

Kurzwellen Drahtantennen Praktikum

Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör

Max Rüegger, HB9ACC

Den YL's und OM's gewidmet die neu den Kurzwellen-Zugang erhalten haben

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum
Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör

Inhaltsverzeichnis

		Seite
	Vorwort	5
1	Allgemeines	6
1.1	Lasst Euch nicht entmutigen	6
1.2	Die Gesetze der Physik gelten für alle	7
1.3	Eine gute Antenne ist der beste HF-Verstärker	8
1.4	Jede Antenne ist nur so gut wie ihr Standort	8
1.5	Eine nicht optimale Antenne ist besser als gar keine Antenne	10
1.6	Kommerziell gefertigte Antennen	10
2	5 goldene Regeln zum Antennenbau	12
2.1	Viel Draht	12
2.2	Möglichst hoch	12
2.3	Strom strahlt	13
2.4	Freie Enden = Spannungsbauch	14
2.5	Drahtlänge + 5 %	14
3	Festigkeit der Konstruktion	15
4	Materialkunde	16
4.1	Antennendraht	16
4.2	Dicke des Antennendrahtes	17
4.3	Isolatoren	18
4.4	Abspannseile	20
4.5	Durchhang	22
4.6	Abspannpunkte	22
4.7	Abspannung an Bäumen	23
4.8	Der Fiberglas mast – der Gehilfe beim Antennenbau	24
4.9	Ein praktisches Werkzeug	25
4.10	Zugentlastung	25
4.11	Speisekabel	26
4.12	Kabelverluste	28
4.13	Anschluss des Speisekabels an die Antenne	29
4.14	Balun oder nicht ?	30
4.15	Die Mantelwellensperre	31
4.16	Der 1:9 Balun alias „magnetischer Balun“	31
5	Eigenschaften einer Antenne	34
5.1	Strom- und Spannungsverteilung auf einer Antenne	34
5.2	Die Bandbreite einer Antenne	36
5.3	SWR & Cie.	37
6	Instrumente	40
6.1	Antennenkoppler	40
6.2	Antennenkoppler für symmetrische Speiseleitungen	41
6.3	Selbstbauprojekt: Antennenkoppler	42
6.4	Automatische Antennenkoppler	43
6.5	Erdleitungskoppler	44
6.6	SWR-Meter	45
6.7	Messinstrumente für den Antennenbau	45
6.8	Antennenstrom-Messung	48

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum
Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör

7	Antennen-Umschalter	49
8	Blitzschutz	51
9	Safety first	52
9.1	Allgemeines	52
9.2	Verhalten gegenüber anderen Leitungen	52
10	Antennenbücher	55
11	Masten	56
11.1	Eingegrabene Masten	56
11.2	Abgespannte Masten	57
11.3	Aufstellen von Masten	59
11.4	Beton Fundamente von Masten	60
11.5	Rotorbefestigungen	60
11.6	Fiberglas-Masten	62

Vorwort

Dieses Dokument ist allen YL's und OM's gewidmet deren Funkverkehr sich bisher auf Frequenzen oberhalb 30 MHz beschränkt hat und die jetzt neu den Zugang zur Kurzwelle erhalten haben.

Dazu ganz herzliche Gratulation !

Ich hoffe Ihr habt Spass am Funkbetrieb auf Kurzwelle.

Einige Bemerkungen zum Dokument:

- Dieses Dokument ersetzt kein Antennenbuch und es enthält keine Kochrezepte. Mein Ziel war es die Materie von der praktischen Seite her anzugehen. Überdies ist es ein Ziel von mir das Verständnis für Drahtantennen zu wecken. Die dazugehörigen Formeln, die es einem erlauben die Drahtlängen zu berechnen, findet man in jedem Antennenbuch. In jedem Antennenbuch finden sich auch jede Menge Formeln deren Herleitung wohl nur für wenige von uns nachvollziehbar ist. Ich versuche mit Betrachtungen über den Spannungs- und Stromverlauf auf Antennen das Verständnis für Probleme der Anpassung, SWR etc. zu wecken.
- Dieses Dokument enthält wahrscheinlich nichts was man nicht auch anderswo nachlesen könnte.
- Dieses Dokument hat keinen kommerziellen Hintergrund. Ich habe mir deshalb gestattet soweit wie möglich auf vorhandene Schemas, Zeichnung, Skizzen etc. zurückzugreifen.
- Ich verwende im Text häufig den Ausdruck OM. Damit sind natürlich auch alle YL's und XYL's gemeint. Der Ausdruck OM hat einfach meine Schreibarbeit vereinfacht. Man verzeihe mir das.

Das Dokument ist in 2 Teil aufgegliedert:

- **Teil 1**
beschäftigt sich mit vorrangig mit Materialkunde, den zum Antennenbau notwendigen Messgeräten und Zubehör sowie mit diversen Themen rund um den Antennenbau
- **Teil 2**
behandelt die verschiedenen Antennentypen und Unterarten und zwar vorrangig Antennen die man „mit Draht“ aufbauen kann. Nicht behandelt werden Mehrelement-Antennen wie Yagis, Quad, etc.

1 Allgemeines

1.1 Lasst Euch nicht entmutigen



Wenn man etwas selbst baut, dann besteht durchwegs die Chance, dass nicht alles so läuft wie man es sich ausgemalt hat. Das gehört nun einmal zum Lernprozess. Die meistens Fehler die einem einmal selbst passiert sind wiederholt man nicht so bald wieder.

Wie war doch die Definition eines „Experten“:

Ein Experte ist jemand der auf seinem Fachgebiet mehr erlebt und falsch gemacht hat als die andern und daraus gelernt hat.

Dass ab und zu etwas daneben geht gehört dazu. Wichtig ist, dass man die nötigen Schlüsse zieht und die Fehler nicht wiederholt.

Jeder der etwas selbst baut ist Stolz auf sein Werk und erzählt dann und wann davon, z.B. am Sektions-Stammabend. Es ist leider eine Tatsache, und dies ist nicht auf den Amateurfunk beschränkt, dass sich immer wieder „Experten“ zu Wort melden die einem erklären was man alles falsch gemacht hat und was man noch viel besser machen könnte.

Von einem echten Experten erhält man in einem solchen Fall wirklich gute Ratschläge die einem bei zukünftigen Projekten weiterhelfen.

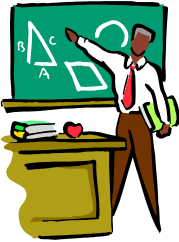
Leider trifft man häufig auf selbsternannte Experten, die das mit viel Enthusiasmus durchgezogene Projekt zerreißen und keinen guten Faden daran lassen. Meistens erzählen einem diese Besserwisser sie hätten auf ihrem PC zu Hause eine Antennen-Symulations-Software und damit können sie halt alles untersuchen und optimieren. Wenn man diesen selbsternannten Experten etwas auf den Zahn fühlt, dann sieht man meistens sehr bald, dass sich deren praktische Kenntnisse im Antennenbau auf das Halten eines Abspannseils anlässlich des Antennenbaus am Field-Day's beschränkt.

Lasst Euch von solchen Leuten nicht beeindrucken oder gar entmutigen.

Vergesst nicht:

**Die Antenne die Ihr gebaut habt ist Eure Antenne
und einzig allein Ihr selbst entscheidet
ob Ihr mit dieser Antenne zufrieden seid.
Wenn Ihr damit zufrieden seid,
dann freut Euch an der Antenne
und freut Euch an den schönen QSO's
die Ihr über diese Antenne abwickelt.**

1.2 Die Gesetze der Physik gelten für alle



Diese alte Weisheit gilt für alle Antennenbauer. Alles was mit Antennen zu tun hat gehorcht nun einmal den Gesetzen der Physik und ist mit diesen Gesetzen erklärbar.

Trotzdem gibt es immer wieder Schlaumeier die glauben die Gesetze der Physik überlisten zu können und die immer wieder versuchen „Wunderantennen“ an den OM bzw. an die YL zu bringen.

Wie sagt man doch:

Wir machen Unmögliches möglich ... Wunder dauern etwas länger.

Dies gilt auch für Antennen. Man kann z.B. eine Antenne verkleinern. Dazu gibt es Möglichkeiten und Methoden, die aber alle den Gesetzen der Physik gehorchen. Man nimmt mit solchen Methoden ganz bewusst einige Nachteile und Unschönheiten in Kauf. Man glaube ja nicht, dass sich eine Antenne für das 80 m Band (normale Länge ca. 41 m) auf eine Länge von 4 ... 5 m reduzieren lässt und dann noch den vollen Wirkungsgrad aufweist. Wer einer solchen Antenne dann noch DX-Eigenschaften andichtet, mit dem geht die Phantasie doch etwas durch. Auch wenn als Beispiel „gemachte QSO's“ angeführt werden heisst das noch nichts.

Ich erinnere mich noch gerne an ein QSO auf 21 MHz CW mit einem OM aus Tokyo. Er arbeitete QRP mit 5 W an einer ca. 2.5 m langen Auto-Whip (Stabantenne), die er an seinem Balkongeländer im 17. Stock eines Wohnblocks in einem Vorort von Tokyo angebracht hatte. Das QSO gelang nicht zuletzt dank der sprichwörtlichen Höflichkeit der anderen JA Stationen, die sich zugunsten des QRP'lers in Schweigen hüllten bis wir das QSO beendet hatten. 3 oder 4 Tage später lag in meinem Briefkasten ein dickes Couvert. Der JA OM hatte sich über das QSO riesig gefreut und er schrieb mir einen enthusiastischen Brief und legte eine ganze Anzahl Fotos seiner Station und seiner Antenne bei. Er war nach diesem QSO natürlich überzeugt, dass seine Antenne voll DX-tauglich sei.

Wie sah die Realität aus ?

Der JA OM sendete mit 5 W an einer Antenne die einen eher bescheidenen Wirkungsgrad aufwies. Er arbeitete mit einem QRP-Gerät mit einem eher bescheidenen Empfänger. Was diese OM's kaum zur Kenntnis nahm ist die Tatsache dass „Funken“ ein partnerschaftliches Erlebnis ist. Wenn das nahezu unmögliche möglich wird, dann heisst das, dass einer QSO-Partner überdurchschnittlich gut ausgerüstet ist, über gute „Lauscher“ verfügt und in den meisten Fällen erst noch QRO arbeitet. In meinem Falle war die Antenne eine drehbare 15 Element Logperiodic und die Ausgangsleistung betrug satte 500 W an die Antenne. Andere JA-Stationen bestätigten mir, dass ich mit S9+10db ankomme. Also war ich auch an einer nicht optimalen Antenne mit einem nicht optimalen Empfänger immer noch gut aufzunehmen.

Alles im Leben ist ein Kompromiss. Wenn man den Kompromiss akzeptiert kann man damit Leben. Es ist nun einmal nicht jedem möglich „grosse Antennen“ aufzubauen und zu betreiben. Dann sind Kompromiss-Antennen eine gute Sache die einem ermöglichen QRV zu sein.

Bei allen propagierten Antennenarten, die klitzeklein sind und erst noch die Eigenschaften einer „full-size“ Antenne versprechen ist eine Dosis Skepsis angesagt.

Also beim Analysieren von Antennenangeboten immer den gesunden Menschenverstand mitlaufen lassen.

1.3 Eine gute Antenne ist der beste HF-Verstärker

Eine alte Funkerweisheit sagt:

Eine gute Antenne ist der beste HF-Verstärker ...und zwar für Sendung und Empfang

Antennen sind Gebilde die, von wenigen Ausnahmen abgesehen, dem Reziprozitäts-Gesetz gehorchen. Die guten Eigenschaften, die sie beim Senden haben, haben sie auch beim Empfang. Ausnahmen von dieser Regel sind gewisse Antennenarten, wie z.B. die Beverage Antenne, die lediglich für Empfangszwecke eingesetzt werden.

Was nützt einem der schönste und teuerste Transceiver wenn man antennenmässig schwach auf der Brust ist, nicht gehört wird und selbst auch nicht viel hört. Nicht optimale Antennen haben überdies häufig noch die unangenehme Eigenschaft, dass sie zu BCI und TVI beitragen, also die Musikdose und das Glotzophon des Nachbarn stören. Die Sendeenergie verschwindet ja nicht in irgendeinem Nirwana. Was die Antenne an Sendeenergie nicht abgeben kann wird von benachbarten Leitungen aufgenommen und absorbiert. Das führt dann zu BCI und TVI, mit allen seinen Folgen.

Der frustrierte OM ist dann doppelt gestraft

- Eine „schlechte“ Antenne hat einen miserablen Wirkungsgrad (bei Sendung und Empfang)
- Wegen der sich einstellenden Störungen ist man gezwungen auf QRP auszuweichen, was die Möglichkeiten schöne QSO's zu fahren weiter beschränkt.

OM's die die vorderen Ränge der DXCC Listen anführen oder die bei Contesten überdurchschnittlich gute Resultate erzielen sind zwar gewiefte und ausdauernde Operateure. Aber das allein reicht nicht. Die meisten dieser OM's verfügen über eine „Antennen-Farm“ die einem vor Neid erblassen lässt. Dank der vorzüglichen Antennen hören sie sehr gut und sie selbst werden auch gehört.

1.4 Jede Antenne ist nur so gut wie ihr Standort

Auch dies ist eine alte Weisheit die es in der Praxis zu beachten gilt.

Dabei gilt es zu unterscheiden zwischen generellen Kriterien und echten standortbedingten Kriterien.

- **Generelle Kriterien**

Dies sind Kriterien die alle Antennen mehr oder weniger gleich betreffen. Dazu gehört z.B. der allgemeine Störnebel, wie man ihn in dicht besiedelten Gebieten findet. Dieser Störnebel, den man auch als „Man-Made-Noise“ bezeichnet, wird durch diverse technische Geräte verursacht. Dabei kann es sich um eine direkte Einstrahlung in die Antenne handeln oder die Störsignale werden durch Leitungen (Elektrizitäts-Leitungen, Oberleitungen von SBB, Tram, Trolleybus etc.) weiterverbreitet. Vertikale Antennen nehmen im allgemeinen mehr von diesen Störfeldern auf als horizontale Antennen. Da die Störfelder in der dritten Potenz mit der Distanz abnehmen kann man die Situation etwas verbessern indem man die Amateurfunk-Antennen möglichst hoch anordnet. Man „entflieht“ so dem Störnebel.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör

▪ Standortbedingte Kriterien

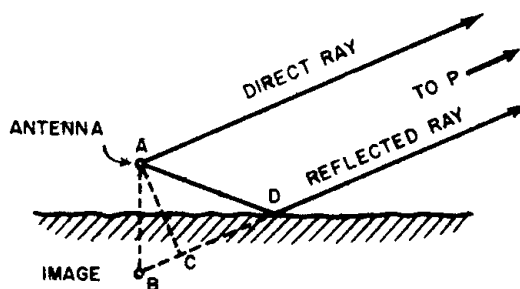
Auch auf der sogenannten „grünen Wiese“ eignen sich nicht alle Standorte gleich gut für eine bestimmte Art von Antenne. Um gute DX-Abstrahlung zu erhalten sollte das Gelände möglichst nach allen Seiten offen sein. Erhebungen mit einem Winkel bis zu etwa 20° behindern im allgemeinen den Funkverkehr nicht. Erhebungen die vom QTH aus gesehen einen höheren Winkel aufweisen können den Funkverkehr in die betreffende Richtung beeinträchtigen oder gar verunmöglichen. Nur um zwei Beispiele zu nennen:

- Im Talboden des Kanton Uri hilft auch der beste Beam nicht viel, er strahlt viel zu flach. Funkverkehr ist höchstens talauswärts möglich.
- Wer Badeferien in Leukerbad macht soll ja keine Groundplane-Antenne im Feriengepäck mitnehmen. Ein ganz gewöhnlicher Dipol, z.B. für 40 m, den man tief aufhängt, ist ein vorzüglicher Steilstrahler. Eine solche Antenne stellt dann in ganz Europa ein Bombensignal hin. Man glaubt gar nicht was für nette QSO's man damit auf dem 40 m Band aus diesem Talkessel heraus machen kann. Viele von den Signalen, die von den benachbarten starken Rundfunksendern stammen und im Empfänger Kreuzmodulation verursachen, sind wie von Zauberhand verschwunden und auch ein nicht allzu grossignalfester Empfänger benimmt sich plötzlich ganz zivilisiert.

Gute Funkstandorte sind im allgemeinen weniger dicht besiedelte Gebiete mit einer vernünftigen Bodenleitfähigkeit. Dazu gehören im speziellen alle Flusstäler. OM's aus der Region Zug können dies testen indem sie sich in die Reuss-Ebene begeben und dort eine ganz einfache Vertikal-Antenne mit einigen Radials errichten und den Transceiver ab der Auto-Batterie betreiben. Im Rahmen dessen was an dem bestimmten Tag bezüglich Ausbreitungsbedingungen überhaupt möglich ist, lässt sich so beliebig DX abarbeiten. Ich selbst mache das ab und zu und habe jedes Mal meine helle Freude daran. Ein Grundwasserspiegel nahe der Oberfläche hilft ungemein. Dies erklärt auch warum Stationen in Küstennähe (Belgien, Holland, Dänemark, etc.) oder aus Seenplatten (Finnland, Baltikum) mit überdurchschnittlich lauten Signalen zu hören sind.

Weniger gut geeignet sind Standorte mit felsigem Untergrund.

Wo Felsen vorherrschen hat es meistens kein Wasser im Untergrund. Da hilft dann auch die schönste Fernsicht nichts. Bei der Abstrahlung der Funksignale hilft halt etwas Feuchtigkeit im Boden ungemein. Dies wirkt als elektrischer Spiegel und der Teil der Sendeenergie der nach unten abgestrahlt wird wird nach oben zurückgespiegelt. Bei reinem Fels wird die nach unten abgestrahlte Energie einfach im Erdboden „verbraten“ (= sog. Erdverluste).



Das ARRL Antenna Book sagt dazu:

Die Feldstärke an einem beliebigen entfernten Punkt ist die vektorielle Summe der Direktstrahlung (Direct Ray) und der reflektierten Strahlung (Reflected Ray).

Wie bereits gesagt. Um etwas reflektieren zu können ist es notwendig, dass der Boden über genügend Feuchtigkeit verfügt. „Furztrockener Boden“ leitet nun einmal nicht.

1.5 Eine nicht optimale Antenne ist besser als gar keine Antenne



Wir leben alle in einem Umfeld dem wir nicht so ohne weiteres entfliehen können. Amateurfunk ist ein Hobby, es hat selten bei allen Entscheidungen die man fällen muss die Priorität # 1.

Die Randbedingungen für den Antennenbau werden durch die Umgebung in der wir leben diktiert. Man wüsste zwar schon wie die ideale Antenne aussehen würde. In der Realität muss man aber mit den Nachbarn leben und auch die räumlichen Dimensionen die eine Antenne maximal aufweisen kann sind gegeben.

Es gilt dann die Situation genau zu analysieren und das Beste aus dem zur Verfügung stehenden Standort zu machen. Wenn schon keine Antenne mit der vollen Länge Platz hat, dann muss man sich etwas einfallen lassen. Es gibt verschiedene Methoden eine Antenne zu verkürzen. Je nach dem sind sie mehr oder weniger effizient. Es gibt auch sehr kleine Antennen, z.B. magnetische Antenne. Wenn man sich für eine „nicht-optimale“ Antenne entschliesst, dann muss man sich einfach die physikalischen Gegebenheiten vor Augen halten und sich im übrigen an den QSO's freuen die einem gelingen. Eine verkürzte Antenne ist nun einmal kein Ersatz für einen 5-Element Drehrichtstrahler.

Ein Tip für Antennengeschädigte OM's:

Konsultiert doch mal das Internet. Stichworte: Hidden Antennas, Camouflaged Antennas, Unsichtbare Antennen etc.

Es gibt eine Vielzahl von Artikeln die beschreiben wie man „unsichtbare Antennen“ konstruiert und betreibt. Es werden alle möglichen Vorschläge für Innenantennen gemacht. Bei Aussenantennen ist neben „unsichtbarem Antennendraht“ die Zweckentfremdung eines Fahnenmasts als Antenne ein beliebtes Thema. Die Amerikaner sind ja wahre „Fahnen-Fetischisten“, d.h. ihre „Stars and Stripes“ (das Sternenbanner) sind heilig. Man kann niemandem verwehren einen Fahnenmast aufzustellen und die US-Flagge wehen zu lassen. Was für die Amis gut ist kann doch uns patriotischen Schweizern nicht mehr als recht sein. Wer kann einem schon verwehren das Schweizerkreuz im Wind flattern zu lassen. Dass der Fahnenmast gleichzeitig noch in einer Doppelfunktion als Antennenmast tätig ist braucht man ja dem lieben Nachbarn nicht gerade unter die Nase zu reiben.

1.6 Kommerziell gefertigte Antennen

Kommerziell gefertigte Antennen werden in beliebigen Varianten für alle Bänder angeboten. Meine Erfahrungen sind:



Antennen aus dem „Truckli“ sind fast immer vollständig und funktionieren meistens ganz gut. Dies natürlich immer innerhalb des Rahmens der durch die physikalischen Gesetze gegeben ist.

Die Antennen mögen zwar als „factory assembled and factory tuned“ (d.h. vom Hersteller zusammengebaut und abgeglichen) angeliefert werden, trotzdem ist am Standort immer ein gewisser Feinabgleich notwendig. Antennen sind nun einmal Gebilde die zusammen mit der Umgebung harmonisieren müssen. Der Hersteller kann zwar eine „Standard-Einstellung“ vornehmen, den eigentlichen Feinabgleich muss man vor Ort vornehmen und so die lokalen Einflüsse kompensieren. Lokale Einflüsse können sein:

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör

- Andere Antennen
- Blitzableiter-Drähte
- Elektrizitätsleitungen
- Telefonleitungen
- Alles was im und rund ums Haus leitet (inkl. Armierungsnetze im Beton)

Wenn sich eine gekaufte Antenne nicht so benimmt, wie man es erwarten würde, dann heisst es „nur die Nerven nicht verlieren“. Meistens ist die Resonanzfrequenz nicht genau da wo man sie gerne hätte. Dann heisst es den „Ist-Zustand“ zu analysieren. Liegt die Resonanzfrequenz zu hoch oder zu tief? Grundsätzlich gilt:

- Elemente verlängern = Resonanzfrequenz sinkt
- Elemente verkürzen = Resonanzfrequenz wird erhöht

Bei Mehrbandantennen werden alle Bänder peinlich genau durchgemessen. Dann wird identifiziert welche Elemente für welches Band zuständig sind. Anschliessend kann man gezielt den Feinabgleich vornehmen und zwar in kleinen Schritten. Dazwischen misst man immer wieder was passiert ist. Vor allem ist es wichtig herauszufinden, ob die einzelnen Abgleichoperationen nur das gewünschte Band beeinflussen oder ob dadurch auch andere Bänder „verstimmt“ werden.

2 5 goldene Regeln zum Antennenbau

Wenn man einen Standort bezüglich der Realisierbarkeit von Antennen überprüft, dann hilft es wenn man sich an die folgenden 5 Regeln erinnert:

1) Viel Draht

2) Möglichst hoch

3) Strom strahlt

4) Freie Enden = Spannungsbauch

5) Drahtlänge + 5 %

Was meine ich damit ?

2.1 Regel 1: Viel Draht



„Viel Draht“ soll daran erinnern, dass

- erfahrungsgemäss eine Antenne mit „viel Draht in der Luft“ die besten Ergebnisse bringt.
- man einen Antennen-Standort sorgfältig betrachten soll und sich dann überlegt wie man „viel Draht“ unterbringen kann.
- dass es auch noch andere Antennenformen als Dipole gibt, z.B. Schleifenantennen, V-Antennen, Doppelzepp, Lazy-Henry, und viele andere Antennenarten.

2.2 Regel 2: Möglichst hoch



„Möglichst hoch“ soll daran erinnern, dass

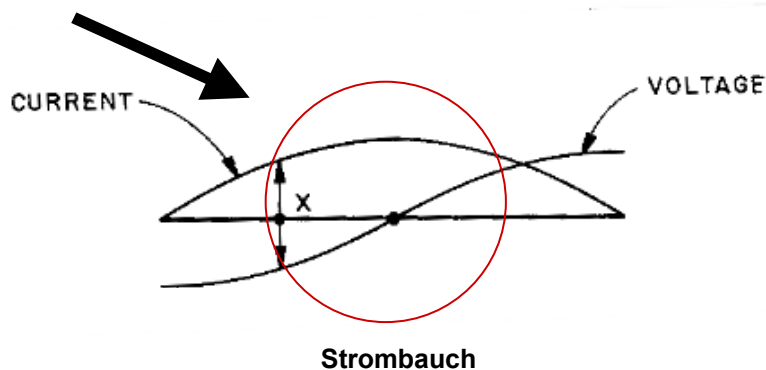
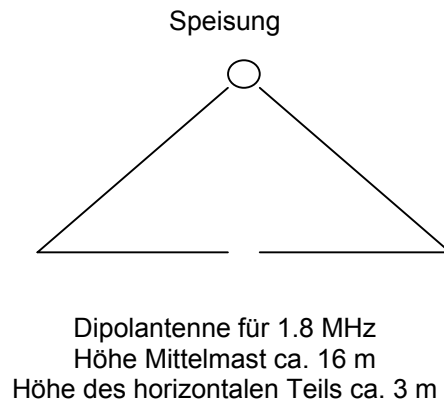
- auch wenn wir glauben eine Antenne „hoch“ aufgehängt zu haben, sie in Wirklichkeit doch immer noch relativ tief hängt. Dies trifft vor allem für die „langwelligeren“ Bänder (160 m und 80 m) zu. Um eine Antenne nur schon in eine Höhe von $\frac{1}{4} \lambda$ zu bringen braucht man einen Befestigungspunkt in 40 m (160 m Band) resp. 20 m Höhe (80 m Band). Solche Höhen stehen nur in Ausnahmefällen zu Verfügung. Trotzdem, jeder Meter Höhengewinn wirkt sich positiv auf die Abstrahlung aus.
- wir mit zunehmender Antennenhöhe dem heute viele OM's zur Verzweiflung bringenden Störnebel (Man-made-noise) entrinnen können oder doch zum mindestens die Empfangs-Situation erträglicher machen können.

2.3 Regel 3: Strom strahlt



„Strom strahlt“ soll daran erinnern, dass

- bei einer Antenne der „Strombauch“ den wesentlichen Anteil zur Abstrahlung liefert. In der Praxis wird man also danach trachten denjenigen Teil der Antenne, der am meisten Strom führt, möglichst hoch und frei aufzuhängen. Die Enden einer Antenne tragen zwar zur korrekten Resonanz bei, sie sind jedoch nicht mehr nennenswert an der Abstrahlung beteiligt.
- es deshalb ohne weiteres zulässig ist ab etwa $\frac{1}{2}$ einer Dipolhälfte die Enden abzuwinkeln bzw. um die Ecke herum zu führen. Speziell Antennen für das 160 m Band haben Dimensionen, die sich kaum in den realen Verhältnissen mit denen wir konfrontiert sind, unterbringen lassen. Ich selbst arbeite deshalb seit Jahren auf 160 m mit einem „umgebogenen Dipol“. Dieselbe Antenne wird übrigens für 80 m unten in der Mitte zusammengeschaltet und arbeitet dann als Ganzwellenschleife auf 3.5 MHz CW. Auf beiden Bändern macht DX Verkehr in CW viel Spass.
- wenn wir eine Antenne elektrisch verlängern müssen, dann sollten wir die „verlängernde Elemente“ (z.B. Verlängerungs-Spulen) nicht gerade dort einfügen wo am meisten Strom fließt.

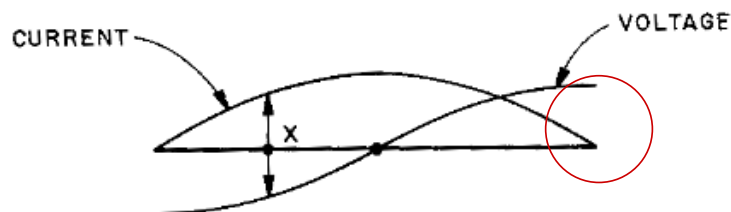


2.4 Regel 4: Freie Enden = Spannungsbauch



„freie Enden = Spannungsbauch“ soll daran erinnern, dass

- freie Enden einer Antenne (also Enden die nichts mit der Speisung zu tun haben) per Definition immer im Maximum eines Spannungsbauches liegen.
- für die Impedanz einer Antenne immer der Speisepunkt zuständig ist. Wenn man die Länge einer Antenne vom freien Ende her zum Speisepunkt kennt, dann kann man die zu erwartende Impedanz abschätzen (oder auch rechnen). Allfällige Impedanzanpassungen sind auf der Speiseseite vorzunehmen. Man kann eine Antenne auch in einem Spannungsbauch speisen, wie das z.B. traditionell mit der guten alten Zepp-Antenne im Multiband-Betrieb passiert. Allerdings ist das kein Fall für moderne Antennenanpassgeräte. Man braucht dann schon spezielle Koppler für Spannungskopplung oder man erinnert sich wieder einmal des „Fuchs-Kreises“. Wer Langdrahtantennen verwenden will und einen der heutigen gängigen unsymmetrischen Koppler einsetzt (automatisch oder manuell) der tut gut daran Drahtlängen zu vermeiden die auf einem der Bänder am Speisepunkt einen Spannungsbauch ergeben.



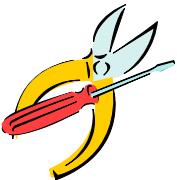
Spannungsbauch



Zusätzlich soll Regel 4 an zwei weitere, weniger bekannte jedoch trotzdem unverrückbare Tatsachen bezüglich der Strom- und Spannungsverteilung auf der Antenne erinnern:

- Wenn eine Antenne an **einem Punkt mit der Erde verbunden** ist, dann tritt am Punkt des Überganges des Antennendrahtes in die Erde ein „**Strombauch**“ auf.
- Beim Spezialfall der Schleifenantennen tritt **am Punkt der halben Drahtlänge** (üblicherweise der dem Speisepunkt gegenüberliegende Punkt) ein „**Strombauch**“ auf.

2.5 Regel 5: Drahtlänge + 5 %



„Drahtlänge + 5 %“ soll daran erinnern, dass

- es einfacher ist eine Antenne zu verkürzen als zu verlängern. Man baue also nie eine Antenne sklavisch nach. Wenn man den Draht genau nach den in der Beschreibung gemachten Längenangaben zuschneidet darf man sich nicht über ein „Aha-Erlebnis“ wundern. Ich persönlich bin überzeugt davon, dass alle in Antennenbeschreibungen gemachten Längenangaben beim jeweiligen OM, der darüber rapportiert hat, genau richtig waren. Das heisst aber noch lange nicht, dass das auch für den eigenen Standort zutrifft. Die Erfahrung zeigt, dass es immer wieder Einflüsse gibt die man nicht im voraus bestimmen kann. Deshalb beginne ich beim Antennenbau immer mit einer Drahtlänge die ca. 5 % über der errechneten oder angegebenen Drahtlänge liegt. Die Antenne ist dann auf jeden Fall etwas zu lang, aber wie jeder weiss, Draht abschneiden geht einfacher als ansetzen.

3 Festigkeit der Konstruktion

Für mich gibt es grundsätzlich nur 2 Arten von Antennen – ganz leichte und ganz schwere – aber nichts dazwischen. Was meine ich mit dieser Behauptung?

- Ganz **leichte Antennen** verwende ich für portable Einsätze und zum experimentieren. Bei portablen Einsätzen geht es ja darum irgendwo, z.B. in einem Hotel oder Ferienhaus eine Antenne anzubringen, in vielen Fällen ohne dass ich zuerst um eine Bewilligung nachfrage. Dies ist die klassische Anwendung wo eine Antenne so konzipiert sein soll, dass im Falle eines Falles nichts und niemand zu Schaden kommt. Ich verwende dann entweder Lautsprecherkabel (Litze) oder feine Schalllitze. Die Abspannungen bestehen aus einer dünnen Kunststoffschnur (z.B. Maurerschnur). Die Leistung ist ja ohnehin meist QRP und die Abspannschnur isoliert gut, also sind Isolatoren überflüssig. Wenn so ein Gebilde einmal runterfällt, dann kann es auch mal ein Auto touchieren oder sonst etwas, da passiert nichts, da bleibt nicht der kleinste Kratzer übrig. Das Kriterium, dass die Antenne von selbst länger wird ist wegen der kurzen Gebrauchsdauer nur von sekundärer Bedeutung.
- Anders sehe ich das bei einer **permanenten Antenne**. Diese Antenne soll die in der jeweiligen Gegend üblichen Stürme und auch noch etwas mehr überstehen ohne Schaden zu nehmen. Auch darf man nicht vergessen, dass bei gewissen Nassschneelagen der Antennendraht den Durchmesser eines ausgewachsenen Salami annehmen kann.
Wenn eine Antenne herunterkommt und im eigenen Garten landet, dann ist schon Zoff vorprogrammiert. Wenn die Überreste der einst so stolzen Antenne aber in Nachbars Garten landen, dann wird's dramatisch. Also lohnt es sich den teuren Antennendraht zu verwenden und von der Auslegung her alles so vorzusehen, dass nichts passieren kann. Ich tendiere darauf, alles eine Nummer „größer“ zu machen als unbedingt notwendig. Man kann dann auch bei Föhnsturm besser schlafen.

Noch etwas:

Man verwende, wenn immer möglich, Beschläge, Schrauben etc. in **rostfreier Ausführung**. Man ist sich später selber dankbar, wenn man sich nicht mit verrosteten Schrauben etc. herumärgern muss.

4 Materialkunde

4.1 Antennendraht

Wenn es um Antennendraht geht, dann unterscheide ich 2 Fälle:

- **Antennenbasteln:**

Zum experimentieren kann irgendwelcher Draht verwendet werden. Ich habe schon Antennen, die ich dann permanent aufgebaut habe, zuerst mit irgendwelchem vorhandenen Verschnitt-Draht zusammengebastelt. Sobald ich mir im klaren bin wie die fertige Antenne aussieht und ich die korrekten Drahtlängen kenne, dann werde ich die Antenne mit dem „teuren“ Antennendraht aufbauen.

- **Permanente Antennen:**

Hierfür eignen sich die folgenden Draht-Arten:

- **Antennenlitze** aus Bronzedrähten oder Cu-Draht mit Stahllitzen verseilt, in einem der frei gespannten Länge und der Sendeleistung angepassten Querschnitt.
Bezugsquelle: SEICOM (Eric HB9ADP) oder andere Händler

- **Bronzedraht**, z.B. von einer abgebauten Telefonleitung.

Achtung:

Dieser Draht kann nur einmal gebogen werden. Wenn man den Draht wieder aufbiegt verliert er an dieser Stelle seine Festigkeit.

Bezugsquelle: findet man meist nur mit viel Glück, d.h. einem Telefönlern abschnorren!

- **Telefon-Feldraht** aus Armeebeständen.

Dieser Draht ist extrem reissfest. Die Isolation ist schwarz und vom Durchmesser her ist der Draht unauffällig. Da der Leiter vorwiegend aus Stahldrähten besteht ist der ohmsche Widerstand grösser als bei Cu- oder Bronzedraht. Wenn es sich nicht gerade um Schleifenantennen mit gigantischen Ausmassen handelt sind diese Verluste meist verkraftbar.

Bezugsquelle: z.B. Zeughaus Meiringen, jeden Mittwoch ab ca. 09.00 h geöffnet.

Man findet dort auch noch allerlei anderes Übermittlungsmaterial, sowie Messinstrumente etc. Ein Besuch lohnt sich.

- **rostfreie Stahlseile**

(und zwar in rostfreier und niemals nur in verzinkter Ausführung!)

Dazu wird man allerdings nur in Spezialfällen greifen, z.B. wenn eine Antenne eine sehr lange Spannweite hat und/oder über kritisches Territorium führt. Dies sind die Fälle wo gar nichts schief gehen darf. Der Nachteil den man sich mit einem Stahlseil einhandelt ist der höhere ohmsche Widerstand. Da man ja Stahlseil aus Festigkeitsgründen wählt, wird man in solchen Fällen dann natürlich die Abspannungen auch mit demselben Stahlseil zu machen. Und nun kommt eine Funckerweisheit zum Zuge, die im Zeitalter der synthetischen Seile fast in Vergessenheit geraten ist: Die Abspannungen sind mittels Zwischenisolatoren so in Sektionen zu unterteilen, dass keine der Einzelsektionen auf einem der vorgesehenen Amateurbänder eine $\lambda/2$ Resonanz (oder Vielfache davon) aufweist.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör

Was sich für permanente Antennen **NICHT** eignet:

- Elektroinstallationsdraht
- Schaltlitze
- Lautsprecherlitze

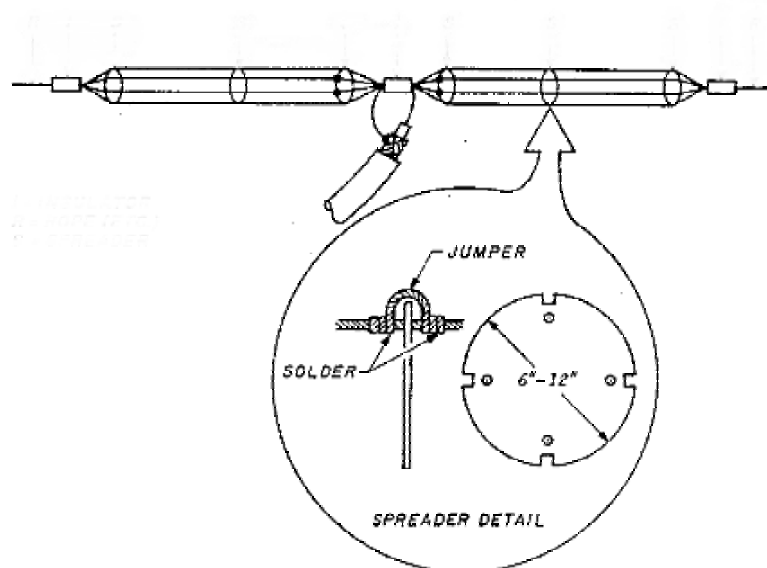
Alle diese Drahtarten haben die Tendenz in die Länge zu gehen. Als Folge hängt die Antenne immer mehr durch und die Resonanzfrequenz der Antenne geht permanent nach unten.

4.2 Dicke des Antennendrahtes

Wer auf VHF / UHF arbeitet weiss, dass die Dicke eines Leiters einen Einfluss auf die Bandbreite der Antenne hat. Wenn man den Dipol aus einem dicken Alu-Rohr konstruiert, dann wird die Bandbreite der Antenne grösser, d.h. der SWR-Verlauf wird flacher.

Wir behandeln hier KW-Antennen. Es liegt auf der Hand, was wir auch immer an Leiter-Dicke zur Verfügung haben, der Durchmesser der Drähte ist im Vergleich zur Wellenlänge immer noch minimal.

In der Praxis ist eine Dicke des Antennenleiters von 1 mm² oder 1.5 mm² vollständig ausreichend. Inclusive der Isolation ergibt das dann einen Drahtdurchmesser von ca. 2.5 ... 3.5 mm.



Auf KW funktioniert das Prinzip wonach ein dickerer Leiter die Bandbreite erhöht natürlich auch. Um z.B. im 80 m Band eine SWR 1:2 Bandbreite über das ganze Band zu erzielen muss man jeden Dipolschenkel aus minimal 4 Drähten vorsehen. Die erforderlichen Spreizer nehmen dann den Durchmesser von Velorädern an. Solche Antennenkonstruktionen sieht man tatsächlich im kommerziellen Bereich, z.B. bei KW-Rundfunksendern.

4.3 Isolatoren

Wer Antennen baut braucht auch Isolatoren. Zum einen dienen Isolatoren der Endabspannung von Antennendrähte zum anderen der Isolation von Antennenteilen, z.B. Dipolhälften.

Isolatoren müssen einerseits die nötige mechanische Festigkeit aufweisen und andererseits auch die nötige Spannungsfestigkeit. Regel 4 besagt „freie Ende = Spannungsbauch“. Isolatoren die an freien Antennen-Ende eingeschlaucht sind müssen beide Kriterien optimal erfüllen. Sie müssen das volle Gewicht der Antenne (Zugkräfte) sicher halten und sie müssen auch die im Spannungsbauch anliegende Spannung sicher verkraften.

Anders sieht es aus bei Isolatoren die die beiden Dipolhälften trennen. An diese Stelle liegt ein Strombauch und die anliegende Spannung ist sehr klein (theoretisch sogar „Null“). Dieser Isolator muss zwar die Zugkräfte optimal aufnehmen können, an seine Spannungsfestigkeit werden aber keine speziellen Anforderungen gestellt.

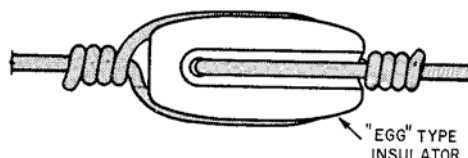
An Stellen an denen Spannungsfestigkeit gefordert ist kann man auch mehrere Isolatoren in Serie schalten (Isolatoren-Kette). Dadurch wird die anliegende Spannung in Teilspannungen unterteilt und jeder Isolator ist nur für seine Teilspannung zuständig.

Militärische KW Stationen wurden üblicherweise mit Isolator-Ketten ausgerüstet bei denen je nach Ausgangsleistung 3 oder 5 Eierisolatoren in Serie geschaltet waren. Dies nannte man dann eine „Eierkette“.



Hier eine Auswahl aus HB9ACC's Isolatorenkiste.

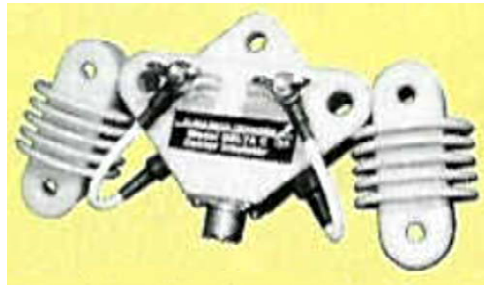
Hier ist auch so eine „Eierkette“ mit 5 grün glasierten Eierisolatoren gezeigt. Die grünen Eierisolatoren „ex Swiss Army“ sind von sehr guter Qualität und dank der grünen Glasur sind sie relativ unauffällig.



