

Aktivantenne von 10kHz bis 50MHz nach DB1NV

Dominik Liebich, DL8KDL

6. April 2005

Zusammenfassung

Im Jahr 1992 erschien in Ausgabe Nr. 2 der Zeitschrift *UKW-Berichte* ein Artikel von Jochen Jirmann, DB1NV, in welchem die Schaltung einer aktiven Antenne für den Frequenzbereich von 10kHz bis 50MHz vorgestellt wird. Obwohl Aktivantennen unter Funkamateuren in der Regel einen schlechten Ruf genießen, können diese (sauber entworfen und sorgfältig aufgebaut) durchaus zufriedenstellende Ergebnisse bringen. Im Verhältnis von Länge der Antenne zur Wellenlänge und zur Bandbreite, sind aktive Antennen durchaus ernst zu nehmen. Dieser Artikel soll jedoch keine Einführung in die Welt der aktiven Antennen geben. Statt dessen soll hier eine einfache Möglichkeit zur Umsetzung der genannten Schaltung vom Schaltplan bis zum fertigen Gerät gezeigt werden.

Inhaltsverzeichnis

1	Beschreibung der Schaltung	1
2	Umsetzung der Schaltung der aktiven Antenne	2
2.1	Bauteile	2
2.2	Vorbereitung der Platine	5
2.3	Bestückung der Platine	5
2.4	Beschaltung des Zwei-Stufen-Schalters	6
2.5	Einbau in ein Metallgehäuse	7
3	Aufbau der Fernspeiseweiche	7
4	Test der Schaltung	7
5	Verwendung als Außenantenne	10
6	Möglichkeiten der Aktivantenne	10

