenzfrequenz zu kommen, ist es also notwendig, das im Kern vom Gleichstrom hervorgerufene Magnetfeld so gering wie möglich zu halten. Das gelingt uns durch entsprechende Wahl der Widerstände R9 und R10, wobei das Ziel ist, den Strom durch die obere Hälfte des Übertragers genauso groß zu machen wie den Strom durch Q2. Nur dann heben sich die von den beiden Strömen erzeugten Magnetfelder gegenseitig auf. Diese Maßnahme dient der Großsignalfestigkeit der Antenne: schon bevor der Übertrager in den Sättigungsbereich kommt, entstehen durch sein nicht mehr lineares Verhalten Stromspitzen, die Oberwellen zur Folge haben und das Großsignalverhalten beeinträchtigen.

Der Strom im unteren Zweig des Übertragers fließt ausschließlich durch Q2. Er läßt sich durch Messen des Spannungsabfalls an R6 ermitteln, wenn man vom Ergebnis den Strom durch Q1 abzieht, der ja durch den oberen Zweig fließt (Spannungsabfall an R5, zusätzlich ca. 0,5 mA als Basisstrom für Q2). R9/R10 sind so zu dimensionieren, daß durch sie die Differenz der beiden Transistorströme fließt. Der Strom durch R2/R3 ist zu vernachlässigen. Für R9/R10 nimmt man Werte aus der E12-Reihe.

Ergebnisse der Gesamtanordnung

Obwohl ein anderer Ausgangstransistor und ein anderer Ferritkern verwendet wurden, sind bisher keine Nachteile erkennbar. Die grundsätzliche Funktion der Antenne wurde folgendermaßen überprüft:

Den Verlauf der Spannung am HF-Ausgang der Fernspeisung bei einem Impedanzwandler-Eingangspegel von -38,5 dBm (rechnerisch korrigiert auf -40 dBm, das ist die Referenzlinie) zeigt der Netzwerktester im Bereich zwischen 50 kHz und 100 MHz (Abb. 17 und 18). Die große Impedanz des Antennenstabes wurde dabei durch einen Kondensator von 10 pF nachgebildet, der dem Eingang des Impedanzwandlers vorgeschaltet war. Die Verstärkung der Anordnung liegt im Bereich von unter 50 kHz bis fast 50 MHz bei etwa 3 dB. Ob die Ursache für den anschließenden Abfall der hier verwendete Doppelochkern ist, wurde nicht weiter untersucht.