Eierisolatoren haben den entscheidenden Vorteil, dass sich Antennendraht und Abspanndraht kreuzen. Wenn also dem Porzellankörper etwas passiert, dann ist zwar der Isolator kaputt aber die Antenne bleibt trotzdem oben. Ich verwende Eierisolatoren gern für Anwendungen wo es sehr wichtig ist, dass die Antenne ja nicht runterfällt. Also zum Beispiel wenn die Antenne über Nachbars Garten führt.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör



Isolatoren kann man kaufen. Diese Isolatoren samt Dipol-Anschluss-Stück sehen sehr professionell aus. Jedoch, wie immer, Schönheit hat seinen Preis.

Isolatoren findet man aber auch an Flohmärkten oder man stellt sie gleich selbst her.



Diese Bild zeigt einen „home-made“ Isolator samt Zubehör.

- 1 = Isolator
- 2 = Schäkel
- 3 = Kausche
- 4 = Kastenklappen verschiedener Grösse
- 5 = Einzelteile einer Kastenklappe
- 6 = Duplex-Kastenklappe

Der eigentliche Isolatorkörper besteht aus einem Stück Kunststoff wie er als Stangenmaterial in jedem Baumarkt in den Farben weiss und schwarz erhältlich ist. Die schwarze Ausführung ist bestimmt etwas immuner gegen UV-Strahlen als die weisse Ausführung. Ich selbst verwende auch Isolatoren aus weissem Material die schon seit mehreren Jahren „oben“ sind ohne dass je ein Defekt auftrat. Wer auf der sicheren Seite sein will verwende das schwarze Material. Die Kunststoff-Stäbe lassen sich mit einer normalen Holz-Fräse ablängen. Als Länge wähle ich etwa 8 – 10 cm. Dann wird auf jeder Seite ein Loch passender Grösse durchgebohrt. Dort hänge ich dann den Schäkel ein. In Richtung Antennendraht und auch in Richtung Abspannseil ist unbedingt eine Kausche einzufügen. Die Kausche verhindert einen Knick im Antennendraht oder im Abspannseil. Damit wird die volle Reisskraft des Antennendraht und des Abspannseils erhalten.

Ecken und Knoten im Antennendraht und im Abspannseil reduzieren die Reisskraft um 50 % und das wollen wir ja doch nicht.

Wenn ich zur Befestigung des Antennendrahtes oder des Abspannseils einfache Kastenklappen verwende, dann verwende ich 2 Stück in einem Abstand von einigen Zentimetern. Bei der Duplex-Kastenklappe ist eine Klemme ausreichend. Beim freien

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör

überstehenden Ende des Antennendrahtes oder des Abspannseil füge ich dann jeweils einen Knoten ein. Je nach der Flexibilität des Materials braucht man dazu 2 Zangen. Dieser Knoten ist dann der letzte Notnagel wenn etwas durchrutschen sollte.

Kastenklemmen gibt es in diversen Grössen. Die Grösse der Kastenklemme muss zum Durchmesser des Antennendrahtes oder des Abspannseils passen. Ist die Klemme eine Nummer zu klein bringt man das Seil nicht richtig rein, ist sie eine Nummer zu gross dann besteht die Gefahr dass der Antennendraht oder das Abspannseil nicht richtig gepackt und befestigt werden. In der Praxis heisst das, der Draht oder das Seil rutscht durch oder es kann sich zwischen dem eigentlichen Klemmenunterteil und dem Halblech davonmachen.

Braucht es überhaupt Isolatoren ?

Unter der Voraussetzung dass man Kunststoff-Abspannseile verwendet, die ja alle aus sehr gut isolierendem Material gefertigt sind, ist diese Frage sicher berechtigt.

Für QRP-Betrieb, der ja temporär ist, verzichte ich grundsätzlich auf Isolatoren. Wir erinnern uns: Eine „leichte Antenne“ muss so leicht konstruiert sein, dass im Falle eines Falles, d.h. wenn der Antennendraht reisst, nichts und auch gar nichts beschädigt wird. Ich habe im temporären Einsatz (Urlaub etc.) auch schon mit 100 W gearbeitet ohne Isolatoren einzufügen. Passiert ist bisher nichts. Aber das waren jeweils auch nur kurze Einsätze und erst noch bei trockenem Wetter.

Bei permanenten Antennen würde ich keinesfalls auf Isolatoren verzichten.

4.4 Abspannseile

Bei Abspannseilen unterscheidet man zwischen

- Nicht leitenden Abspannseilen (d.h. Kunststoffseile)
- Leitenden Abspannseilen (d.h. Stahlseile)

Im normalen Antennenbau wird man sich heutzutage fast immer Kunststoffseilen zuwenden. Nebst dem, dass sie viel leichter sind als Metallseile ist auch die Tatsache, dass es sich um gut isolierendes Material handelt eine willkommene Eigenschaft.

Hier eine Kurzübersicht über die häufigsten Materialien:

Eigenschaften					
Als Abspannseil geeignet					
Reissfestigkeit					
Elastizität					
Verrottungssicherheit					
UV-Resistenz					
Materialbeschrieb					
Nylon	mittel	hoch	hoch	hoch	JA
Polyester (z.B. Dacron)	hoch	hoch	mittel	mittel	JA
Polypropylene	schlecht	hoch	mittel	mittel	NEIN
Polyethylene	schlecht	hoch	mittel	mittel	NEIN
Kevlar	sehr gut	hoch	keine	hoch	JA

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör

Bei guten Seilen ist auf der Packung immer die Reisskraft angegeben. Ich selbst verwende nach Möglichkeit Seile mit einer Reisskraft von ≥ 80 kg. Das ist meistens ausreichend. Es gibt auch Seile mit bedeutend höherer Reisskraft, diese sind dann grösser im Durchmesser.

Für portablen Einsatz genügt im allgemeinen die dünne Kunststoffschnur die im Baumarkt unter dem Namen „Maurerschnur“ erhältlich ist. Auf der Packung ist zwar keine Reisskraft angegeben. Wenn sich so eine Schnur einmal in einem Baum verheddert und man sie abreissen will, dann stellt man mit Erstaunen fest dass einem das kaum gelingen will.

Es bleibt natürlich jedem selbst überlassen ob er Polypropylene- oder Polyethylene-Seile benützt. Für permanente Installationen ist einfach die mangelhafte UV-Beständigkeit dieses Materials zu beachten.

Weiter ist bei Kunststoffseilen zu beachten:

- Wenn man Kunststoffseile abschneidet, dann hält man die abgeschnittenen Seilenden kurz über eine Kerzenflamme. Dies hat den Effekt, dass die einzelnen Fasern des Seils miteinander verkleben. Durch diesen Vorgang verhindert man ein Ausfransen der Seilenden.
- Ein Knoten in einem Kunststoffseil vermindert dessen Reissfestigkeit um **50 %**, d.h. das Seil ist dann nur noch halb so stark.

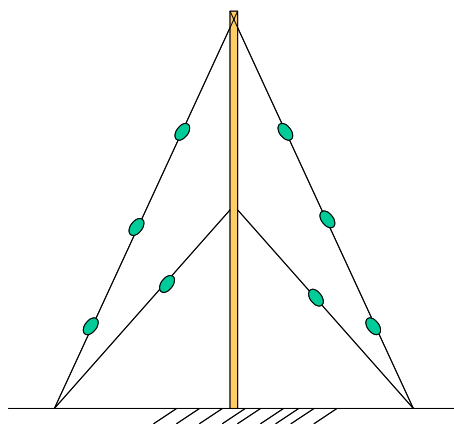
Wenn man **metallische Abspannseile** verwendet, dann sollte man unbedingt

rostfreie Stahlseile

verwenden. Gewöhnliche Stahlseile rosten beim permanenten Einsatz stark und verlieren plötzlich ihre Festigkeit. Wenn man das Rosten verhindern will dann müsste man die Seile dauernd mit Fett einschmieren. Das mag ja bei einer Seilbahn angehen. Eine Antennenabspannung sollte aber schon etwas pflegeleichter sein.

Stahlseile wird man im allgemeinen nur bei speziellen Anwendungen in Betracht ziehen, also bei langen Spannweiten und an Orten wo unter keinen Umständen etwas passieren darf.

Bei Abspannseilen aus leitendem Material ist ausserdem zu beachten, dass sich die Resonanzfrequenz der Antenne verändern kann. Dies infolge der kapazitiven Belastung der Enden.

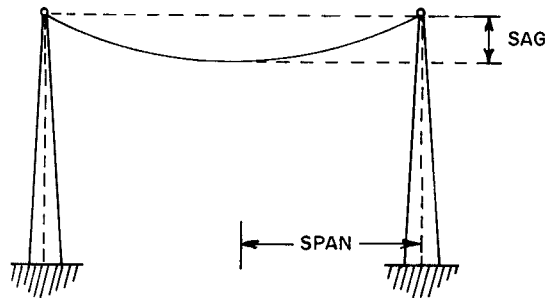


Zusätzlich müssen bei Abspannseilen aus leitendem Material die Seile in Sektionen, die durch Isolatoren voneinander getrennt sind, aufgeteilt werden. Die Länge jeder Sektion muss so gewählt werden, dass auf keinem der Amateurbänder eine $\lambda/2$ -Resonanz (oder Vielfache davon) auftreten kann.

Wenn andere Antennen in der Nähe sind, dann muss man das auch auf die Bänder ausdehnen auf denen die anderen Antennen arbeiten. Andernfalls ist man plötzlich mit unerwünschten Richtwirkungen konfrontiert, weil ein Stück der Abspannung als Reflektor

oder Direktor auf einem bestimmten Band wirkt und eine sich in der Nähe befindliche Antenne beeinflusst.

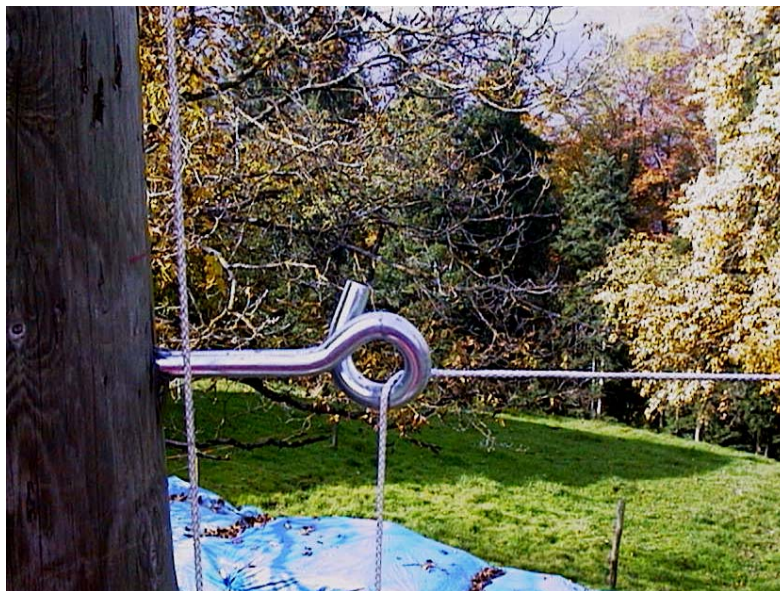
4.5 Durchhang



Jede Drahtantenne muss einen gewissen Durchhang aufweisen. Der Grund dafür sind die unweigerlichen Längenänderungen infolge Temperaturschwankungen. Überdies entlastet dies auch die Aufhängepunkte, die dann nur noch das Eigengewicht der Antenne aufnehmen müssen.

4.6 Abspannpunkte

Regel 3 besagt „möglichst hoch“. Abspannpunkte für Drahtantennen haben deshalb in vielen Fällen die Eigenschaft, dass sie sehr schwer zugänglich sind. Es kommt also drauf an eine Lösung zu finden die es einem erlaubt im Falle eines Falles ein Abspannseil wieder einfädeln zu können, ohne dass man gleich die Feuerwehr mit der grossen Drehleiter zu Hilfe rufen muss. Bei mir hat sich aus Erfahrung die folgende Lösung bewährt:



Ich benütze eine sog. „Riiitseili-Schraube“ (auch Kinderschaukel-Schraube genannt), wie sie oben abgebildet ist. Diese kann man in jedem Baumarkt kaufen. Sie sind erhältlich mit Holzgewinde und auch mit Metallgewinde.

Gegenüber Rollen und ähnlichem haben diese Dinger den Vorteil, dass man ein Abspannseil ohne weiteres von oben wieder einfädeln kann. Dazu verwende ich jeweils einen Fiber-

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör

glasmast. Das Seil wird dann nach unten gezogen und mit der nachstehend gezeigten Vorrichtung fixiert:



Die Aufwickelvorrichtung besteht lediglich aus jeweils

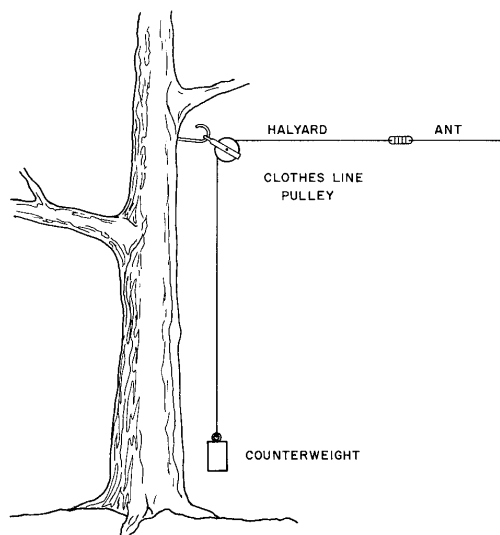
- 2 Alu-Streifen
- 2 dünnen Alu-Röhrchen als Distanzhalter und
- 2 langen Schrauben

Die Antenne lässt sich so bequem aufziehen und zu Servicezwecken wieder herunterzulassen.

Das lose Ende des Abspannseils befestigt man mit Vorteil an der Aufwickelvorrichtung. Das Seil kann so nicht abhauen und man erspart sich das Wiedereinfädeln.

4.7 Abspannung an Bäumen

Eine Antenne an Bäumen abzuspannen ist machbar, aber dennoch eine trickreiche Angelegenheit. Bäume sind lebende Wesen und sie wiegen und biegen sich im Winde.



Ein Abspannseil für eine Antenne kann man je nach Dicke des Baumstamms bis in wenige Meter Höhe direkt am Stamm befestigen.

Sobald man aber in eine Höhe kommt wo sich der Baum bewegt ist Zoff angesagt. Die Kräfte die der sich bewegende Baumstamm ausübt sind auf jeden Fall grösser als die Reisskraft des Antennendrahtes oder des Abspannseils. Dann hilft nur noch, wie nebenstehend gezeigt, eine Umlenkrolle weiter. Wie im Bild gezeigt wird die Verwendung eines Gegen empfohlen.

Meine persönlichen Erfahrungen mit Gegengewichten waren nicht gerade ermutigend. Die Gegengewichte schlenkerten im Wind, führten alle möglichen und unmöglichen Bewegungen aus und verhedderten sich schlussendlich irgendwo. Bessere Erfahrungen habe ich mit Gummistrippen aus dem Autozubehörhandel gemacht. Je nach den Bewegungen die ein Baum macht reichen unter Umständen eine einzige Gummistrippe nicht aus. Ich hänge dann jeweils etwa 3 Gummistrippen in Serie um so genügend „Längenänderung“ zu erhalten. Und schön spannen, denn die Gummistrippen müssen schon bei Windstille eine gewisse Vorspannung aufweisen.

Noch einige Tips:

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör

- Wie grosse Schwankungen ein Baum ausführt sieht man nur an einem stürmischen Tag !
- Bei der Umlenkrolle ist ein grosser Durchmesser von Vorteil. Das läuft besser.
- Die Rillengrösse der Umlenkrolle muss dem Durchmesser des Abspannseils entsprechen.

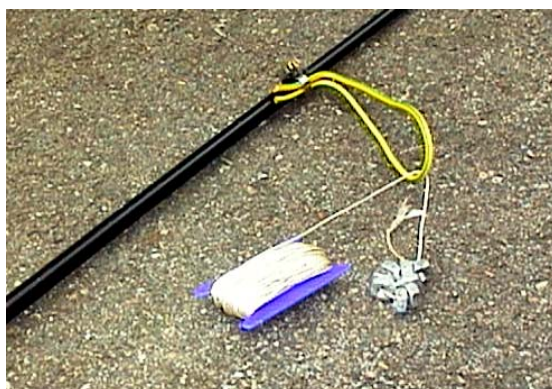
Die grösste Schwierigkeit besteht in der Praxis darin eine Umlenkrolle mit grossem Durchmesser und einer genügend kleinen Rillengrösse zu finden. Schöne grosse Rollen sind für dicke Stahlseile vorgesehen. Wenn man dann eines der üblichen dünnen Abspannseile nimmt passiert es gerne, dass das Seil aushängt und sich zwischen Rolle und Rollenhalterung verklemmt und dann geht gar nichts mehr. Ein Ausweg kann darin bestehen, dass man für denjenigen Teil des Abspannseils der über die Rolle führt ein Stück „Bergsteiger-Seil“ verwendet. Bergsteiger-Seile sind viel dicker im Durchmesser.

4.8 Der Fiberglasmast – der Gehilfe beim Antennenbau



Beim portablen Einsatz verwendet man häufig als Stützpunkt für Antennen die leichten und praktischen Fiberglasmasten.

Der bei mir vorhandenen Fiberglasmast besteht aus:



Hauptmast = 8 m
Verlängerungsstück = 2 m

Die Totallänge beträgt 10 m, davon sind die obersten 2 Sektionen nur für Vertikalantennen benutzbar, sonst sind sie zu schwach.

Der Fiberglasmast ist der unentbehrliche Helfer beim Antennenbau da er mir erlaubt Abspannseile etc. auf Höhen einzufädeln die sonst ohne lange Leitern nicht zugänglich wären.

Wie das untere Bild zeigt wird eine Drahtschleife aus dickem Draht mittels einem Schlauchbinder am Fiberglasmast befestigt. Durch diese Schlaufe ziehe ich „Maurerschnur“ durch, die am Ende ein Gewicht bestehend aus einigen massiven Muttern enthält. Damit wird eingefädelt. Das eigentliche Abspannseil ziehe ich dann nachher mittels der Maurerschnur nach.

4.9 Ein praktisches Werkzeug

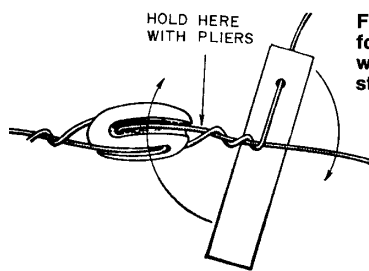


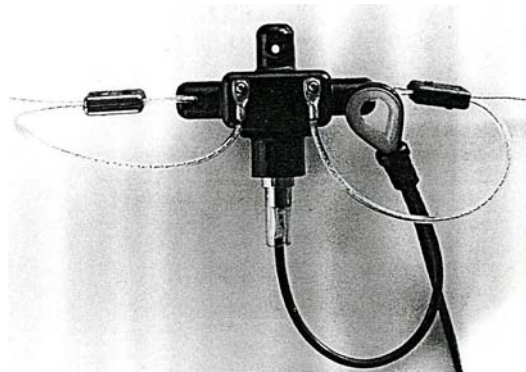
Fig 9—Simple lever for twisting solid guy wires when attaching strain insulators.

Ab und zu muss jeder starren Draht umbiegen. Man kann sich mit dicken Arbeitshandschuhen und Zangen abmühen.

Das nebenstehend gezeigte Werkzeug vereinfacht solche Arbeiten ungemein.

Das Werkzeug besteht lediglich aus einem Stück Stahl durch das ein Loch gebohrt ist. Damit lassen sich Arbeiten an Zäunen, aber auch an Antennen viel einfacher durchführen und erst noch ohne Schrammen an den Fingern.

4.10 Zugentlastungen



Etwas das ab und zu vergessen wird sind Zugentlastungen. Das nebenstehende Bild zeigt was damit gemeint ist. Speziell bei den Speisekabeln wird öfters vergessen eine Zugentlastung anzubringen. Während den 24 Std. eines Field-Days mag das angehen, aber bei permanenten Installationen sind die Probleme vorprogrammiert.

Man hat, wie hier gezeigt, ein wunderschönes kommerziell gefertigtes Dipolmittelstück mit Koaxialbuchse samt Tropfnase etc. Was will man mehr. Man schliesst das Koax-Kabel an. Man denkt vielleicht sogar noch daran ein Stück Schrumpfschlauch über den Stecker zu stülpen und mit dem Heissluftgebläse aufzuschrumpfen. Dann zieht man die Antenne hoch. Die Antenne funktioniert prima und man freut sich über die schönen Verbindungen. Nach einiger Zeit stellt man plötzlich einen Mögel-Dellinger Effekt fest, d.h. der Empfänger ist tot und zwar auf allen Bändern. Wenn man einen Senderversuch macht, dann ist das SWR jenseits von Gut und Böse. Das deutet dann darauf hin, dass wir die Herren Mögel und Dellinger zu Unrecht verdächtigen ihr Unwesen zu treiben.

Was ist da passiert ?

Das ganze Gewicht des Koaxialkabels hing allein am Stecker. Durch das Gewicht wurde das Kabel langsam aber sicher aus dem Stecker gezogen und irgendeinmal ging der Kontakt verloren.

Eine Zugentlastung wie oben gezeigt hätte diese Panne verhindert.

Übrigens:

Die Zugentlastungsschleife bindet man natürlich mit einem kurzen Stück Abspannseil oben am Dipolmittelstück fest und zwar so, dass das Stück zum Koax-Stecker hin frei von jeglichem Zug ist.

4.11 Speisekabel

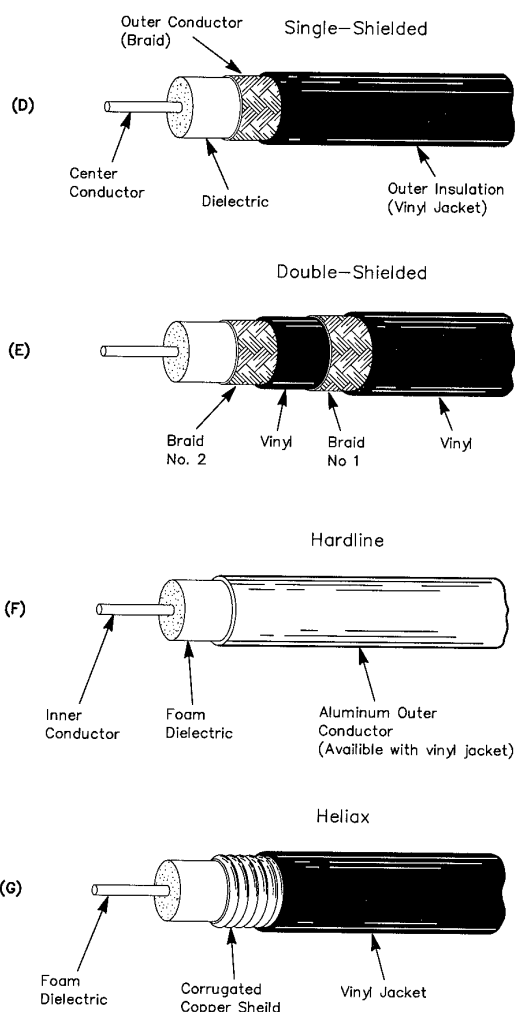
Wer sich bisher fast exklusiv mit VHF und UHF befasst hat für den ist eine der kritischen und wichtigen Frage „was für ein Koaxialkabel“ er verwendet. Die Güte und Verlustfreiheit des Speisekabels kann für den Erfolg entscheidend sein.

Wir befassen uns hier mit KW Antennen und die Frage des Koaxialkabels ist viel weniger kritisch.

Im allgemeinen verwendet man auf KW folgende Koaxialkabel-Typen:

- **RG-58** dieses Kabel ist im Alltagsgebrauch für Leistungen bis 100 W i.O. Die Spannungsfestigkeit beträgt 1900 V. Hier schlägt auch bei einem etwas erhöhten SWR noch nichts durch.
- **RG-213** ist das übliche Kabel für längere Leitungen, höhere Leistungen und für alle Anwendung bei denen ein hohes SWR zu erwarten ist. Die Spannungsfestigkeit beträgt 5000 V und mir ist kein Fall bekannt wo ein RG-213 Kabel einmal durchgeschlagen hätte.

Das nachstehende Bild zeigt die verschiedenen Koaxialkabeltypen:



Normales Koaxialkabel

Doppelt geschirmtes Koaxialkabel
mit 2 voneinander isolierten Abschirmungen. Trifft man eher selten an. Eignet sich gut zur Anfertigung von koaxialen Dipolen.

Hardline und Heliax
sind Koaxialkabel wie sie vor allem von Kabel-fersehgeseellschaften verwendet werden. Trotzdem solche Kabel üblicherweise eine Impedanz von 75Ω aufweisen lassen sie sich natürlich auch für KW verwenden. Das Kabel lässt sich zwar nur in grossen Radien biegen. Es ist aber ein prima Kabel für lange Leitungen.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör

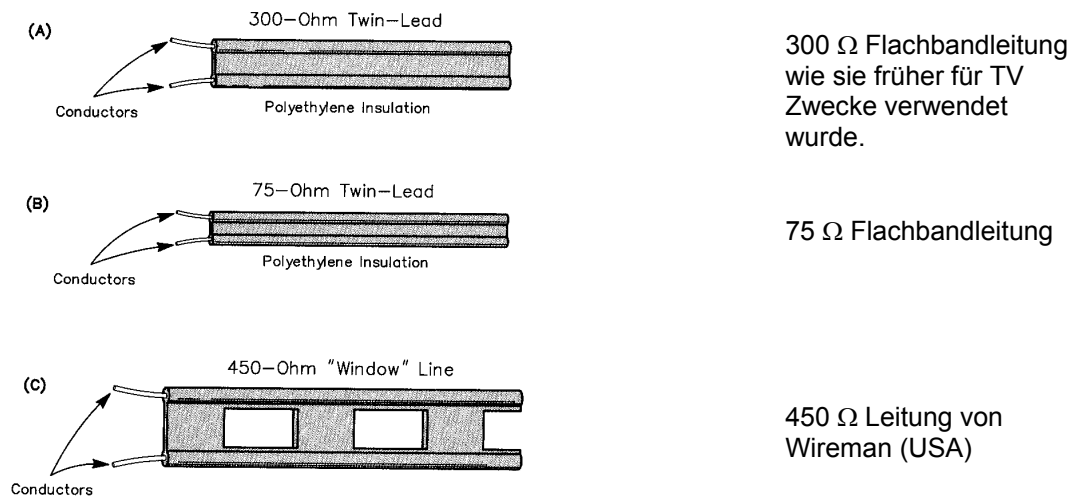
Ausser Koaxialkabeln verwendet man in der Kurzwellentechnik auch noch

symmetrische Speiseleitungen.

Diese sind von der guten alten Telefonfreileitung abgeleitet, die man ja scherzhaft als „600 Ω “ bezeichnet. Diese Bezeichnung ist technisch sogar korrekt, die Leitung weist tatsächlich eine Impedanz von 600 Ω auf.

Symmetrische Speisekabel haben den Vorteil, dass sie nahezu verlustfrei arbeiten und das auf der Leitung herrschende SWR ohne negative Auswirkungen irgendwelche Werte annehmen darf.

Das nachstehende Bild zeigt die verschiedenen Typen von symmetrischen Speiseleitungen:



Wie sieht das heute aus:

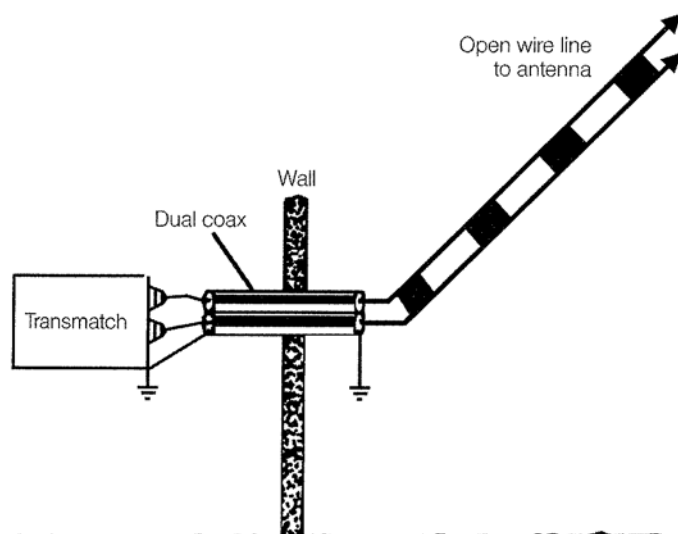
- **300 Ω Flachbandleitung**
praktisch nicht mehr auffindbar. Wenn noch irgendwo Restposten auftauchen, dann liegt das Herstellungsdatum meistens so weit zurück, dass man solche Leitungen mit Vorsicht geniessen muss. Dieser Typ Leitung ist nur sehr bedingt wetterfest, Nach einigen Jahren steigen die Verluste stark an und das Kabel muss ausgetauscht werden.
- **75 Ω Flachbandleitung**
soll es zwar geben, ich selbst bin diesem Leitungstyp noch nie begegnet. Was ebenfalls eine Impedanz in der Grössenordnung von 75 Ω aufweist ist ganz gewöhnliches **Lautsprecherkabel** oder die gute alte verdrehte Lampenschnur. Ich selbst habe schon, als nichts besseres vorhanden war, Lautsprecherkabel als Speiseleitung verwendet und zwar für 80 m und 40 m Betrieb. Bei nicht allzu langer Speiseleitung darf man Lautsprecherkabel wohl auch noch auf 10 MHz verwenden. Auf den höheren Bändern steigen allerdings die Verluste dann stark an, sodass eher davon abzuraten ist. Lautsprecherkabel ist zwar nicht als HF Speiseleitung konzipiert, aber zur Not geht's.
- **450 Ω Leitung von Wireman (USA)**
ist ein echtes HF-Kabel. Es ist wohl das populärste symmetrische Speisekabel. Dank den Fenstern die aus dem Kabel herausgeschnitten sind werden die dielektrischen Verluste vermindert und das Kabel ist nahezu verlustlos und auch hinreichend wetterfest.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör

Eine Alternative zu den oben gezeigt käuflichen symmetrischen Speiseleitungen stellt der Selbstbau einer 600 Ω Hühnerleiter dar. Man führt dabei 2 Drähte in einem Abstand von ca. 10 cm parallel. In Abständen von 1.5 – 2 m fügt man Abstandshalter aus Kunststoff ein (wohl dem der noch keramische Abstandshalter findet). Die Impedanz liegt dann irgendwo in der Gegend von 450 – 600 Ω .

Symmetrische Speiseleitungen stellen gewisse Anforderung beim Verlegen. Es sind nur grosse Radien zulässig und man sollte Wänden und irgendwelchen Leitungen oder Metallteilen nicht zu nahe kommen. Ein weiterer kritischer Punkt ist die Einführungen ins Haus. Häufig verwendet man dazu zwei absolut gleich lange Koaxialkabelstücke, wie nachstehend gezeigt.



Eigentlich wären symmetrische Speisekabel eine ideale und nahezu verlustfreie Möglichkeit um Antennen zu speisen. Leider sind unsere heutigen Transceiver mit unsymmetrischen 50 Ω -Ausgängen versehen. Das bedeutet, dass man spezielle Antennenanpassgeräte benötigt die für symmetrische Speisekabel ausgelegt sind. Als weiter Erschwernis kommt hinzu, dass symmetrische Antennentuner über diverse Einstellorgane verfügen. Die optimale Abstimmung erfordert einige Erfahrung und Fingerspitzengefühl.

4.12 Kabelverluste

Dass Speisekabel Verluste haben ist jedermann bekannt. Kein Kabel arbeitet verlustfrei. Bei HF Leitungen unterscheidet man

- **Kupferverluste**

Diese sind bei den üblichen RG-58 und RG-213 praktisch vernachlässigbar. Wenn man jedoch dünnere Koaxialkabel verwendet und etwas Leistung drauf gibt, dann kann man feststellen, dass das Kabel warm wird. Das sind dann echte Kupferverluste.

- **Dielektrische Verluste**

Diese stellen den Hauptteil der Verluste dar.



Was passiert eigentlich mit den Verlusten. Diese verschwinden nicht in irgendeinem Nirwana, sie werden gemäss den Gesetzen der Physik umgewandelt und zwar in Wärme.

Die Verlustenergie wird verheizt.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör

Eine weitere Frage die sich immer wieder stellt:

Warum nehmen Kabelverluste zu bei ...

- **hohem SWR**

Ein Teil der Energie wird am Speisepunkt der Antenne reflektiert und pendelt zwischen Antenne und PA hin und her. Jedesmal treten beim reflektierten Energieanteil die Verluste wieder von neuem auf.

- **zunehmender Frequenz**

Die folgende Erklärung ist zwar wissenschaftlich nicht einwandfrei und stark vereinfacht:

Das Dielektrikum ist nicht ein perfekter Isolator. Es wirkt wie eine Kette von Kondensatoren deren Impedanz bei zunehmender Frequenz immer kleiner wird. Die Leckströme nehmen mit der Frequenz zu.

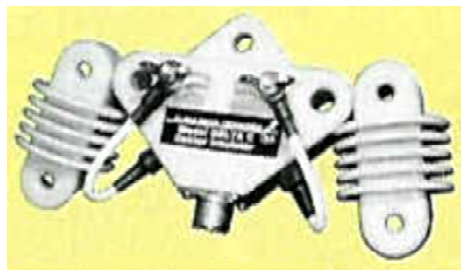
Man kann sich das etwa so vorstellen:

Bei jedem Wellenzug wird eine gewisse Energiemenge als dielektrischer Verlust verbraten. Je schneller sich die Wellenzüge folgen (= höhere Frequenz) um so mehr Energie geht verloren.

Auch die dielektrischen Verluste werden in Wärme umgewandelt, sie wärmen das Dielektrikum auf.

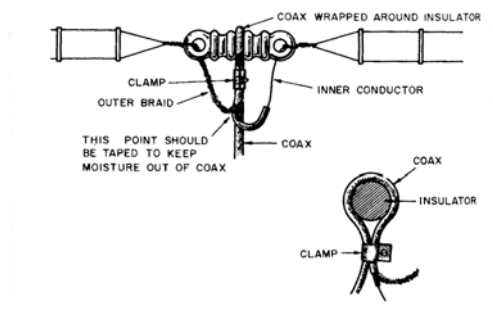
4.13 Anschluss des Speisekabels an die Antenne

Dies ist ein Punkt der manchem OM in der Praxis Kopfweh bereitet. Wie schliesse ich das Speisekabel an die Antenne an.



Eine Möglichkeit ist es ein kommerziell gefertigtes Dipolmittelstück zu verwenden.

Achtung:
Zugentlastung des Koaxkabels nicht vergessen!



Eine andere, mehr „do-it-yourself“-Art des Anschlusses zeigt dieses Bild. Dies ist eine sehr einfache Art ein Koaxialkabel anzuschliessen, sogar das Problem der Zugentlastung ist einwandfrei gelöst.

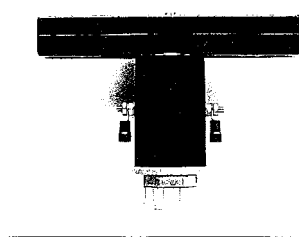
Allerdings ist diese Art nicht unbedingt wetterfest. Für eine Field-Day Antenne mag das gehen. Für permanenten Einsatz würde ich eher davon abraten.

Übrigens:

Da das Koaxialkabel in einem Strombauch angeschlossen wird braucht es nicht einmal einen hochwertigen Isolator. Im Notfall tut's ein Stück Besenstiel.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör



Dieses Dipolmittelstück besteht aus einem Kunststoffstück an dem die Dipolhälften befestigt werden und einer alten Filmdose als Wetterschutz für den Anschluss des Koaxialkabels. Auch hier: Zugentlastung des Kabels nicht vergessen.



Dieses Anschlussstück stammt aus meinen eigenen Beständen. Es ist für den Anschluss eines vertikalen Dipols vorgesehen. Man nehme:

- 1 wasserdichte Elektroverteildose aus dem Baumarkt.
- 2 Messingschrauben mit Flügelmuttern
- 1 Lüsterklemme
- etwas Kunststoffprofil

Das Problem der Zugentlastung und der horizontalen Wegführung des Koaxialkabels ist ebenfalls gelöst.

4.14 Balun oder nicht ?



Seit vielen Jahren geistert in der Amateurfunkliteratur folgende Geschichte herum:

Ein Dipol ohne Balun schielt !

Es soll sogar einmal jemanden gelungen sein diesen Tatbestand nachzuweisen. Es soll sich allerdings um ein Dipolmodell für sehr hohe Frequenzen gehandelt haben das in einer speziellen reflektionsfreien Kammer ausgemessen wurde. Nehmen wir also an der Sachverhalt stimme tatsächlich.

Wir beschäftigen uns hier mit KW Antennen. In der Praxis gibt es so viele Einflüsse auf die Antenne dass das „Schielen“ einer Antenne kaum einmal jemanden aufgefallen ist. Ich selbst habe Antennen mit und ohne Balun betrieben, ohne dass ich je das Gefühl hatte eine Antenne verhalte sich mit oder ohne Balun anders. Es kann höchstens vorkommen, dass man einen schlechten Balun erwischt und dann ist der Betrieb „ohne Balun“ eindeutig dem Betrieb „mit Balun“ vorzuziehen.

Es gibt gute Gründe die den Einbau eines Baluns sinnvoll erscheinen lassen:

- Symmetrie am Speisepunkt
- Unterdrückung von Mantelwellen
- Impedanz am Speisepunkt anpassen
z.B. Balun 50 / 200 Ω
- Beide Schenkel der Antenne galvanisch mit der Erde zu verbinden.

Wenn man schon einen Balun verwendet, dann würde ich empfehlen ein kommerziell erhältliches Produkt zu verwenden. Es gibt eine ganze Industrie die davon lebt die Funkamateure vom Wert des Baluns zu überzeugen und diese Produkte zu verkaufen.

Man kann Baluns zwar selbst bauen, man findet in der Literatur genügend Hinweise wie man das macht. Wenn man aber alles rechnet, vom speziellen Teflon-isolierten Draht bis zum wasserdichten Gehäuse, dann ist der Aufwand doch beträchtlich.

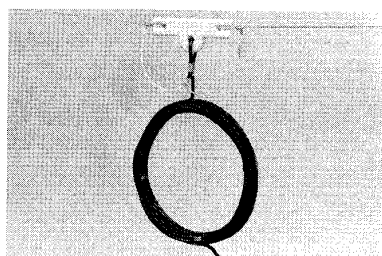
4.15 Die Mantelwellensperre

Eine besondere Art des Baluns ist die

Mantelwellensperre.

Es handelt sich dabei nicht um einen Balun im eigentlichen Sinne sondern um eine breitbandige Drossel die allfällige Mantelwellen auf dem Speisekabel unterdrückt.

(A)

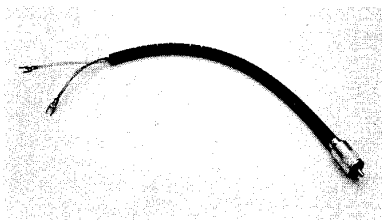


Die einfachste Mantelwellensperre (Typ A) besteht aus einem Ring aus Koaxial-Kabel den man möglichst nahe am Speisepunkt aufhängt.

Kochrezept:

Zur Unterdrückung von Mantelwellen im Frequenzbereich 3.5 – 30 MHz nimmt man 3 – 3.5 m Koaxkabel. Dieses wird so zu einem Ring aufgewickelt, dass sich 7 Windungen ergeben. Gilt für RG-58 und RG-213.

(B)



Die Mantelwellensperre des Typs B) arbeitet mit Ferritkernen. Man stülpt ca. 50 Stck. Amidon FB-73-2401 Kerne über den Aussenmantel eines RG-58 Kabels und hat dann einen sog. „Current Balun“ gebaut.

Mehr Information zu dieser interessanten Art der Mantelwellensperre vermittelt der Artikel von OM J.C. Laib, HB9TL, der im Old-Man „November 2002“ erschienen ist.

4.16 Der 1:9 Balun alias „magnetischer Balun“

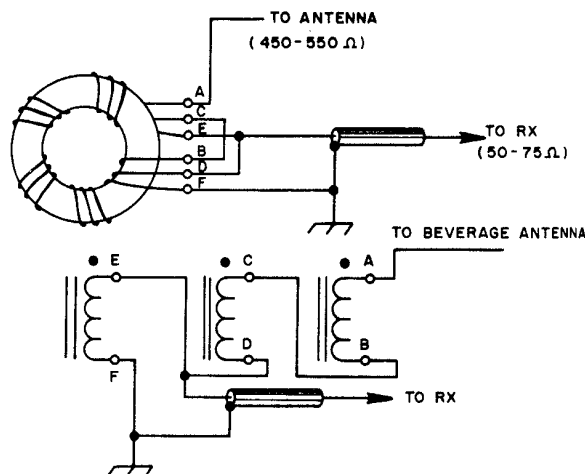
Eine Sonderform der Baluns ist der 1:9 Balun, auch magnetischer Balun genannt. Er dient dazu „hochohmige“ Antennen anzuschliessen.

In Realität handelt es sich eigentlich weniger um einen Balun sondern um einen Impedanztransformator mit einem

- **Spannungs-Übersetzungsverhältnis von 1:3** was ein
- **Impedanzverhältnis von 1:9** ergibt.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör



Oben:
Die Wicklungs-
anordnung

Unten:
Das elektrische
Schema des 1:9
Baluns

Das oben gezeigte Bild stammt aus einem Beitrag über Beverage Empfangsantennen. Ursprünglich wurde diese Art Anpassung nur für reine Empfangsantennen benutzt. Dazu reichen kleine Ringkern aus.

Irgendeinmal hat ein mutiger und experimentierfreudiger OM einen „dicken“ Ringkern verwendet und die Schaltung auch zum Senden ausprobiert, und siehe da, es funktionierte.