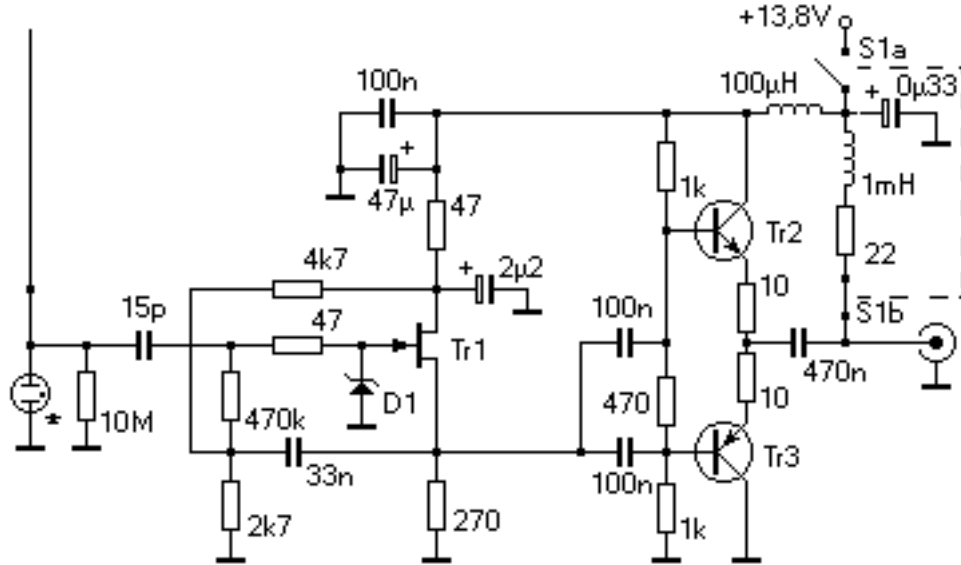


Abbildung 1: Schaltplan der Aktivantenne

1 Beschreibung der Schaltung

In [JIR92] (und auch äußerst knapp in [ROT01]) wird eine einfache Schaltung für eine aktive Antenne vorgestellt. Der Schaltplan ist in Abbildung 1 wiedergegeben. Hierbei handelt es sich um eine zweistufige Verstärkerschaltung. Die erste Stufe besteht aus einem Sperrschicht-FET (Tr1) als Sourcefolger, welcher die Aufgabe der breitbandigen Transformation der Impedanz der Antenne vornimmt. (Die Impedanz weist aufgrund der im Verhältnis zur Wellenlänge extrem kurzen Antenne einen hohen kapazitiven Blindanteil auf.) Der Arbeitspunkt des Sourcefolgers wird durch eine starke (Gleich-) Stromgegenkopplung auf ca. 20mA Drainstrom eingestellt. Auf der zweiten Stufe arbeitet ein Gegentaktverstärker (Tr2 und Tr3) realisiert als Emitterfolger. Der Arbeitspunkt dieser Stufe wird so eingestellt, dass der Ruhestrom zwischen 30 und 50mA liegt.

Statische Aufladungen der Antenne werden zum einen durch einen $10M\Omega$ -Widerstand gegen Masse abgeleitet, stärkere Aufladungen, wie sie beispielsweise bei nahen Gewittern auftreten können, werden durch einen Überspannungsableiter kurzgeschlossen. Da bei negativen Überspannungen für Tr1 die Gefahr des Gate-Source-Durchbruchs besteht, wird der Eingang des FET durch eine (schnell schaltende) Schottky-Diode geschützt. Für weitere Details zur Schaltung sei auf den Artikel von Jochen Jirmann, DB1NV, in [JIR92] hingewiesen.

Die Versorgungsspannung kann entweder direkt oder durch Fernspeisung über das Koaxkabel erfolgen. Soll keine Fernspeisung erfolgen, so kann bei der Umsetzung der Schaltung auf die 1mH-Drossel und auf den davor liegenden 22Ohm-Widerstand verzichtet werden. In Abbildung 1 ist die Möglichkeit sowohl für Direkt- als auch für Fernspeisung vorgesehen, wobei zwischen beiden über einen Schalter (mit zwei Ebenen) umgeschaltet werden kann, damit bei Direktspeisung nicht die Versorgungsspannung am Empfängereingang anliegt. Für den Fall der Fernspeisung findet sich in Abbildung 2 das Prinzip einer Fernspeiseweiche, gegebenenfalls sollte noch ein kleiner Widerstand zwischen die Versorgungsspannung und den Kondensator geschaltet werden, um den Einschaltstrom zu begrenzen. In diesem Fall ist jedoch der Spannungsabfall an diesem Widerstand zu berücksichtigen, die Aktivantenne sollte über eine Spannung in der Größenordnung von ca. 12V verfügen

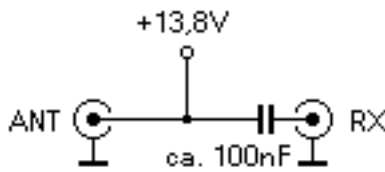


Abbildung 2: Prinzip der Fernspeiseweiche

können. Auch der Wert des Koppelkondensators kann variiert werden.

Es sei an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die gezeigte Schaltung keine Maßnahmen zur Stabilisierung der Versorgungsspannung vorsieht. Daher wird davon ausgegangen, dass entweder eine ausreichend stabilisierte Versorgungsspannung zur Verfügung steht, oder dass die Schaltung dementsprechend selber ergänzt wird. Die aktive Antenne sollte mit einer Spannung in der Größenordnung von 10 bis 15V versorgt werden.

2 Umsetzung der Schaltung der aktiven Antenne

Für Einzelstücke ist der Entwurf eines Leiterplatten-Layouts mit anschließendem Belichten und Entwickeln einer Platine für ein kleines Projekt wie das Vorliegende wohl zu aufwändig. Die Schaltung soll daher auf einer einseitig kupferkaschierten Platine realisiert werden. In diese werden Lötunkte gefräst, auf welche die Bauteile gelötet werden. Dies bietet uns den Vorteil einer großen Massefläche, wobei allerdings darauf zu achten ist, dass nicht nach der Bearbeitung der Platine vereinzelte (auch kleinere) Kupferflächen undefiniertes Potential aufweisen.