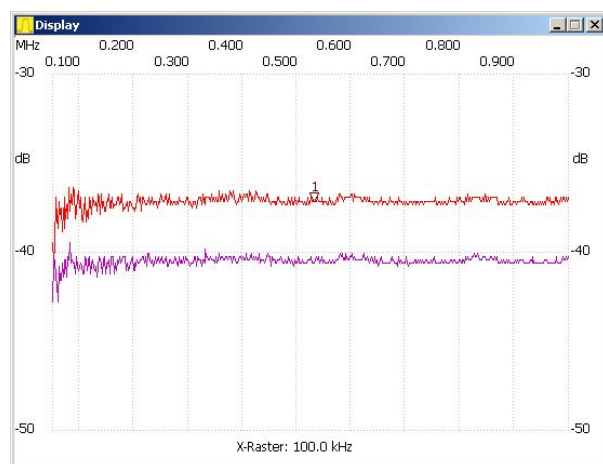


Abb. 17: Verlauf der Antennen-Ausgangsspannung im Bereich von 50 kHz bis 1 MHz

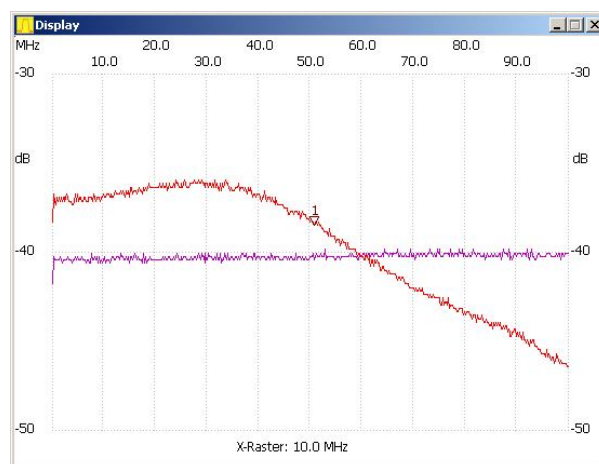


Abb. 18: Verlauf der Antennen-Ausgangsspannung im Bereich von 1 bis 100 MHz

Das Großsignalverhalten wurde nur bei 100 kHz untersucht. Der Frequenzabstand der beiden Generatoren betrug 10 kHz, die Pegel 0 und +5 dBm. Der Ausgang des Addierers war wiederum am 10-pF-

Aktivantenne

Kondensator angeschlossen (Abb. 19 und 20).

Bei 100 kHz und 0 dBm Eingangsleistung liegen die Intermodulationsprodukte dritter Ordnung 31,6 dB unter dem Wert des Trägers und bei 5 dBm nur noch 22,3 dB. Daraus ergibt sich ein IP3 von 16 dBm.

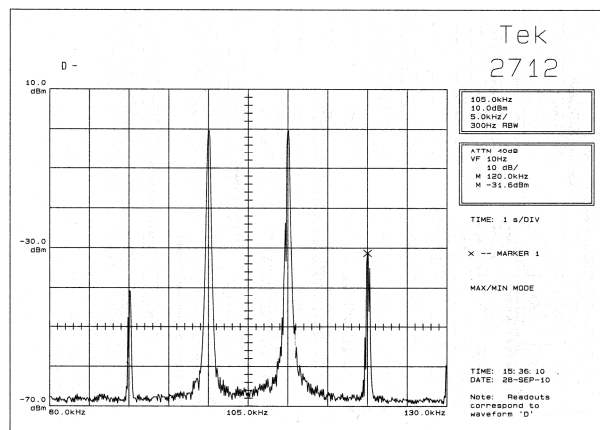


Abb. 19: Intermodulationsverhalten bei 100 kHz und 0 dBm

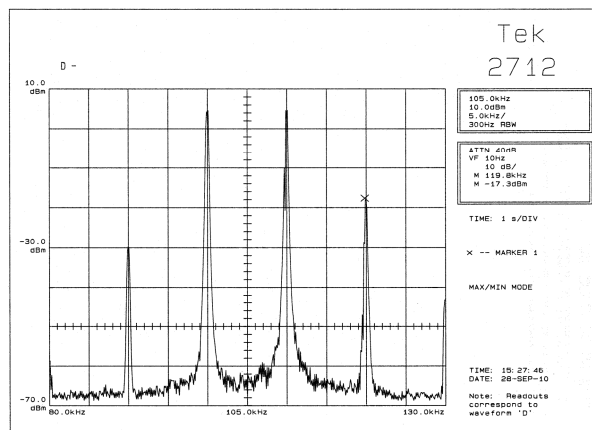


Abb. 20: Intermodulationsverhalten bei 100 kHz und 5 dBm

Die Meßergebnisse sind nicht genau, sondern nur als Richtwerte zu verstehen. Wer sich über die genaue Messung des IP3 informieren möchte, wird auf [5], [6] und [7] verwiesen. Bei passender Gelegenheit wird die Empfangsleistung dieser Aktivantenne mit einem Dreielement-Beam und einer Hochantenne verglichen.

Unterlagen

Die Leiterplatten-Layouts sind in der gepackten Datei ‚aant01.zip‘ enthalten, ebenso ein Vergleichsmaßstab zum Überprüfen der Maßhaltigkeit des Druckers. Eine allfällige Änderung der Vergrößerung läßt sich in der *.ps-Datei vornehmen. Wie man mit der *.ps-Datei verfährt, ist bei [8] im Verzeichnis „TECHNIK/WERKSTATT/TIPPS“ unter „Platinenentwurf“ nachzulesen.