Man hat dann diese Art Antennenankopplung mit diversesten Drahtlängen getestet und lange Listen veröffentlicht. Es ergaben sich etwa folgende Resultate:

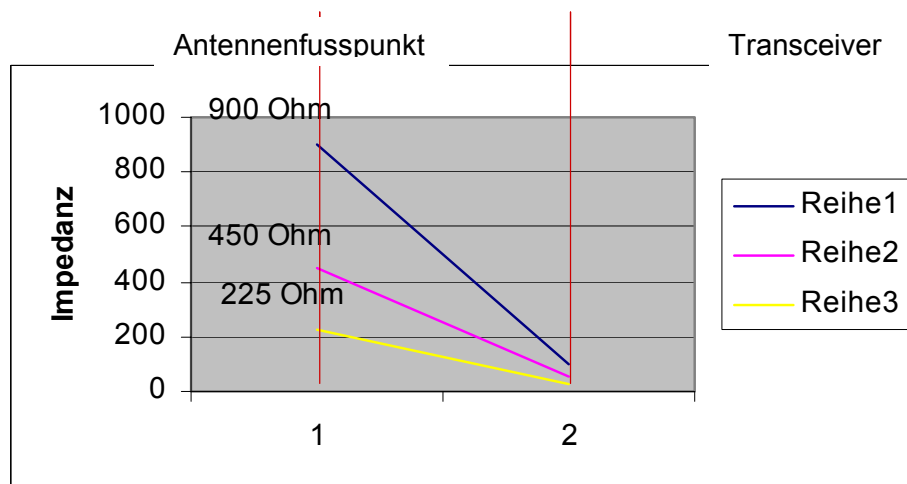
- Drahtlängen die auf einem Amateurband eine $\lambda/2$ - Resonanz (oder Mehrfache davon) aufweisen sind zu vermeiden, da dort Spannungsresonanz auftritt.
- Folgende Drahtlängen scheinen sich in der Praxis zu bewähren:
9 m – 15 m – 18 m – 27 m – 50 m
Mit diesen Drahtlängen liessen sich annehmbare SWR-Werte am Transceiver erzielen. Was für einen Wirkungsgrad eine 9 m lange Antenne auf 80 m (oder 160 m) hat bleibe dahingestellt.

Bei einigen Artikeln zu diesem Thema werden immer nur die Längen des Antennendrahtes angeführt. Von der Länge und Anordnung der Erdleitung wird nichts ausgesagt. Ob eine bestimmte Drahtlänge geht oder nicht hängt auch noch von der Länge der Erdleitung ab, denn diese stellt einen Teil der Antenne dar und strahlt mit. Deshalb sind solche Vorhersagen mit Vorsicht zu geniessen. Man muss das schon selbst am eigenen Standort ausprobieren. Wenn's nicht auf Anhieb geht, nur nicht verzweifeln. Dann versucht man es eben mit einer andern Länge, plötzlich hat man die Länge gefunden die am eigenen Standort eine vernünftige Anpassung auf vielen oder auf allen Bändern ergibt.

Wer auf seinem PC eine Antennen-Symulations-Software installiert hat kann Länge und Lage der Antenne sowie des Erddrahtes eingeben und die Sache am PC soweit optimieren, dass an der aufgebauten Antenne vermutlich nur noch kleine Längenanpassungen notwendig sind.

Was ist nun so wundertätig am 1:9 Impedanztransformator ?

Die am Speisepunkt der Antenne anliegende Impedanz
wird per Definition um den Faktor 9 geteilt.



Wie das obige Bild zeigt werden alle am Antennenfusspunkt anliegenden Impedanzen um den Faktor 9 geteilt. Man ist somit bald einmal in einem Bereich angelangt den der im Transceiver eingebaute Tuner oder der im Shack vorhandenen manuelle Tuner abzustimmen vermag.

Was der 1:9 Impedanztransformator nicht kann:

- Er kann keine reine Spannungskopplung vornehmen. Diese tritt dann auf wenn die Drahtlänge auf einer Frequenz $\lambda/2$ oder ein Vielfaches davon beträgt. Das sind Fälle für spezielle Tuner die mit abgestimmten Schwingkreisen arbeiten.

Weiterhin gilt es beachten:

- Bei der Verwendung des 1:9 Impedanztransformators hat man eine

unsymmetrische Antennenanordnung.

Die HF-Energie sucht sich immer ein Gegengewicht. Wenn sie dieses nicht wie beim Dipol in der anderen Dipolhälfte findet, dann sucht sie sich einen Ausweg. Das kann dann der Mantel des Koaxialkabels sein das den Impedanztransformator speist oder es kann die Erdleitung sein. Eine gute Erdung trägt also zur Steigerung des Wirkungsgrades sowie zur Vermeidung von BCI / TVI bei.

Die Erdleitung vom „Balun“ bis zum Übergang in die Erde strahlt.
Wenn die Erdleitung nicht strahlt, dann strahlt der Mantel des Koaxialkabels !

Etwas strahlt immer !

Mehr Informationen zu diesem Thema findet sich im Beitrag von OM Toni Schelker, HB9EBV, der im Old Man 1-2003 erschienen ist.

5 Eigenschaften einer Antenne

Eine Antenne hat viele Eigenschaften die man beschreiben und definieren kann. Ich möchte mich hier auf einige ausgewählte Eigenschaften konzentrieren die für den „praktischen Antennenbauer“ wichtig sind.

5.1 Strom- und Spannungsverteilung auf einer Antenne

Um zu verstehen was in einer Antenne passiert und nicht zuletzt auch um zu verstehen warum etwas nicht so läuft wie man es gerne hätte ist es notwendig sich mit den Gesetzen der Strom- und Spannungsverteilung auf einer Antenne auseinander zu setzen.

Die grundlegenden physikalischen Gesetze lauten:

- Die Strom- und Spannungsverteilung auf einer Antenne verläuft sinusförmig.
- Strom und Spannung verlaufen um 90° verschoben.

Diese Tatsachen sind eigentlich allgemein bekannt. Was uns mehr interessiert ist die Frage warum gewisse Antennenarten und gewisse Drahtlängen funktionieren und andere nicht.

Um dies zu verstehen müssen wir uns gewisse unverrückbare Eckwerte vor Augen halten die bei jeder Antenne ihre Bedeutung haben.

Wer kennt ihn nicht, den Blödelsspruch: Alles hat ein Ende, nur die Wurst hat zwei.

Der Erfinder dieses Spruchs hat ausser Acht gelassen, dass es noch andere Dinge im Leben gibt die „zwei Enden“ haben. Dazu gehören auch Antennen.

Jede Antenne hat

- Einen Einspeisepunkt sowie
- Zwei Enden

Im praktischen Antennenbau haben wir die meisten Probleme mit dem Einspeisepunkt. Am Einspeisepunkt müssen wir nämlich die HF-Energie vom Speisekabel auf die Antenne transferieren. Und genau in diesem Punkt hapert es des öfteren. Wir kriegen ein hohes SWR auf dem Speisekabel, die Antenne will die Energie nicht aufnehmen. Eventuell haben wir vagabundierende HF die Störungen aller Art verursacht.

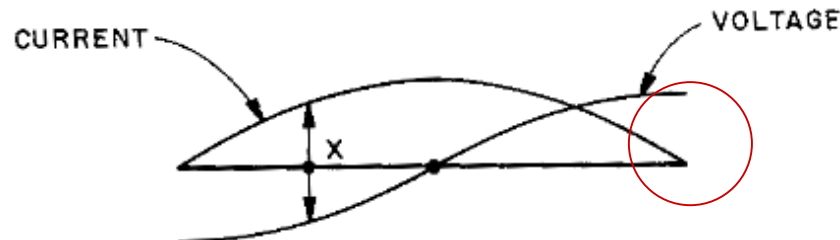
Wie können wir voraussagen was am Einspeisepunkt passiert und mit welcher Impedanz dort gerechnet werden muss?

Hier gibt es ein probates Mittel. Wenn man nämlich weiss was an den Enden der Antenne passiert, dann kann man Rückschlüsse auf den Einspeisepunkt ziehen.

Ich kenne 3 unverrückbare „Facts“. Deren Kenntnis hilft hier weiter:

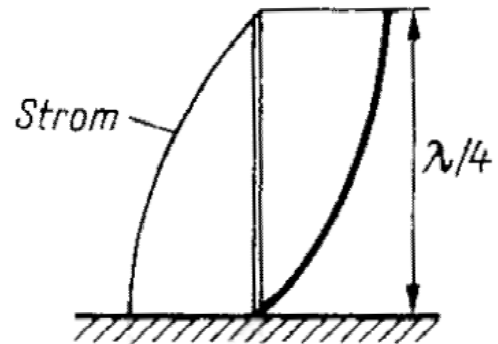
- **Freies Ende = Spannungsbauch**

Jedes freie Ende einer Antenne, d.h. dort wo ein Isolator eingefügt wird, liegt per Definition immer in einem Spannungsbauch. Dies ist immer so und zwar unabhängig von der Antennenlänge oder der verwendeten Frequenz.



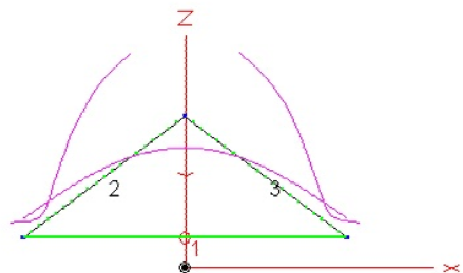
- **Geerdetes Ende = Strombauch**

Wenn ein Ende einer Antenne geerdet ist, dann liegt am Punkt des Übergangs des Erddrahtes in die Erde ein Strombauch. Dies ist immer so und zwar unabhängig von der Antennenlänge oder der verwendeten Frequenz.



- **Sonderfall „Schleifenantenne“**

Bei einer Schleifenantenne, die ja nur über einen Einspeisepunkt, jedoch über keine Enden verfügt, liegt an dem Punkt der dem halben Schleifenumfang entspricht ein Strombauch. Dies ist bei einer symmetrischen Schleife der dem Einspeisepunkt gegenüberliegende Punkt.



Vereinfacht ausgedrückt:

l = Schleifenlänge
bei $0.5 l$ = Strombauch

Dies ist immer so und zwar unabhängig von der Schleifenlänge oder der verwendeten Frequenz.

Um zu verstehen was am Einspeisepunkt passiert ist es notwendig, unter Beachtung der oben erwähnten „Facts“ von den freien Enden aus in Richtung Einspeisepunkt die Strom- und Spannungsverteilungen bei einer bestimmten Frequenz zu zeichnen oder zu rechnen.

Bei einer **resonanten Antenne** gehen die Sinuskurven von einem Antennen-Ende zum anderen durch. Dann lässt sich die Impedanz am Einspeisepunkt aus der Relation der Stromkurve und der Spannungskurve abschätzen oder rechnen.

Bei einer **nicht resonanten Antennen** gibt es am Einspeisepunkt ein Knatsch, d.h. die Kurven stossen wild aufeinander. Man kann dies auch als eine Stosstelle bezeichnen. Es ist dann die Aufgabe eines Anpass-Netzwerkes oder eines Antennenkopplers mit dieser Situation fertig zu werden und die Antenne korrekt anzupassen.

5.2 Die Bandbreite einer Antenne

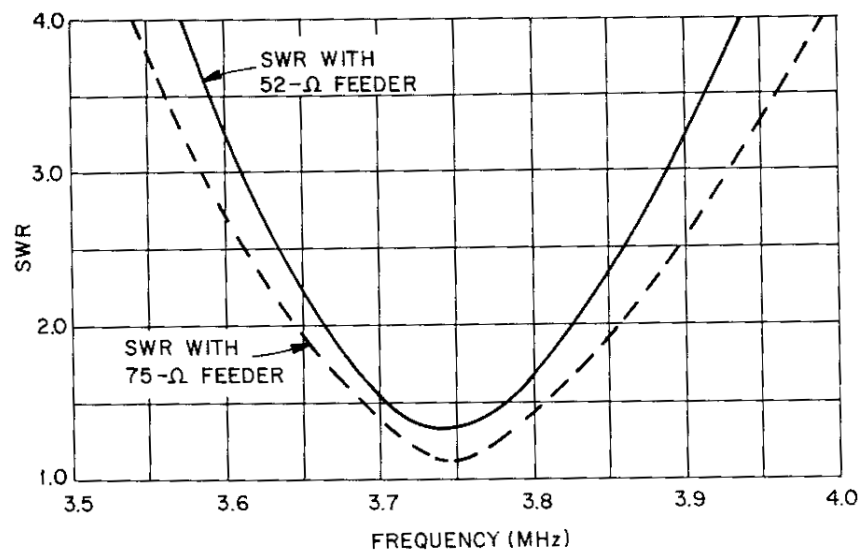
Rein theoretisch betrachtet hat eine Antenne eigentlich keine Bandbreite. Jede beliebige Antenne lässt sich unter Verwendung von Koppelnetzwerken auf jeder beliebigen Frequenz verwenden.

Wenn man im Amateurfunk von der Bandbreite einer Antenne spricht, dann hat das ganz praktische Gründe.

- Unsere heutigen Transceiver haben einen Antennenausgang der für eine Impedanz von $50\ \Omega$ ausgelegt ist.
- Die meisten modernen Transceiver lassen beim Senden ein SWR von max. 1:2 zu bevor eine Schutzschaltung die Leistung zurückregelt.

Somit hat es sich eingebürgert die Bandbreite einer Antenne so zu definieren:

- **Die Bandbreite einer Antenne ist derjenige Frequenzbereich innerhalb dem das SWR den Wert von 1:2 nicht überschreitet.**



Das obige Bild zeigt die typische SWR Kurve eines „full-size“-Dipols für das 80m Band.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör

Daraus ersieht man die Faustregel:

Ein Dipol hat eine SWR 1:2 Bandbreite von ca. 5 % der fres

Welche Bandbreiten weisen denn unsere Bänder auf, bezogen auf die untere Bandgrenze?

• 160 m	10.5 %
• 80 m	8.5 %
• 40 m	1.5 %
• 30 m	0.5 %
• 20 m	2.5 %
• 17 m	0.6 %
• 15 m	2.2 %
• 12 m	0.4 %
• 10 m	6.1 %

Daraus geht hervor, dass eigentlich nur auf den Bändern 160 m und 80 m und evtl. noch auf dem 10 m Band mit einem auf Bandmitte abgestimmten Dipol die SWR 1:2 Bandbreite überschritten wird. Dies bezieht sich auf „full-size“-Dipole. Verkürzte Dipole haben schmalere Bandbreiten. Je höher die Verkürzung getrieben wird umso enger wird die nutzbare Bandbreite.

5.3 SWR & Cie.

SWR & Cie. ist für Funkamateure ein scheinbar endloses Thema. Vor mir haben schon viel berufenere OM's versucht Licht in das SWR-Dunkel zu bringen. Meistens mit durchgezogenem Erfolg.

Beschränken wir uns deshalb auf das wesentliche und zwar in Form einiger Fragen die immer wieder an die Oberfläche geschwemmt werden:

Was muss ich tun um bei meiner Antenne ein SWR von 1:1 zu erzielen ?

Um diese Frage beantworten zu können muss man sich zuerst mal vor Augen halten welche Fusspunktimpedanzen übliche Antennen aufweisen:

• Dipol	= 65 Ω
• Vertikalantenne	= 36.6 Ω
Strahlerlänge $\lambda/4$ mit $\lambda/4$ Radials	

Wir sehen bald, dass keine dieser Antennen ein SWR von 1:1 aufweisen kann. Dies zeigt auch die unter „Bandbreite einer Antenne“ gezeigte SWR Kurve eines 80 m Dipols. Wenn man den Dipol in der Form einer „Inverted Vee“ konstruiert, d.h. die Dipolhälften hängen nicht horizontal, sondern neigen sich leicht nach unten, dann kann man eventuell durch verändern des Steigungswinkels eine Anpassung des SWR gegen 1:1 hin erreichen. Wenn hingegen eine Vertikalantenne, eine sog. „Ground-Plane“, ein SWR von gegen 1:1 aufweist, dann freut sich zwar der eine oder andere OM an der Tip-Top abgeglichenen Antenne. Gewisse OM's freuen sich lange, andere OM's freuen sich nur so lange bis sie realisiert haben, dass die Differenz zwischen 36.6 Ω und 50 Ω (und das sind satte 13.4 Ω oder 36 %) aus Verlustwiderständen besteht. Wer verheißt schon gerne ein gutes Drittel der kostbaren Sendeenergie ?

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör

Alles klar ?

Also, lieber eine optimale Antenne und ein gewisses Mass an SWR auf der Speiseleitung als eine „SWR 1:1 - Anpassung“ die dank der gütigen Mithilfe von Verlustwiderständen zustande gekommen ist.

Das SWR lässt sich ja immer noch mit einem Antennenkoppler kompensieren. Aber aufgepasst, auch Antennekoppler arbeiten nicht verlustfrei!

Kann man eine Antenne auch ausserhalb der Resonanzfrequenz benützen ?

Hier lautet die Antwort:

Im Prinzip ja, aber man lasse bitte den gesunden Menschenverstand walten.

Was meine ich damit ?

Von der Theorie her ist es so, dass sich jedes beliebige elektrisch leitende Objekt mittels einer geeigneten Anpassschaltung auf jede beliebige Frequenz abstimmen lässt.

Die Frage dabei ist lediglich:

- Wie ist der Wirkungsgrad ?
- Wie ist die Abstrahlung ?
- Was passiert auf der Speiseleitung ?

Dies soll an 2 Praxisfällen erläutert werden:

- Ein Dipol der für das 80 m Band bemessen ist lässt sich mittels eines Antennenkopplers ohne weiteres über das ganze Band benutzen. Die SWR-Werte die auf dem Speisekabel auftreten sind so, dass sie vom Antennenkoppler ohne weiteres verarbeitet werden können.
- Ein Dipol der für das 20 m Band ausgelegt ist lässt sich theoretisch mittels einem geeigneten Antennenkoppler auf dem 160 m Band abstimmen. Der Wirkungsgrad dieser Antenne ist allerdings miserabel, da die Antenne viel zu kurz ist. Regel 3 die besagt „Strom strahlt“ ist hier nicht erfüllt, die Antenne besteht nur noch aus „Spannungsbäuchen“.

Welches SWR ist auf der Speiseleitung zulässig ?

Um diese Frage zu beantworten sind folgende beiden Fälle zu unterscheiden:

- **Ohne Antennenkoppler:**
Die meisten heutigen Transceiver akzeptieren ein SWR von max. 1:2 und liefern noch die volle Leistung. Bei höherem SWR regeln sie die Leistung zurück um die PA zu schützen. Hier ist die Limite ganz klar bei SWR 1:2.
- **Mit Antennekoppler:**
Durch Verwendung eines Antennekopplers machen wir die PA glauben es liege 50 Ω an und die PA liefert die volle Leistung. Vom Antennenkoppler aus gesehen in Richtung Transceiver haben wir also ein SWR innerhalb 1:2. Vom Antennenkoppler aus in Richtung Antenne haben wir irgendein SWR.

Die Frage welches SWR auf dem Antennekabel zulässig ist hängt von verschiedenen Faktoren ab. Dabei ist die Kabellänge, die Frequenz und die Ausgangsleistung zu beachten.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör

- Lange Kabel bringen halt mehr Verluste
- Bei zunehmender Frequenz steigen die Verluste an
- Bei hohen Leistungen ist die Spannungsfestigkeit des Kabels zu beachten.

Wie verhalte ich mich persönlich?

Ich muss gestehen, ich gehe mit SWR relativ locker um. Auf den unteren Bändern (160 m – 80 m – 40 m) ist mir das SWR eigentlich egal solange die Antenne nach allen Regeln der Kunst gut strahlt. Was nützt mir das beste SWR wenn die Antenne nicht strahlt. Ein sehr gutes SWR erzielt man bekanntlich mit einer Dummy-Load. Es wurden zwar schon QSO's mit der Dummy-Load realisiert, deren Anzahl hält sich aber in Grenzen.

Viel wichtiger ist es, dass sich das SWR gegenüber dem Ursprungszustand nicht verändert. Das sind dann Anzeichen, dass irgendwo etwas nicht in Ordnung ist. Es empfiehlt sich deshalb alle SWR Werte einer Antenne im Neuzustand zu notieren und von Zeit zu Zeit nachzumessen. Wenn die SWR Werte langsam aber sicher ansteigen, dann deutet dies auf irgendwelchen „Möder“ hin. Das können korrodierte Stecker sein oder ein Koaxialkabel das langsam aber sicher absäuft.

Im 160 m Band ist meine Antenne auf das CW Band ($f_{res} = 1830 \text{ kHz}$) abgeglichen. Wenn ich nun einmal auf 1991 kHz (der HB9-er SSB Frequenz) ein Schwätzchen halten will, dann kommt der Antennekoppler zum Zug. Das SWR auf dem Speisekabel strebt dann zwar „gegen unendlich“. Die QSO Partner attestieren mir immer eine überdurchschnittliche Lautstärke und dem Koaxialkabel (RG-213) ist noch nie etwas passiert. Nur einmal, als ich die PA einschaltete, hat es bei $P_{max} = 1 \text{ kW}$ Spitze im Antennenkoppler drin einen „rüdigen Chlapf“ gegeben und ein Schalter, der das Zusatz-L (die zusätzliche Spule die notwendig ist um überhaupt auf 160 m zu gelangen) einschaltet, hat sich mit Getöse verabschiedet. Aber das war allein mein Fehler. Da ich in meiner Bastelkiste den „richtigen“ Schalter nicht vorrätig hatte, habe ich halt den „zweitbesten“ eingebaut. Der ging zwar mit 100 W, aber bei 1 kW hat er sich nicht mehr so wohl gefühlt.

Man lernt halt immer etwas dazu !

Meine Empfehlung:

Nehmt das mit dem SWR nicht zu streng !

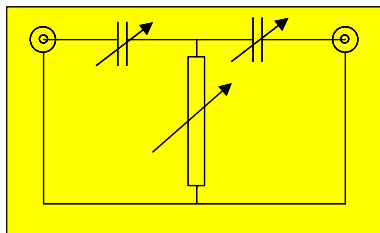
Ein guter Antennenkoppler hilft über vieles hinweg !

6 Instrumente

6.1 Antennenkoppler

Antennenkoppler gibt es in allen möglichen Ausführungen und Schaltungsvarianten. Jeder Hersteller propagiert seinen Koppler als das einzig Wahre. In der Realität zeigt es sich, dass fast alle Antennenkoppler den Job erfüllen, den man von ihnen verlangt. Auf den Bändern 80 m bis 10 m funktionieren die Mehrzahl der Antennenkoppler problemlos. Auf dem 160 m Band ist erfahrungsgemäss bei vielen Antennenkopplern der Abstimbereich recht eingengt. Daran sind schlichtweg „pekuniäre“ Gründe schuld. Die Drehkondensatoren sind meistens zu klein, sie haben zuwenig Kapazität. Grössere Drehkondensatoren kosten mehr Geld ... und der Antennenkoppler soll ja zu einem vernünftigen Preis angeboten werden können. Dazu kommt, dass Drehkondensatoren von 500 pF und mehr meistens eine beachtliche Minimal-Kapazität aufweisen, was dann wieder die Abstimmung auf 28 MHz beeinträchtigt. 160 m Freunde bauen sich deshalb am besten einen separaten Koppler für dieses Band.

Antennenkoppler haben zwar meistens mindestens 3 Knöpfe. Trotzdem ist ihr Innenleben alles andere als geheimnisvoll.



Ein simpler, heute oft verwendeter Antennenkoppler besteht aus:

- 2 Drehkos (meist 300 pF)
- 1 Spule (mit Anzapfungen oder Rollspule)

Dieser Koppler koppelt innerhalb vernünftiger Grenzen zwischen 80 m und 10 m fast alles an. Bei 160 m ist sein Einstellbereich eingeschränkt.



So kann der oben erwähnte Antennenkoppler typischerweise aussehen. Hier eine Version für die Bänder 80 – 10 m.

ACHTUNG:

Diese Art Antennenkoppler ist nicht für reine Spannungskopplung geeignet.

Wie geht man beim Abstimmen vor:

- Die kleinstmögliche Leistung verwenden bei der das SWR Meter noch einen vernünftigen Ausschlag zeigt.
- Die beiden Drehkondensatoren (meist mit ANTENNA und TRANSMITTER bezeichnet) in Mittelstellung bringen.
- Mit der Rollspule oder mit dem Spulenabgriffschalter (meist mit INDUCTANCE bezeichnet) diejenige Stellung suchen bei der das kleinste SWR auftritt.
- Dann mit den beiden Drehkondensatoren das minimale SWR suchen. Man kann nicht immer SWR 1:1 erzielen, man sucht natürlich das Minimum. Im Grund genommen ist eigentlich alles unter SWR 1:2 bereits i.O.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör

In der Praxis kann es vorkommen, dass man für eine bestimmte Frequenz zwei verschiedene Einstellungen findet, die beide optimales SWR auf dem Koax zwischen Antennenkoppler und Transceiver ergeben. Häufig ist es dann so, dass bei einer Stellung die Leistung wirklich auf die Antenne geht und in der anderen Stellung die Leistung intern im Antennkoppler verbraten wird. Dies ist die sog. „Kamikaze-Stellung“. Es ist jeweils schwer zu sagen welche Stellung die Richtige ist. Um dies herauszufinden schaltet man ein zweites SWR Meter (oder ein HF-Amperemeter) in die Zuleitung zwischen Antenne und Antennenkoppler. Diejenige Stellung die an letzterem Instrument den höheren Ausschlag gibt ist die richtige.

Man merke sich:

**Der grösste Strom in der Antenne (oder Zuleitung)
ist immer die optimale Abstimm-Einstellung.**

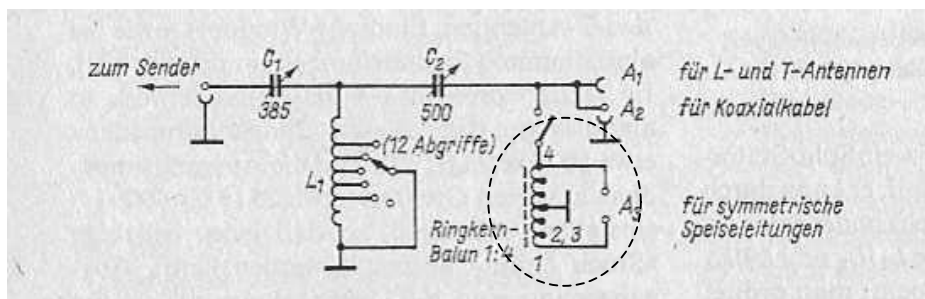
6.2 Antennenkoppler für symmetrische Speiseleitungen

Antennenkoppler für symmetrische Speiseleitungen sind ein Spezialgebiet für sich. Es gibt unzählige brauchbare (und auch weniger brauchbare) Schaltungen. Der beste Antennenkoppler für symmetrische Speiseleitungen war wohl die JOHNSON MATCHBOX aus den 1950'er Jahren. Mit dieser „Matchbox“ konnte man wirklich jede Impedanz zwischen $5\ \Omega$ und ∞ anpassen. Aber ... wer hat schon eine solche „Matchbox“ ... und wer eine hat gibt sie nicht her. Bekannt sind auch die symmetrischen Tuner von Annecke (D) die es, wenn mein Wissensstand korrekt ist, heute auch nicht mehr zu kaufen gibt.

Glücklicherweise gibt es aber auch noch eine andere Lösung mit der man die ersten Versuche mit symmetrischen Speiseleitungen machen kann und das ist

der 1:4 Balun (50 / 200 Ω)

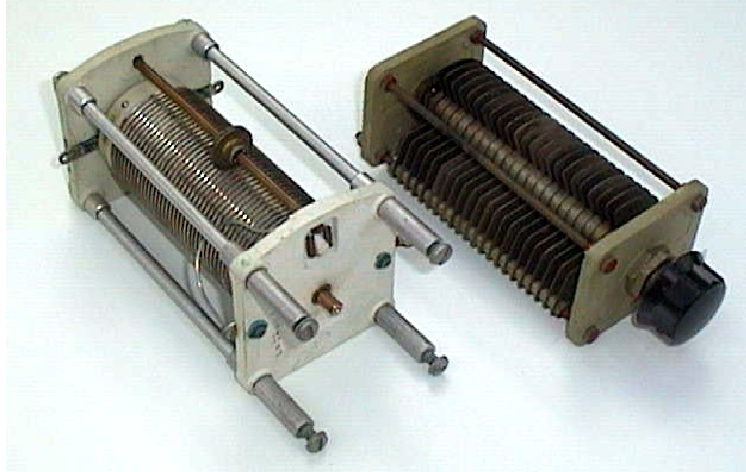
Der 1:4 Balun ist zwar nicht ideal und er hat einen eingeschränkten Abstimbereich. Stromkopplung geht gut, bis mittlere Impedanzen geht es auch gut. Bei hohen Impedanzen beginnen sich Probleme einzustellen und mit einer reinen Spannungskopplung wird der 1:4 Balun nicht fertig. Bei stark reaktiven Impedanzen kann der Kern in die Region der Sättigung kommen und sich erwärmen. In der Praxis kann man damit aber arbeiten. Bei den meisten Antennen-Beschrieben sind „ideale Speiseleitungs-Längen“ angegeben. Diese sind dann jeweils so, dass eine Anpassung über einen 1:4 Balun möglich ist.



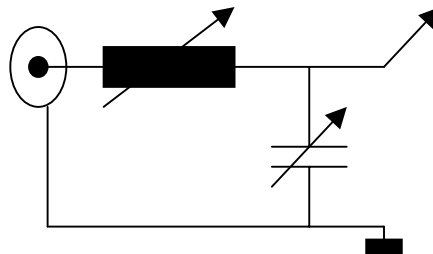
Das obige Bild zeigt einen Antennenkoppler der mit einem 1:4 Balun ausgerüstet ist und die Ankopplung von symmetrischen Speiseleitungen erlaubt.

6.3 Selbstbauprojekt: Antennenkoppler

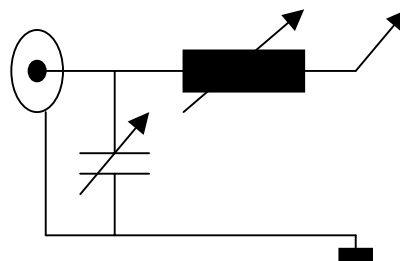
Antennenkoppler sind lohnende Selbstbauprojekte. Im einfachsten Fall werden lediglich ein einziger Drehkondensator sowie eine Spule mit Anzapfungen, oder besser eine Rollspule benötigt.



Wenn solche Komponenten wie Rollspulen oder Sende-Drehkos (mit grossem Plattenabstand) auf Flohmärkten auftauchen dann heisst es sofort zugreifen. Mit den beiden abgebildeten Komponenten lässt sich bereits ein Antennenkoppler aufbauen gemäss folgendem Schema.



Diese Schaltung eignet sich zur Anpassung von Impedanzen $Z > 50 \Omega$. Dies ist der in der Praxis am häufigsten anzutreffende Fall. Sollen einmal Impedanzen angepasst werden mit $Z < 50 \Omega$, (z.B. verkürzte Antennen) dann kehrt man den Koppler einfach um, wie folgt:



6.4 Automatische Antennenkoppler

Automatische Antennenkoppler sind eine schöne Sache. Sie arbeiten genau wie ein manueller Antennenkoppler, einfach automatisch. Dank dem automatischen Betrieb können automatische Antennenkoppler dort platziert werden wo sie die beste Wirkung zeigen, nämlich am Einspeisepunkt der Antenne. Die beiden nachstehenden Bilder zeigen einen automatischen Antennenkoppler der US Firma SGC



Es gibt zwar automatische Koppler die mit motorgetriebenen Drehkos arbeiten. Im allgemeinen sind jedoch bei automatischen Kopplern die Induktivitäten und Kapazitäten nach dem Binärprinzip in Festwerte aufgeteilt, die mittels Relais umgeschaltet werden. Eine Schaltung misst laufend das SWR und nimmt die Relaiseinstellungen vor. Gute automatische Antennenkoppler speichern für jede Frequenz die einmal gefundenen Abstimmwerte.

Die Abstimmung wird mit reduzierter Ausgangsleistung durchgeführt.

Alles was ein manueller Antennenkoppler nicht kann können auch automatische Antennenkoppler nicht, nämlich:

spannungsgekoppelte Antennen anpassen !

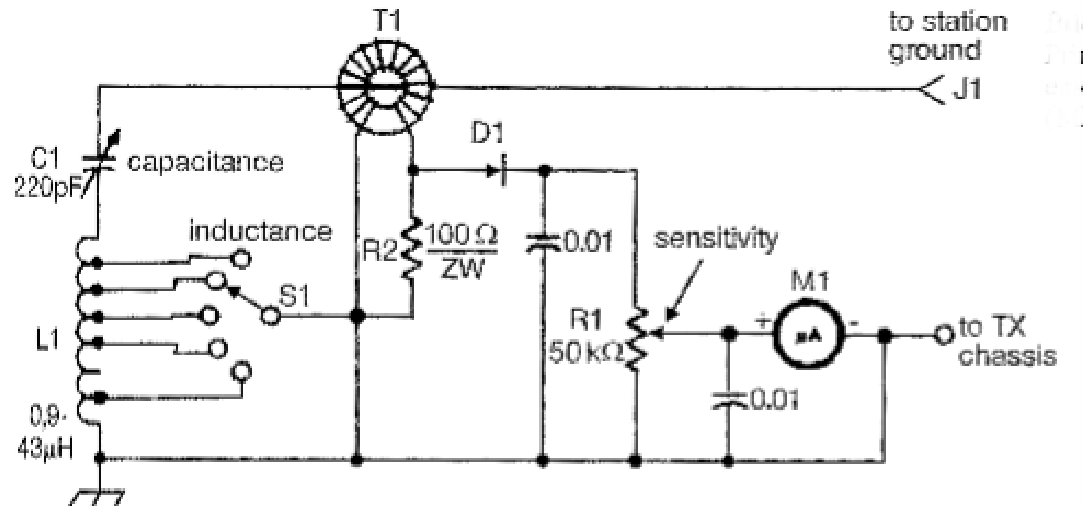
d.h. die Drahtlänge der Antenne darf auf keinem Band $\lambda/2$ oder ein Vielfaches davon betragen.

Etwas das öfters vergessen wird:

Automatische Antennenkoppler eignen sich sehr gut zur Anpassung von unsymmetrischen Antennen, d.h. Antennen, die nicht wie ein Dipol symmetrisch aufgebaut sind, sondern aus einem simplen Antennendraht irgendwelcher Länge bestehen. Damit eine solche Antenne überhaupt funktionieren kann muss der Antennenkoppler geerdet werden. In solchen Fällen muss man sich immer vor Augen halten, dass die **Erdleitung** vom Koppler bis zu dem Punkt wo der Erdleiter in die Erde übergeht **ein Teil der Antenne ist und strahlt**.

Wenn man dies nicht berücksichtigt und „das Erden“ vergisst, dann ist Zoff vorprogrammiert. Die HF Energie sucht sich dann einen anderen Ausweg und der Erdfeld wird dann mit grösster Wahrscheinlichkeit über den Mantel des Speisekabels realisiert. Man hat dann „vagabundierende HF“ im Haus, mit allen Konsequenzen.

6.5 Erdleitungskoppler



Zu diesem Gerät sagt Rothammels Antennenbuch:

Der Erdleitungs-Koppler, auch als „künstliche Erde“ bezeichnet, ergänzt die Erdleitung oder ein Gegengewicht zu einem abstimmbaren Serienschwingkreis. Während bei symmetrisch gespeisten Antennen (Dipole) die HF-Erde keine Rolle spielt ist dies bei endgespeisten Antennen oder bei end- oder asymmetrisch gespeisten Dipolen (z.B. FD4) von Bedeutung. Wer in einer modernen Wohnung wohnt, wo die Heizungsrohre und Wasserleitungsrohre teilweise aus Kunststoff sind und der Weg zu einem Erdanschluss sehr weit ist, der hat ernsthafte Probleme seine Station HF-mässig zu erden.

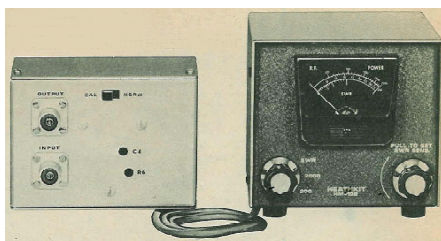
Mit dem Erdleitungs-Koppler kann man nun ein Stück Draht beliebiger Länge oder eine Verbindung zu einer entfernten Erde (Wasserleitung, Zentralheizung oder Hilfsender) auf Resonanz (Serienresonanz) abstimmen. Dazu wird die Masse des Erdleitungskopplers mit der Masse des Transceivers bzw. mit der Masse der Matchbox (Antennenkoppler) verbunden und der isolierte Anschluss am Erdleitungskoppler wird mit der abzustimmenden (Erd-)Leitung verbunden. Ein beliebig langer isolierter Draht wird so zu einem elektrisch $\lambda/4$ langen Gegengewicht.

Wie das obige Schema zeigt handelt es sich um eine Serieschaltung einer Spule und eines Drehkondensators. Diese bilden zusammen mit der ebenfalls in Serie geschalteten (Erd-)Leitung einen Serienschwingkreis der auf die Sendefrequenz abgestimmt wird. Als Abstimmhilfe dient das Messinstrument M1. Dieses erhält seine Information über den Stromwandler T1. T1 misst den Strom in der Erdleitung und erzeugt daraus über R2 eine äquivalente Spannung. Diese wird durch die Diode D1 gleichgerichtet und über das Potentiometer R1 dem Instrument zugeführt. Das Potentiometer R1 dient der Empfindlichkeitseinstellung.

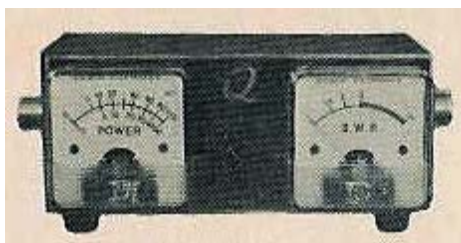
In der Praxis wird der Drehkondensator C1 in die Mittelstellung gebracht. Dann wird eine kleine Leistung auf den Sender gegeben und es werden die Spulenanzapfungen durchgeführt bis man die Stellung findet die am Instrument M1 den grössten Ausschlag erzeugt. Dann dreht man den Drehkondensator C1 in die Stellung die den höchsten Ausschlag am Instrument M1 erzeugt. So hat man die Erdleitung auf die betreffende Sendefrequenz abgestimmt. Bei grösseren Frequenzänderungen oder bei Bandwechsel muss natürlich der Erdleitungskoppler neu abgestimmt werden.

6.6 SWR-Meter

Jeder OM kennt sie, die SWR Meter. Sie zeigen das Stehwellenverhältnis (SWR = standing wave ratio) an. SWR Meter gibt es in den verschiedensten Ausführungen:



Ein SWR Meter mit einem Instrument und abgesetztem Sensorkopf. Der Nachteil der 1-Instrument Variante ist die Tatsache, dass zwischen Vor- und Rückwärtsleistung umgeschaltet werden muss. Dies macht Abstimmvorgänge etwas mühsam.



Dieses SWR Meter verfügt über 2 Instrument, d.h. man kann gleichzeitig sowohl die Vorwärts- wie auch die Rückwärtsleistung beobachten. Dies erleichtert das Abstimmen mittels einem manuellen Antennenkoppler ungemein.



Dieses Instrument ist ein sog. Kreuzzeigerinstrument. Die linke Skala zeigt die Vorwärtsleistung, die rechte Skala die Rückwärtsleistung. Dieser Instrumententyp ist mein Favorit. Ich besitze ein Exemplar das 3 verschiedene Messbereiche aufweist:
0 – max. 15 W (gut zum Abstimmen)
0 – max. 150 W (mit 100 W TRX)
0 – max. 1500 W (für QRO Betrieb)

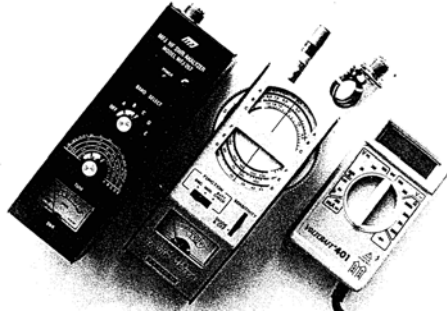
6.7 Messinstrumente für den Antennenbau

Man kann zwar KW-Antennen auch ohne Messgeräte bauen, aber dies gleicht einem Blindflug. KW-Antennen sollte man nie sklavisch nachbauen. Ich bin persönlich davon überzeugt, dass die Werte die in einem Antennenbuch oder einem Antennenartikel angegeben werden im QTH des Verfassers gestimmt haben. Die Ideen hinter den beschriebenen Antennen sowie die Größenordnung der gemachten Längenangaben stimmen. Es ist das „Fine-Tuning“ das jeder an seinem QTH selbst vornehmen muss. Deshalb Regel 5 = „Drahtlänge + 5 %“. Man ist dann auf der sicheren Seite, die Resonanzfrequenz wird am Anfang immer zu tief sein. Und dann geht das „Fine-Tuning“ los und zwar solange bis die Antenne am eigenen Standort auf der richtigen Frequenz Resonanz aufweist.

Für den Abgleichvorgang (Fine Tuning) am eigenen Standort benötigt man ein Minimum an Messinstrumenten. Dafür kommen in Frage:

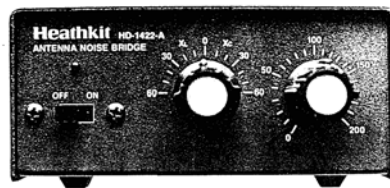
Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör

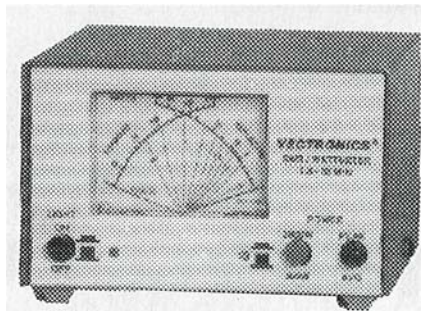


Von links nach rechts:

- SWR Analysator (einfache Ausführung mit durchgehendem Oszillator und 1 Instrument das das SWR anzeigt.
- Grid-Dip Meter
- Vielfachinstrument



- Rauschbrücke zur Bestimmung der Impedanz aufgeteilt nach Realanteil und Imaginäranteil



- SWR Meter

Einige Bemerkungen zu den verschiedenen Instrumenten:

- **Grid-Dip Meter**

Das Grid-Dip Meter ist neben dem Volt- und Ampere-Meter eines der ältesten Instrumente im Amateurfunk überhaupt. Es handelt sich dabei um einen einfachen Oszillator dessen Bereich sich durch Steckspulen umschalten lässt. Der gesamte Bereich umfasst meistens 1.5 MHz bis ca. 160 MHz. Wenn man an der Steckspule induktiv einen Schwingkreis oder sonst etwas das eine klare Resonanz hat (und dazu gehören auch Antennen) ankoppelt, dann ergibt sich bei Übereinstimmung der Frequenz des Grid-Dippers und des Prüflings am Instrument des Grid-Dippers ein sog. „Dip“, d.h. ein Ausschlag nach unten. Früher war das das einzige dem Budget eines Amateurs angepasste Instrument, das Messungen ausserhalb des Bereiches des eigenen Senders (d.h. ausserhalb der Amateurbänder) erlaubte. Der Pferdefuss dieses Instrumentes ist die sehr rudimentäre Frequenzablesung und „Dips“ die bisweilen recht breit sind. Das kHz-genaue Trimmen einer Antenne ist damit fast unmöglich.