2.1 Bauteile

Zunächst aber eine Aufstellung der benötigten Bauteile. SMD-Bauteile ermöglichen ein äußerst platz sparendes Aufbauen der Platine, jedoch werden diese keinesfalls benötigt. Alle Bauteile können auch in „handhabbarer Form“ beschafft werden. Schwierig kann jedoch die Beschaffung der von DB1NV angegebenen Transistoren und Dioden werden. In diesem Fall muss auf einen äquivalenten oder zumindest ähnlichen Typ zurückgegriffen werden. Daher sind in Tabelle 1 zunächst die Eigenschaften der von SB1NV angegebenen Bauteile aufgeführt, damit die Beschaffung eines ähnlichen Typs einfacher wird. Die Angaben zum Bauteil in der Spalte „Kurzbeschreibung“ wurden aus [ECA02] entnommen. Der Autor verwendet zum Beispiel eine Schottky-Diode aus der „Bastelkiste“ sowie die in Tabelle 2 angegebenen Ersatz-Transistoren.

Mit diesen Angaben sollte es nun möglich sein, geeignete Transistortypen zu finden. Jedoch sollten die Transistoren auch mit einem Ruhestrom von 30 bis 50mA „zurecht kommen“. In Tabelle 3 werden zum Schluss noch die Anzahl und Größen der benötigten Widerstände, Kondensatoren, Festinduktivitäten und sonstigen Bauteile angegeben. Anstelle des aufgeführten Überspannungsableiters kann auch eine geeignete preiswertere Glimmlampe verwendet werden.

Bauteil	Typ	Kurzbeschreibung	Vergleichstypen	Bemerkung
D1	1N6263	Schottky-Diode VHF/UHF-Demodulatoren 60V, 15mA	BAR28, HSS100, HSS102	jede andere schnell Schaltende Schottky- Diode kann ggf. verwendet werden
Tr1	BF247A	N-Kanal-FET, FM/VHF, 25V, Idss>10mA, Up<8V	= BF246	
Tr2	2N3866	Si-NPN, VHF/UHF-Oszillatorstufen, Treiberstufen, 55V, 0,4A, PQ>1W (400MHz)	BFR97	
Tr3	2N5160	Si-PNP, VHF/UHF-Oszillatorstufen, Endstufen, 60V, 0,4A, PQ=1,2W (400MHz)	k.A.	

Tabelle 1: Bauteile der Aktivantenne nach DB1NV

Bauteil	Ersatztyp	Kurzbeschreibung	Vergleichstypen
Tr1	BF246	siehe BF247A (Tabelle 1)	
Tr2	BF199	Si-NPN, TV-Zwischenfrequenzstufen, 550MHz	BF224, BF311, BF373, BF597 u.a.
Tr3	BF324	Si-PNP, FM/VHF Vor- und Eingangsstufen, 450MHz	BF414, BF506, BF914, BF936, BF939

Tabelle 2: Verwendete Ersatztypen

Anzahl	Wert	Typ
1	$15pF$	Keramik-Kondensator
1	$33nF$	
3	$100nF$	
1	$0,33\mu F$	Elko bzw. Tantal-Elko
1	$0,47\mu F$	
1	$2,2\mu F$	
1	$47\mu F$	
1	$100\mu H$	Festinduktivität
1	$1mH$	
2	10Ω	Kohleschicht-Widerstand
1	22Ω	
2	47Ω	
1	270Ω	
1	470Ω	
2	$1k\Omega$	
1	$470k\Omega$	
1	$2,7k\Omega$	
1	$4,7k\Omega$	
1	$10M\Omega$	
1		250V-Überspannungsableiter
1		Schalter, zwei Ebenen, Ein-Ein