Helmut, OE5GPL

Verweise und Quellen:

- [1] Becker, J., Dipl.-Ing., DJ8IL; Aktiv-/Passiv-Antennensystem für 0,01 Hz bis 146 MHz (2): FUNK-AMATEUR FA 12/09, Seiten 1281- 1283; Aktiv-/Passiv-Antennensystem für 0,01 Hz bis 146 MHz (1): FUNKAMATEUR FA 01/10, Seiten 48- 51
- [2] Jirmann, J., Dr., DB1NV; Operationsverstärker im Hochfrequenzbereich (2): FUNKAMATEUR FA 12/08, Seite 1301
- [3] Box 73 Amateurfunkservice GmbH, Aktiv-/Passiv-Antennensystem, BX-080: <http://www.funkamateurl.de>
- [4] Fa. CONRAD: <http://www.conrad.at/ce/de/product/500575/RINGKERN-BESCHICHTET-10X6X4-N30>
- [5] Schnorrenberg, W., DC4KU: Großsignalfestes und empfindliches HF-Eingangsteil von 0,1 - 500 MHz, Seiten 9 bis 11
- [6] Kundert, K. S., Designer's Guide Consulting, Inc.: <http://www.designers-guide.org/analysis/intercept-point.pdf>
- [7] Smith, J., Clifton Laboratories: http://www.cliftonlaboratories.com/measuring_ip3.htm
- [8] OAFV-HomePage: <http://www.oe5.oevsv.at>
- [9] Trask, C., N7ZWY: An Evaluation of Bipolar Transistors Suitable for Active Antenna Applications <http://home.earthlink.net/~christrask/Bipolar%20Transistor%20Evaluation.pdf>

1. Nachtrag, Mai 2011

Vergleich der Empfangsleistung der hier beschriebenen Aktivantenne mit der eines Dreielement-Beams und einer Hochantenne

Der Versuch wurde gemacht, um herauszufinden, ob die Empfangsleistung einer Aktivantenne mit der von richtigen KW-Antennen überhaupt mithalten kann. Es war nicht das Ziel, den genauen Verlauf der Pegelunterschiede zu dokumentieren. Deswegen ist die Anzahl der Meßpunkte und ihre Genauigkeit vergleichsweise gering, auch um den Zeitaufwand in Grenzen zu halten. Ein großes Dankeschön an OE5EVM für die Möglichkeit einer Messung!

Versuchsbedingungen

Ort: Pichl bei Wels (48,19861N, 14,09167E); recht gute Funklage mit sehr wenig QRM.

Zeit: 10. Mai 2011, 14:00 bis 17:00

Wetterlage: Ausgesprochenes Schönwetter

Beam: Fabrikat Cushcraft, Type A3S mit 8 dB Gewinn auf den Bändern 20 m, 15 m und 10 m; Antennenhöhe über Grund ca. 14 m, Kabellänge zum Empfänger etwa 30 m RG213.

Hochantenne: 2*37 m Draht als Inverted Vee mit Speisepunkt in ca. 15 m Höhe, Enden in ca. 10 m Höhe. Kabellänge zum Empfänger etwa 20 m RG58, Strahlungsrichtung NW.

Empfänger: Pegelmesser HP 3586C, Abstimmbereich 200 Hz bis 32,5 MHz

Bei der Beurteilung der Meßwerte sind folgende Umstände zu beachten:

- Gut meßbare und einigermaßen stabile Signale liefern zu dieser Tageszeit nur kommerzielle Sender (Rundfunk, Datenfunk, Zeitzeichensender u.ä.). Das bedeutet, daß der Beam außerhalb seiner Resonanzfrequenzen betrieben worden ist, was geringere Empfangspegel zur Folge hat. Amateurfunksignale waren für eine Erfassung zu schwach und zu wenig lange stabil; dasselbe gilt für Bakensignale.
- Die Stärke der mit dem Beam aufgenommenen Signale war so gut wie richtungsunabhängig, wie einige Drehversuche gezeigt haben.
- Fast alle Signale waren mit mehr oder weniger starkem Fading behaftet, was eine Schätzung des mittleren Meßwertes notwendig gemacht hat.
- Auf Frequenzen unter 18,3 kHz und oberhalb von 21 MHz waren keine aussagekräftigen Signale vorhanden.