- **Vielfach-Instrument**

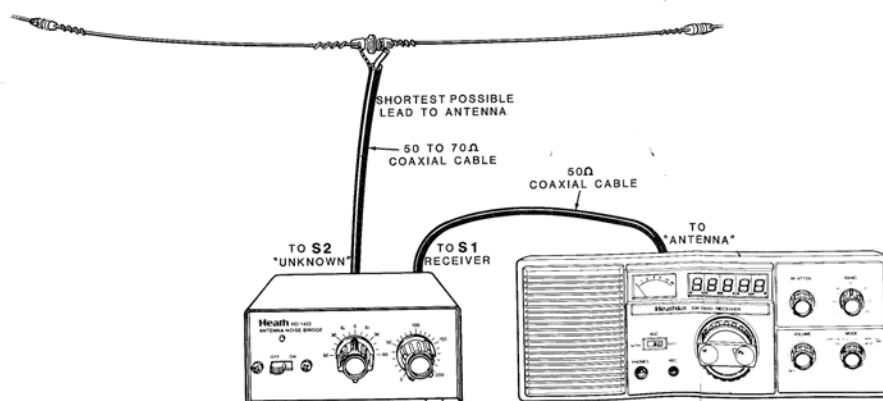
Was soll denn ein Vielfach-Instrument beim Antennenbau? Die Erfahrung zeigt, dass ab und zu mysteriöse Zustände eintreten die weit weg sind von dem was man eigentlich erwartet. Es ist in solchen Fällen nicht schlecht zuerst einmal einige simple Plausibilitätsprüfungen vorzunehmen, z.B. hat das Antennenkabel überhaupt Durchgang oder ist ein Stecker versauert, etc.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör

- **Rauschbrücke**

Das nächste Instrument nach dem Grid-Dip Meter, das dem Amateur für Antennenmessungen zur Verfügung stand, ist die Rauschbrücke. Ein beliebtes Selbstbauprojekt war jeweils die Rauschbrücke von Heathkit. Die Rauschbrücke wird zwischen RX und Antenne eingeschlaucht. Mit den beiden Drehknöpfen für R (Realanteil) und X (Imaginäranteil) wird die Rauschbrücke auf minimales Rauschen abgeglichen. Die Werte für R und X_L / X_C lassen sich mit hinreichender Genauigkeit direkt ablesen. Zugegeben die Handhabung mutet im Vergleich mit modernen Antennenanalysatoren zwar etwas umständlich an, aber es funktioniert. Einer der Vorteile der Rauschbrücke besteht darin, dass man nicht nur den Resonanzpunkt feststellen kann, sondern auch noch bei beliebigen Frequenzen die Werte für R und X mit für Amateurzwecke genügender Genauigkeit feststellen und ablesen kann.



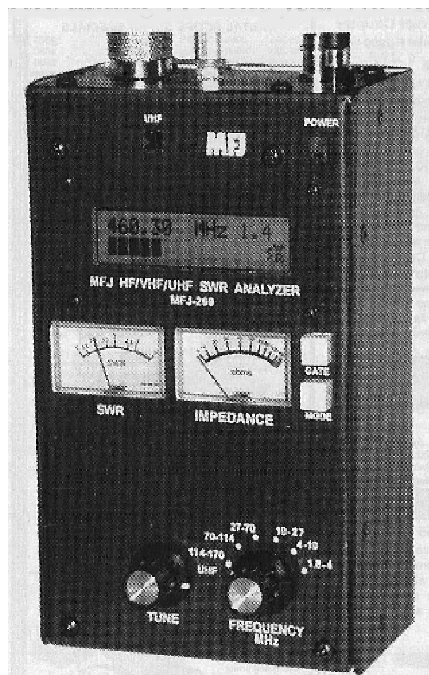
- **SWR Analysator**

**My
Favourite**

Dies ist für alle die gerne mit Antennen experimentieren eine lohnend Investition. Ich selbst verwende einen MFJ-269 der ersten Generation, der noch nicht alles kann was die heutigen Ausführungen direkt anzeigen. Es gibt auch andere Instrumente verschiedener Hersteller die alle etwa dasselbe können. Die Instrumente verfügen alle über einen durchgehenden Oszillator der bei etwa 1.7 MHz beginnt und bei etwa 160 MHz endet. Die neuesten MFJ Geräte haben separat sogar noch das 70 cm Band vorgesehen. Der Oszillator ist zwar nicht besonders stabil, das spielt aber keine Rolle, da ein eingebauter Counter (Frequenzzähler) die eingestellte Frequenz mit der nötigen Präzision anzeigt. Ein kleines Zeigerinstrument zeigt das SWR an. Man sieht beim Durchdrehen des Oszillators sofort bei welchen Frequenzen eine Antenne Resonanz aufweist. Dort zeigt das Instrument einen „Dip“ (Aus Schlag nach unten). Ein zweites Zeigerinstrument zeigt die Impedanz in „Ohm“. Der Wert ist zwar die komplexe Impedanz, aber mit ein bisschen Übung sieht man sofort ob die Antenne bei der Resonanzfrequenz „induktiv“ oder „kapazitiv“ ist. Die modernen Versionen dieser Instrument zeigen sogar den komplexen Wert aufgeteilt in R und X_L / X_C .

Mit dem Instrument lassen sich noch eine Vielzahl anderer Messungen durchführen. Dies beginnt beim Ausmessen eines Baluns und endet damit, dass man die Länge einer Rolle Koaxialkabel bestimmen kann, ohne dass man das Kabel abrollt und nachmisst. Dazwischen liegen unzählige Anwendungsmöglichkeiten.

Der eingebaute Frequenzzähler kann auch separat als „Counter“ benutzt werden und erspart einem so gleich noch die Anschaffung eines weiteren teuren Messgerätes.

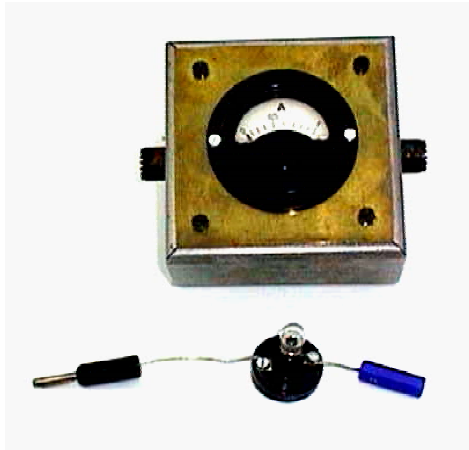


Für mich selbst ist dieses Instrument eines der wichtigsten Instrumente im Zusammenhang mit Amateurfunk geworden.

6.8 Antennenstrom-Messung

Speziell wenn man sich der Hilfe von Antennenkopplern bedient besteht die Gefahr, dass man einer „Kamikaze“-Einstellung des Antennenkopplers auf den Leim geht. Das sind Einstellungen, die zwar in Richtung Transceiver ein perfektes SWR vortäuschen, aber in Richtung Antenne ist nichts los. Die gesamte Leistung wird im Innern des Antennenkopplers verbraten. Im Extremfall zerstört sich dabei der Antennenkoppler selbst. Dies lässt sich vermeiden indem man die Ausgangsleistung, die auf die Antenne geht, überwacht. Dies kann durch ein weiteres SWR Meter in der Zuleitung zwischen Antennenkoppler und Antenne geschehen. Genau so gut kann man auch eine Antennenstrom-Messung mittels eines HF-Amperemeters durchführen. HF-Amperemeter arbeiten auf der Basis von Hitzdrahtinstrumenten oder mittels Thermoumformern. Früher, zur Zeit der Glühtransistoren, besass fast jede kommerzielle Funkstation ein Antennenstrom-Instrument. Damit wurde auf grösstmöglichen Ausschlag abgestimmt. Aus Erfahrung wusste man, dass auf gewissen Frequenzen der Ausschlag „klitzeklein“ war oder „wahnsinnig hoch“. Dies hing von den Antennenlängen ab, d.h. ob das Instrument sich bei der betreffenden Frequenz gerade in einem Spannungsbauch oder in einem Strombauch befand. Die HF-Amperemeter sind zwar etwas aus der Mode geraten, praktisch sind sie aber trotzdem, denn es gilt immer noch:

Grösster Antennenstrom = beste Antennenabstimmung



Wenn man am Antennenbasteln ist, dann gibt es noch eine „Primitiv-Lösung“, nämlich das gute alte Velo-Lämpchen. Ich habe immer eine kleine Fassung mit einem Velo- oder Taschenlampen-Lämpchen zur Hand. Dieses kann ich dann irgendwo in die Antenne einschlaufen. Dann vorsichtig mit kleiner Leistung auf grösste Helligkeit abstimmen.

Wenn man mal zuviel Leistung erwischt, ja ... das wär's dann !

Es empfiehlt sich immer einige Reservelämpchen zur Hand zu haben.

7 Antennen-Umschalter

Antennen-Umschalter sind eine praktische Sache wenn man über mehrere Antennen verfügt. Es gibt sie in verschiedenen Ausführungen.



Das obige Bild zeigt einen typischen käuflichen Antennenumschalter für manuellen Betrieb. Dieser Umschalter ist zur Verwendung im Shack bestimmt. Bei guten Fabrikaten sind die jeweils nicht „aktiv“ geschalteten Antennen kurzgeschlossen und an Erde gelegt. Das Innenleben selbst ist keine Hexerei.

Wer sich Betrieb auf VHF / UHF gewöhnt ist, weiss das HF nicht gerne „um die Ecke geht“. Wir behandeln hier aber KW-Antennen und da ist die Sache nur noch halb so schlimm. Die Schalter bewähren sich in der Praxis und die SWR Verschlechterung wegen des Umschalters ist bei Produkten „guter“ Hersteller vernachlässigbar.

Öfters hat man jedoch das Problem, dass man eine Antenne fernschalten möchte, also den Antennen-Umschalter irgendwo an einem unzugänglichen Ort platzieren möchte.

Solche Fälle lassen sich mit geeigneten Umschaltrelais lösen. Das nächste Bild zeigt Relais die für die Umschaltung von Antennen geeignet sind:

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

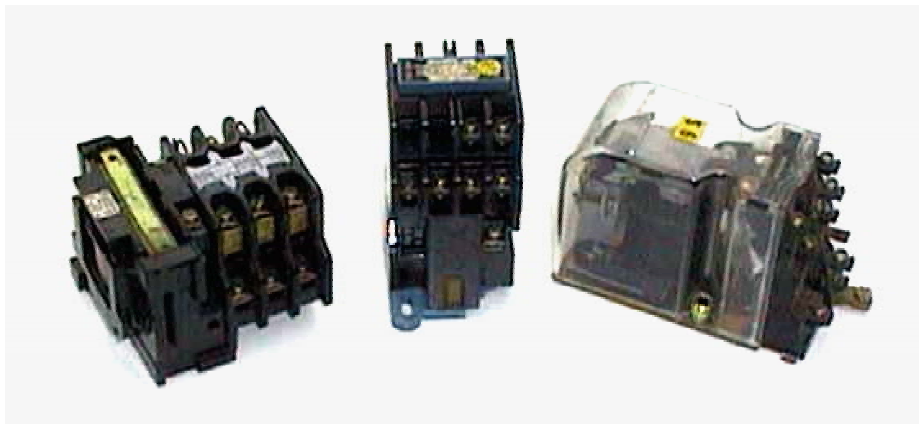
Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör



Bei beiden Relais gehen die Kontaktsätze gerade durch, dies sind beste Voraussetzungen zum Umschalten von Antennen.

Das Relais links hat den Vorteil, dass es Hochspannungsfest ist. Es erträgt also sehr hohe Spannungen ohne Durchzuschlagen. Dafür muss man in Kauf nehmen, dass die Kontaktsätze ab und zu einmal gereinigt werden müssen. Mit der Zeit setzt sich ein chemischer Film an den man mit reinem Alkohol oder Reinbenzin wieder entfernen muss. Sonst kann es vorkommen, dass die Hörfähigkeit leidet. Im Empfangsfall müssen bekanntlich kleinste Spannungen ($U = < 1 \mu\text{V}$) übertragen werden. Das rechts gezeigte Relais ist zwar nicht unbedingt Hochspannungsfest, dafür ist es als Antennenumschaltrelais konzipiert. Es stammt aus US-Funkgeräten aus dem 2. Weltkrieg, sog. Surplus Ware bester Qualität. Für die Umschaltung von Signalen wie sie auf Koaxialkabeln auftreten sind die Kontaktsätze von der Spannungsfestigkeit her alleweil gut.

Eine andere Möglichkeit Antennen umzuschalten ist die Verwendung von Starkstrom-Schützen. Davon mache ich gerne Gebrauch wenn es darum geht eine nicht benötigte Antenne zu erden und zwar gleich am Mast oder auf dem Dach. Da ist ja bekanntlich immer ein Blitzschutzdraht vorhanden (... oder etwa nicht ???). Wenn man die Antenne im ausgeschalteten Zustand mit der Blitzschutzterde verbindet hat man etwas für die eigene Sicherheit getan. Das nächste Bild zeigt verschiedene Ausführungen solcher Starkstrom-Schützen:



Auch hier gehen die Kontaktsätze meisten gerade durch, also eine gute Lösung zum verlustfreien Umschalten von Antennen. Starkstrom-Schützen werden in der Starkstrom-Technik zum Schalten grosser Lasten (z.B. Motoren) eingesetzt. Man findet sie häufig da wo Elektroanlagen abgebrochen werden. Für unseren Zweck gilt das Motto:

Je älter desto Porzellaniger !

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör

Bei alten Schützen wurde nur wenig Kunststoff eingesetzt, sondern alles was isolieren musste war in Porzellan gefertigt. Die Dinger verfügten über eine, aus der Sicht des Funkamateurs gesehen, absolut verlustfreie Isolation.

Im übrigen sind die Kontaktsätze „massiv“ ausgelegt, es ging ja darum hohe Stromstärken zu schalten.

Die Erregerspulen sind meistens für 220 / 230 V AC ausgelegt, man kann sie also direkt mit der Netzspannung schalten. Hier sind dann die entsprechenden Sicherheitsvorschriften zu beachten. Die kennt ja jeder ... oder etwa nicht ?

Das Schlimmste was sich bei mir einmal ereignet hat war folgendes.

Ich habe so einen Starkstrom-Schütz zum Erden der Antenne auf dem Dach in einer zwar wasserdichten, aber nicht luftdichten Kunststoffboxe, eingebaut. Nach vielen Jahren Betrieb passierte es mir einmal Nachts, als ich die Antenne einschaltete, dass ein „mordsmässiges“ Brummen auf dem Dach zu hören war. Was war geschehen. Durch Luftfeuchtigkeit (Nebel etc.) hatte sich im Luftspalt zwischen dem festen und dem beweglichen Teil des Ankers Rost angesetzt. Plötzlich war soviel Rost da, dass der Anker nicht mehr voll schliessen konnte und das Ding hat gebrummt dass es Gott erbarmt. Eine grosse Zerlegung und Reinigung des Luftspalts mit Schmirgeltuch hat den Schaden behoben und der Schütz arbeitet heute wieder einwandfrei.

8 Blitzschutz



Was viele OM's nicht wissen oder nicht zur Kenntnis nehmen wollen:

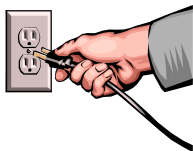
Blitzschutz ist von Gesetzes wegen für Aussenantennen ein MUSS.

Ich möchte hier nicht auf alle Details eingehen die mit dem Thema Blitzschutz in Zusammenhang stehen. Ich verweise deshalb auf den vorzüglichen Artikel den Albi Wyrsh, HB9TU, im OLD MAN 5/2002 und 6/2002 veröffentlicht hat.

Lediglich noch zwei Bemerkungen:

Ein Erdpfahl ist kein Ersatz für eine Blitzschutzanlage.

Wo noch keine Blitzschutzanlage besteht würde ich dringend empfehlen eine solche installieren zu lassen und zwar durch eine Fachfirma. Erstens ist das Erstellen einer korrekten Blitzschutzanlage keine triviale Angelegenheit und zweitens erspart eine korrekt nach Vorschrift erstellte Blitzschutzanlage im Falle eines Falles allfällige Diskussionen mit der Gebäudeversicherung.



Stecker raus !!! Stecker raus !!! Stecker raus !!!

Der beste Schutz für die wertvollen Geräte besteht darin, dass man bei Nichtgebrauch die Stecker auszieht. Ich betone → **die Stecker** !

Dies bedeutet, dass man sowohl alle Antennenzuleitungen wie auch alle Netzzuleitungen auszieht.

9 Safety first

9.1 Allgemeines



Auch zu diesem Thema möchte ich mich kurz fassen:

- Für seine persönlich Sicherheit ist jeder selbst verantwortlich.
- Wenn man in der Gruppe arbeitet, dann wird vorgängig peinlich genau abgesprochen wie man vorgeht ... und **jeder hält sich daran**.
- Bei Masten auf denen gearbeitet wird empfiehlt es sich wenn immer möglich einen Sicherheitsabstand einzuhalten.

Es sind schon verschiedentlich UFO's in Form nach unten strebender Gabelschlüssel und ähnlicher Objekte gesichtet worden.

9.2 Verhalten gegenüber anderen Leitungen

Ein Thema, das wenig behandelt wird und das trotzdem beim Antennenbau seine Bedeutung hat, ist

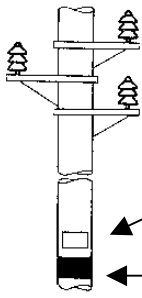
das Verhalten gegenüber anderen Leitungen.

Grundsätzlich sollten man beim Antennenbau anderen Leitungen fernbleiben. Wenn's geht, dann so weit so gut. Ab und zu geht's halt nicht anders und wir haben andere Leitungen in der Nähe. Bevor man sich leichtfertig irgendwelchen Freileitungen nähert sollte man sich unbedingt Klarheit darüber verschaffen um was für eine Art Leitung es sich handelt und wie das Gefahrenpotential ist. Wir unterscheiden:

- **Hochspannungsleitungen** = **höchste Lebensgefahr**
- **Stromleitungen 230/400 V** = **Lebensgefahr**
- **Telefonleitungen** = **harmlos**

Wie identifiziert man um was für eine Leitung es sich handelt und welche Sicherheitsabstände zu beachten sind ?

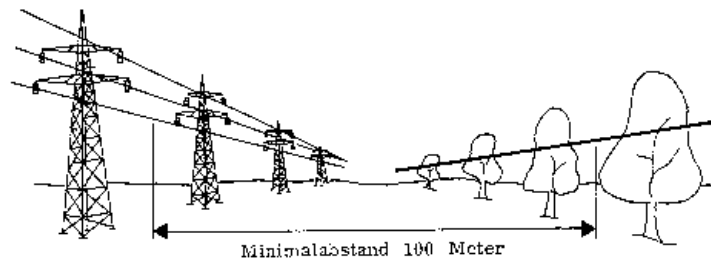
Hochspannungsleitungen = höchste Lebensgefahr



Merkmale:

- Jumbo-Isolatoren, die auf beiden Seiten des Masts **stufenförmig versetzt** sind.
- Meistens ein **Täfelchen** mit der Aufschrift „**Lebensgefahr beim Berühren der Leitung**“
- **Roter Ring** am Mast (findet man jedoch nicht bei allen Hochspannungsleitungen)

Sicherheitsabstände bei Hochspannungsleitungen $U > 16 \text{ kV}$ (z.B. 60 kV, 110 kV, 220 kV, 380 kV)

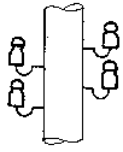


Der **Sicherheitsabstand von minimal 100 m** ist unbedingt einzuhalten. Es empfiehlt sich ohnehin solchen Leitungen grossräumig aus dem Weg zu gehen. Die Korona-Entladungen einer solchen Leitung machen einen vernünftigen Empfang im Umkreis von mehreren 100 m nahezu unmöglich. Die Leitung wirkt als breitbandiger stationärer Störsender.

Sicherheitsabstände bei Hochspannungsleitungen $U = 8 \text{ kV}$ oder 16 kV



Der **Sicherheitsabstand von minimal 20 Metern** ist unbedingt einzuhalten. Überdies gilt: Hochspannungsleitungen dürfen nie unterkreuzt werden.

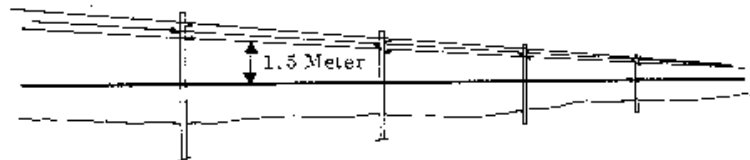


Stromleitungen 230/400 V = Lebensgefahr dies sind normale Freileitungen die z.B. Häuser versorgen.

Merkmale:

- Isolatoren, die auf beiden Seiten des Masts **stufenförmig versetzt** sind.

Sicherheitsabstände bei Stromleitungen 230/400V

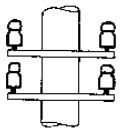


Eigentlich sollte man sich auch von einer 230/400 V Leitung fernhalten. Es gibt jedoch in der Praxis immer wieder Fälle wo ein „Strommast“ so schön in der Gegend steht und eigentlich einen ganz guten Abspannpunkt ergeben würde. In einem solchen Fall empfiehlt es sich die folgenden Regeln strikte zu beachten:

Hier ist ein **Sicherheitsabstand von 1.5 m** einzuhalten und zwar

- Beim Besteigen eines Mastes und Aufhängen einer Antenne
- Beim Befestigen einer Antennenabspannung
- Beim Unterkreuzen einer solchen Leitung mit einer Antenne oder Abspannseil.

Man darf nicht vergessen, dass solche 230/400 V Leitung auf der Speiseseite (am Trafo) mit 250 ... 500 A abgesichert sind. Wenn ein Lichtbogen entsteht dann ist der Teufel los und für Umstehende ist das alles andere als harmlos.



Telefonleitung = mehr oder weniger harmlos

Merkmale:

- Die Isolatoren sind relativ klein
- Die Isolatoren sind auf beiden Seiten des Masts **auf gleicher Höhe** angebracht.

Telefonleitungen sind grundsätzlich harmlos, sie führen 48 V DC. Wenn zufälligerweise grad der Rufton drauf ist, dann handelt es sich um 70 V AC und es kann ein bisschen kitzeln.

Wenn man mit Antennen den Telefonleitungen zu nahe kommt, dann besteht das Risiko, dass unsere Sendungen im Telefon in mehr oder weniger verständlicher Form mitgehört werden können. In einem solchen Fall helfen spezielle Telefon-Störschutzfilter.

Bezugsquelle: Albi Wyrsh, HB9TU (er hat gute Filter die auch wirklich Abhilfe schaffen)

10 Antennenbücher

Für mich sind Antennenbücher ebenso spannend wie Kriminalromane.
Klassiker auf diesem Gebiet sind:

- **The ARRL Antenna Book**
von der ARRL, in Englisch
- **Rothammels Antennenbuch**
Dieses in deutscher Sprache geschriebene Buch wurde ursprünglich von OM Karl Rothammel, DM2ABK / Y21BK herausgegeben. Die erste Edition muss in den 1970'er Jahren erfolgt sein. Ich selbst besitze noch eine Ausgabe von 1984 herausgegeben vom Militärverlag der DDR. Unterdessen wurde das Buch immer wieder von diversen OM's überarbeitet, theoretisiert und verwestlicht. Viele der praktischen Tips und Tricks (in der DDR gab es ja nichts zu kaufen und man musste zwangsläufig alles selbst herstellen) sind inzwischen verschwunden, dafür sind auch neuartige und teilweise exotische Antennen beschrieben.
- **HF Antennas for all Locations,**
von L.A. Moxon, G6XN. Dieses und andere Veröffentlichungen von OM Moxon schätze ich sehr. Die Sprache ist Englisch, die Artikel sind sehr kompetent und praxisorientiert.
- **Kurzwellen Drahtantennen für Funkamateure,**
von Alfred Klüss, DF2BC, Sprache Deutsch. Der Fokus liegt auf Drahtantennen und man findet eine Fülle praktischer Hinweise.
- **Die Cubical-Quad und ihre Sonderformen,**
von K. Weiner, DJ9HO. Dieses Buch in Deutsch behandelt Cubical-Quad und Schleifenantennen. Detailliert beschrieben wird die Methode der Verkürzung mittels Umwegleitungen.
- **INTERNET**
Im Internet finden sich eine Unmenge von Artikeln zum Thema Antennen. Es lohnt sich also im Internet zu surfen.

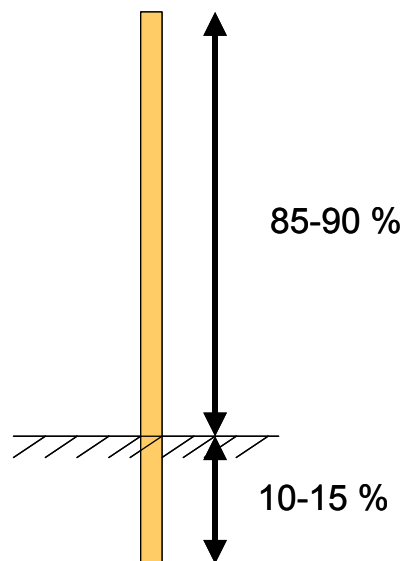
Meine persönlichen Erfahrungen mit Antennenbüchern und Veröffentlichungen zum Thema Antennen sind folgende:

- Im allgemeinen sind die beschriebenen Antennen vom Prinzip her korrekt.
- Es lohnt sich auf jeden Fall immer eine Plausibilitätsprüfung vorzunehmen. Das bedeutet, dass man sich mal kurz überlegt ob das überhaupt so funktionieren kann und ob die angegebenen Elementlängen von der Grössenordnung her überhaupt stimmen können. Ab und zu hat man bereits an diesem Punkt ein Aha-Erlebnis.
- Jeder Autor gibt sich grosse Mühe korrekt zu Rapportieren. Wenn die Plausibilitätsprüfung bestanden ist, dann gilt es Regel 5 (= Drahtlänge + 5 %) zu beachten. Die angegebenen Drahtlängen haben beim Autor sicher gestimmt, am eigenen Standort müssen sie aber nicht zwingend auch stimmen.

11 Masten

Trotzdem Antennen die per Definition einen Mast benötigen, wie Beams, Quad's, etc, nicht Gegenstand dieser Abhandlung sind, möchte ich doch einige Bemerkungen aus der Praxis zum Thema „Masten“ anbringen.

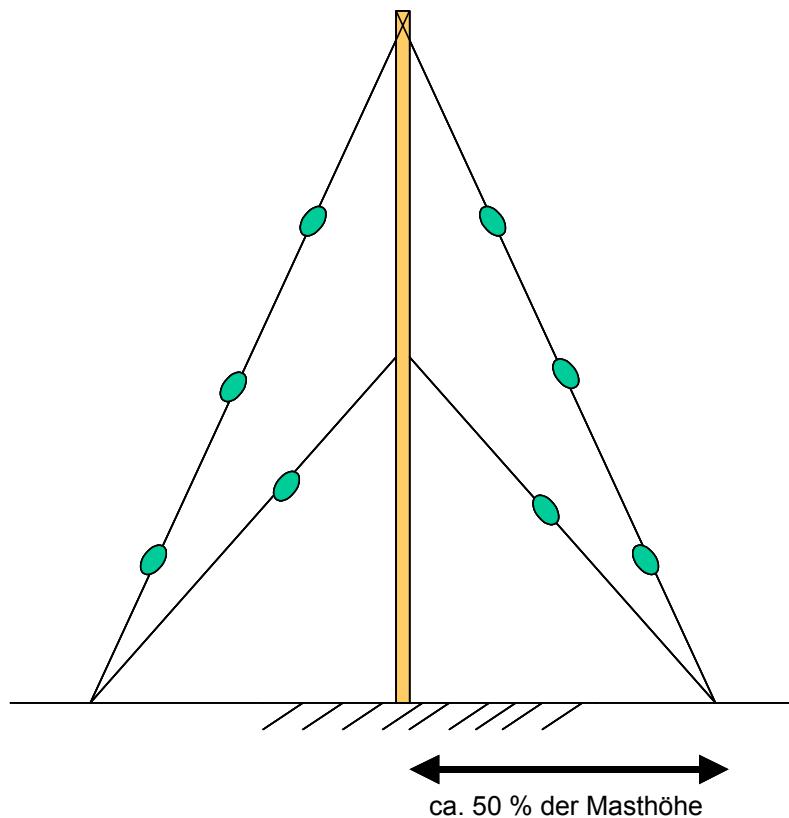
11.1 Eingegrabene Masten



Wenn man einen Mast eingräbt, dann handelt es sich meistens um einen Holzmasten. Wie die obige Skizze zeigt gehören mindestens 10 % der Mastlänge eingegraben, besser sind ca. 15 %. Das Loch darf nicht zu gross sein, denn der Mast sollte in „gewachsenem Boden“ stehen und nicht in Auffüllmaterial. Im Loch drin wird der Mast sorgfältig mit grossen Fluss-Steinen (z.B. Emmen-Böllen) umgeben. Diese werden gegeneinander verkeilt. Erst wenn alles solide hält wird oben zugeschüttet.

Vermutlich sind nur wenige Funkamateure in der Lage diese Arbeit korrekt auszuführen. Auch wenn man theoretisch weiss wie das geht, es fehlt einem doch das Werkzeug, d.h. die speziellen Spaten die es erlauben für einen 10 m Mast ein enges Loch von ca. 1.5 m Tiefe auszuheben. Der oben rechts gezeigte Doppelmast, der heute eine Log-Per trägt, wurde durch ein Profi-Team der CKW gesetzt.

11.2 Abgespannte Masten



Abgespannte Masten werden üblicherweise nicht eingegraben. Sie werden von den Abspanndrähten gehalten.

Bei abgespannten Masten ist folgendes zu berücksichtigen:

- je nach Mastdicke sind alle 5 – 7 m Abspannungen vorzusehen
- Pro Abspannung sind 3 Abspannseile vorzusehen, die je 120 Grad um den Mast verteilt angeordnet werden
- Die Enden der Abspannungen sind in einem Radius von ca. 50 % der Masthöhe zu verankern.
- Bei leitenden Abspannseilen müssen Isolatoren in solchen Abständen eingefügt werden, dass auf keiner der vorgesehenen Sendefrequenzen eine $\frac{1}{2} \lambda$ -Resonanz (oder ein Mehrfaches davon) auftreten kann. Dabei auch benachbarte Antennen beachten. Die unterteilten Sektionen sollten auch für benachbarte Antennen nicht als ungewollte Reflektoren oder Direktoren wirken.

Dem Fundament für den Mastfuss sowie für die Abspannseile ist besondere Beachtung zu schenken. Das Fundament für den Mastfuss muss so geartet sein, dass der Mast nicht im Boden versinken kann. Das Minimum für eine permanente Installation ist sicher ein 50 x 50 cm dicke Betonplatte (Gehwegplatte).

Soll der Mastfuss isoliert werden, dann stellt sich die Frage des Mastfussisolators. Professionelle Mastfussisolatoren findet man zwar ab und zu auf Flohmärkten, sie sind aber

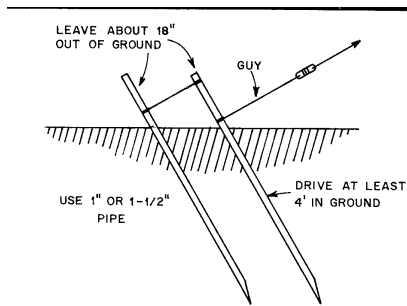
Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör

selten. Als Ersatz dafür haben sich in der Praxis Champagnerflaschen bewährt. Diese sind von der Glasstärke her ideal und sind durchaus in der Lage die auf sie einwirkenden Kräfte aufzunehmen.

Bei den Fundamenten für die Abspannseile muss man auch seriös vorgehen. Der ausgemusterte Camping-Hering oder das berühmte „Winkeleisen“, das man in den Boden schlägt, mag zwar einen Field-Day durchstehen, für permanente Installationen taugt es in der Regel nicht.

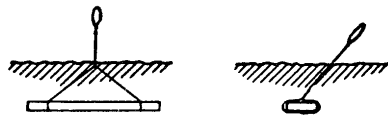
Deshalb hier einige Vorschläge die sich in der Praxis bewährt haben:



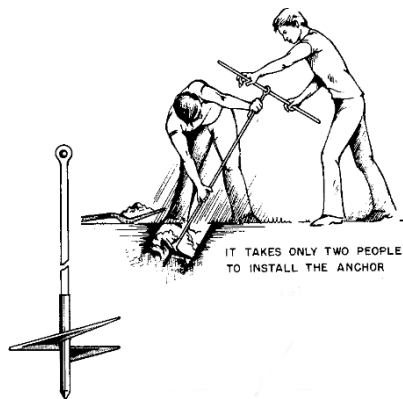
Wenn schon Winkeleisen oder Stahlrohre, z.B. Wasserleitungsrohr (1" – 1 1/2" verwendet werden sollen, dann bitte sicherheitshalber diesen Trick anwenden.

Das Motto:

Doppelt genäht hält besser !



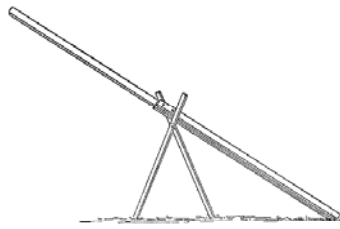
Hier werden Betonschwellen oder eventuell ein massiver Eichenbalken eingegraben.



Dies ist die De-Luxe Version. Es gibt spezielle Schraubanker die man, wie gezeigt, relativ einfach in den Boden drehen kann. Bei jedem Strommast oder Telefonmast, der auf einer Seite ein schräges Abspannseil hat, ist das Abspannseil mit so einem Schraubanker im Boden fixiert.

Solche Dinger kann man eigentlich nur einem Freund, der bei einem EVU arbeitet, abschnorren.

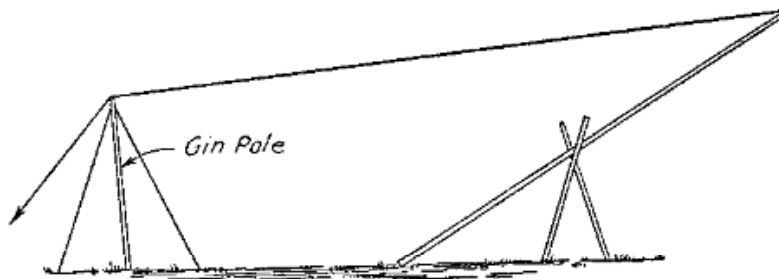
11.3 Aufstellen von Masten



Ein aus einem Stück bestehender Mast aufzustellen ist keine triviale Angelegenheit. Man täuscht sich nämlich bereits bei Vertikalantennen. Eine 6 – 8m lange Vertikalantenne wiegt zwar nur 8 - 10 kg und man kann sie „in der Horizontalen“ gut in der Hand halten.

Spätestens wenn man sie auf dem glitschigen Dach aufstellen will hat man plötzlich ein AHA-Erlebnis. Man gebe sich ja nie der Illusion hin und glaube man könne eine solche Antenne ganz allein und ohne Hilfsmittel auf dem Hausdach einfach anheben und über die Halterung stülpen. Das sollte man immer zuerst auf der grünen Wiese üben bevor man aufs Dach steigt.

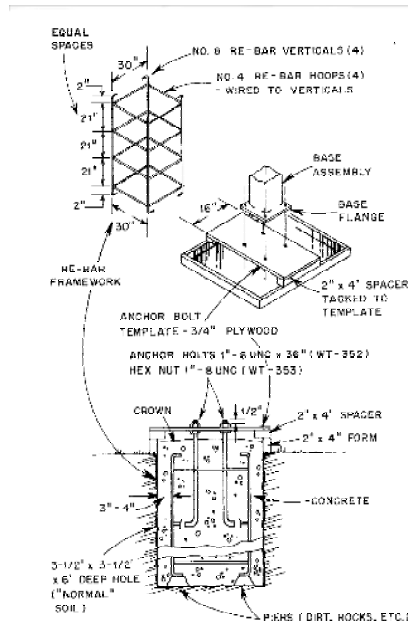
Das einfachste Hilfsmittel ist die oben gezeigt Schere aus zwei Latten, die miteinander sicher verbunden sein müssen. Damit kann man den Mast ein Stück weit anheben. Möglicherweise kann man dann zu zweit oder zu dritt aus dieser Position heraus den Mast in die Vertikale hieven.



Sofern genügend Platz zur Verfügung steht empfiehlt sich die Verwendung eines Gin-Pole, also eines Hilfsmasts. Dieser erlaubt es mittels einem zusätzlichen Seil den Mast voll aufzurichten.

Man schrecke auch ja nicht davor Flaschenzüge einzusetzen. Weder die Umlenkrollen noch die Seile aus dem Baumarkt kosten ein Vermögen. Eine einzige Umlenkrolle und die doppelte Länge Seil verringern den Zug den man aufwenden muss auf die Hälfte.

11.4 Beton-Fundamente von Masten



Bei Masten die Betonfundamente benötigen wird vom Hersteller in der Regel eine Anweisung bezüglich des zu erstellenden Betonfundamentes mitgegeben.

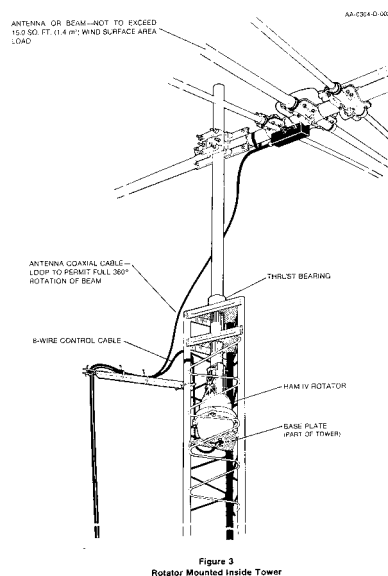
Mein Rat:

- Man halte sich peinlich genau an die Angaben des Herstellers.
- Sollten diese fehlen, dann ziehe man einen Baustatiker bei.

Warum:

- Dies ist nicht nur eine Vorsichtsmassnahme sondern auch eine Frage der Haftung

11.5 Rotorbefestigungen



Bei der Verwendung von Rotoren empfiehlt es sich immer ein Oberlager einzubauen.

Warum:

- Das Oberlager entlastet den Rotor von Seitenkräften
- Das Oberlager verlängert das Rotor-Leben
- Das Oberlager verhindert Mastbesteigungs-Übungen zur Unzeit (z.B. am Vorabend des H-26)

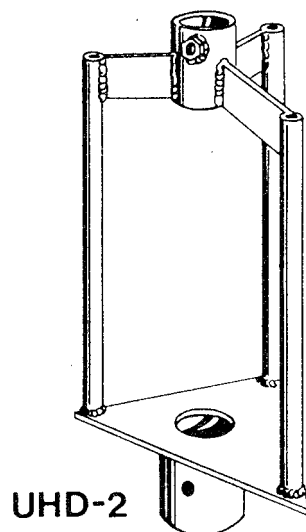
Links die Empfehlung eines Rotorherstellers zu diesem Thema.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör



Hier eine selbst gebaute massive Rotorhalterung samt Oberlager, aufgenommen beim Aufzug auf den Mast. Es braucht nicht viel und der Rotor ist von den Seitenkräften befreit. Man glaube ja nicht das gelte nur für „grosse“ Beams. Auch kleine 3-Band Beams erzeugen schon ganz schöne Kräfte die auf den Rotor wirken. Auch hier gelten die Gesetze der Physik und Hebelarm ist halt nun einmal „Hebelarm“!



Wenn man die Dokumentationen der Rotorhersteller genau durchliest, dann sieht man sofort, dass bei Verwendung des Rotors OHNE Oberlager die Werte bezüglich Antennengrösse, Windlast, etc. auf 50 % der Werte schrumpfen, die bei der Verwendung des Rotors mit einem Oberlager zulässig sind.

Bei relativ dünnen Masten empfiehlt es sich einen Rotorkäfig, gemäss neben-stehendem Bild, zu verwenden. Auf der Montageplatte wird der Rotor direkt aufgeschraubt (also ohne Klemmbacken), oben wird das Oberlager eingefügt. Man darf es dann sogar wagen, das obere Standrohr (d.h. oberhalb des Rotors) relativ lang zu machen. Der Rotor ist trotzdem vor übermässigen Seitenkräften geschützt.

Diese Lösung lässt es zu den KW-Beam relativ nahe am Oberlager einzufügen. Auf dem verlängerten Standrohr lässt sich dann zusätzlich noch ein oder zwei VHF / UHF Beam's montieren.

11.6 Fiberglas-Masten



Fiberglas-Masten sind praktische Helfer beim Antennenbau. Sie sind auch sehr praktisch bei „Portabel-Betrieb“ sowie im Ferien-QTH. Sie sind aber weniger gut für permanenten Einsatz geeignet, denn

- Einen Fiberglasmast muss man mittels Abspannungen sorgfältig ausbalancieren. Er verhält sich bedeutend weicher als z.B. ein Aluminium-Steckmast gleicher Höhe. Die einzelnen Mastsegmente halten einzig „durch Reibung“ aneinander. Im Gegensatz zum Steckmast der nur umfallen aber nicht kollabieren kann kommt es beim Fiberglas-Steckmast immer wieder einmal vor dass er in sich zusammenfällt. Wie mir Kollegen, die solche Masten im Garten aufgestellt hatten, erzählen schlägt „Murphy“ immer im allerdümmsten Moment zu.