Tabelle 3: Sonstige Bauteile

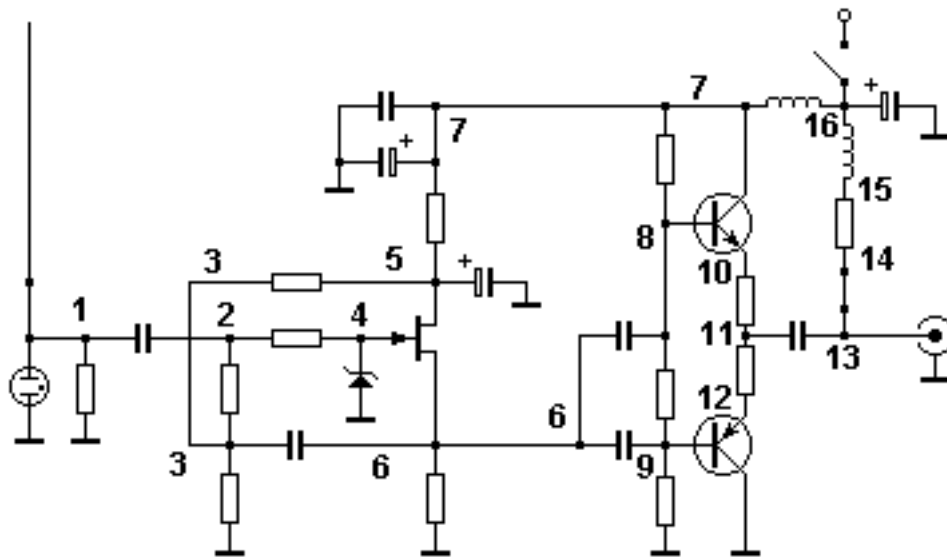


Abbildung 3: Nummerierung der Lötunkte

2.2 Vorbereitung der Platine

Nach Beschaffung der benötigten Bauteile wird die Platine vorbereitet. Dazu werden zuerst geeignete Lötunkte in die Kupferfläche gefräst. Dies kann entweder mit einem dafür präparierten Bohrer erfolgen, oder - wie im Folgenden durchgeführt - durch Einritzen von quadratischen Flächen in die Platine mit einem scharfen Messer. In diesem Fall ist darauf zu achten, dass die einzelnen Kupferflächen sauber ausgeritzt werden, die Schnittländer sind sauber herauszuarbeiten.

Im Schaltplan nummerieren wir zunächst die Verbindungspunkte der Bauteile, um uns einen Überblick über die Anzahl der benötigten Lötunkte und deren möglichen Anordnung auf der Platine zu verschaffen (siehe Abbildung 3). Wir benötigen also 16 Lötunkte, welche wir beispielsweise wie in Abbildung 4 gezeigt auf der Platine anordnen können. Die Seitenlänge der Quadrate wird mit einem Wert zwischen fünf und zehn Millimetern (bei Verwendung von SMD- Bauteilen ggf. noch kleiner) festgelegt. Das Muster wird dann mit einem Folienstift auf die Kupferfläche übertragen und anschließend sauber ausgeritzt. Danach wird mit einem Ohm-Meter oder Durchgangsprüfer überprüft, dass die Lötinseln keinen Kontakt mehr untereinander haben. Gegebenenfalls muss nachgearbeitet werden. Zum Schluss wird die Platine zurechtgeschnitten und mit etwas Spiritus gereinigt, sie ist nun bereit zum Bestücken.

2.3 Bestückung der Platine

Die Bestückung mit Bauteilen ist ebenfalls in Abbildung 4 gezeigt, wobei der Übersichtlichkeit halber auf die Angabe des Wertes der Bauteile verzichtet wurde. Dieser kann aber im Schaltplan nachgesehen werden. Während des Bestückens kann es hilfreich sein, bereits verlötete Bauteile in Abbildung 4 durchzustreichen oder auf andere Weise zu markieren.