Abb. 21 zeigt die mit einem 3,1-kHz-Filter gemessenen Signalpegel. Bei besonders schmalbandigen Signalen wie DCF77 ist der Pegel auch mit einem 400-Hz-Filter überprüft worden, um sicherzustellen, daß keine benachbarten Signale mitgemessen wurden.

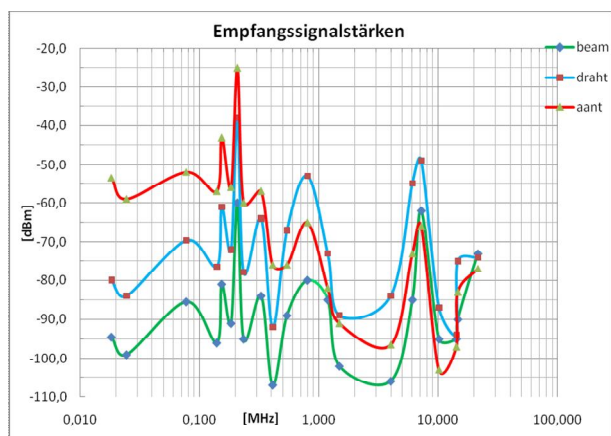


Abb. 21: Signalstärken in Abhängigkeit von der Frequenz

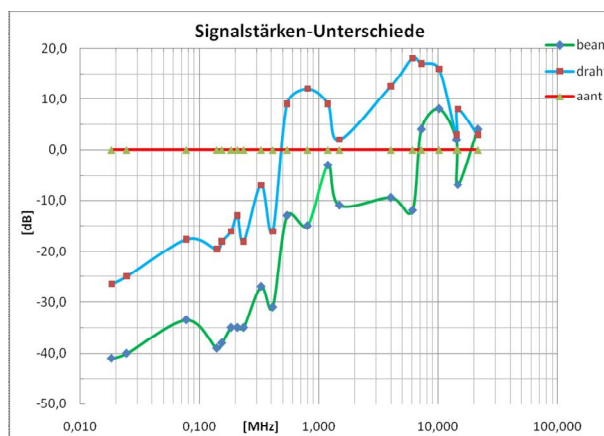


Abb. 22: Signalstärken im Vergleich zur Aktivantenne

Aktivantenne

Abb. 22 zeigt die Pegelunterschiede zu den beiden KW-Antennen. Bezugsebene mit 0 dB ist die Aktivantenne.

Eine unlängst im Internet durchgeführte Suche nach dem im Beitrag [1] empfohlenen Transistor 2N5109 hat das Dokument [9] zutage gefördert, in dem die Eignung einer Anzahl von ähnlichen Transistoren genauer untersucht und kommentiert wird. Auch Beschaffungshinweise sind darin zu finden. Wer also keinen 2N5109, dafür aber einen 2N3553 in seinem Bauteillager findet, der sollte den verwenden; er ist gegenüber dem 2N3866 für diesen Zweck die bessere Wahl.

Schlußfolgerung:

Zum Empfang im Langwellenbereich ist die Aktivantenne offensichtlich eine sehr gute Wahl, weil sie ein um bis zu drei S-Stufen stärkeres Signal liefert als die Drahtantenne (vgl. Abb. 22, Bereich von 100 bis 400 kHz). Im Längstwellenbereich sind diese Vorteile sogar noch ausgeprägter.

Über 400 kHz liefert die Drahtantenne die besseren Ergebnisse, sie ist aber auch in mehreren Punkten weitaus aufwendiger (Platzbedarf, Instandhaltung).

So wie eine Drahtantenne oder ein Beam nimmt auch diese Aktivantenne sämtliche Störsignale aus dem elektrischen Feld auf. Sie soll deshalb außerhalb des häuslichen Störnebels angeordnet sein – wegen der geringen Stromaufnahme von 40 mA ist sie für den Funkempfang im Garten oder in der freien Natur besonders geeignet.

Helmut, OE5GPL