Antennen-Praxis →siehe Teil 2

Kurzwellen Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

Max Rüegger, HB9ACC

Den YL's und OM's gewidmet die neu den Kurzwellen-Zugang erhalten haben

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum
Teil 2: Antennen-Praxis

Inhaltsverzeichnis

		Seite
	Vorwort	5
12	5 goldene Regeln zum Antennenbau	6
	12.1 Viel Draht	6
	12.2 Möglichst hoch	6
	12.3 Strom strahlt	7
	12.4 Freie Ende = Spannungsbauch	8
	12.5 Drahtlänge + 5 %	8
13	Graphische Darstellung der Strom- und Spannungsverteilung auf einer Antenne	9
14	Dipol-artige Antennen	13
	14.1 Der Dipol, ein Klassiker	13
	14.2 Mehrband-Antennen auf Dipol-Basis	14
	14.2.1 Rollmeter-Dipol	14
	14.2.2 Mehrband-Dipole	15
	14.2.3 Aussermittig gespeiste Antennen	16
	14.2.4 Trap-Antennen	19
15	Langdraht-Antennen	22
	15.1 Echte Langdraht-Antennen	22
	15.2 Unechte Langdraht-Antennen	23
16	Schleifen-Antennen	29
	16.1 Horizontale Schleifenantennen	30
	16.2 Vertikale Schleifenantennen	30
	16.3 Stromverteilung auf Schleifenantennen	31
17	Horizontale Antennen versus vertikale Antennen	32
18	Vertikal-Antennen	33
	18.1 Die Marconi-Antenne	34
	18.2 Die Ground-Plane Antenne	35
	18.3 Der vertikale Dipol	36
	18.4 Der koaxiale Dipol	37
19	Spannungsgespeiste Antennen	38
	19.1 Ankopplung über einen geerdeten Schwingkreis	39
	19.2 Die Zeppelin-Antenne	40
	19.3 Ankopplung mittels einer koaxialen Stichleitung	41
	19.4 Die Fuchs-Antenne	43
20	Antennen verkürzen	45
	20.1 Verkürzung mittels Spulen	46
	20.2 Wendelantennen	49
	20.3 Verkürzung mittels kapazitiver Belastung	50
	20.4 Verkürzung mittels Umwegleitungen	52
	20.5 Verkürzung durch Umbiegen der Enden	53

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum
Teil 2: Antennen-Praxis

21		Spezialformen verkürzter Antennen	54
	21.1	Die magnetische Antenne	54
	21.2	Die ISOTRON-Antenne	57
	21.3	Antennen mit Widerstands-Abschluss	58
22		Richtwirkung von Antennen	59
23		Antennen-Simulations-Software	61

Vorwort

Dieses Dokument ist allen YL's und OM's gewidmet deren Funkverkehr sich bisher auf Frequenzen oberhalb 30 MHz beschränkt hat und die jetzt neu den Zugang zur Kurzwelle erhalten haben.

Dazu ganz herzliche Gratulation !

Ich hoffe Ihr habt Spass am Funkbetrieb auf Kurzwelle.

Einige Bemerkungen zum Dokument:

- Dieses Dokument ersetzt kein Antennenbuch und es enthält keine Kochrezepte. Mein Ziel war es die Materie von der praktischen Seite her anzugehen. Überdies ist es ein Ziel von mir das Verständnis für Drahtantennen zu wecken. Die dazugehörigen Formeln, die es einem erlauben die Drahtlängen zu berechnen, findet man in jedem Antennenbuch. In jedem Antennenbuch finden sich auch jede Menge Formeln deren Herleitung wohl nur für wenige von uns nachvollziehbar ist. Ich versuche mit Betrachtungen über den Spannungs- und Stromverlauf auf Antennen das Verständnis für Probleme der Anpassung, SWR etc. zu wecken.
- Dieses Dokument enthält wahrscheinlich nichts was man nicht auch anderswo nachlesen könnte.
- Dieses Dokument hat keinen kommerziellen Hintergrund. Ich habe mir deshalb gestattet soweit wie möglich auf vorhandene Schemas, Zeichnung, Skizzen etc. zurückzugreifen.
- Ich verwende im Text häufig den Ausdruck OM. Damit sind natürlich auch alle YL's und XYL's gemeint. Der Ausdruck OM hat einfach meine Schreibarbeit vereinfacht. Man verzeihe mir das.

Das Dokument ist in 2 Teil aufgegliedert:

- **Teil 1**
beschäftigt sich mit vorrangig mit Materialkunde, den zum Antennenbau notwendigen Messgeräten und Zubehör sowie mit diversen Themen rund um den Antennenbau
- **Teil 2**
behandelt die verschiedenen Antennentypen und Unterarten und zwar vorrangig Antennen die man „mit Draht“ aufbauen kann. Nicht behandelt werden Mehrelement-Antennen wie Yagis, Quad, etc.

12 5 goldene Regeln zum Antennenbau

Wenn man einen Standort bezüglich der Realisierbarkeit von Antennen überprüft, dann hilft es wenn man sich an die folgenden 5 Regeln erinnert:

1) Viel Draht

2) Möglichst hoch

3) Strom strahlt

4) Freie Enden = Spannungsbauch

5) Drahtlänge + 5 %

Was meine ich damit ?

12.1 Regel 1: Viel Draht



„Viel Draht“ soll daran erinnern, dass

- erfahrungsgemäss eine Antenne mit „viel Draht in der Luft“ die besten Ergebnisse bringt.
- man einen Antennen-Standort sorgfältig betrachten soll und sich dann überlegt wie man „viel Draht“ unterbringen kann.
- dass es auch noch andere Antennenformen als Dipole gibt, z.B. Schleifenantennen, V-Antennen, Doppelzepp, Lazy-Henry, und viele andere Antennenarten.

12.2 Regel 2: Möglichst hoch



„Möglichst hoch“ soll daran erinnern, dass

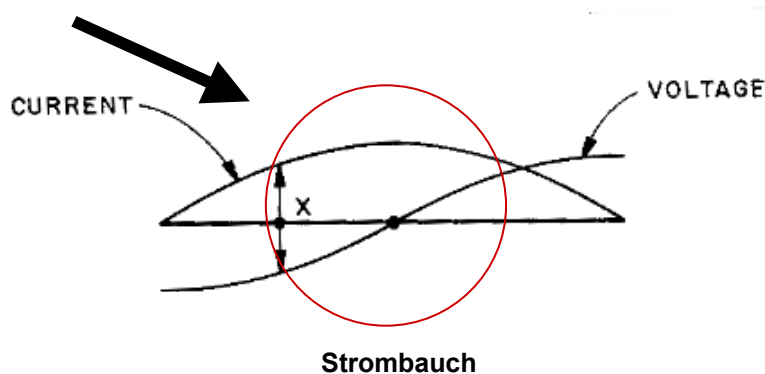
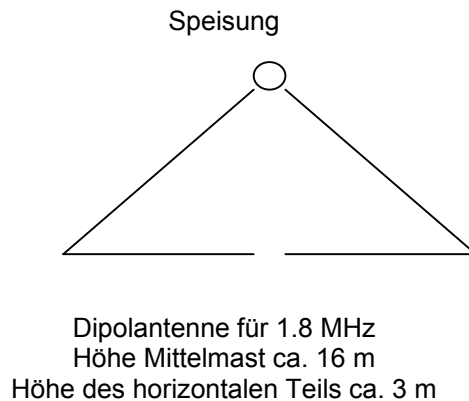
- auch wenn wir glauben eine Antenne „hoch“ aufgehängt zu haben, sie in Wirklichkeit doch immer noch relativ tief hängt. Dies trifft vor allem für die „langwelligeren“ Bänder (160 m und 80 m) zu. Um eine Antenne nur schon in eine Höhe von $\frac{1}{4} \lambda$ zu bringen braucht man einen Befestigungspunkt in 40 m (160 m Band) resp. 20 m Höhe (80 m Band). Solche Höhen stehen nur in Ausnahmefällen zu Verfügung. Trotzdem, jeder Meter Höhengewinn wirkt sich positiv auf die Abstrahlung aus.
- wir mit zunehmender Antennenhöhe dem heute viele OM's zur Verzweiflung bringenden Störnebel (Man-made-noise) enttrinnen können oder doch zum mindestens die Empfangs-Situation erträglicher machen können.

12.3 Regel 3: Strom strahlt



„Strom strahlt“ soll daran erinnern, dass

- bei einer Antenne der „Strombauch“ den wesentlichen Anteil zur Abstrahlung liefert. In der Praxis wird man also danach trachten denjenigen Teil der Antenne, der am meisten Strom führt, möglichst hoch und frei aufzuhängen. Die Enden einer Antenne tragen zwar zur korrekten Resonanz bei, sie sind jedoch nicht mehr nennenswert an der Abstrahlung beteiligt.
- es deshalb ohne weiteres zulässig ist ab etwa $\frac{1}{2}$ einer Dipolhälfte die Enden abzuwinkeln bzw. um die Ecke herum zu führen. Speziell Antennen für das 160 m Band haben Dimensionen, die sich kaum in den realen Verhältnissen mit denen wir konfrontiert sind, unterbringen lassen. Ich selbst arbeite deshalb seit Jahren auf 160 m mit einem „umgebogenen Dipol“. Dieselbe Antenne wird übrigens für 80 m unten in der Mitte zusammengeschaltet und arbeitet dann als Ganzwellenschleife auf 3.5 MHz CW. Auf beiden Bändern macht DX Verkehr in CW viel Spass.
- wenn wir eine Antenne elektrisch verlängern müssen, dann sollten wir die „verlängernde Elemente“ (z.B. Verlängerungs-Spulen) nicht gerade dort einfügen wo am meisten Strom fließt.

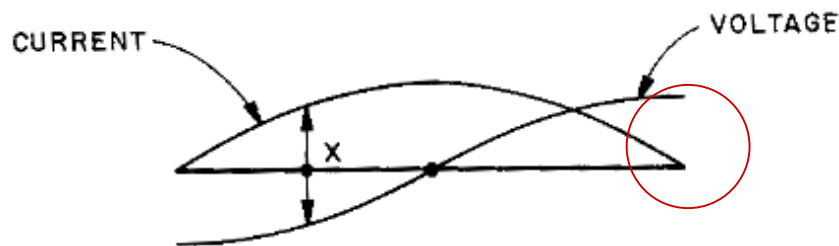


12.4 Regel 4: Freie Enden = Spannungsbauch



„freie Enden = Spannungsbauch“ soll daran erinnern, dass

- freie Enden einer Antenne (also Enden die nichts mit der Speisung zu tun haben) per Definition immer im Maximum eines Spannungsbauches liegen.
- für die Impedanz einer Antenne immer der Speisepunkt zuständig ist. Wenn man die Länge einer Antenne vom freien Ende her zum Speisepunkt kennt, dann kann man die zu erwartende Impedanz abschätzen (oder auch rechnen). Allfällige Impedanzanpassungen sind auf der Speiseseite vorzunehmen. Man kann eine Antenne auch in einem Spannungsbauch speisen, wie das z.B. traditionell mit der guten alten Zepp-Antenne im Multiband-Betrieb passiert. Allerdings ist das kein Fall für moderne Antennenanpassgeräte. Man braucht dann schon spezielle Koppler für Spannungskopplung oder man erinnert sich wieder einmal des „Fuchs-Kreises“. Wer Langdrahtantennen verwenden will und einen der heutigen gängigen unsymmetrischen Koppler einsetzt (automatisch oder manuell) der tut gut daran Drahtlängen zu vermeiden die auf einem der Bänder am Speisepunkt einen Spannungsbauch ergeben.

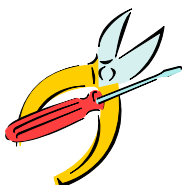


Spannungsbauch

Zusätzlich soll Regel 4 an zwei weitere, weniger bekannte jedoch trotzdem unverrückbare Tatsachen bezüglich der Strom- und Spannungsverteilung auf der Antenne erinnern:

- Wenn eine Antenne an **einem Punkt mit der Erde verbunden** ist, dann tritt am Punkt des Überganges des Antennendrahtes in die Erde ein „**Strombauch**“ auf.
- Beim Spezialfall der Schleifenantennen tritt **am Punkt der halben Drahtlänge** (üblicherweise der dem Speisepunkt gegenüberliegende Punkt) ein „**Strombauch**“ auf.

12.5 Regel 5: Drahtlänge + 5 %



„Drahtlänge + 5 %“ soll daran erinnern, dass

- es einfacher ist eine Antenne zu verkürzen als zu verlängern. Man baue also nie eine Antenne sklavisch nach. Wenn man den Draht genau nach den in der Beschreibung gemachten Längenangaben zuschneidet darf man sich nicht über ein „Aha-Erlebnis“ wundern. Ich persönlich bin überzeugt davon, dass alle in Antennenbeschreibungen gemachten Längenangaben beim jeweiligen OM, der darüber rapportiert hat, genau richtig waren. Das heisst aber noch lange nicht, dass das auch für den eigenen Standort zutrifft. Die Erfahrung zeigt, dass es immer wieder Einflüsse gibt die man nicht im voraus bestimmen kann. Deshalb beginne ich beim Antennenbau immer mit einer Drahtlänge die ca. 5 % über der errechneten oder angegebenen Drahtlänge liegt. Die Antenne ist dann in der Regel etwas zu lang, aber wie jeder weiss, Draht abschneiden geht einfacher als ansetzen.

13 Graphische Darstellung der Strom- und Spannungsverteilung auf einer Antenne

Um das Funktionieren einer Antenne wirklich zu verstehen kommt man nicht darum herum sich mit der Verteilung von Strom und Spannung auf der Antenne auseinander zu setzen. Jeder kennt die netten Diagramme die in den Antennenbüchern gezeigt werden. Wenn er diese Diagramme sieht, dann nickt jeder und sagt: „Jawohl, so ist es !“

Beim praktischen Antennenbau kommt es dann immer wieder vor, dass derselbe OM einen Antennendraht aufhängt, und zwar vollkommen unbelastet von all diesen Weisheiten wie sie in den Antennenbüchern stehen.

Fazit:

Die Antenne lässt sich auf allen oder auch nur auf gewissen Bändern nicht abstimmen, das SWR stinkt zum Himmel, wenn man den Transceiver berührt dann „schmiert es einem einen“, etc.

Kommentar: **... es ist halt eine schlechte Antenne !**

Wie schon früher ausgeführt, von der Theorie her lässt sich jeder beliebige Draht auf jeder Frequenz als Antenne benützen, alles ist nur eine Frage der Anpassung.

In der Praxis geht es darum die Speisepunktimpedanz zu kennen oder zum mindestens einigermaßen die Größenordnung der Speisepunktimpedanz abschätzen zu können.

Es gibt ja eine alte Weisheit die besagt: **Ein Bild sagt mehr als tausend Worte.**

Es hilft sehr wenn man gewisse Dinge die einem nicht ganz klar sind versucht mit einer graphischen Methode darzustellen, also **„sich ein Bild davon zu machen“**.

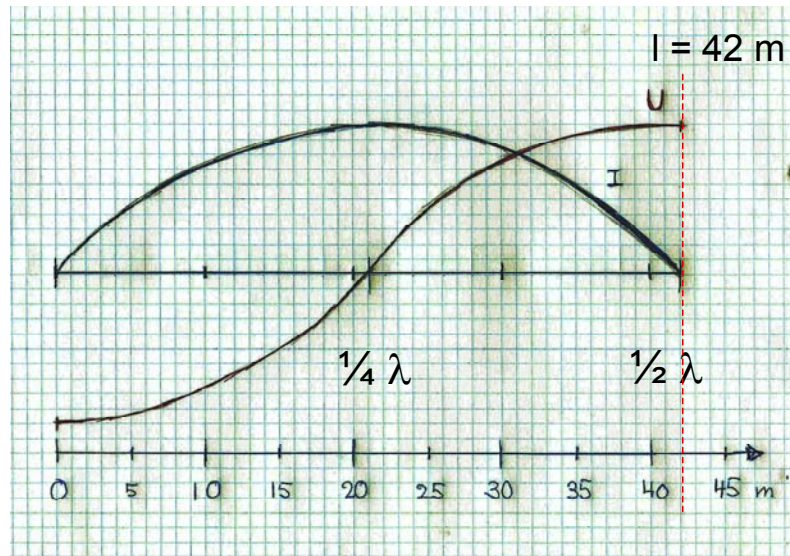
Um mir ein Bild von den Vorgängen auf dem Antennendraht zu machen verwende ich eine Primitiv-Methode:

- Man nehme einen Zeichenblock, z.B. 4 mm kariert
- Man zeichne einen Massstab ein, z.B. in m
- Man zeichne massstäblich eine halbe Wellenlänge ($\lambda/2$) ein
- Man zeichne nun innerhalb des Bereiches von $\lambda/2$ den Stromverlauf ein
- Man zeichne nun innerhalb des Bereiches von $\lambda/2$ den Spannungsverlauf ein
- Bei Antennenlängen von $> \lambda/2$ zeichnet man einfach die gesamte Antennenlänge und verlängert die Sinuskurven für Strom und Spannung entsprechend.

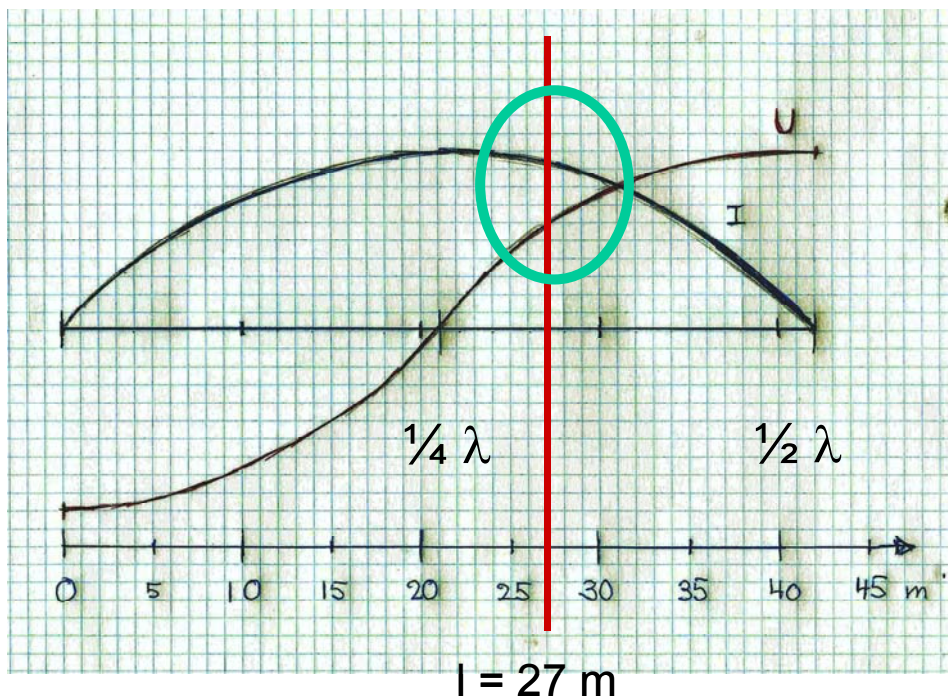
Das sieht dann für einen 80 m Dipol etwa so aus:

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis



Als Übung soll es nun darum gehen die Speisepunktimpedanz einer 27 m langen Drahtantenne auf dem 80 m Band abzuschätzen.



Ich zeichne also bei 27 m einen Strich. Dort wo der Strich die Sinuskurven für U und I kreuzt sehe ich in etwa welche Speisepunktimpedanz zu erwarten ist. Im vorliegenden Fall ersehen wir, dass die Speisepunktimpedanz zwar im hochohmigen Bereich liegt, wir aber immer noch weit entfernt sind von reiner Spannungsspeisung. Wir haben also gute Chancen, dass wir diese Antenne gegen Erde mit einem 1:9 Balun ($50 \Omega / 450 \Omega$) vernünftig anpassen können. Was wir hier noch nicht kennen ist der Einfluss des Erddrahtes, der ja bei dieser Antennenkonfiguration auch an der Strahlung beteiligt ist.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

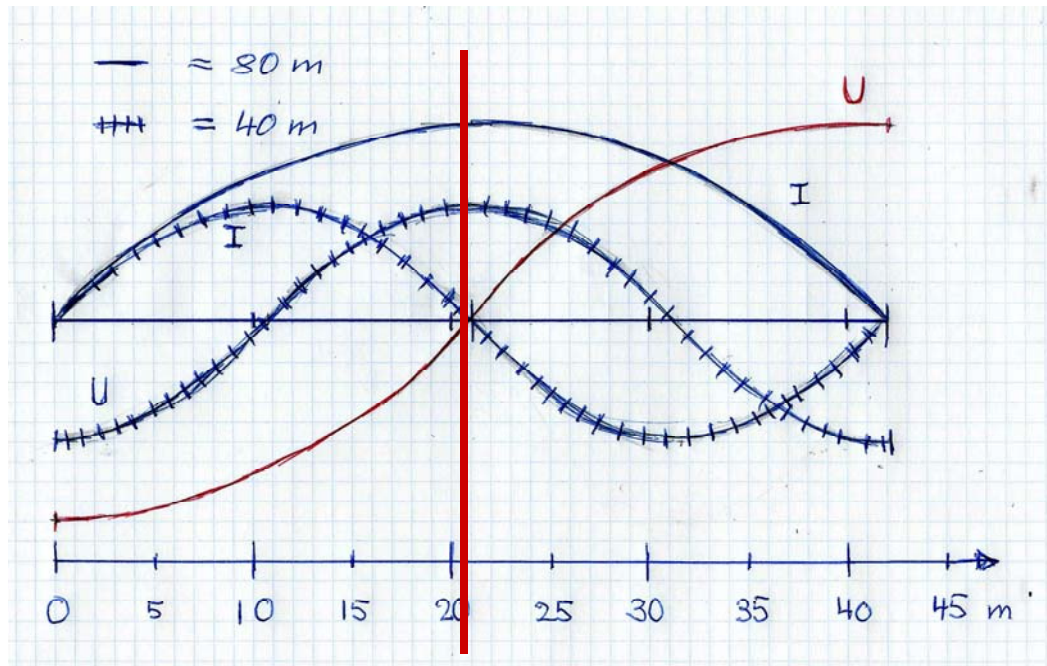
Ab und zu taucht auch die Frage auf:

Kann ich einen 80 m Dipol auch für das 40 m Band verwenden ?

Auch hier hilft die Primitiv-Methode weiter.

Ich zeichne ganz einfach die Sinuskurven für Strom und Spannung sowohl für das 80 m Band wie auch das 40 m Band massstäblich ein.

Als Resultat erhalte ich das nachstehende Bild:



Was zeigt uns diese Zeichnung:

- Auf dem 80 m Band herrscht am Speisepunkt ein Strombauch
Auf dem 40 m Band herrscht am Speisepunkt ein Spannungsbauch

Fazit:

- Die Antenne lässt sich zwar auf dem 80 m mittels einem Koaxialkabel 50Ω speisen.
- Auf dem 40 m Band liegt reine Spannungsspeisung vor. Somit ist Speisung mittels einem Koaxialkabel nicht möglich und auch der Antennenkoppler würde diese Impedanz nicht verdauen. Ein Betrieb auf dem 40 m Band wäre höchstens mittels einer Hühnerleiter (symmetrisches Speisekabel) und einem speziellen symmetrischen Antennenkoppler möglich.

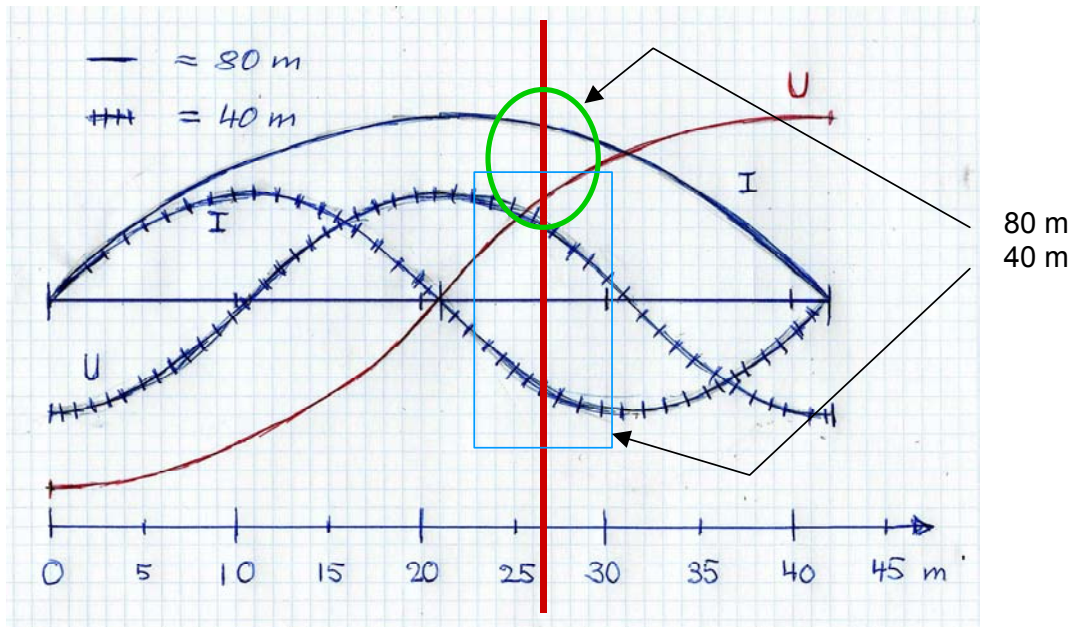
Wir lassen nun unsere Gedanken wieder zum 27 m Draht zurückschweifen.

Wie verhält sich dieser Draht auf dem 40 m Band ?

- Auch hier zeichnen wir wieder die Sinuskurven für Strom und Spannung massstäblich für beide Bänder ein. Wir zeichnen auch wieder den vertikalen Strich bei 27 m

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis



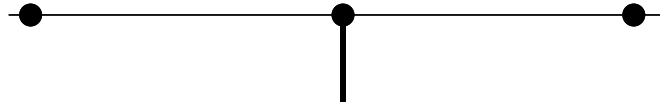
Was zeigt uns diese Zeichnung:

- Auf dem 80 m Band finden wir eine Speisepunktimpedanz im hochohmigen Bereich.
- Auf dem 40 m Band finden wir ebenfalls eine Speisepunktimpedanz im hochohmigen Bereich.
- Der 27 m lange Draht müsste sich sowohl auf dem 80 m Band wie auch auf dem 40 m Band gegen Erde mit einem 1:9 Balun ($50 \Omega / 450 \Omega$) vernünftig anpassen lassen. Was wir hier noch nicht kennen ist der Einfluss des Erddrahtes, der ja bei dieser Antennenkonfiguration auch an der Strahlung beteiligt ist. Wir könnten die Zeichnung natürlich noch entsprechend ergänzen.

Die geschilderte Primitiv-Methode hat den Vorteil, dass man abgesehen von einem Zeichnungsblock sowie einem Bleistift über keinerlei Hilfsmittel (PC etc.) verfügen muss. Man kann im Notfall auf der grünen Wiese oder wo auch immer eine kleine Skizze anfertigen. Daraus ersieht man dann was auf der Antenne passiert und die Grössenordnung der Speisepunktimpedanz die einem erwartet lässt sich abschätzen.

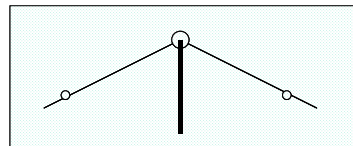
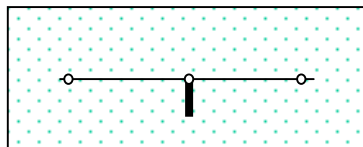
14 Dipol-artige Antennen

14.1 Der Dipol, ein Klassiker



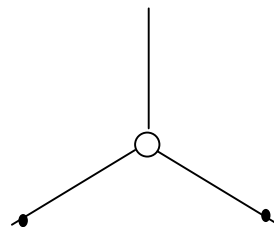
Wer kennt ihn nicht, den klassischen Dipol. Eine der einfachsten und am leichtesten verständlichen Antennen überhaupt. Welches sind denn die Merkmale eines Dipols:

- Symmetrische Antenne
- Einfacher Aufbau
- Günstige Impedanz (65Ω) zur Speisung mit Koaxialkabel
- Lässt sich auch mit symmetrischem Kabel speisen
- Der Dipol ist grundsätzlich eine EIN-BAND-Antenne, die sich zwar mit vernünftigem SWR auch auf ungradzahligen Harmonischen erregen lässt. Im KW-Amateurfunk besteht die einzig sinnvolle Möglichkeit darin einen für das 40 m Band ausgelegten Dipol auch für das 15 m Band zu benutzen.
- Bei der Verwendung eines Dipols auf ungradzahligen Harmonischen ist zu beachten, dass die Resonanzfrequenz immer etwas nach oben ansteigt. Bei einem Dipol der genau auf 7000 kHz abgeglichen ist kann man bei Betrieb mit der 3. Oberwelle (15 m Band) nicht mit einer Resonanzfrequenz von 21000 kHz rechnen. Die reale Resonanzfrequenz liegt in der Gegend von 21400 – 21500 kHz. Gegen das untere Band-Ende hin steigt dann das SWR schon soweit an, dass sich die Verwendung eines Antennenkopplers aufdrängt.



Alle Dipol-artigen Antennen (ob mit mittiger Speisung wie der klassische Dipol oder mit aussermittiger Speisung) können entweder als horizontale Antennen oder als „Inverted-Vee“, d.h. mit leicht nach unten geneigten Antennendrähten aufgebaut werden, ohne dass sich die Eigenschaften wesentlich ändern.

Man kann auch ohne weiteres die schräg nach unten führenden Dipol-Äste in einem Winkel von 120° anordnen. Dies sind dann 2 Abspannungen eines Masts. Die 3. Abspannung wird mit normalem Abspannseil ausgeführt. Diese Anordnung bewährt sich im Portabelbetrieb bei Verwendung eines Fiberglas-Masts.



14.2 Mehrband-Antennen auf „Dipol-Basis“

Der Dipol als EIN-BAND-Antenne ist ja gut und recht. Wir haben aber innerhalb dem KW Bereich zum heutigen Zeitpunkt 9 Amateurbänder zugeteilt auf denen wir arbeiten dürfen. Müssen wir nun wirklich für jedes Band eine eigene Antenne aufhängen ?

Wie wir alle wissen gibt es Möglichkeiten mit einer Antenne auf verschiedenen Bändern zu arbeiten. Wenn wir vom Dipol ausgehen, welche sinnvollen und vor allem auch mit vernünftigem Aufwand realisierbaren Möglichkeiten haben wir:

- Der „Rollmeter-Dipol“
- Den Mehrband-Dipol
- Aussermittig gespeiste Antennen (off center fed antennas)
- Trap-Antennen

14.2.1 Rollmeter-Dipol

Als Rollmeter-Dipole bezeichne ich Dipole aus blanker Bronze-Litze, die sich durch Abwickeln der Dipol-Äste auf die richtige Länge auf jeder beliebigen Frequenz einstellen lassen.

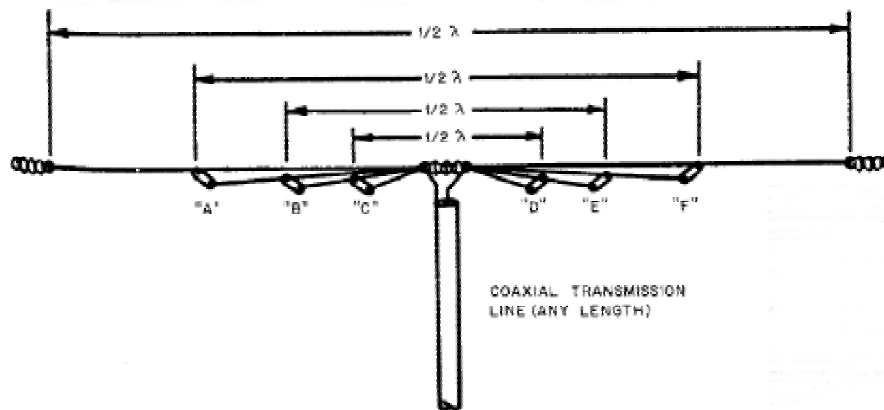


Das obenstehende Bild zeigt eine von mir gebastelte Ausführung. Die Aufrollwickel bestehen aus Aluminium. Der Schlitz auf einer Seite des Wickels erlaubt es den abgerollten Draht durchzufädeln. Auf der anderen Seite des Wickels wird das Abspannseil befestigt. Der Draht hat für jedes Band eine Markierung. Man stellt auf die Markierung ein, zieht den Draht hoch und misst das SWR. Je nach Standort muss man halt den Dipol mehrere Male wieder runterlassen um Längenänderungen vorzunehmen. Da ich bekanntlich kein SWR-Fetischist bin, reicht es mir wenn das SWR unter 1:2 sinkt und der Transceiver die volle Leistung abgibt.

Trotzdem, der Bandwechsel gestaltet sich etwas mühsam.

Die Idee stammt von Funkgeräten für „heimliche und unheimliche Funkdienste“ (z.B. militärische Undercover-Unternehmen). Da man im Extremfall alles mit sich herumschleppen muss spielt das Gewicht eine nicht zu unterschätzende Rolle. Man hat dann einfach einen solchen Dipol dabei der den Frequenzbereich des Funkgerätes überstreicht. Der Antennen-draht ist sehr dünn und reissfest. Die Aufrollwickel und auch die Koaxial-Kabel sind federleicht. Es hat auch solche Antennen in kommerzieller Ausführung gegeben, die wirklich wie „Rollmeter“ aussahen und sogar Aufrollkurbeln besaßen. Der Antennenleiter selbst war ein Stahlband mit aufgedruckten Frequenzangaben.

14.2.2. Mehrband-Dipole



Mehrband-Dipole zeichnen sich dadurch aus, dass von einem gemeinsamen Speisepunkt aus verschiedene Dipoldrähte für verschiedene Bänder angeordnet werden. Dies funktioniert, weil alle für die Sendefrequenz nicht zuständigen Dipole „hochohmig“ sind und deshalb nicht erregt werden.

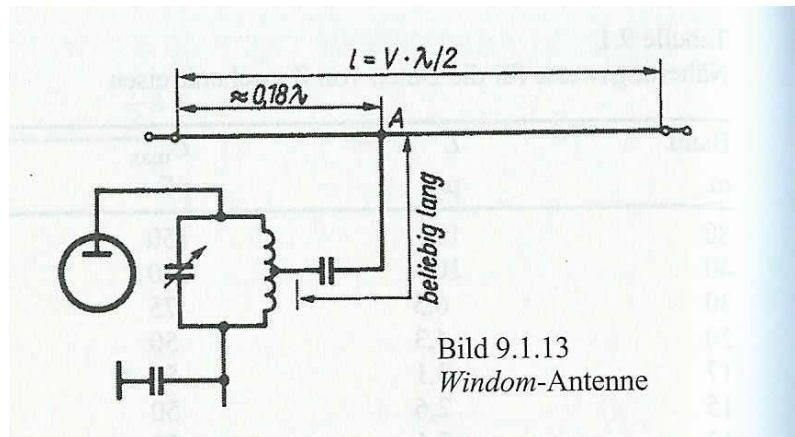
Dieses Prinzip funktioniert grundsätzlich für eine beliebige Anzahl Bänder. Kritische Punkte sind:

- Die saubere mechanische Konstruktion
- Die Beeinflussung der einzelnen Dipole untereinander. Man muss sich an die richtigen Drahtlängen herantasten. Die Beeinflussung gegeneinander kann man vermindern indem man die verschiedenen Dipole nicht wie in obigem Bild gezeigt in einer einzigen Achse anordnet, sondern in verschiedenen Richtung abspannt.

Wenn man nicht gerade alle 9 KW-Bänder in einen „Mehrfach-Dipol“ hineinquetschen will, sondern nur 2 – 3 Bänder, dann geht das ganz prima.

Ich habe einmal einen Artikel eines findigen Kopfes gelesen der es fertig gebracht hat aus Bandkabel (aus der Computertechnik) einen 80 – 10 m Mehrband-Dipol zu bauen und erst noch die WARC-Bänder unterzubringen. Der OM hat aber zugegeben, dass er ziemlich viel Bandkabel verschnitten hat, bis er die richtigen Längen für die einzelnen Teil-Dipole bekommen hatte. Weil beim Bandkabel die einzelnen Leiter sehr nahe beieinander sind ist die gegenseitige Beeinflussung besonders hoch.

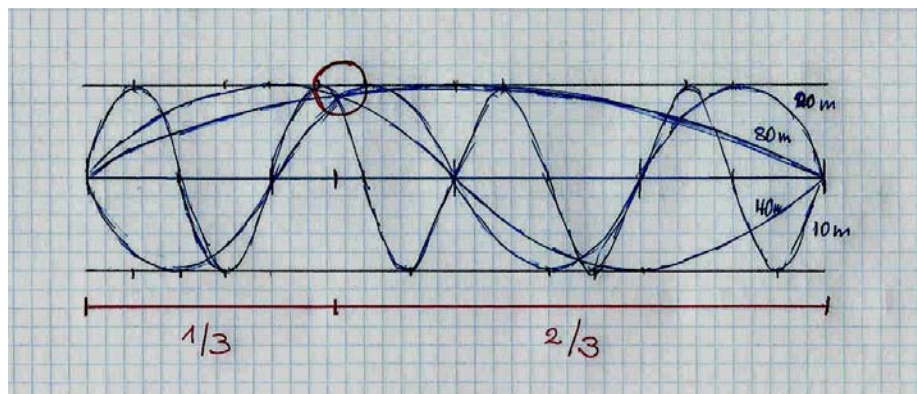
14.2.3 Aussermittig gespeiste Antennen



Der Vater aller aussermittig gespeisten Antennen ist die Windom-Antenne. Bei der Urform wurde als Speiseleitung ein einziger Draht von der Antenne zum Sender geführt. Die Erde bildete den zweiten Leiter. Dies ergab eine Impedanz von ca. 500 Ω auf allen damaligen „klassischen“ Amateurfunkbändern (80 – 40 – 20 – 10 m). Diese Art Antenne war einst sehr populär und sie wurde noch bis in die 1960'er Jahre verwendet. Sie war allerdings als TVI / BCI – Schleuder bekannt. Die Zunahme des Fernsehens hat ihr den Todesstoss versetzt. Ich selbst habe noch 1962 / 1963 auf der Amateurfunkstation HB4FF des Waffenplatzes Bülach mit einer solchen Antenne gearbeitet. Sie lief prima.

Trotz den Unzulänglichkeiten, der Grundgedanke, dass man auf einer Antennen einen Punkt findet der auf allen Bändern eine Impedanz in ähnlicher Grössenordnung ergibt, war richtig und erfüllt.

Von diesem Grundgedanken sind alle heute bekannten aussermittig gespeisten Antennen abgeleitet.



Eine kleine Zeichnung nach der Primitiv-Methode bringt es an den Tag:

- Bei ca. 1/3 Länger einer $\lambda/2$ -Antenne für 80 m findet sich ein Punkt bei dem sich für 80 – 40 – 20 – 10 m fast gleiche Impedanzen ergeben.

Die in Europa wohl beliebteste aussermittig gespeiste Antenne ist die FD-4 der Fa. Fritzel. Bei dieser käuflichen Antenne erfolgt die Speisung mit Koaxial-Kabel und einem speziellen Balun mit einem Übersetzungsverhältnis von 1:6.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

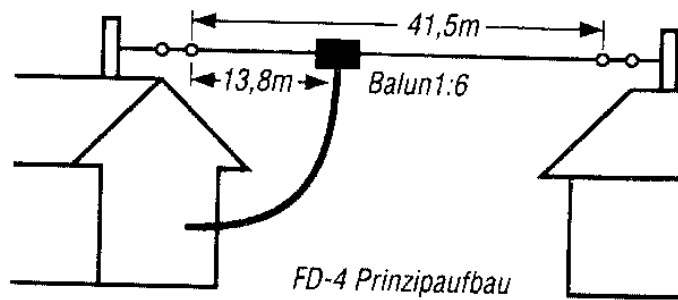
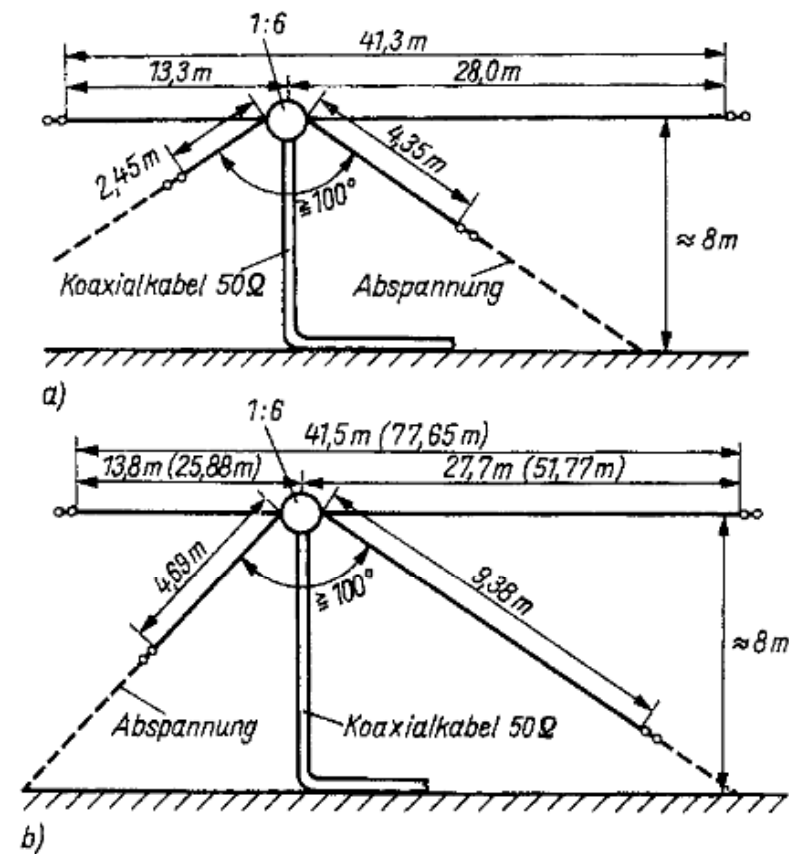


Bild 10.3.3
Koaxialgespeiste Mehrband-Windom (FD 4)

Diese Bild zeigt die Originalausführung der FD-4. Sie war für die Bänder 80 – 40 – 20 – 10 m ausgelegt. 15 m funktionierte nur mit einem sehr hohen SWR. Findige Köpfe haben sich bald einmal überlegt ob man hier nicht das Prinzip des Mehrband-Dipols anwenden könnte.



So entstand die Ausführung a) mit einer zusätzlichen parallel geschalteten Windom für 15 m. Bei der Einführung der WARC-Bänder (30 – 17 – 12 m) ging das „Hirnen“ wieder los. Man fand, wie in Ausführung b) gezeigt, eine weitere Drahtlänge für eine zusätzliche parallel geschaltete Windom, die für das 30 m Band bemessen ist, aber interessanterweise auch die Bänder 17 – 15 -12 m mit einem vernünftigen SWR abdeckt.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

Aus diesen Gedanken heraus entstanden weitere aussermittig gespeiste Antennen. Eine der bekannteren Varianten ist die

„Stromsummen-Antenne“

nach OM Hille, DL1VU.