Als erstes werden die Dioden und Widerstände, anschließend die Induktivitäten und Kondensatoren aufgelötet. Prinzipiell gilt: "Die kleinsten Bauteile zuerst!" Die Transistoren werden zum Schluss bestückt. Dabei sollten die Drahtstifte der Bauteile so kurz wie nötig sein. Das Prinzip wird in Ab-

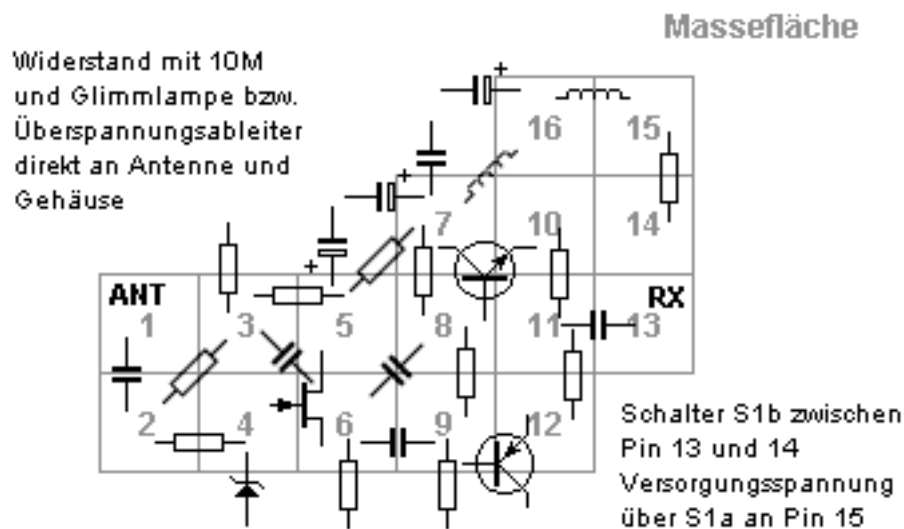


Abbildung 4: Mögliche Anordnung der Lötunkte auf der Platine und Lage der Bauteile



Abbildung 5: Vorbereitung der Bauteile

bildung 5 gezeigt. Die Anschlussdrähte werden unmittelbar hinter dem Bauteil im rechten Winkel abgelenkt und dann erneut um 90 Grad abgebogen, so dass das Bauteil auf der Platine aufliegen kann. Die überschüssige Länge der Drähte wird abgeschnitten.

Es werden alle Bauteile außer dem $10M\Omega$ -Widerstand und der Glühlampe (bzw. des Überspannungsableiters) eingesetzt. Letztere Bauteile werden nach Bearbeitung des Gehäuses zwischen dem Anschluss des Antennen-Elements und dem Gehäuse selbst verbunden.

Beim Löten eignet sich folgende, auch beim SMD-Löten angewendete Technik: Zuerst wird etwas Lötzinn auf eine Lötinsel aufgebracht und anschließend das Bauteil mit Hilfe einer Pinzette an dieser Stelle angelötet. Dabei ist darauf zu achten, dass das andere Ende des Bauteils auf seiner anderen Lötinsel ohne Spannung aufliegt. Ist das Bauteil fixiert, wird es an der anderen Lötinsel festgelötet. Zum Schluss wird die erste Lötstelle, die bisher nur zur Fixierung des Bauteils diente, ordentlich verlötet.

2.4 Beschaltung des Zwei-Stufen-Schalters

Der zweistufige Schalter wird wie folgt beschaltet: Auf einer Ebene werden die Lötunkte 13 und 14 verbunden, auf der anderen Ebene die Versorgungsspannung mit Lötunkt 15. Dabei ist so zu löten, dass je eine Ebene ein-, die andere aber ausgeschaltet ist. Siehe hierzu Abbildung 6.

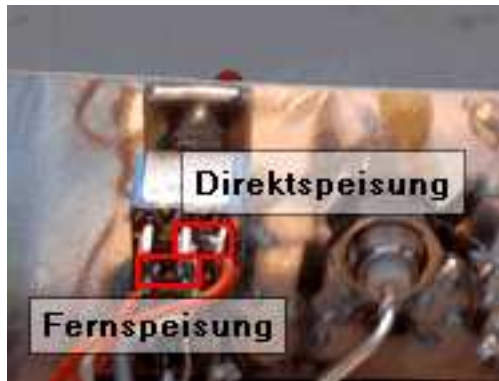


Abbildung 6: Beschaltung des Zwei-Ebenen-Schalters

2.5 Einbau in ein Metallgehäuse

Die Platine kann dann in ein geeignetes Metallgehäuse eingebaut werden (Abbildung 7). Kunststoffgehäuse kommen nicht in Frage, da die Schaltung abgeschirmt sein sollte. Das Gehäuse wird mit geeigneten Buchsen versehen (Abbildung 8), von welchen dann die Anschlüsse zur Platine erfolgen. Hierbei ist darauf zu achten, dass das Metallgehäuse gut leitend mit der Massefläche der Platine verbunden wird. An den Anschluss des Antennen-Elementes werden gegen Masse (also an das Gehäuse) der $10M\Omega$ -Widerstand und die Glimmlampe (oder der Überspannungsableiter) angelötet.

3 Aufbau der Fernspeiseweiche

Die Fernspeiseweiche aus Abbildung 2 benötigt keine Platine, sondern kann in einem kleinen Gehäuse mit zwei PL-Buchsen (oder anderen) und einer geeigneten Anschlussbuchse für die Versorgungsspannung aufgebaut werden. Es empfiehlt sich ein Metallgehäuse zur besseren Abschirmung des ansonsten kurzzeitig ungeschirmten Innenleiters des Koaxkabels. Wird dennoch ein Kunststoffgehäuse verwendet, ist in jedem Fall auf saubere Masseverbindung zwischen den Buchsen zu achten.

Der Koppelkondensator wird direkt an den Innenleiter der Buchse, an welche der Empfänger angeschlossen werden soll, gelötet. An den anderen Anschlussdraht des Kondensators kann dann die Versorgungsspannung (ggf. über einen kleinen Widerstand zur Strombegrenzung - siehe Abschnitt 1) und der Innenleiter der anderen Buchse angeschlossen werden. Abbildung 9 und Abbildung 10 zeigen eine Möglichkeit zum Aufbau (in einem zugegeben etwas überdimensionierten Gehäuse).

4 Test der Schaltung

Nach erfolgreichem Aufbau kann der Test unserer aktiven Antenne erfolgen. Zunächst verzichten wir auf Fernspeisung und speisen die Spannung direkt vom Netzteil ein. Der Schalter ist in die entsprechende Position zu bringen. Es sollten die in Tabelle 4 angegebenen Lötunkte gemessen werden. Die angegebenen Spannungen beziehen sich dabei immer auf Masse.

Durch Bauteiltoleranzen sind immer leichte Abweichungen zu erwarten, die angegebene Größenordnung sollte jedoch erreicht werden. Die Messung sollte danach bei Verwendung der Fernspeisung wiederholt werden. Stimmen die Werte, so kann ein erster Empfangsversuch vorgenommen werden.



Abbildung 7: Platine im Metallgehäuse



Abbildung 8: Außenansicht des Gehäuses

Lötpunkt 15	Versorgungsspannung (i.d.R. 13,8V)
Lötpunkt 11	ca. die halbe Versorgungsspannung
Lötpunkt 3	ca. 3,5 bis 4V
Lötpunkt 6	ca. 5,5 bis 6V (zusammen mit dem Widerstand zwischen Drain und Masse ergibt sich der Drainstrom als $I=R/U$)