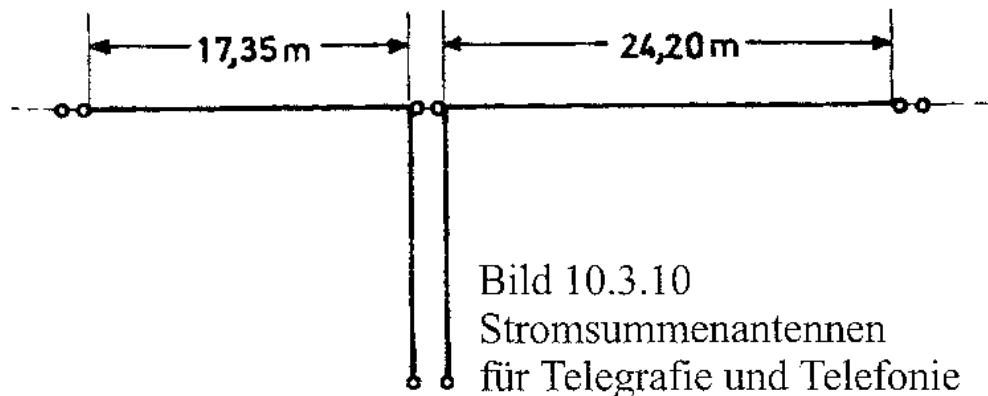
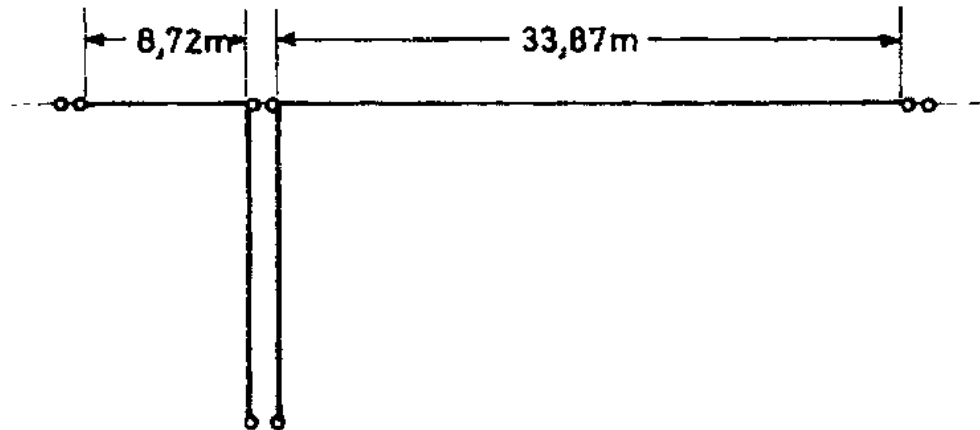


Bild 10.3.10
Stromsummenantennen
für Telegrafie und Telefonie

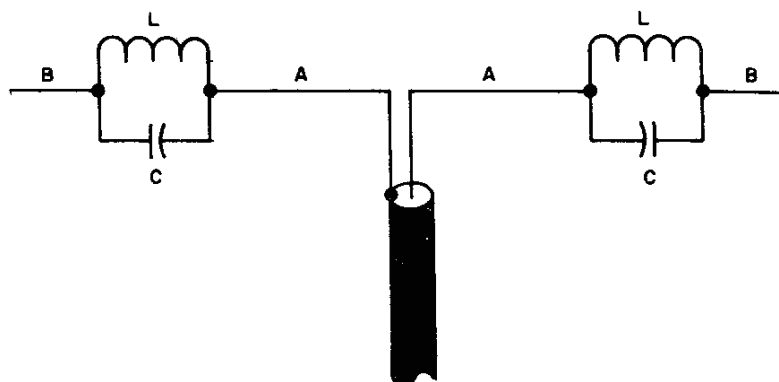
Diese Antenne, die alle Bänder 80 – 40 – 30 – 20 – 17 – 15 – 12 – 10 m überstreicht, gibt es in 2 verschiedenen Dimensionen. Einmal als Antenne die auf den CW-Bändern optimal abgeglichen ist oder als SSB-Version. Die Antenne benötigt ein symmetrisches Speisekabel und einen entsprechenden Antennenkoppler. OM Hille hat diese Antenne auf verschiedenen Expeditionen dabeigehabt und sie scheint ausgezeichnet zu funktionieren. Wenn man an die Restriktionen beim Reisegepäck denkt, dann ist es sicher so, dass es kaum eine kleinere und leichtere Antenne gibt die auf allen Bänder zwischen 80 m und 10 m mit einem guten Wirkungsgrad arbeitet. Also durchwegs etwas, das man eigentlich einmal nachbauen und testen sollte.

14.2.4 Trap-Antennen

Grundgedanke:

In den Antenneleiter eingefügte Schwingkreise erlauben bei korrekter Auslegung Mehrbandbetrieb.

Die in den Antennenleiter eingefügten Schwingkreise nennt man „Trap“ (aus dem Englischen = Falle, bei unserer Anwendung „Wellenfalle“). Die Trap-Antenne wurde vom US Amateur C.L. Buchanan, W3DZZ, 1955 erstmals vorgestellt. Seine Antenne funktionierte auf allen klassischen Bändern recht gut, d.h. mit einem einigermaßen akzeptablen SWR. Ich denke jeder ältere OM hat irgendeinmal in seiner Karriere einmal eine W3DZZ besessen.



Das obige Bild zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Trap-Antenne.

Bei der Auslegung der Traps unterscheidet man 2 Fälle:

- **Fall 1:**
Die Trap ist auf dem höherfrequenten Band resonant und wirkt auf dieser Frequenz als Isolator (= Wellenfalle).

Am Beispiel einer 80 / 40 m Antenne erklärt:

- 40 m: Der innere Teil vom Mittelisolator bis zu den Traps hat die korrekte Länge für das 40 m Band. Beide Traps wirken wie Isolatoren und trennen auf dem 40 m Band die Antenne an diesem Punkt elektrisch ab..
- 80 m: Die auf $f_{res} = 7 \text{ MHz}$ abgestimmten Traps sind auf 80 m niederohmig und stellen für die 80 m Signale kein signifikantes Hindernis dar. Allerdings wirken die Spulen der Traps als Verlängerungsspulen. Dadurch wird die Länge der Antenne auf 80 m deutlich verkürzt. Die genaue Länge des äussersten Teil des Antennendrahtes hängt von der Induktivität der Trap-Spule ab.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

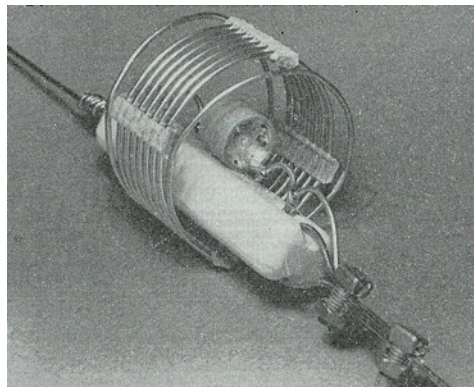
- **Fall 2:**
Die Resonanzfrequenz der Traps liegt ausserhalb der Amateurbänder. Auf dem höherfrequenten Band wird die Antenne durch das C der Trap verkürzt, auf dem niederfrequenten Band durch das L der Trap verlängert.

Am Beispiel einer 80 / 40 m Antenne erklärt:

Auf beiden Bändern wirkt die volle Antennenlänge.

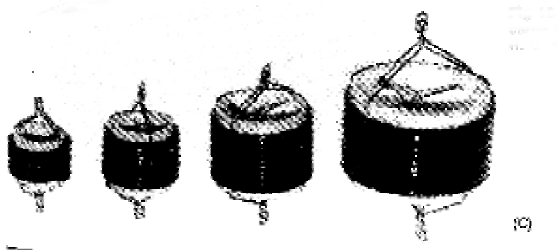
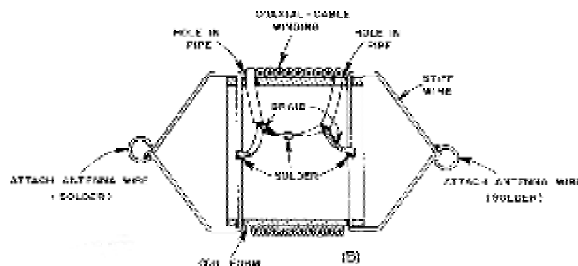
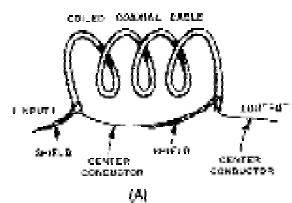
- 40 m: Der Kondensator C der Traps wird so bemessen, dass er an der vorgesehenen Einbaustelle die Antenne so verkürzt, dass sich Resonanz auf dem 40 m Band ergibt.
- 80 m: Die Spule L der Traps wird so bemessen, dass sie an der vorgesehenen Einbaustelle die Antenne elektrisch so verlängern, dass sich Resonanz auf dem 80 m Band einstellt.

Die Resonanzfrequenz der Trap liegt irgendwo weitab der Amateurbänder.



Die Ur-Traps sahen etwa so aus. Sie waren aus diskreten Bauelementen, also Kondensatoren und Spulen aufgebaut.

Wie man sich etwa vorstellen kann waren dies reine Schönwetter Traps. Bei Regen und Schnee veränderte sich die Resonanzfrequenz und abgesoffene Kondensatoren waren an der Tagesordnung. Solange man mit solchen Traps arbeiten musste hatten Trap-Antennen immer einen etwas zweifelhaften Ruf.



Die Situation der Trap-Antennen hat sich erst zu dem Zeitpunkt grundlegend verbessert als findige Köpfe die Koaxial-Trap erfanden. Das Prinzip ist folgendes:

- Ein zu einer Spule aufgewickeltes Stück Koaxial-Kabel stellt gleichzeitig sowohl eine Induktivität wie auch eine Kapazität dar.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

Seit dieser Zeit haben sich die Koaxial-Traps voll durchgesetzt. Wenn man die Enden der Koaxial-Kabel in Kunstharz eingiesst, dann sind solche Dinger wetterfest und wasserdicht.

Wenn man Koaxial-Traps verwendet, dann hat man natürlich das Handicap, dass man L und C nicht mehr nach belieben bestimmen kann. In diesem Falle bleibt einem nicht anderes übrig als die Traps nach Fall 1, wo die Trap auf dem höherfrequenten Amateurband resonant ist, zu bauen.

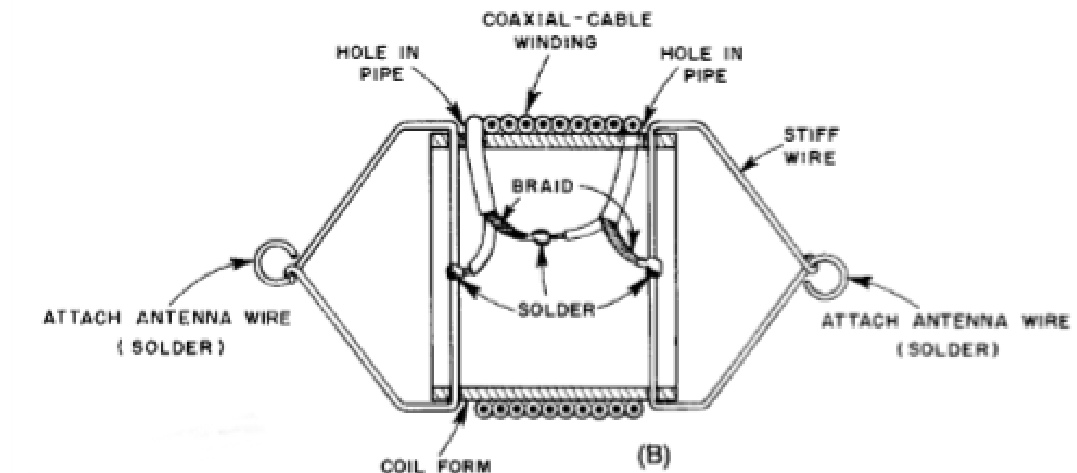
Man kann für Betrieb auf mehr als 2 Bändern eine ganze Anzahl Traps an der richtigen Stelle auf dem Antennendraht einschlaufen.

Bei einer Antenne für 20 – 40 – 80 m würde man zuerst die Drahtlänge für das 20 m vorsehen, dann dort eine 20 m Trap einfügen. Die 20 m Trap wirkt bereits als Verlängerungsspule für das 40 m Band. Deshalb muss man als nächstes die Länge für das 40 m Band bestimmen. Dort setzt man dann die 40 m Trap ein. Zu guter letzt gilt es nun noch die restliche Drahtlänge bis zur 80 m Resonanz zu bestimmen.

Für Selbstbauer von Koaxial-Traps gibt es PC-Programme wo man folgende Angaben eingibt:

- Koaxialkabel-Typ
- Gewünschte Resonanzfrequenz
- Spuledurchmesser

Als Resultat erhält man die Windungszahl. Mit diesen Angaben kann man die Trap bauen. Der Rest ist dann handwerkliches Geschick.



Dieses Bild zeigt im Detail wie eine Koaxial-Trap verdrahtet wird.

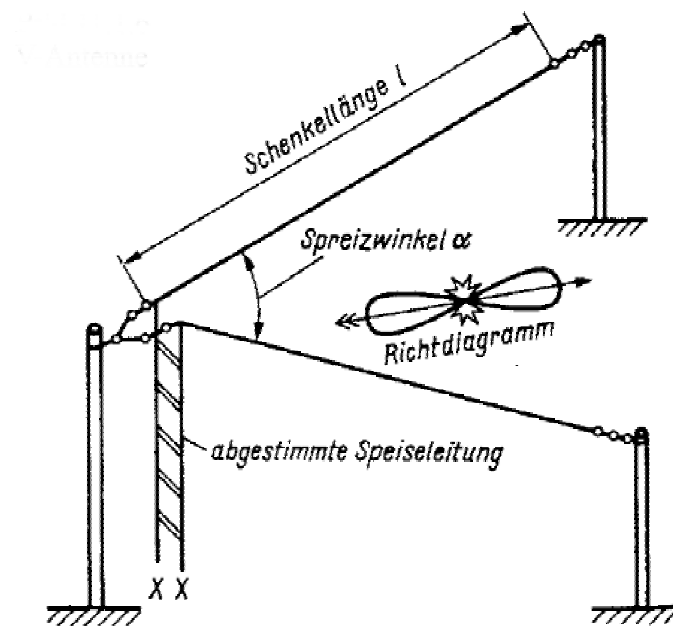
15 Langdraht-Antennen

Unter Funkamateuren redet man häufig von „Langdraht-Antennen“. Je nach dem kann das etwas unterschiedliches bedeuten.

In Bezug auf Langdraht-Antennen unterscheidet man:

- **Echte Langdrahtantennen**
sind Antennen deren Länge gross ist gegenüber der Wellenlänge ($l > 1 \lambda$)
- **Unechte Langdrahtantennen**
Der „Volksmund“ bezeichnet häufig jede Antenne die aus einem Draht besteht, der an einem Ende gespeist wird, als Langdrahtantenne.

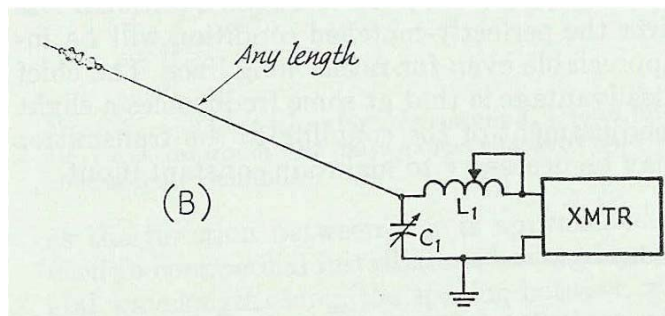
15.1 Echte Langdrahtantennen



Das obige Bild zeigt das Beispiel einer echten Langdrahtantenne und zwar in Form einer V-Antenne. Die Schenkelänge beträgt in jedem Fall mehr als 1λ . Die Speisepunktimpedanz ist kaum vorhersagbar (meistens hochohmig). Deshalb kommt als Speiseleitung kaum etwas anderes als symmetrisches Speisekabel in Frage. Solche Langdrahtantennen zeigen eine ausgesprochene Richtwirkung. Die Hauptstrahlrichtung liegt in der Mitte des Spreizwinkels.

15.2 Unechte Langdrahtantennen

Da echte Langdrahtantennen je nach Band gewaltige Ausmasse annehmen können, ist die „unechte Langdrahtantenne“ wohl eher etwas, was für den Durchschnitts-OM in Frage kommt. Der „Sex-Appeal“ dieser Antennen-Art liegt darin, dass man einen einzigen Draht vom Haus weg an einen einzigen Aufhängepunkt spannt. Dies bedeutet: Man hat eine sehr unauffällige Antenne.



Dieses Bild, aus dem ARRL Antenna Book zeigt das Prinzip.

Ein Stück Draht führt an einen geeigneten Aufhängepunkt. Die Antenne wird mittels einem Antennenkoppler gegen Erde betrieben. Beim Antennenkoppler kann es sich um einen manuellen oder um einen automatischen Koppler handeln.

Allerdings ist das obige Bild idealisiert. Ausser an einem Field Day QTH wird es wohl kaum einmal vorkommen, dass der Antennenkoppler gleich neben dem „Erdpfahl“ steht. Unter Erdpfahl verstehe ich die Erdverbindung, wie sie auch immer gemacht ist. Es kann sich auch um eine Netz von Radials handeln, die auf dem Boden ausgelegt sind. Bei der „physikalischen“ Betrachtung der Anordnung müsste man noch einen Widerstand in Serie zur Erdleitung zeichnen, den **Erdübergangswiderstand**.

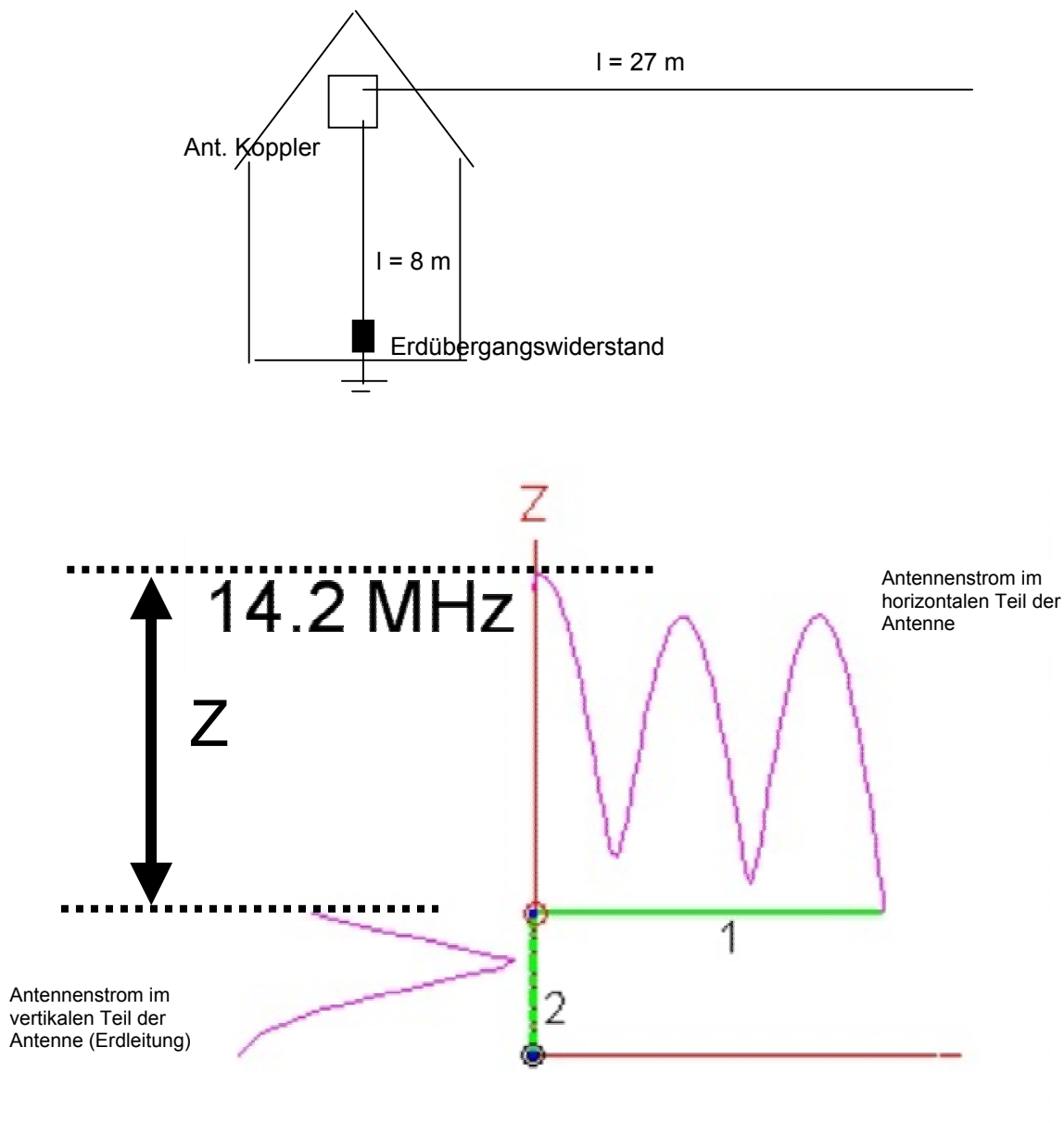
Im praktischen Betrieb wird die „Erdleitung“ zwischen dem Antennenkoppler und der Erde immer eine gewisse Länge aufweisen. Wenn wir die Antenne am Dachgiebel abspannen und den Antennenkoppler in der Nähe platzieren, dann kann es sich um mehrere Meter Draht handeln. 7 ... 10 m „Erdleitung“ hat man noch bald einmal beisammen.

Bei dieser Art Antenne muss folgendes beachtet werden:

- Die Drahtlänge der eigentlichen Antenne, d.h. vom Isolator am abgespannten Ende bis zum Antennenkoppler darf auf keinem Band eine $\lambda/2$ -Resonanz aufweisen. Dies würde reine Spannungskopplung bedeuten und dies verkraftet ein normaler Antennenkoppler nicht.
- Der Draht vom Antennenkoppler bis zur eigentlichen Erde ist ein Teil der Antenne und strahlt mit.
- Deshalb diesen Draht auf möglichst direktem Weg zur Erde führen.
- Die Drahtlänge der Erdleitung (vom Antennenkoppler bis zum Übergang in die Erde) darf auf keinem der benutzten Bänder $\lambda/4$ oder ein ungradzahliges Mehrfaches davon betragen. Dies würde am Antennenkoppler reine Spannungskopplung bedeuten, und da macht der Koppler nicht mehr mit.
- Den bereits erwähnten „Erdübergangswiderstand“ sollte man nicht vergessen. Diesen kann man zwar kaum beeinflussen, denn er hängt weitgehend von der Bodenleitfähigkeit ab und von der Art wie man erdet. Eine Blitzschutzterde führt zwar im Falle eines Falles den Blitzstrom gut ab, aber eine gute HF Erde ist das noch lange nicht. Radials sind da schon besser.

Betrachtungen an einem praktischen Beispiel:

Wie verhält sich der bereits erwähnte 27 m lange Draht, wenn er in einer Höhe von 8 m aufgehängt ist. Dies bedeutet, dass ein Erddraht von 8 m Länge im Spiel ist, der mitstrahlt und ein Teil der Antenne darstellt.



Das obige Diagramm zeigt die Antenne gemäss EZNEC. Der Speisepunkt ist durch den Kreis am Übergang von Draht 1 zu Draht 2 symbolisiert. Draht 2 ist am Ende geerdet. Eingezeichnet ist der Stromverlauf auf der Antenne und auf dem Erddraht bei einer Frequenz von 14.2 MHz .

Bei dieser Art von Antennen gelten folgende Spielregeln:

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

- Regel 4 besagt: freie Enden = Spannungsbauch.
Das Ende von Draht 1, also das dem Antennenkoppler abgewandte Ende liegt per Definition immer in einem Spannungsbauch.
- Das geerdete Ende von Draht 2 liegt per Definition immer in einem Strombauch.
Das geerdete Ende liegt ja nicht frei, sondern es ist an Erde gelegt. Dort fliesst ein Strom. Ob das geerdete Ende von Draht 2 präzise im Strombauch liegt oder etwas verschoben ist hängt vom Erdübergangswiderstand ab.
- Der Erdübergangswiderstand ist ein reeller Widerstand und nicht ein Phantom das nur in den Köpfen irgendwelcher Theoretiker existiert. Nach der alten Formel $P = U \cdot I$ wird in diesem Widerstand sehr reell ein Teil der kostbaren Sendeleistung verbraten.
- Der Antennenkoppler der am Schnittpunkt der Drähte 1 und 2 eingeschlaift ist muss mit der Impedanz Z fertig werden. Dies ist der Unterschied in den Wellenzügen auf Draht 1 (beginnend mit Strom „0“ am äusseren Isolator) und Draht 2 (beginnend mit Strom „Maximum“ am Punkt des Erdübergangs).

Betrachtung der Speisepunktimpedanz

Da es ganz interessant ist die Speisepunktimpedanzen, wie sie bei den verschiedenen Bändern zu erwarten sind, zu kennen habe ich unser Beispiel rasch mit EZNEC nachgerechnet. Es sind folgende Grössenordnungen zu erwarten.:

Als „Ground type“ habe ich „Real, high accuracy“ gewählt, weil eine Betrachtung unter der Annahme einer perfekten Bodenleitfähigkeit wenig Sinn macht.

3.700 MHz	-->	400 + j485 Ω
7.050 MHz	-->	460 + j74 Ω
10.100 MHz	-->	2500 + j1030 Ω
14.200 MHz	-->	416 + j640 Ω
18.100 MHz	-->	263 + j605 Ω
21.300 MHz	-->	386 + j621 Ω
24.900 MHz	-->	354 + j465 Ω
28.500 MHz	-->	3080 + j1300 Ω

Auf Grund der EZNEC-Berechnungen kann davon ausgegangen werden, dass sich dieser „Draht“ auf den meisten Bändern vernünftig abstimmen lässt. Kritische Bänder werden 10.1 MHz sowie 28 MHz sein. Als Faustregel kann man annehmen, dass alles mit einem Real-Anteil von 2 k Ω und höher als Spannungskopplung betrachtet werden muss.

Welcher Antennenkoppler ?

Grundsätzlich kann man im Speisepunkt jeden unsymmetrischen Antennenkoppler einschlaufen. Je nach der Anordnung der Antennenanlage kann ein manueller Antennenkoppler unpraktisch platziert sein. Dies ist dann ein Fall für einen der heute sehr populären automatischen Antennenkoppler. Ob der Antennenkoppler mit den oben erwähnten kritischen Bändern 10 MHz und 28 MHz fertig wird hängt einerseits vom Einstellbereich des Koppler ab und andererseits vom Erdübergangswiderstand. Ein grosser Erdübergangswiderstand kann den Strombauch, der theoretisch am Erdübergangspunkt vorliegt, soweit verschieben, dass sich plötzlich auf wundersame Weise auch diese Bänder anpassen lassen. Schon manches „gute“ SWR ist nur dank gütiger Mithilfe von Übergangswiderständen entstanden.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

Wenn man die beiden kritischen Bänder ausklammert, dann dürfte es sogar möglich sein mit einem 1:9 Balun zu arbeiten und den Antennenkoppler in den Shack zu verlegen. Wie wir schon früher gesehen haben geschieht in diesem 1:9 Balun eine Division der Speisepunkimpedanz um den Faktor 9, und ... like magic ... schon sind wir innerhalb des Abstimmereiches unseres Antennenkopplers.

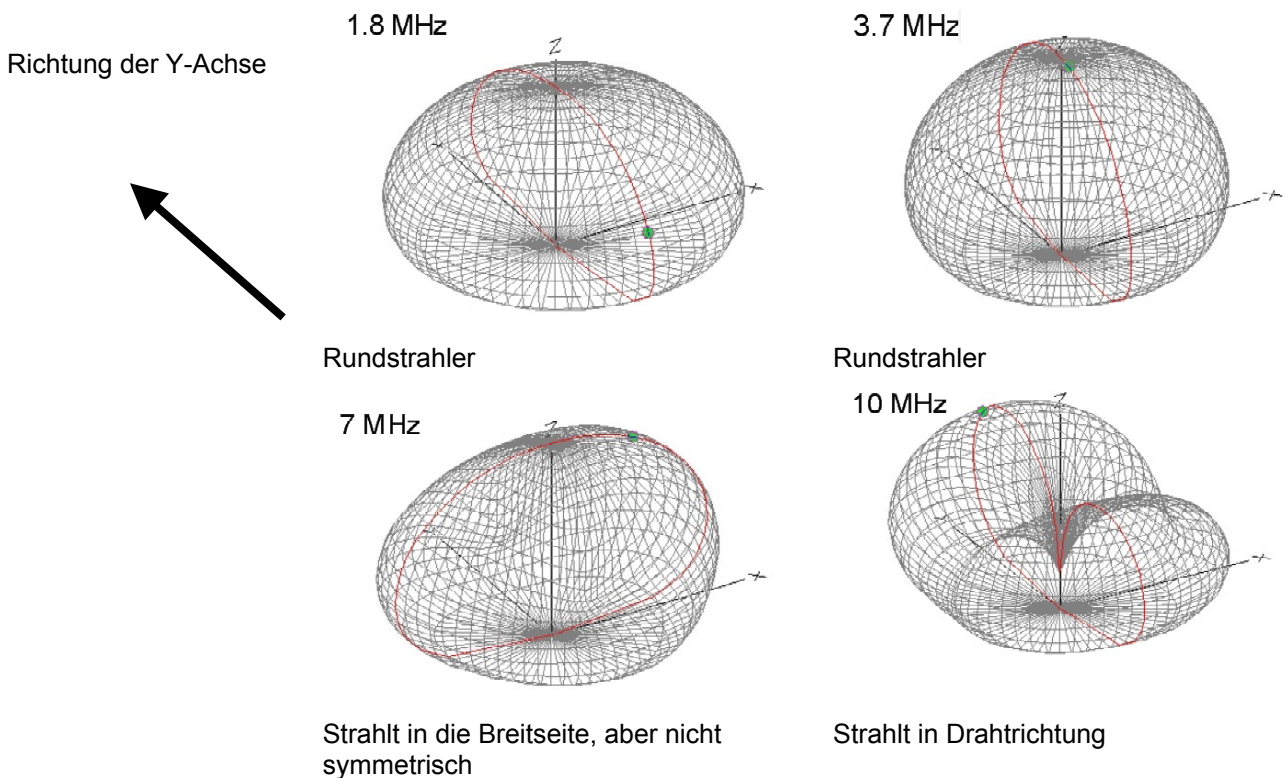
Aus einem unechten Langdraht wird eine echte Langdraht-Antenne

Wir erinnern uns, echte Langdraht-Antennen zeichnen sich dadurch aus, dass die Drahtlänge $> 1 \lambda$ ist. In unserem Beispiel ist diese Bedingung für alle Amateurbänder oberhalb des 40 m Bandes erfüllt.

Die Richtwirkungsdiagramme sind nicht so einfach vorhersagbar. Zu viele Einflüsse spielen mit. Die Antenne besteht aus einem horizontalen Teil und einem vertikalen Teil, der sog. Erdleitung. Vom horizontalen Teil kann man annehmen, dass er einigermaßen frei in Luft hängt. Vom vertikalen Teil, also der Erdleitung, kann man das nicht so ohne weiteres behaupten. Meistens läuft er parallel zu einer Mauer. Was in der Mauer drin ist, weiss man meistens nicht. Auch weiss man eher selten Bescheid über andere Leitungen oder anderes leitendes Material und seien es nur Armieisen im Beton. All dies kann die Abstrahlung beeinträchtigen.

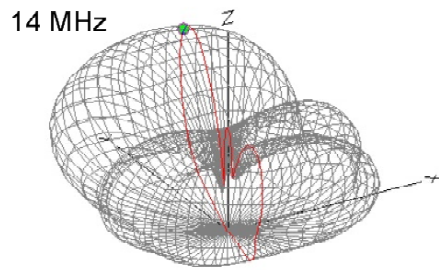
Die nachstehenden Darstellungen gehen von einer „frei“ im Raum liegenden vertikalen Erdleitung aus.

Die Drahtrichtung des horizontalen Teils entspricht der Y-Achse.

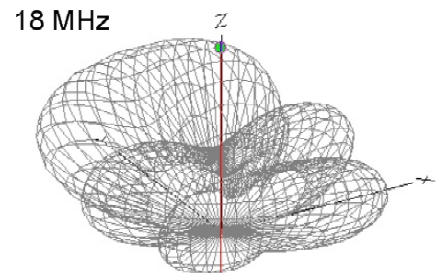


Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

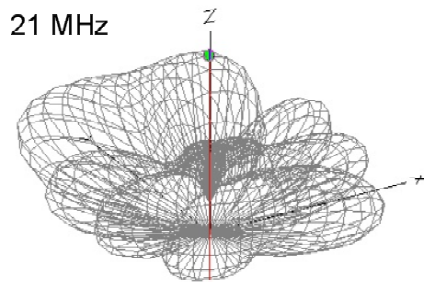
Teil 2: Antennen-Praxis



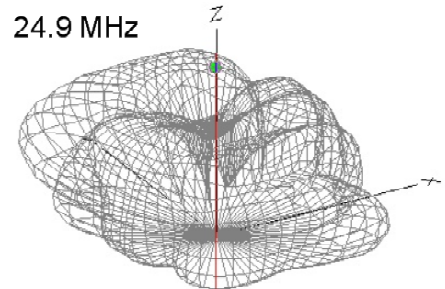
Strahlt ca. 15° zur Drahrichtung



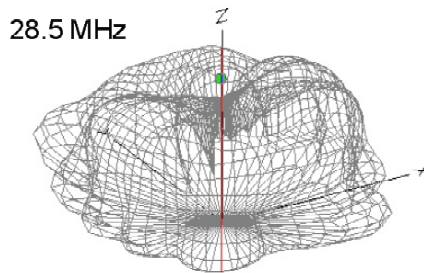
Strahlt ca. 30° zur Drahrichtung
Wildes Strahlungsdiagramm



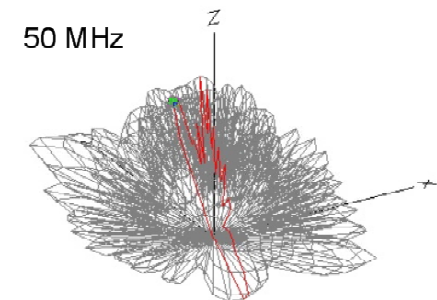
Strahlt ca. 30° zur Drahrichtung
Wildes Strahlungsdiagramm



Strahlt ca. 30° zur Drahrichtung
Wildes Strahlungsdiagramm



Strahlt ca. 30° zur Drahrichtung
Wildes Strahlungsdiagramm

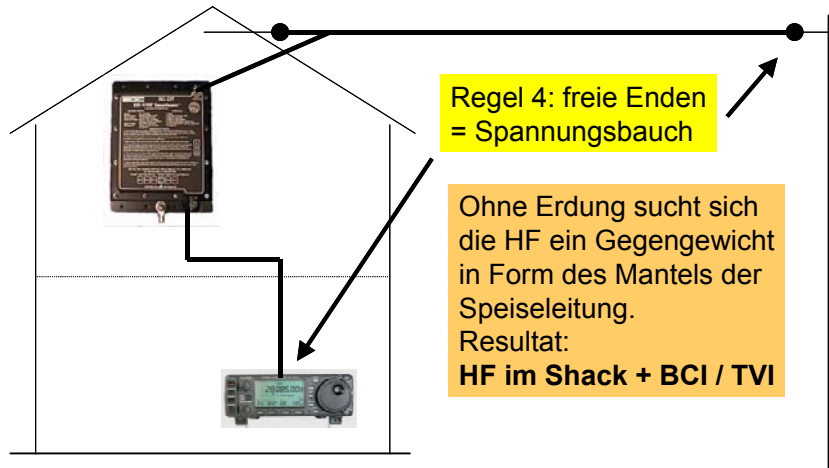


Strahlt ca. 30° zur Drahrichtung
Wildes Strahlungsdiagramm

Wie man sieht, je höher die Frequenz umso wilder werden die Strahlungsdiagramme. Man lasse sich aber nicht täuschen. Auf gewissen Bändern treten in gewissen Richtungen recht flache Abstrahlwinkel auf, was gute Voraussetzungen für erfolgreichen DX-Verkehr schafft. Trotzdem man 50 MHz nicht mehr unbedingt zu den KW Bändern zählt, hat es mich doch interessiert wie sich die Antenne auf diesem Band verhalten würde. Wenn man das absolut wirre Abstrahlungsdiagramm näher untersucht, dann kommt man zum Schluss dass es sich um eine ganz brauchbare omnidirektionale Antenne mit relativ flachem Abstrahlwinkel handelt. Natürlich verpufft auch etwas der Energie nach oben.

Was passiert wenn wir vergessen zu Erden ?

Es gibt immer wieder OM's die vergessen, dass man eine solche Antennenanordnung Erden muss. Es kann auch vorkommen, dass die Erdung so schlecht ist, dass man sie als nicht existent betrachten muss.



Wenn keine saubere Erdverbindung vorhanden ist, dann sucht sich die HF-Energie ein Gegengewicht. Unabhängig von der Art der Ankopplung am Speisepunkt (automatischer Antennenkoppler, manueller Antennenkoppler, Balun 1:9, etc.) gibt es ja immer ein Speisekabel zum Transceiver. Der Mantel dieses Speisekabels wird nun von der HF-Energie als Gegengewicht oder als Verlängerung der Antenne angesehen und als Strahler benutzt. An der Stelle wo der Transceiver sitzt ist die Antenne zu Ende.

Nun gilt wieder Regel 4: „freie Enden = Spannungsbauch“.

In und um den Transceiver treten je nach Sendeleistung mehr oder weniger hohe HF-Spannungen auf. Dies erklärt warum „es einem einen schmiert“ wenn man etwas metallisches am Transceiver berührt. Es kann auch sein, dass die Elektronik des Transceivers infolge vagabundierender HF verrückt spielt.

Im allgemeinen führt das Speisekabel von der Antenne zum Transceiver irgendwo durchs Haus. Das Speisegerät des Transceivers ist über den Schutzleiter mit der Netzerde verbunden. Wie bereits an anderer Stelle erwähnt ist eine Netzerde keine HF-Erde. Man glaube also ja nicht die Station sei über die Netzerde „geerdet“. Der Zweck der Netzerde ist „Personenschutz“, d.h. im Falle eines Isolationsdefektes eines elektrischen Gerätes sollen Personen die das Gerät berühren nicht zu Schaden kommen. Eine HF-Erde ist es aber nicht. Die Erddrähte führen in allen möglich und unmöglichen Schleifen im Haus herum. Es ist anzunehmen, dass sich ein Teil der HF-Energie auch über die Netzerde weiterverbreitet.

Man verschleppt so die HF ins Haus und man muss sich nicht wundern

- wenn Hände, Lippen (vom Mikrophon), etc. „heiss“ werden
- der Fernseher und die Stereoanlage verrückt spielen
- etc.

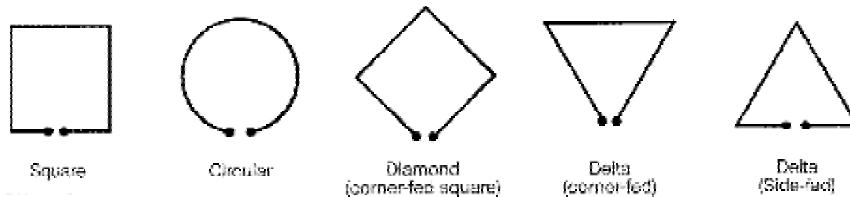
Diese Ausführungen sollen zeigen was für Geheimnisse in einer auf den ersten Blick doch simplen Drahtantenne stecken.

16 Schleifenantennen

Unter Schleifenantennen verstehen wir geschlossene Drahtschleifen deren Drahtlänge im Vergleich zur Wellenlänge gross ist.

Im Regelfalle gilt: Drahtlänge $\Rightarrow 1\lambda$

Schleifenantennen können verschiedenste Formen annehmen. Eine kleine Auswahl zeigt untenstehendes Bild:



Bei der Auswahl der Schleifenform gilt der Grundsatz:

Diejenige Form die bei gleichem Drahtumfang die grösste Fläche überdeckt ist die Beste.

Bei gleicher Drahtlänge überdeckt übrigens der Kreis die grösste Fläche, aber es ist sehr schwer mit Draht einen Kreis zu formen.

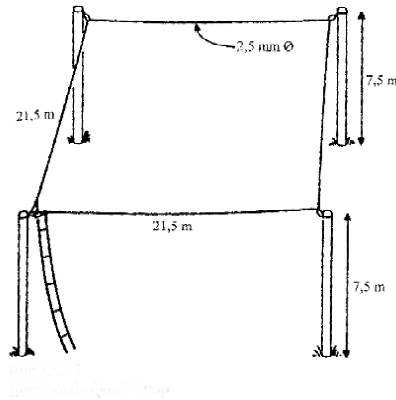
Häufig hat man ja gar keine Auswahl, aber wenn man schon die Möglichkeit hat die Drahtschleife auf verschiedene Arten anzuordnen, dann sollte man sich an obigen Grundsatz erinnern. Nicht alle OM's sind in Geometrie und Trigonometrie gleich gut bewandert, deshalb ein kleiner Trick wie man herausfinden kann welche Schleifenform die grösste Fläche überdeckt.

Man greife wieder einmal zum guten alten Zeichnungsblock (4 mm-Papier) und zeichne die verschiedenen möglichen Schleifenformen im gleichen Massstab auf. Dann zähle man bei jeder Form die Anzahl der Häuschen des mm-Papiers die innerhalb der Fläche liegen. Diejenige Form die die meisten Häuschen ergibt hat gewonnen. Diese Form realisiert man dann.

Im übrigen unterscheidet man

- horizontale Schleifenantennen und
- vertikale Schleifenantennen.

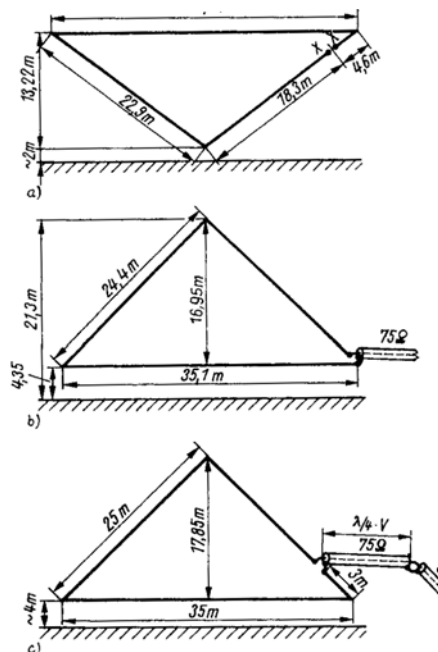
16.1 Horizontale Schleifenantennen



Horizontale Schleifenantennen werden weniger oft verwendet als vertikale Ausführungen. Sie brauchen natürlich sehr viel ebenes und frei liegendes Land und 4 hohe Aufhängepunkte.