Tabelle 4: Spannungen beim Test der Schaltung

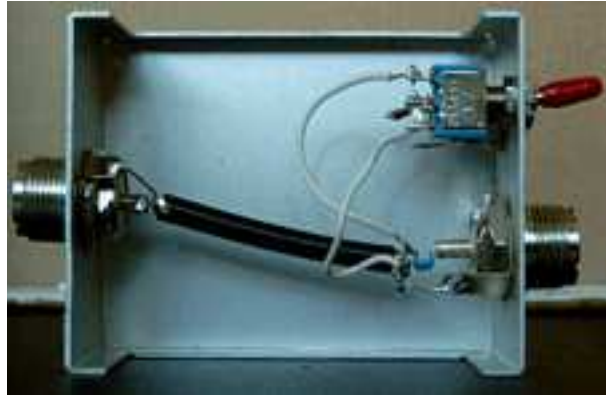


Abbildung 9: Das Innenleben der Fernspeiseweiche



Abbildung 10: Die Fernspeiseweiche von Außen



Abbildung 11: Aktivantenne in wasserdichter Verteilerdose

Als Antenne eignet sich fürs erste ein ca. einen Meter langes Stück Draht. Bei Verwendung innerhalb des Hauses zeigten sich beim Autor deutliche Verbesserungen der Empfangsqualität und auch das (nicht kalibrierte!) S-Meter des als Empfänger verwendeten Weltempfängers zeigt die Wirksamkeit des Verstärkers der aktiven Antenne gegenüber der eingebauten Stabantenne.

5 Verwendung als Außenantenne

Soll die Aktivantenne auch im Außenbereich verwendet werden, so empfiehlt sich die Verwendung entweder eines wetterfesten Metallgehäuses, oder der Einbau des verwendeten Metallgehäuses in ein für Außenanwendungen geeignetes Kunststoffgehäuse (Abbildung 11).

Der Antennenanschluss kann beispielsweise über eine Schraube nach außen geführt werden. Als Antenne kann dann ein Draht von ca. einem bis zwei Metern Länge verwendet werden (Abbildung 12). Die Länge selbst ist nicht kritisch.

6 Möglichkeiten der Aktivantenne

Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die vorgestellte Antenne vom Autor zwar aufgebaut und getestet wurde, diese „Testergebnisse“ jedoch eher subjektive Eindrücke wiedergeben. Mangels geeigneter Messgeräte war es bis jetzt beispielsweise noch nicht möglich, insbesondere das Intermodulationsverhalten bei Benutzung dieser aktiven Antenne zu messen.

Bei Verwendung mit einem Weltempfänger wird sich in der Regel eine deutliche Verbesserung des Empfangsverhaltens zeigen. Dies ist nicht weiter verwunderlich, ist doch die Teleskopantenne der meisten Weltempfänger nicht viel länger als einen Meter - also wie bei dem hier vorgestellten System. In der Nähe zu starken Sendeanlagen kann die Verwendung einer aktiven Antenne allerdings zu Übersteuerung des Verstärkers und Intermodulation führen. In diesem Fall verschlechtert die Verwendung eines solchen Antennensystems die Empfangseigenschaften sogar. Aktivantennen lassen sich jedoch überall dort mit Erfolg einsetzen, wo auch breitbandige Empfänger mit passiven Antennen ohne Probleme einsetzbar sind. Der große Frequenzbereich über den diese im Verhältnis zur Wellenlänge überaus kurzen und damit auch kompakten Antennen verwendet werden können, macht Aktivantennen zu einem guten Kompromiss als Empfangsantenne.