Solange die Drahtlänge 1λ nicht übersteigt handelt es sich um eine ausgesprochene Steilstrahlantenne. Erst ab einer Drahtlänge von 2λ und mehr wird der Abstrahlwinkel flacher. Diese Antennenform kommt erst dann richtig zum tragen wenn man über sehr viel freien Platz verfügt.

16.2 Vertikale Schleifenantennen



Vertikale Schleifenantennen sind die Lieblingsantennen viele DX'er. Vor allem die Delta-Loop wird sehr häufig verwendet. Man kann der Schleife aber auch andere Formen geben, z.B. Rechteckform (englisch: Oblong), etc.

Beliebt sind die Ausführungen nach b) und c), also diejenigen Delta-Loops die sich mit einem einzigen hohen Mittelmast zufrieden geben. Hier hält sich der konstruktive Aufwand in Grenzen und die damit erzielten Ergebnisse stellen jeden Dipol in den Schatten.

Grundsätzlich handelt es sich bei Schleifenantennen um Ein-Band-Antennen.

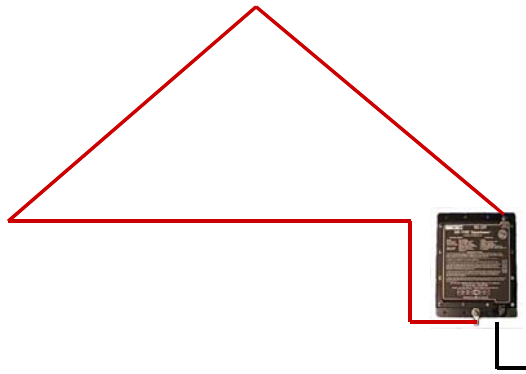
Meine praktischen Erfahrungen haben gezeigt, dass man mit einer 80 m Delta-Loop, die oben am Mittelmast

gespeist ist, ohne weiteres auch QSO's auf dem 40 m und sogar auf dem 30 m Band machen kann. Die Erfahrungen haben gezeigt: Jede Station die ich höre kann ich auch arbeiten. Weitere Details sind meinem Bericht im Old Man 12/2000 zu entnehmen.

Zur Speisung von Schleifenantennen kann man Koaxialkabel oder symmetrische Speiseleitung verwenden. Symmetrische Speiseleitung hat den Vorteil, dass man die

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis



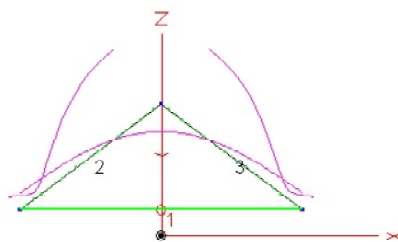
Schleife auf jeder beliebigen Frequenz betreiben kann, ohne dass grössere Verluste im Speisekabel zu befürchten sind. Allerdings benötigt man einen Antennenkoppler für symmetrische Speiseleitungen. Schleifenantennen können auch mittels eines automatischen Antennenkopplers, den man direkt am Speisepunkt anbringt, betrieben werden. Das eine Bein der Schleife geht zum Antennenanschluss, das andere Bein wird an der Erdschraube angeklemmt. Den Antennenkoppler betreibt man „floatend“, als von der Erde hochgelegt. Sollten sich Probleme mit Mantelwellen auf dem Speisekabel ergeben, dann empfiehlt sich eine Mantelwellendrossel oder ein „Current Balun“.

16.3 Stromverteilung auf Schleifenantennen

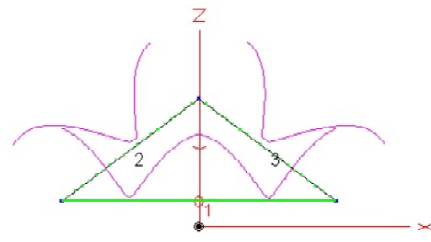
Unabhängig von der Form einer Schleifenantenne und der Frequenz gilt:
Genau in der Hälfte der Drahtschleife, d.h. auf der dem Speisepunkt gegenüberliegenden Seite, befindet sich ein **STROMBAUCH**.

Slogan:

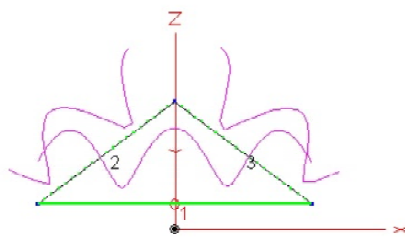
Bei $0.5 \cdot \text{Schleifenlänge} = \text{Strombauch}$



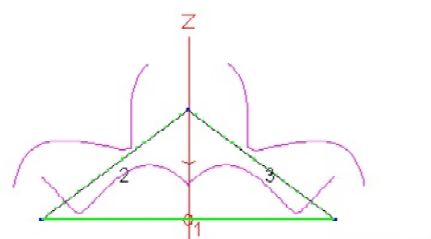
Stromverteilung bei f_{res}



Stromverteilung bei $2 f_{res}$

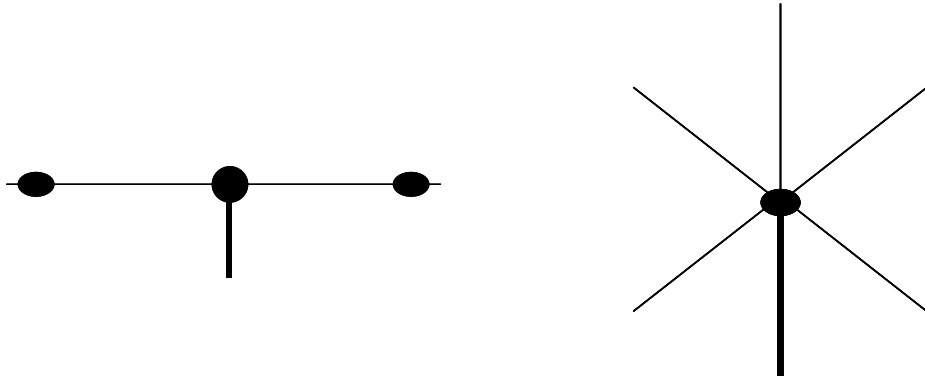


Stromverteilung bei $3 f_{res}$



Stromverteilung bei irgendeiner Frequenz
(keine Resonanz oder Oberwellenresonanz)

17 Horizontale Antennen versus vertikale Antennen



Ab und zu kommt immer wieder die Frage:

- Was sind denn die Unterschiede zwischen einer vertikalen und einer horizontalen Antenne ?
oder
- Welche Polarisation soll ich wählen ?

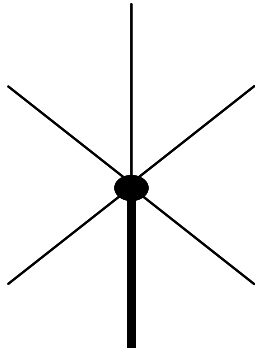
Die Antwort kann man etwa so zusammenfassen:

- **Polarisation:**
Die Polarisation der Antennen spielt auf KW keine grosse Rolle. Man arbeitet ja, von Orts-QSO's abgesehen, immer mit Raumwelle. Bei der Reflektion der Wellen in der Ionosphäre wird die Polarisation ohnehin ein oder mehrmals geändert.
- **Abstrahlwinkel:**
Vertikale Antennen haben im allgemeinen einen flacheren Abstrahlwinkel als horizontale Antennen. Dies ist für DX-Verkehr erwünscht. Wie wir bereits gesehen haben, gibt es aber auch unter den horizontalen Drahtantennen gute „Flachstrahler“, zum mindesten haben sie auf gewissen Frequenzbändern diese Eigenschaft.
- **Empfangsgeräusche:**
Es ist eine Tatsache die nicht weggeleugnet werden kann:
Auf horizontalen Antennen hört sich's ruhiger.
Vertikale Antennen bringen mehr Empfangsgeräusche. Dabei handelt es sich weniger um echte Signale auf den Bändern, als um all die Geräusche aus dem Nahfeld, d.h. um den „Man-made-noise“. Wenn wir darauf angewiesen sind an einer Vertikal-Antenne zu hören, dann lohnt sich jeder Meter „Höhengewinn“. Je höher wir die Antenne im Freien und über dem Störnebel anordnen können, desto angenehmer ist sie beim Empfang.

18 Vertikal-Antennen

Bei den Vertikal-Antennen unterscheidet man 2 Typen:

- Antennen mit „Grundberührung“ oder mit Radials.
- Antennen die ohne „Grundberührung“ oder Radials auskommen.

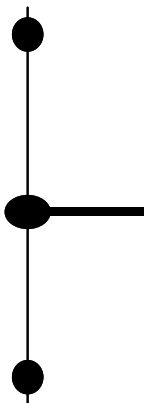


Antennen mit „Grundberührung“ oder mit Radials:

Der klassische Vertreter dieser Art ist die **Grundplane-Antenne**. Sie ist eine **unsymmetrische Antenne** und benötigt entweder eine gute Erdung oder Radials als Gegengewichte. Da die Erdübergangswiderstände bei uns eher ungünstig sind verwendet man bei uns meistens Radials. Je nach Anordnung der Radials (horizontal, schräg nach unten, etc.) ist der Abstrahlwinkel mehr oder weniger flach.

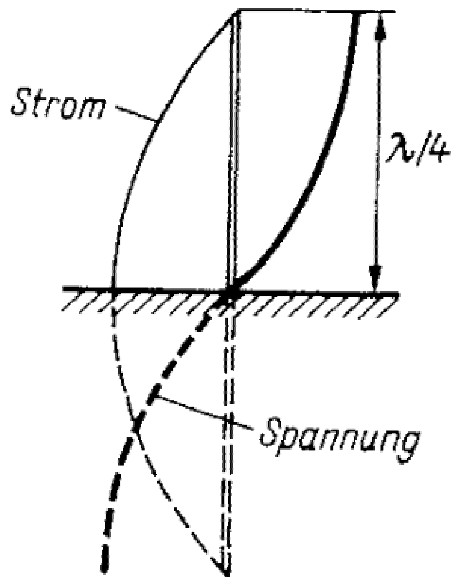
Antennen die ohne „Grundberührung“ oder Radials auskommen.

Der **vertikale Dipol** und alle anderen Antennen die ohne „Grundberührung“ und ohne Radials auskommen sind **symmetrische Antennen** und benötigen kein Gegengewicht. Bei freier Anordnung ist der Abstrahlwinkel sehr flach.



Alle vertikalen Antennen, mit Ausnahme der coaxialen Dipole, lassen sich durch Einfügen von Traps „mehrfrequenztauglich“ machen.

18.1 Die Marconi-Antenne



Die Marconi-Antenne ist die Urform aller Vertikal-Antennen. Sie ist bereits seit den ersten Anfängen der Funktechnik bekannt und wurde wie der Name sagt vom Urvater der Funktechnik, von Guglielmo Marconi, erfunden.

Die Idee ist folgende:

Man betreibt einen $\lambda/4$ -Leiter gegen Erde. Man geht davon aus, dass sich im Erdreich eine weiterer $\lambda/4$ -Stab spiegelt.

Bei gut leitender Erde, z.B. am Meer, funktioniert dieses Prinzip sogar recht gut. In unseren Gefilden mit den doch eher mediokren Erdverhältnissen würde ich davon abraten mit dieser Antennenform zu experimentieren. Sollte das SWR gut sein, dann handelt es sich mit Sicherheit um die gütige Mithilfe des Erdübergangswiderstandes.

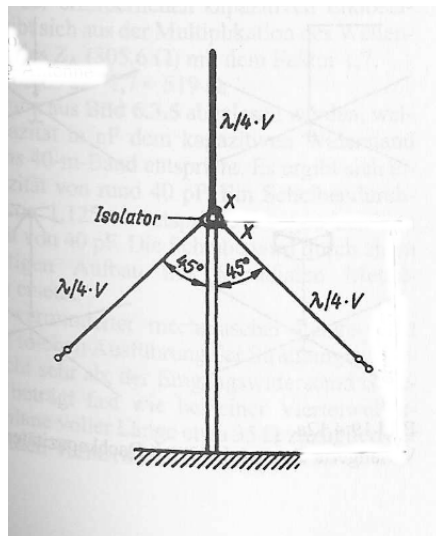
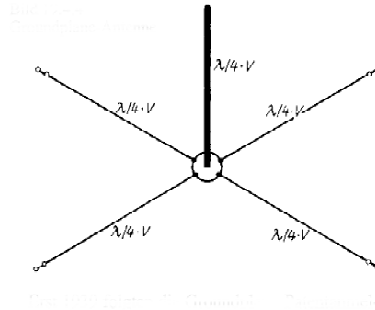
Da die Bodenleitfähigkeit selten so gut ist, dass das Einschlagen eines Erdpfahls eine ausreichende Erdverbindung herstellt, hat man nach „Verbesserungspotential“ gesucht. Man fand, dass der Wirkungsgrad ansteigt wenn man eine solche Antenne mit einem Netz von Drähten umgibt, die entweder auf dem Boden ausgelegt sind oder die ca. 10 cm in den Boden vergraben werden. Diese Drähte nennt man Gegengewichte.

Hier gilt die Regel: Viel ist gut, noch mehr ist besser!

In Kreisen kommerzieller Senderbauer gilt die Faustregel, dass man etwa 120 Gegengewichtsdrähte auslegt. Die Länge sollte in der Gegend von $\lambda/4$ liegen, die exakte Länge scheint jedoch eher von untergeordneter Bedeutung sein.

Sobald wir aber eine Marconi-Antenne mit Gegengewichtsdrähten (= Radials) betreiben, dann ist es eigentlich keine Marconi-Antenne mehr im ursprünglichen Sinne, sondern eine sog. Ground-Plane Antenne. (siehe nächstes Kapitel)

18.2 Die Ground-Plane Antenne



Die Ground-Plane Antenne ist im Amateurfunk der Klassiker unter den Vertikal-Antennen.

Die Eingangsimpedanz am Speisepunkt beträgt ca. 36 Ω. ACHTUNG: Wenn die Eingangsimpedanz höher liegt z.B. in der Nähe von 50 Ω dann sollte man nachdenklich werden. Von selbst stellen sich nämlich keine 50 Ω ein. Die fehlenden 14 Ω werden in einem solchen Fall in Form von Verlusten verbraten.

Eine andere Version der Ground-Plane Antenne verwendet schräg nach unten gespannte Radials. Der Eingangswiderstand soll sich gemäss der einschlägigen Literatur wie folgt verhalten:

Bei 3 Radials ca. 50 ... 53 Ω

Bei 4 Radials ca. 44 Ω

Durch verändern des Winkels der Radials soll sich das SWR exakt auf 1:1 = 50 Ω einstellen lassen.

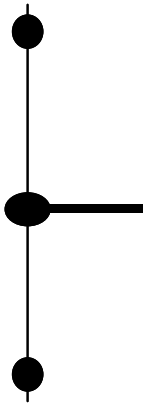
Bei Ground-Plane Antennen sind die Radials im Regelfalle abgestimmt, d.h. sie weisen eine Länge von $\lambda/4$ auf. Üblicherweise sind die Radials isoliert. Am Ende der Radials ist gemäss Regel 4, „freie Enden = Spannungsbauch“, mit HF-Spannung zu rechnen, so dass man die Enden isolieren sollte.

Mehrbandbetrieb:

Ground-Plane Antennen lassen sich durch Einfügen von Traps „mehrbandtauglich“ machen. Auf jeden Fall müssen Traps im Strahler eingefügt werden. Bei den Radials hat man die Wahl

- Traps (in identischer Weise wie beim Strahler) in die Radials einzufügen, oder
- für jedes Band einen eigenen Satz abgestimmte Radials (z.B. 2 Radials pro Band) vorzusehen. Dies gibt dann eine schöne „Wöschhänki“.

18.3 Der vertikale Dipol



Der vertikale Dipol ist eine eher wenig gebräuchliche Antennenform unter den Amateurfunkern. Wer jedoch schon damit gearbeitet hat ist davon begeistert.

Die Eigenschaften:

- Er liefert eine flache Abstrahlung.
- Er benötigt keine Gegengewichte (Radials).
- Er wird doppelt so lang wie der $\lambda/4$ -Strahler der Ground-Plane Antenne (was zwar nicht gerade ein Vorteil ist, dafür aber Symmetrie herstellt).
- Die Speiseleitung sollte horizontal weggeführt werden, was häufig konstruktive Probleme ergibt. Es gibt jedoch Methoden der Speisung an einem Ende. Diese werden unter dem Thema „koaxiale Dipole“ sowie unter „Spannungsspeisung“ behandelt.

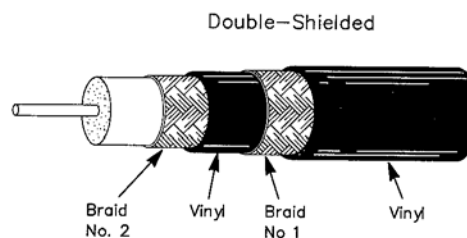
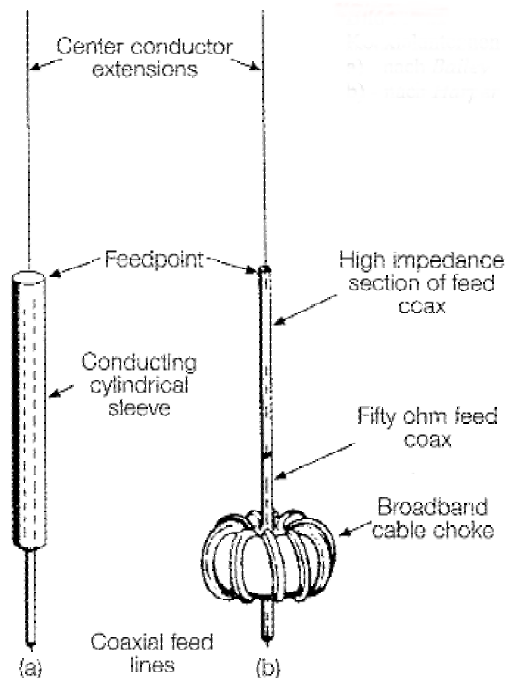
Beim praktischen Aufbau einer solchen Antenne sollte man einen Punkt nicht vergessen:

- Das bodennahe Ende der unteren Dipolhälfte liegt in einem Spannungsbauch. Je nach Leistung kann dort eine ansehnliche Spannung anliegen. Auch wenn HF im allgemeinen nicht gerade tödlich wirkt, unangenehm ist es doch. Ich habe mir einmal vor Jahren mit einem 15-Watt Sender eine Fingerkuppe angeschmort. Gefühlt habe ich gar nichts, es hat einfach plötzlich nach verbranntem Fleisch gerochen. Es ist also auf jeden Fall empfehlenswert auf gute Isolation zu achten. Wenn die Antenne im Garten oder auf einer Weide steht, dann wäre ein kleiner aber solider Zaun von 1.5 x 1.5 m und 1 m Höhe darum herum sicher angebracht.

Mehrbandbetrieb:

Auch der vertikale Dipol lässt sich durch Einfügen von Traps „mehrbandtauglich“ machen. Wie beim Dipol werden die Traps symmetrisch in jeder Dipolhälfte eingefügt. Da Traps bekanntlich auf dem langwelligeren Band einen Verkürzungseffekt aufweisen wird die Antenne über alles gesehen kürzer. Man kommt also mit einem niedrigeren Aufhängepunkt aus.

18.4 Der koaxiale Dipol



Der koaxiale Dipol ist eine Sonderform des vertikalen Dipols.

Die konstruktive Erschwerung beim vertikalen Dipol, wonach die Speiseleitung von der Mitte aus horizontal weggeführt werden sollte wird hier auf eine raffinierte Weise umgangen.

Zwei Versionen, die beide praktisch erprobt sind, stehen zur Auswahl:

Ausführung a)

Hier wird ein spezielles Koaxialkabel eingesetzt, das 2 voneinander isolierte Mäntel besitzt. Die Seele dieses Kabels wird mit einem Draht um $\lambda/4$ verlängert. Der äussere der beiden Koaxkabel-Mäntel wird in einer Distanz von $\lambda/4$ vom Speisepunkt aus gesehen über eine Länge von 2 – 3 cm aufgetrennt und vom Rest isoliert. Dann wird ein Schrumpfschlauch über die aufgetrennte Stelle gezogen um das Kabel wieder wasserdicht zu machen. Die untere Strahlerhälfte hat bei dieser Antenne eine Doppel-

funktion. Sie ist strahlende Dipolhälfte und bildet zugleich zusammen mit dem durchlaufenden Teil des Koaxialkabels einen Viertelwellen-Sperrtopf. Der nach unten elektrisch offene Sperrtopf wirkt als Mantelwellensperre und entkoppelt dadurch die Speiseleitung.

Ausführung b)

Hier wird ein normales Koaxialkabel verwendet. Die Seele dieses Kabels wird mit einem Draht um $\lambda/4$ verlängert. Die untere Strahlhälfte besteht aus dem Koaxialkabel. In einem Abstand von $\lambda/4$ wird eine Breitband-Kabeldrossel eingefügt. Diese besteht aus einigen Windungen des Koaxialkabels auf einem Ferrit-Ringkern. Diese Version soll etwas breitbandiger sein als die Version a).

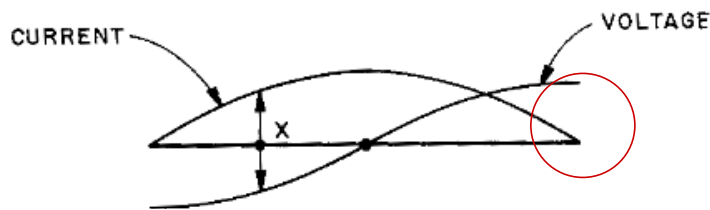
Ich selbst habe die Version a) einmal getestet und festgestellt „es funktioniert“. Das ganze ist mechanisch eine gewisse Fummelei und es dürfte auch nicht so einfach sein die Einschnittstelle im äusseren Kabelmantel wieder einwandfrei wasserdicht zu kriegen.

Koaxiale Dipole sind meiner Meinung nach Ein-Band-Antennen. Ob man sie auch mehrbandtauglich machen kann entzieht sich meiner Kenntnis.

19 Spannungsgespeiste Antennen

Definition:

Unter einer spannungsgespeisten Antenne versteht man eine Antenne die eine **Länge von $\lambda/2$ oder Vielfache** davon aufweist und die in einem Spannungsbauch eingespeist wird.



Ein klassischer Spannungsbauch tritt jeweils an einem der Enden auf.

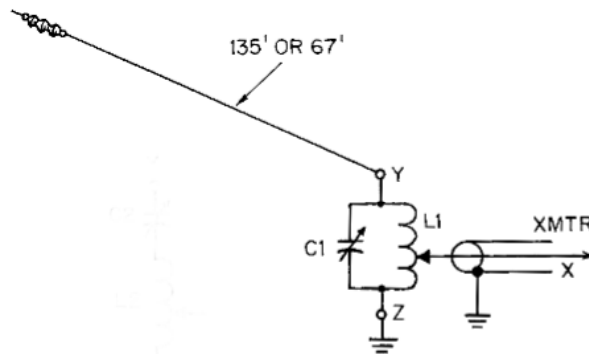
Spannungsgespeiste Antennen wurden im Amateurfunk bis etwa 1960 ... 1970 gerne eingesetzt. Mit der zunehmenden Verwendung von Koaxialkabel als Speiseleitung sind die spannungsgespeisten Antennen (auch spannungsgekoppelte Antennen genannt) etwas in Vergessenheit geraten. Unsorgfältige Auslegungen, z.B. mit strahlenden Feederleitungen etc. haben ab und zu zu TVI geführt. Ab ca. 1970 tauchte in Antennenbüchern immer wieder der Kommentar auf: „Spannungsgespeiste Antennen führen zu TVI“.

Spannungsgespeiste Antennen sind typische Antennen, die man immer dann verwendet wenn man unauffällig Funkverkehr abwickeln will. Die Antenne besteht aus einem einzigen Draht, den man sehr dünn und unauffällig wählen kann. Man hängt den Draht zum Fenster raus und befestigt das andere Ende an einem passenden Aufhängepunkt. Wenn man z.B. von einem Hotelzimmer aus funken will, dann ist das die geeignete Antenne. Solange sich ein Fenster auch nur einen Spalt breit öffnen lässt kann man den Draht raushängen. Die Anpassmimik bleibt im Innern, gleich neben dem Fensterrahmen. Den Draht klemmt man einfach im Fensterrahmen ein. Wenn jemand fragt: „Was gibt denn das?“ ... dann erzählt man „man habe einen Kurzwellen-Weltempfänger“ dabei und man wolle die Nachrichten aus der Heimat hören. Der Frager nickt verständnisvoll und die Sache ist erledigt. Wie wir später sehen, wenn man die Antenne richtig konzipiert und speist, dann ist die Antenne „resonant“ und strahlt die volle Energie ab. Im Gegensatz zur „unechten Langdrahtantenne“ braucht es hier keine Erdverbindung und es gibt keine vagabundierende HF.

Ich selbst habe seit Beginn meiner Amateurfunker-Karriere (Jan 1962) mit wenigen Jahren Unterbruch immer spannungsgespeiste Antennen in Betrieb gehabt. Auch heute verwende ich immer noch eine endgespeiste 40 m Drahtantenne, die auf allen Bändern von 80 – 10 m mit Spannungskopplung arbeitet. Auf dem 160 m Band wird derselbe Draht als $\lambda/4$ -Strahler verwendet. Hier natürlich mit Stromspeisung. Als Gegengewicht für das 160 m Band verwende ich alle Kupferkragen einer ganzen Zeile von Reihenhäusern.

Da ich mit dieser etwas verfeimten und nicht immer richtig verstandenen Antennenform immer gute Erfahrungen gemacht habe gestatte man mir, dass ich etwas näher auf dieses Thema eingehe.

19.1 Ankopplung über einen geerdeten Schwingkreis



Dies ist eine der klassischen Arten der Anpassung einer spannungsgespeisten Antenne. Das Bild stammt aus dem ARRL Antenna Book.

Dazu wird bemerkt:

- Der Schwingkreis muss auf die Sendefrequenz abgestimmt sein.
- Da der Schwingkreis ein hochohmiges Gebilde ist kann die Antenne auch an einer „schlechten Erde“ betrieben werden, ohne dass übermässige Erdverluste auftreten.

Allerdings ist das gezeigte Bild idealisiert. Ausser an einem Field Day QTH wird es wohl kaum einmal vorkommen, dass der Schwingkreis gleich neben dem „Erdpfahl“ steht. Unter Erdpfahl verstehe ich die Erdverbindung, wie sie auch immer gemacht ist. Es kann sich auch um eine Netz von Radials handeln, die auf dem Boden ausgelegt sind. Bei der „physikalischen“ Betrachtung der Anordnung müsste man noch einen Widerstand in Serie zur Erdleitung zeichnen, den **Erdübergangswiderstand**.

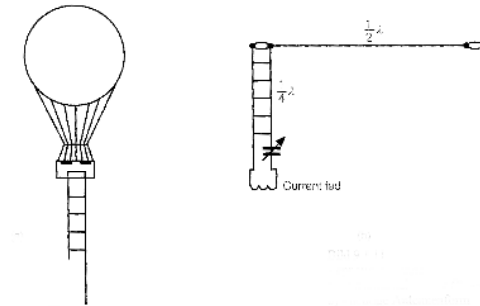
Im praktischen Betrieb wird die „Erdleitung“ zwischen dem Schwingkreis und der Erde immer eine gewisse Länge aufweisen. Wenn wir die Antenne am Dachgiebel abspannen und den Schwingkreis in der Nähe platzieren, dann kann es sich um mehrere Meter Draht handeln. 7 ... 10 m „Erdleitung“ hat man noch bald einmal beisammen.

Die gezeigte Form der Ankopplung über einen Parallelschwingkreis funktioniert eigentlich nur sauber wenn das kalte Ende des Schwingkreises wirklich direkt geerdet ist. Sobald einige Meter Draht zur „Erde“ führen, dann strahlt dieser Draht und bildet einen Teil der Antenne. Am Übergang zur Erde tritt ein Strombauch auf. Der Draht bildet schon wieder eine merkliche Impedanz. Der Parallelschwingkreis liegt mit seinem „kalten Ende“ nicht mehr auf Erdpotential und die ganze Ankopplung stimmt nicht mehr. Auch der Mantel des Speisekabels der ja am Schwingkreis selbst mit dem „kalten Ende“ verbunden wird liegt nicht mehr auf Erdpotential und das Speisekabel hat deshalb eine Strahlungs-Tendenz. Dies dürften Gründe sein, warum spannungsgekoppelte Antennen in Verruf geraten sind.

Ist diese Anordnung wirklich die einzige Art wie man eine Antenne in einem Spannungsbauch einspeisen kann ?

Wie wir sehen gibt es noch andere Arten der Speisung.

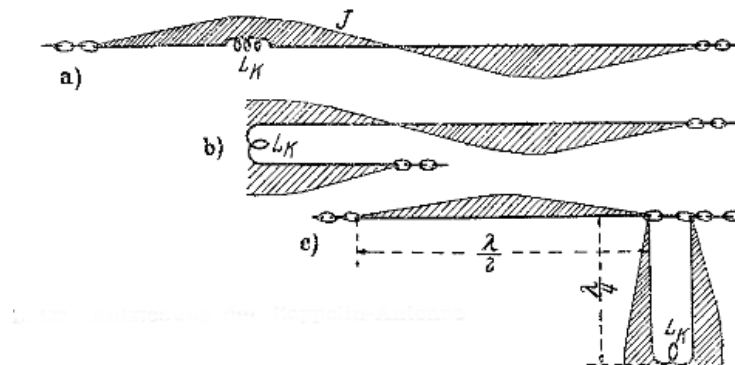
19.2 Die Zeppelin-Antenne



Was heute kaum noch jemand weiss, die Zeppelin-Antenne stammt tatsächlich vom Luftschiff Zeppelin ab. Als man die ersten Funkstationen von Ballonen oder Zeppelinen aus betreiben wollte hatte man ein Problem. Deutschland hatte damals keinen Zugang zum unbrennbaren Helium-Gas, sodass Ballone und Zeppeline mit dem hochexplosiven Wasserstoff-Gas gefüllt wurden. Die Sender konnte man zwar in gasdichte Gehäuse einbauen, die Antenne musste aber irgendwie angeschlossen werden. An dieser Stelle wollte man ja keine hohen Spannungen die allfällig austretendes Gas zur Explosion bringen konnten.

Also kam ein findiger Kopf auf die Idee der Impedanztransformation über eine $\lambda/4$ -Leitung.

Ich fand in einem der ersten Bücher die ich mir zum Thema „Ham-Radio“ gekauft habe („Der Kurzwellenamateur“, Ausgabe 1960) eine sehr anschauliche Erklärung der Zeppelin-Antenne:



Man sieht hier ganz klar den Stromverlauf und man sieht auch ganz klar wieso diese Art der Einspeisung funktioniert.

Auf der $\lambda/4$ -Leitung geschieht die Transformation von niederohmig zu hochohmig. Die $\lambda/4$ -Leitung ist eine symmetrische Speiseleitung die selbst nicht strahlt. Der einzige Zweck besteht darin, die Impedanztransformation vorzunehmen und den $\lambda/2$ -langen Antennendraht zu erregen.

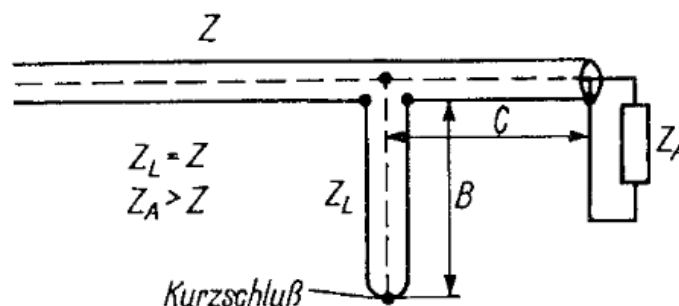
Ich denke es ist jedem Leser aufgefallen:

Hier ist nirgends eine „Erde“ im Spiel !

Der Antennendraht mit einer Länge von $\lambda/2$ ist ja ein in sich resonantes d.h. schwingungsfähiges Gebilde. Er braucht nicht zwingend eine Erdverbindung um seinen Zweck zu erfüllen. Alles was er braucht ist etwas das ihn in Schwingung versetzt. Im Falle der Zeppelin-Antenne ist dies eine $\lambda/4$ -lange Anpassleitung, die zwar schwingt aber selbst nicht abstrahlt, sondern nur am antennenseitigen Ende die Energie in hochohmiger Form zur Verfügung stellt und so den Antennendraht zur Schwingung auf der Resonanzfrequenz anregt.

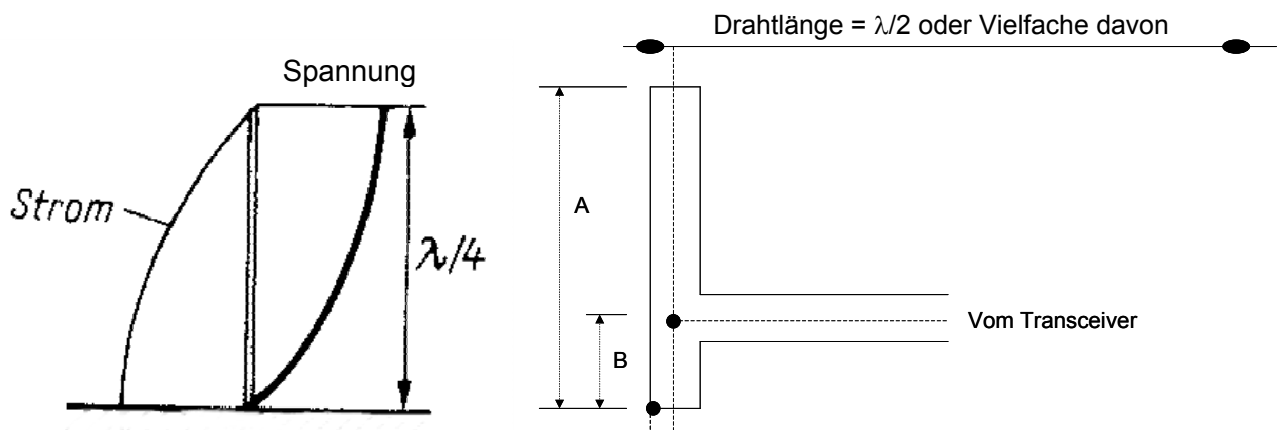
19.3 Ankopplung mittels einer koaxialen Stichleitung

Eine weitere Art wie man eine spannungsgekoppelte Antenne einspeisen kann ist die Verwendung einer koaxialen Stichleitung.



Dies ist die Art wie die „koaxiale Stichleitung“ in fast allen Antennenbüchern dargestellt wird. Das ganze sieht ungeheuer wissenschaftlich und kompliziert aus und die wenigsten wissen was hier eigentlich vorgeht.

Darum eine umgezeichnete Version, die vermutlich etwas verständlicher ist.



Es handelt sich nämlich um nichts anderes als eine $\lambda/4$ Leitung die als Impedanz-Transformator wirkt. Der Anschluss des Kabels zum Transceiver erfolgt geometrisch an dem Ort an dem eine Impedanz von ca. 50Ω auftritt.

Wer nun den Eindruck hat das ganze sei doch ganz ähnlich aufgebaut wie die Zeppelin-

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

Antenne, der liegt absolut richtig. Es handelt sich nämlich um gar nichts anderes als um die Zeppelin-Antenne, bei der der $\lambda/4$ -Anpassteil, der bei der „Zepp“ aus einem Stück Hühnerleiter besteht, nun in Koaxial-Technik aufgebaut ist.

Die Längen berechnen sich wie folgt:

$$A = \lambda/4 \times V$$

$$B = 0.034 \lambda \times V$$

oder

$$B = 13.6 \% \text{ von } A$$

Der Faktor V ist der Verkürzungsfaktor des Koaxialkabels. Bei den meisten gebräuchlichen Kabeln ist $V = 0.666$, es gibt aber auch Abweichungen. Jede Liste mit technischen Daten der Koaxialkabel gibt darüber Auskunft.

Am Antennenseitigen Ende des elektrisch $\lambda/4$ langen Koaxialkabels finden wir einen Spannungsbauch. Dort schliessen wir den Antennendraht an, der bei einer Länge von $\lambda/2$ (oder einem Vielfachen davon) an seinem Endpunkt ebenfalls einen Spannungsbauch aufweist.

Natürlich bedingt diese Art der Anpassung für jedes Band eine eigene Anpassleitung mit der korrekten Länge A und der Anzapfung am Punkt B. Die Leitung A kann man aus 2 Stücken Koaxialkabel herstellen die mit Koaxialsteckern versehen sind. Nach der Länge B, vom Kurzschluss aus gesehen, fügt man ein T-Stück ein. Am unteren „kalten Ende“ schraubt man eine Koax-Buchse ein, bei der man zwischen Seele und Mantel einen Kurzschluss eingefügt hat.

Etwas muss noch erwähnt werden:

Bei der Zeppelin-Antenne mit der Speisung über eine $\lambda/4$ lange Hühnerleiter müssen wir die Hühnerleiter sorgfältig auslegen. Wir müssen sie auch von allem fernhalten was die Symmetrie der Leitung stören würde.

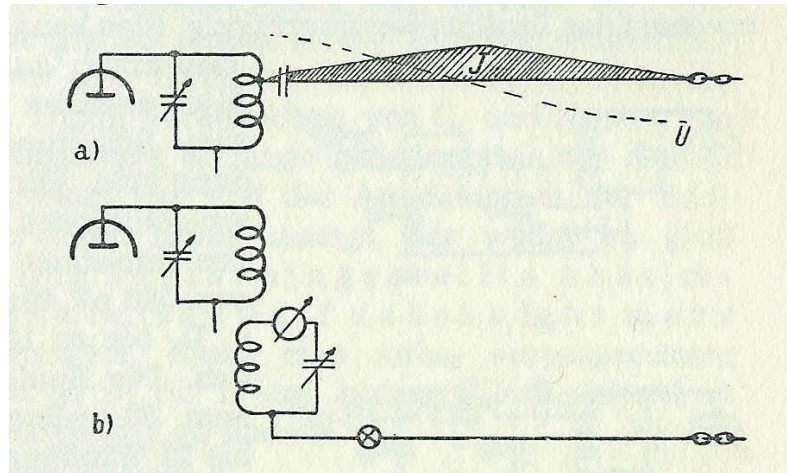
Bei der Anpassung mittels einem abgestimmten Koaxialkabel, das elektrische eine Länge von $\lambda/4$ aufweist, spielt dies gar keine Rolle. Die gesamte Anpassung spielt sich im Innern des Koaxialkabels mit der Länge A ab. Strahlung dringt keine nach draussen. Deshalb kann dieses Stück Koaxialkabel in irgendeiner Form verlegt werden. Im Extremfall kann man es ganz einfach aufrollen. Das am T-Stück abzweigende Kabel zum Transceiver kann eine beliebige Länge haben, es ist ja auf 50Ω angepasst.

Auch bei dieser Art der Ankopplung einer spannungsgekoppelten Antenne braucht es

keine Erdung.

Das Ganze ist resonant und es besteht für die HF-Energie kein Anlass sich irgendwo auf wilde Weise einen Ausgleich zu suchen.

19.4 Die Fuchs-Antenne



Die Fuchs-Antenne wurde im Jahre 1927 von Dr. J. Fuchs, OE1JF, erfunden und zum Patent angemeldet.

Anstelle einer $\lambda/4$ -Anpassleitung wird ein Parallelschwingkreis zur Erregung des $\lambda/2$ langen Antennendrahtes verwendet. Es spielt ja keine Rolle wie wir die Anpassung auf „hochohmig“ realisieren, der Parallelschwingkreis tut das ebenso gut wie eine abgestimmte $\lambda/4$ -Leitung.

Der Parallelschwingkreis soll über ein hohes LC-Verhältnis (kleines C, grosses L) verfügen.

Das obige Bild zeigt 2 verschiedene Möglichkeiten der Ankopplung von spannungsgekoppelten Antennen.

Die **Variante a)** funktionierte mit Röhrensendern mit einem Parallelschwingkreis in der Endstufe durchwegs. Wenn man an der Spule genügend Anzapfungen anbringt, dann findet man unabhängig von der Länge des Antennendrahtes immer eine Anzapfung, wo die Impedanz auf der Spule mit der Impedanz der Antenne in etwa übereinstimmt. Diese Art der Ankopplung würde ich nicht unbedingt empfehlen. Es ist etwas das man macht wenn ein ausgeprägter Bauteilemangel herrscht und man trotzdem in die Luft gehen muss. Überdies, der Koppelkondensator muss hochspannungsfest sein, sonst führt der Antennendraht die volle Anodenspannung der Endröhre.

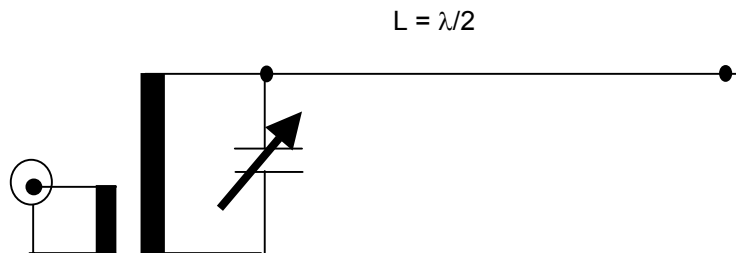
Die **Variante b)** ist die Erfindung des OM's Fuchs, und zwar die Originalschaltung wie sie in seinem Patent beschrieben wird.