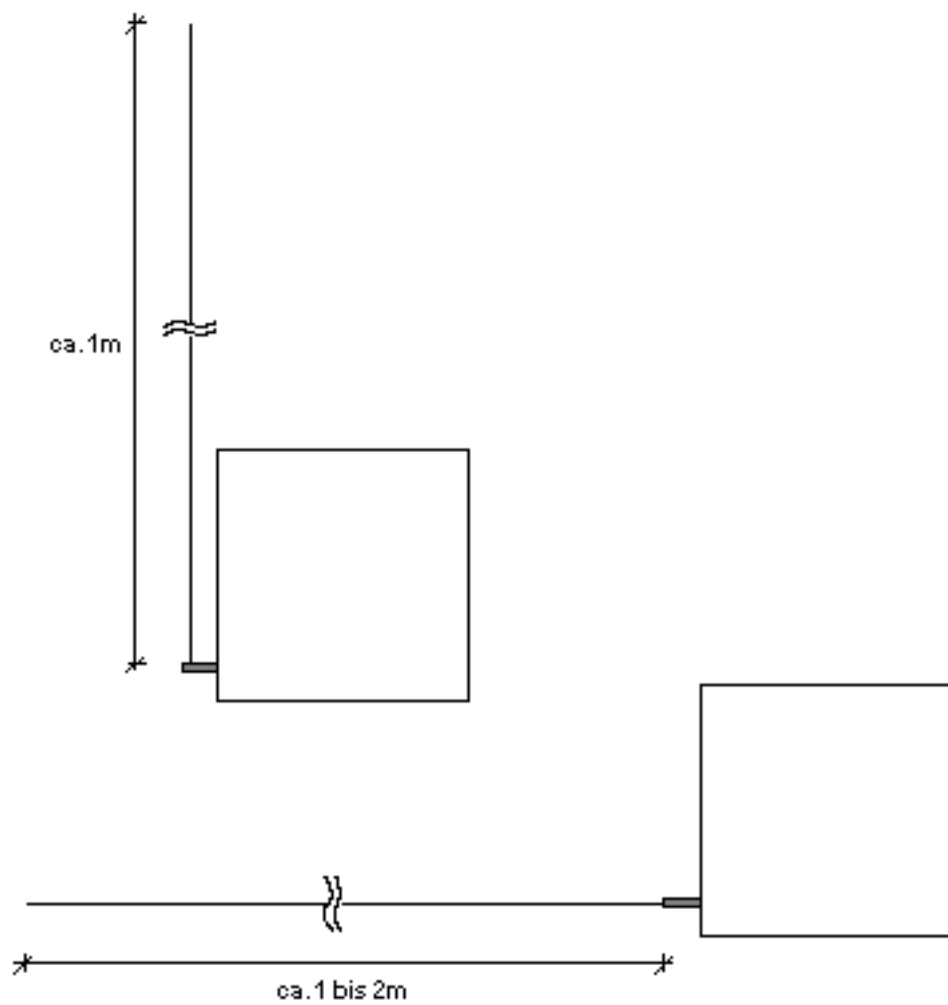


Abbildung 12: Varianten zur Aufhängung der Antenne

Abbildungsverzeichnis

1	Schaltplan der Aktivantenne	1
2	Prinzip der Fernspeiseweiche	2
3	Nummerierung der Lötunkte	5
4	Mögliche Anordnung der Lötunkte auf der Platine und Lage der Bauteile	6
5	Vorbereitung der Bauteile	6
6	Beschaltung des Zwei-Ebenen-Schalters	7
7	Platine im Metallgehäuse	8
8	Außenansicht des Gehäuses	8
9	Das Innenleben der Fernspeiseweiche	9
10	Die Fernspeiseweiche von Außen	9
11	Aktivantenne in wasserdichter Verteilerdose	10
12	Varianten zur Aufhängung der Antenne	11

Tabellenverzeichnis

1	Bauteile der Aktivantenne nach DB1NV	3
2	Verwendete Ersatztypen	3
3	Sonstige Bauteile	4
4	Spannungen beim Test der Schaltung	8

Literatur

- [JIR92] Dr.-Ing. Jochen Jirrmann, DB1NV
Aktive Antennen für den Frequenzbereich von 10kHz bis 50MHz
UKW-Berichte 1/1992
- [ROT01] Alois Krischke, DJ0TR
Rothammels Antennen Buch
12. aktualisierte Auflage
DARC Verlag, Baunatal
- [ECA02] ECA Vergleichs- und Referenztabellen
Transistoren, Dioden, Thyristoren, IC
Band 1 und 2