Er arbeitet also mit einem Zwischenkreis der induktiv an die Endstufe angekoppelt ist. Es ist natürlich nicht zwingend den Zwischenkreis direkt an der Endstufe anzubringen. Das Patent stammt aus dem Jahre 1927, also lange bevor die ersten Koaxialkabel Verwendung fanden. Diese kamen erst gegen Ende der 1930'er Jahre für militärische Anwendungen in Gebrauch. Für zivile Anwendungen kannte man bis zum Ende des 2. Weltkrieges kaum etwas anderes als „Hühnerleitern“. Dann wurden aus Surplus-Beständen Koaxialkabel zu günstigen Preisen auf den Markt geworfen und auch die Funkamateure fanden bald gefallen an diesen neuartigen Kabeln.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

Wenn man den Fuchskreis mit Koaxialkabel speist, dann benützt man eine kleine Koppelspule. Das sieht dann wie folgt aus:



Die Abstimmung des sog. Fuchs-Kreises erfolgt wie bei der **Variante b)** gezeigt entweder mittels einem HF-Amperemeter im Schwingkreis oder eines Glühlämpchens im Antennen-draht. Auch das SWR-Meter im Antennenkabel zeigt uns wann wir den Fuchs-Kreis auf Resonanz abgestimmt haben. Mit der Windungszahl der Koppelspule muss man etwas experimentieren. Es findet sich immer eine Windungszahl die zu einem SWR besser als 1:2 führt.

Auch hier: **KEINE ERDUNG !**

Den Fuchs-Kreis kann man in Form eines Drehkondensators und einer Luftspule aufbauen oder man kann als Spule ein Toroid verwenden. Wenn man ein Toroid verwendet, dann sollte man unbedingt einen Kern nehmen der 1 – 2 Nummern grösser ist als man vermutet. Im Fuchs-Kreis fließen recht grosse Ströme und ich habe mich auch schon verschätzt. Wenn der Kern warm wird, dann muss man einen grösseren Kern einsetzen.

In neueren Antennenbüchern (auch Rothammels Antennenbuch hat diesen Quatsch übernommen) wird der Fuchskreis häufig so gezeichnet, dass das kalte Ende an Erde gelegt wird.

Mit so einer Anordnung haben wir keinen Fuchs-Kreis mehr, sondern wir haben eine Ankopplung über einen „geerdeten“ Parallelschwingkreis, wie er im ARRL Antenna Book gezeigt wird.

Wir haben dann zwar dem guten alten OM Fuchs ein Schnippchen geschlagen, aber zugleich haben wir uns eine strahlende Erdverbindung eingehandelt, mit allem was dazu gehört → TVI, BCI, „heisse Hände“ am Transceiver (muss nicht sein, kann aber sehr wohl sein), etc.

Bei den von mir betriebenen spannungsgekoppelten Antennen haben jedes Mal dann die Probleme begonnen, wenn ich einmal versuchsweise den guten alten „Fuchs-Kreis“ geerdet habe. Ich habe jedes Mal rasch wieder den „ungeerdeten“ Zustand hergestellt.

20 Antennen verkürzen

Wir leben alle in einem Umfeld und häufig ist unser Umfeld „etwas beengt“. Dies ist eines der grössten Probleme aus der Sicht des Funkamateurs. Jeder hätte am liebsten eine Ranch in Texas, um darauf nach Herzenslust Antennen errichten zu können.

Nun, wie es so geht. Wir werden alle von der Realität eingeholt. Es fehlt uns an allen Ecken und Enden an Platz um Antennen aufzuspannen. Aus dieser Situation heraus erklärt sich der Wunsch alle Funkamateure (und vor allem der XYL's), dass Antennen klitzeklein zu sein haben.

Von diesem Wunsch nach Miniaturisierung lebt heute ein ganzer Geschäftszweig mit recht gutem Erfolg. Man verkauft dem geplagten OM alle möglichen und auch viele unmöglichen Antennen in verkleinerter Bauart. Jede dieser Antennen wird in hellsten Tönen gelobt.

Es gilt da den gesunden Menschenverstand einzusetzen und das Mögliche vom Unmöglichen zu separieren.

Welche Methoden gibt es um eine Antenne elektrisch zu verkürzen:

1. **Verlängerungs-Spulen**
2. **Kapazitive Belastung (Endkapazitäten)**
3. **Umwegleitungen**
4. **Die Enden abbiegen**

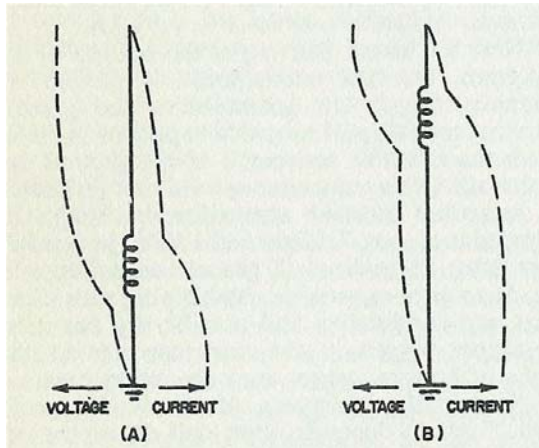
Dies sind die gebräuchlichen Methoden auf die man zurückgreift wenn es darum geht eine Antenne elektrisch zu verkürzen. Leider gibt es keine Rosen ohne Dornen. Auch bei Antennen ist dies nicht anders. Wenn man in Bezug auf Länge etwas tun will, dann handelt man sich mit jeder Massnahme auch etwas ein. Jede elektrische Verkürzung einer Antenne führt zu:

- **Absinken der Speisepunktimpedanz**
Bei einem moderat verkürzten Dipol liegt der Realanteil bald einmal bei 25Ω und weniger, der Imaginäranteil liegt bei der Resonanzfrequenz recht tief. Sobald man die Resonanzfrequenz verlässt steigt der Realanteil moderat an, während der Imaginäranteil rasant ansteigt.
- **Verminderung der Bandbreite**
Dies ergibt sich aus dem Absinken der Speisepunktimpedanz
- **Zusätzlichen Verlusten**
Keines der Mittel die zur Verkürzung einer Antenne angewendet werden arbeitet verlustlos. In der Praxis geht es immer darum, diejenige Art der Verkürzung zu finden, die bei den gegebenen Verhältnissen realisierbar ist und dabei die kleinsten Verluste ergibt.
- **Weniger Strom der strahlt**
Regel 3 besagt „Strom strahlt“. Dies gilt auch hier. Bei einer Verkürzung der Antennenlänge reduzieren wir zwangsläufig einen Teil der Antennenlänge und deren Stromanteil. Dieser steht nicht mehr zur Abstrahlung zur Verfügung.
- **vermindertem Wirkungsgrad**
All die oben angeführten Nachteile führen zu einer Verminderung des Wirkungsgrades der Antenne

Wie bereits erwähnt geht es in der Praxis darum diejenige Lösung zu finden die man an einem gegebenen Standort realisieren kann und die am wenigsten Nachteile aufweist.

20.1 Verkürzung mittels Spulen

Die Verkürzung von Antennen mittels „Verlängerungsspulen“ ist wohl die bekannteste und populärste Massnahme. Leider ist es auch die „verlustreichste“ Methode.

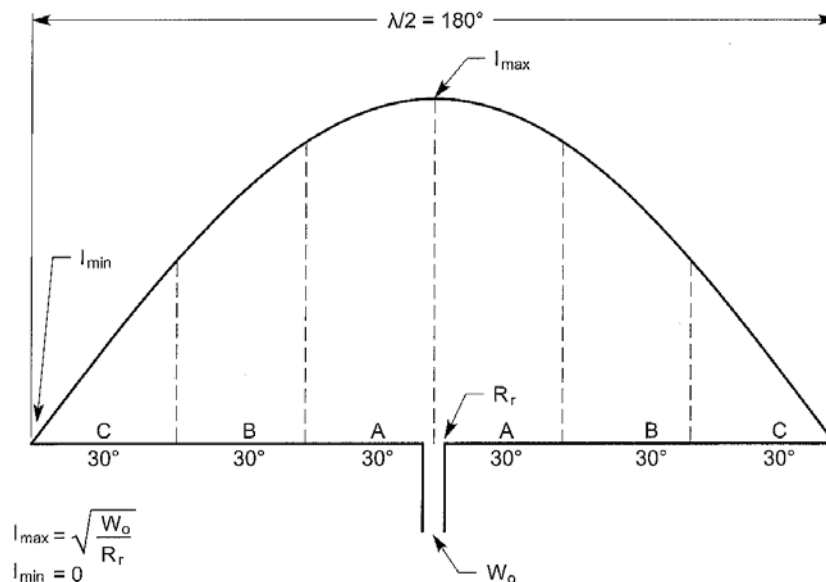


Wenn wir uns mit längenverkürzenden Massnahmen befassen müssen wir uns unbedingt an die Regel 3 erinnern, die besagt „Strom strahlt“. Wenn wir schon Verlängerungsspulen einfügen, dann nach Möglichkeit nicht gerade im Strombauch. Der Einfluss der Position der Verlängerungsspule ist in nebenstehendem Bild gut sichtbar. Manchmal geht es nicht anders, z.B. bei Mobilantennen.

Bei einem Dipol liegt der Strombauch in der Mitte, beim Speisepunkt. Wenn es irgendwie anders geht, dann sollten wir es unbedingt vermeiden eine Verlängerungsspule genau dort einzufügen wo der höchste Strom fliesst.

Auch hier, alles ist ein Kompromiss. Eine Spule die weiter aussen liegt hat eine höhere Induktivität und wird demzufolge grösser und schwerer. Eine Spule ganz aussen, also im Spannungsbauch ist nicht realisierbar, sie müsste eine unendlich hohe Induktivität aufweisen.

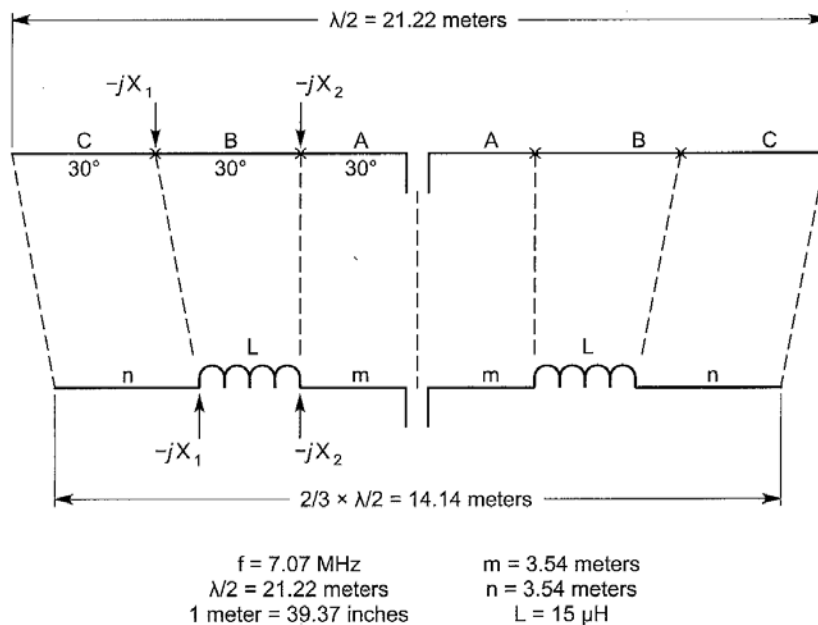
In der Oktober 2003 Ausgabe der Zeitschrift QST der ARRL ist ein Beitrag von OM Luiz Duarte Lopes, CT1EOJ, veröffentlicht, der sich mit der Konzeption verkürzter Antennen befasst. Er hat den Problemkreis übersichtlich dargestellt und ich möchte gerne auf einige Auszüge aus seinem Artikel zurückgreifen:



Hier sehen wir die Stromverteilung auf einem Dipol, wobei CT1EOJ die beiden Dipolhälften in je 3 Sektoren à 30° eingeteilt hat. Dies zur besseren Übersicht bei den nachfolgenden Betrachtungen.

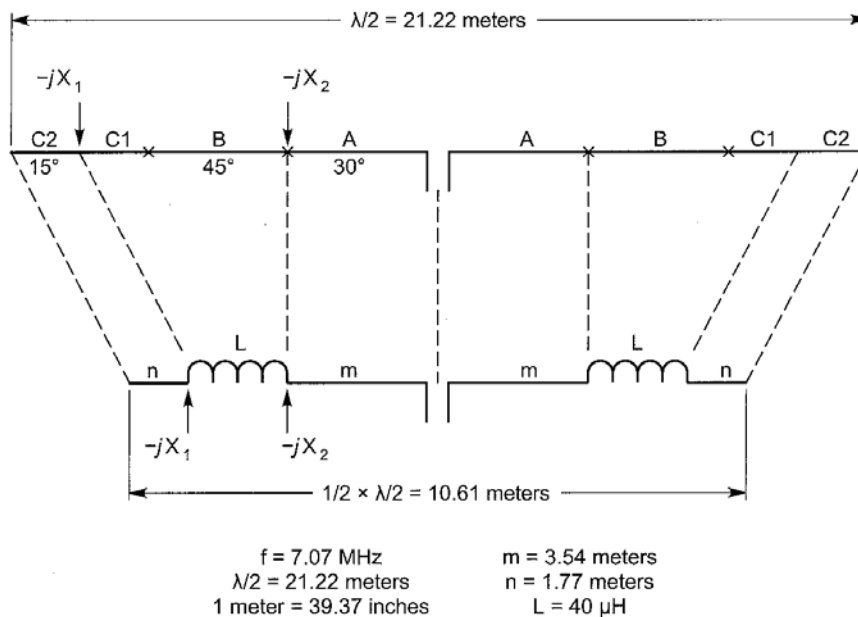
Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis



Version A:

Hier werden in jeder Dipolhälfte Verlängerungsspulen eingefügt, die präzise den Sektor B verkürzen. Die Full-Size-Antennenlänge eines 40 m Dipols beträgt 21.2 m. Dank Einfügen von Verlängerungsspulen von je $15 \mu\text{H}$ reduziert sich die Länge auf 14.14 m. Der Sektor A, also der Sektor in dem der grösste Strom fliesst ist unangetastet geblieben. Er trägt zur guten Abstrahlung bei.

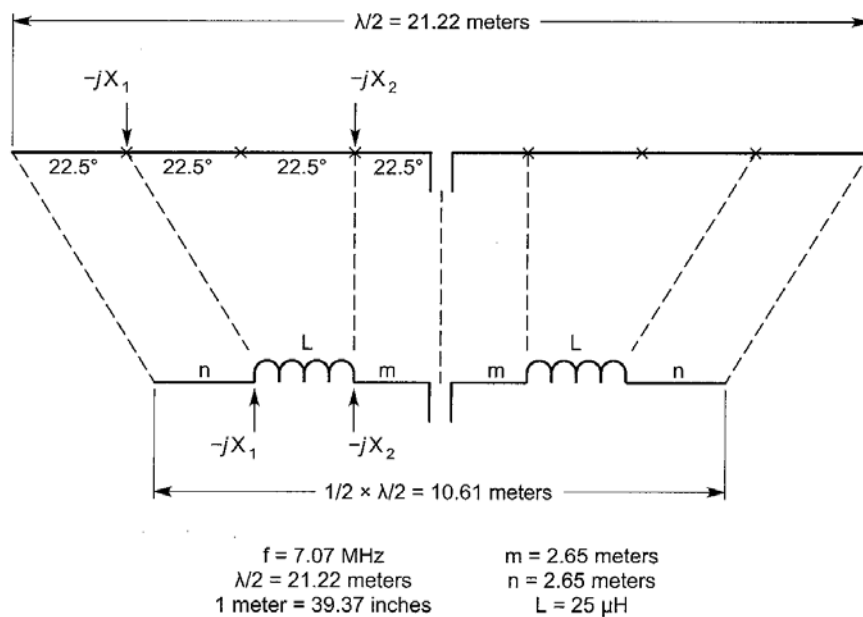


Version B:

Hier wurden bei der gleichen Antenne die Verlängerungsspulen vergrössert. Ihr Wert beträgt nun je $40 \mu\text{H}$. Die Länge derselben Antenne reduziert sich nun auf 10.6 m. Die Verlängerungsspulen tun ihre Wirkung weiter ausser, also dort wo ohnehin der Strom abnimmt, was auf die Abstrahlung und den Wirkungsgrad dieser Antenne wenig Einfluss hat. Der Sektor A mit dem grössten Strom bleibt unangetastet. Der Wirkungsgrad dieser Version nimmt gegenüber der Version A nur wenig ab.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

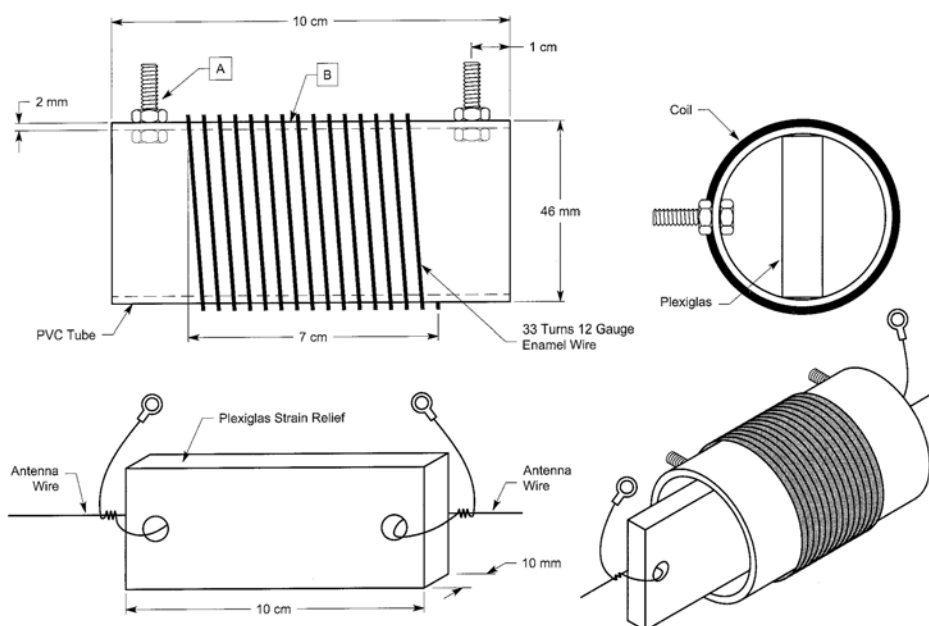


Version C:

Bei dieser Variante werden Verlängerungsspulen von je $25 \mu\text{H}$ verwendet. Die Länge der Antenne beträgt wie beim vorherigen Beispiel 10.6 m. Allerdings wurde jetzt der Sektor A, der den grössten Strom führt, von 30° auf 22.5° reduziert. Der Sektor C, der ohnehin wenig Strom führt wurde vergrössert. Trotz gleicher Antennenlänge hat die Version B gegenüber der Version C einen höheren Wirkungsgrad. Version B hat mit der Sektion A, die volle 30° überstreicht, mehr Draht in der Luft der wirklich strahlt. Bei gleicher Gesamtlänge wäre also der Version B den Vorzug zu geben.

Im übrigen gilt es noch zu beachten:

Je grösser die Reduktion der Antennenlänge, d.h. je kürzer die Antenne wird, desto schmalbandiger wird sie. Bei extremer Verkürzung darf man sich nicht wundern wenn man, vor allem auf den langwelligeren Bändern, nur noch nutzbare Bandbreiten von 5 ... 15 kHz erreicht. Man kann zwar einen Antennenkoppler verwenden, aber man ist dann dauernd am nachstimmen.



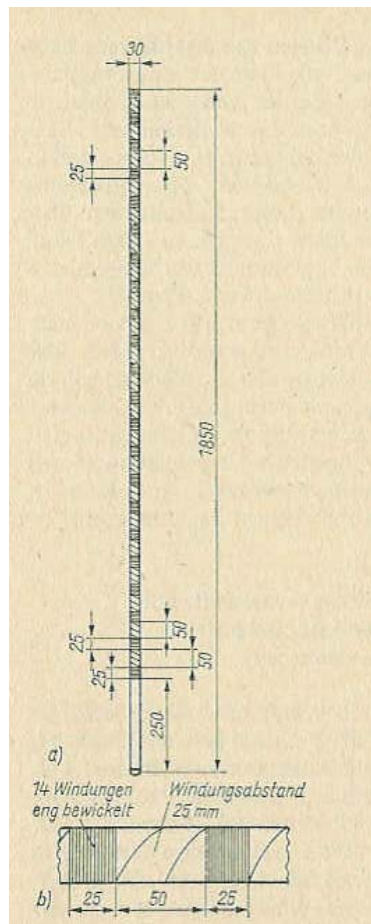
Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

Oben sehen wir noch einen Vorschlag für die praktische Konstruktion einer Verlängerungsspule. Am elegantesten ist es die Spule mit demselben Draht wie man ihn für die Antenne benützt zu „konstruieren“. Wenn man dann die genaue Windungszahl auf einem bestimmten Wickelkörper kennt, dann „opfert“ man noch einmal eine Ladung des teuren Antennendrahts. Man fertigt dann den Antennendraht inklusive der Windung auf der oder den Verlängerungsspulen aus einem Stück. Man kann so die Übergangswiderstände, die sich beim Anschluss der Spulen ergeben, eliminieren. Man darf nicht vergessen, der Antennendraht sowie die Verlängerungsspulen hängen ja im Freien und sind Wind und Regen ausgesetzt.

Als Spulenkörper eignet sich z.B. dünnes Abflussrohr aus dem Baumarkt. Man sollte aber darauf achten das „graue“ Abflussrohr zu nehmen und nicht das „schwarze“ Abflussrohr (das eine dickere Wandstärke aufweist). Das schwarze Abflussrohr hat schlechte dielektrische Eigenschaften.

20.2 Wendelantennen



Die „Wendelantenne“ ist eine Sonderform der mittels Spulen verkürzten Antennen. Ich weiss, es gibt auch in der UHF-Technik eine Wendelantenne. Der Ausdruck Wendelantenne ist für HF-Antennen eigentlich falsch, die präzise Bezeichnung lautet nämlich „verkürzte Vertikalantenne mit verteilter Induktivität“. Im Volksmund hat man diesem Ding aber seit jeher Wendelantenne gesagt.

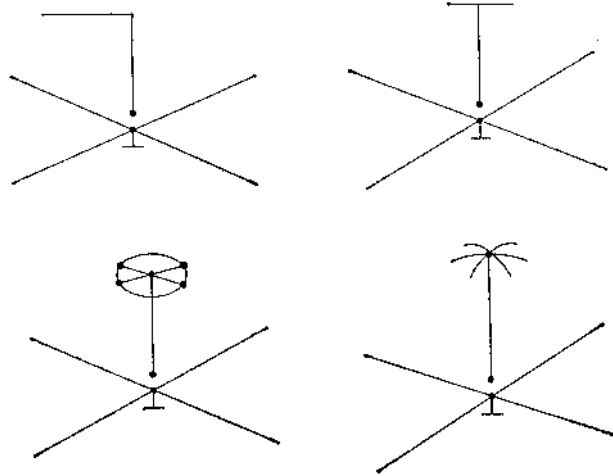
Rothammels Antennenbuch sagt zu dieser Antennenform:

Eine eng bewickelte und damit extrem kurze Spulenantenne hat sehr schlechte Strahlungseigenschaften. Wird die Spule aber so weit auseinandergezogen, dass ihre mechanische Länge in die Grössenordnung einer verkürzten Vertikalantenne kommt, sind ihre Strahlungseigenschaften denen einer gleich langen Vertikalantennen mit Verlängerungsspule mindestens ebenbürtig.

Solche Spulenantennen stellen oftmals die brauchbarste Lösung für einen Fahrzeugstrahler dar.

Bei Antennen für die langwelligeren Bänder (z.B. 80 m) hat sich die gezeigte Bewicklungsart bewährt. Eng bewickelte und weit bewickelte Zonen wechseln sich ab.

20.3 Verkürzung mittels kapazitiver Belastung



Die Verkürzung einer Antenne mittels kapazitiver Belastung ist eine beliebte Art Vertikalstrahler (speziell für das 80 m oder 160 m Band) zu verkürzen. Weniger bekannt ist, dass sich diese Art der Verkürzung auch bei horizontalen Antennen anwenden lässt.

Grundsätzlich gilt:

Die Verkürzung mittels kapazitiver Belastung bringt bedeutend weniger Verluste als das Einfügen von Verlängerungsspulen.

Theorie:

Die kapazitive Belastung im Spannungsmaximum bildet eine zusätzliche Kapazität gegen Erde. Wie bei einem Schwingkreis, dessen Resonanzfrequenz durch das Hinzufügen einer Zusatzkapazität niedriger wird, tritt auch bei einer Antenne durch das Anfügen einer Endkapazität eine Verkleinerung der Resonanzfrequenz auf.

Rothammels Antennenbuch schreibt dazu:

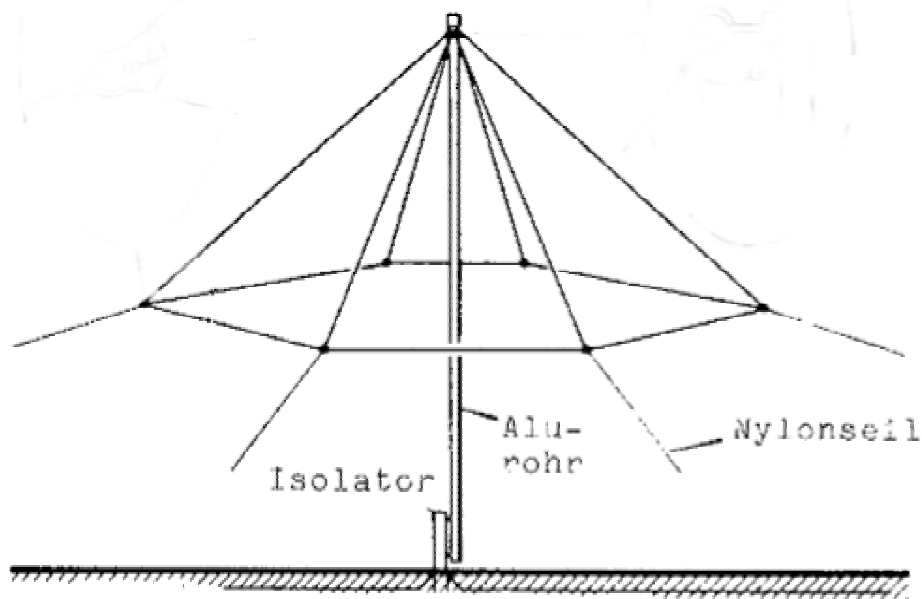
Solange die Grösse der Endkapazität in bestimmten Grenzen bleibt, kann eine kapazitiv belastete Antenne keineswegs als Kompromisslösung betrachtet werden. Solche Antennen haben durch die konstante Stromverteilung sogar einen grösseren Strahlungswiderstand als unbelastete Vertikalantennen gleicher Länge und damit auch einen besseren Wirkungsgrad.

In der Praxis stellt meistens die Herstellung der Dachkapazität die grösste Schwierigkeit dar. Das obige Bild gibt einige Hinweise auf mögliche Ausführungsformen.

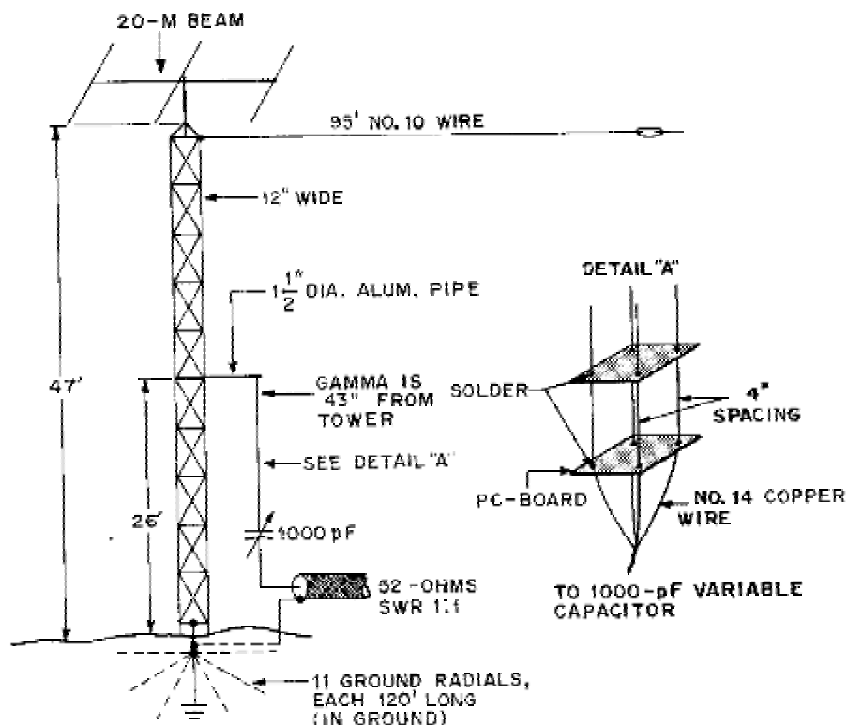
Speziell 80 m und 160 m DX'er greifen gerne zu dieser Antennenform. Die Verwendung einer Vertikalantenne bringt die gewünschte flache Abstrahlung und vermindert gleichzeitig den Steilstrahlanteil.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis



Die obige Skizze zeigt eine 1.8 MHz Vertikal-Antenne nach G3TXQ. Die Mastlänge beträgt 13.5 m, die Dachkapazität besteht aus 6 Stck. 10 m langen Leitern die untereinander verbunden sind. Sie dienen zugleich als Teil der Abspannseile für den Mast. Natürlich ist bei dieser Art Antenne ein effizientes Radialnetz notwendig. Ebenso benötigt man einen Mastfuss-Isolator. Da kommerzielle Mastfuss-Isolatoren nicht mehr so leicht erhältlich sind bietet sich als Ersatz eine Champagner-Flasche an. Man muss dann einfach die „Siegesfeier“ etwas vorverlegen.



Diese Skizze zeigt eine andere populäre Art eine Vertikal-Antenne mit kapazitiver Belastung zu realisieren. Die Voraussetzungen sind bei jedem OM gegeben der über einen Metallmast mit aufgesetztem Beam verfügt. Die Metallkonstruktion des Beams stellt nämlich einen idealen Kapazitäts-Hut dar. Da der Mast a) bereits steht und b) geerdet ist (Blitzschutz) ist

das Einfügen eines Mastfuss-Isolators in solchen Fällen kaum möglich. Deshalb greift man auf eine andere Art der Anpassung zurück, nämlich auf den Gamma-Match. Je nach Mastlänge und gewünschtem Frequenzbereich der Vertikal-Antenne ergeben sich verschiedene Kombinationen der Anpass-Schaltung. Wer sich dafür interessiert findet die entsprechenden Angaben in allen guten Antennenbüchern. Das Bild stammt übrigens aus dem ARRL Antenna Book.

Natürlich benötigen solche Vertikal-Antennen immer ein effizientes Netz von Radials. In der Praxis stellt das Erstellen eines Radial-Netzes fast immer das grössere Problem dar als der Mast und die Anpassung. Wer hat schon so viel Platz um eine grosse Anzahl (40 – 60 Stück sollte man haben, ideal wären ca. 120 Stück) Drähte von $\lambda/4$ Länge, bezogen auf die tiefste Betriebsfrequenz, entweder auf der Erde auszulegen oder zu vergraben. Die Dinger zu vergraben bedingt einen grossen Aufwand. Wenn man die Radials lediglich auf dem Boden auslegt und in Abständen von einigen Metern jeweils mit Draht-Aggraffen am Boden sichert, dann hat man Stolperdrähte. Unter Draht-Aggraffen verstehe ich dünne Armier-eisen, ca. 50 – 60 cm lang, die man in der Mitte zu einer Art Aggraffe umbiegt. Diese schlägt man dann in den Boden um die Drähte zu befestigen. Auf dem Boden spriesst dann Gras. Das Gras zu mähen wird zum Problem. Mäher irgendwelcher Art kann man nicht einsetzen, sonst hat man Radial-Ragout. Meinen Erfahrungen zufolge (mit Installationen der eher heimlichen Funkdienste) gibt es nur eine Lösung, nämlich Schafe weiden zu lassen. Schafe weiden solche mit Drahtverhau versehenen Flächen perfekt ab und lassen die Drähte, Kabel, Erdpfähle, Verteilkästen etc. in Ruhe. Dies ist der Grund warum ich bei meinen Amateurfunk-Installationen kein grosser Fan von Antennen bin die ein Radial-Netz bedingen.

20.4 Verkürzung mittels Umwegleitungen



Eine weitere Art wie man Antennen relativ verlustfrei elektrisch verkürzen kann ist die Umwegleitung. Antennen mit Umwegleitungen haben, verglichen mit gleich langen Antennen die mit Spule verkürzt wurden, immer eine grössere nutzbare Bandbreite. Überdies ist eine Umwegleitung immer mit weniger Verlusten behaftet als eine Spule.

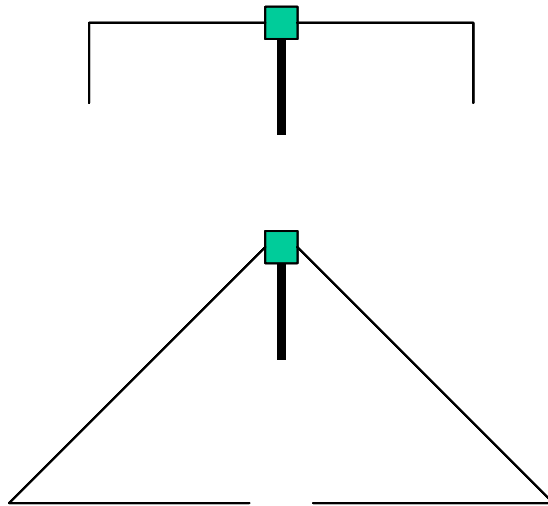
Umwegleitungen realisiert man wie folgt:

- Selbstbau: Man verwendet Kunststoff-Spreizer die die Drähte in ca. 10 cm Abstand parallel halten.
- Man verwendet als Umwegleitung ein Stück symmetrische 450 Ω Leitung von Wireman.

Eine selbstgebaute Umwegleitung hat meines Erachtens weniger Verluste als die Verwendung von symmetrischer 450 Ω Leitung. Diese hat bereits wieder ein Dielektrikum zwischen den Drähten. Die Praxis zeigt aber, dass die 450 Ω Leitung ohne weiteres eingesetzt werden kann. Der Konstruktionsaufwand ist auf jeden Fall geringer als beim Selbstbau, überdies sieht es weniger auffällig aus.

Wer sich für diese Art elektrischer Verlängerung speziell interessiert, dem empfehle ich das Buch „Die Cubical-Quad und ihre Sonderformen“ von OM K. Weiner, DJ9HO. In seinem Buch ist diese Technik ausführlich beschrieben.

20.5 Verkürzung durch Umbiegen der Enden



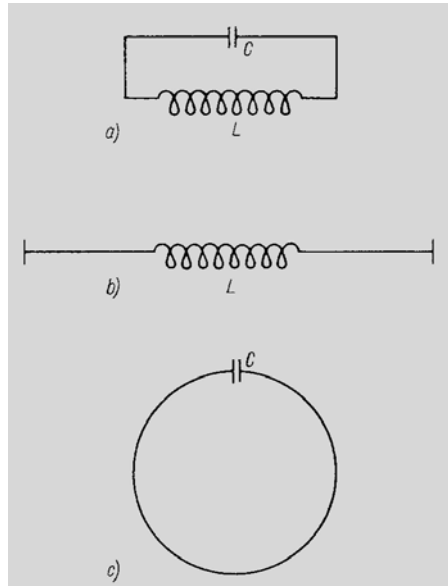
Eine weitere Art wie man Antennen bei relativ bescheidenen Verlusten verkürzen kann ist das Umbiegen der Enden.

Ab ca. 50 % der Länge einer Dipolhälfte darf man die Antennendrähte umbiegen ohne dass ein nennenswerter Wirkungsgradverlust eintritt. Regel 3, die besagt „Strom strahlt“, ist hier erfüllt. Mit den Enden der Antenne wird die Resonanz abgeglichen. Die umgebogenen Enden tragen jedoch fast nichts mehr zur Abstrahlung bei.

Wie man den Antennendraht abbiegt spielt keine grosse Rolle. Man richtet sich nach den örtlichen Gegebenheiten. Man kann die Enden herunterhängen lassen. Man kann sie auch schräg und wenn nötig seitwärts nach unten ziehen und abspannen. Man kann sie sogar, z.B. im Falle einer „Inverted Vee“, horizontal wieder nach innen ziehen.

Ich selbst verwende in meinem 2. QTH eine Antenne für das 160 m Band, bei der wie oben im unteren Bild gezeigt, die Enden nach Innen zum Mittelmast geführt sind. Sie führen in der Mitte sogar in eine Relais Box. Auf 80 m schliesst ein Relais die beiden Enden des 160 m Dipols kurz und derselbe Antennendraht wird zu einer Ganzwellenschleife. Auf 160 m habe ich mit dieser Anordnung bisher mit Ausnahme von Südamerika alle Kontinente, inkl. Australien, gearbeitet. In Richtung USA komme ich mit dieser Antenne bis in eine Linie von den „Great Lakes“ bis Texas. Ich habe bisher ca. 12 States sowie eine ganze Anzahl kanadischer Provinces bestätigt. Wie dieses Beispiel zeigt kann der Wirkungsgradabfall wegen des Umbiegens der Enden wirklich keinen grossen Einfluss gegenüber einem full-size Dipol haben.

21 Spezialformen verkürzter Antennen



Es ist eine bekannte Tatsache:

Ein geschlossener Schwingkreis strahlt nicht.

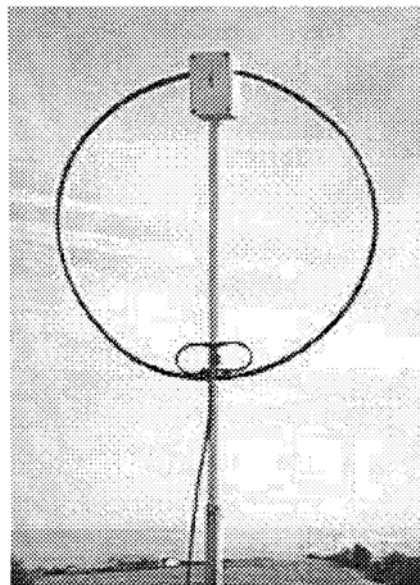
Eine weniger bekannte Tatsache ist:

Jede Zwischenform die vom geschlossenen Schwingkreis abweicht bis zum Dipol hat Potential zu strahlen.

Von dieser Tatsache wird bei zwei Spezialformen von verkürzten Antennen Gebrauch gemacht, nämlich bei

- der magnetischen Antenne
- der ISOTRON-Antenne

21.1 Die magnetische Antenne



Die magnetische Antenne ist im Prinzip ein

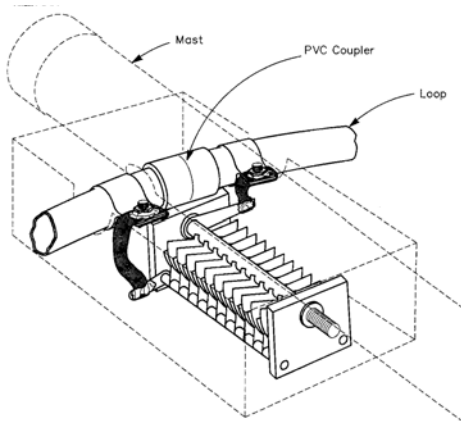
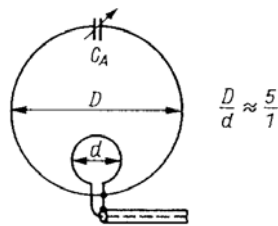
Einwindungs-Schwingkreis

Das elektrische Feld bleibt im Kondensator konzentriert, während ein ausge dehntes magnetisches Feld aus der grossen Ringschleife austritt.

Der Schwingkreis wird auf der gewünschten Frequenz auf Resonanz gebracht. Dies geschieht mittels einem Drehkondensator, der meistens mit einer Fernsteuerung versehen ist. Das untenstehende Bild zeigt das elektrische Schema der Antenne. Der Drehkondensator wird an dem der Speisung entgegengesetzten Ende angeordnet. Er sitzt im oberen Bild im Kästchen zuoberst an der Antenne.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis



Die Ankopplung erfolgt über eine kleine Koppelspule aus Koaxialkabel. Zur exakten SWR Anpassung kann man die Koppelspule etwas verbiegen. Das ist auf dem Bild der Antenne ganz gut ersichtlich. Es gibt auch noch andere Formen der Ankopplung die aber alle aufwendiger sind.

Bei der Konstruktion einer solchen Antenne sind folgende Problemkreise zu beachten:

- das Beherrschen der mechanischen Konstruktion
- die hohen Ströme bzw. der kleine Strahlungswiderstand, sowie die Verlustwiderstände der Einwindungsspule.
- der Anschluss des Drehkondensators. Mit solch hohen Strömen ist der Schleifer des Drehkondensators bald überfordert. (Kommerzielle Ausführungen verwenden deshalb einen „Schmetterlings-Drehko“, der ohne Schleifer auskommt)

Die Praxiserfahrungen mit dieser Antennenform sind gemischt. Ich selbst habe noch nie Gelegenheit gehabt mit einer solchen Antenne zu funken. Ich kenne jedoch einige Kollegen die sich magnetische Antennen selbst gebaut haben. Die Praxiserfahrung lief jedes Mal etwa nach folgendem Schema ab:

- Phase 1: Die Antenne ist fertig und wird getestet.:
Kommentar: Die Antenne funktioniert prima, wirklich etwas ganz interessantes. Das muss ich unbedingt weiterverfolgen.
- Phase 2: Die Antenne ist 3 Monate in Betrieb.
Kommentar: Ja, die Antenne ist ja ganz interessant. Aber weisst Du, die Drahtantennen sind meistens eben doch besser.
- Phase 3: Nach ca. 6 Monaten.
Kommentar: Ich werde die magnetische Antenne demnächst wieder abbauen und für Ferien-Einsätze etc. auf die Seite stellen. Die Drahtantennen sind doch einfacher zu handhaben und liefern halt doch die besseren Signale.

Ich bin der Meinung, dass magnetische Antennen absolut ihre Daseinsberechtigung haben. Für denjenigen der gar keine Aussenantenne erstellen kann ist es oft die einzige Möglichkeit QRV zu sein. Ebenso könnte ich mir vorstellen, dass das die ideale Antenne ist wenn man mit einem Wohnmobil unterwegs ist. Ebenso wenn es darum geht eine Antenne zu verstecken. Ich habe einmal einen Bericht gelesen und Bilder gesehen einer magnetischen Antenne, deren „Windung“ aus Aluminiumfolie (Küchenfolie) bestand, die auf die vergipste Wand geklebt wurde. Nachher wurde das ganze mit Tapete überklebt. Der Drehkondensator und die Koppelspule wurden in Möbeln versteckt.

Interessant ist auch die Geschichte der magnetischen Antennen:

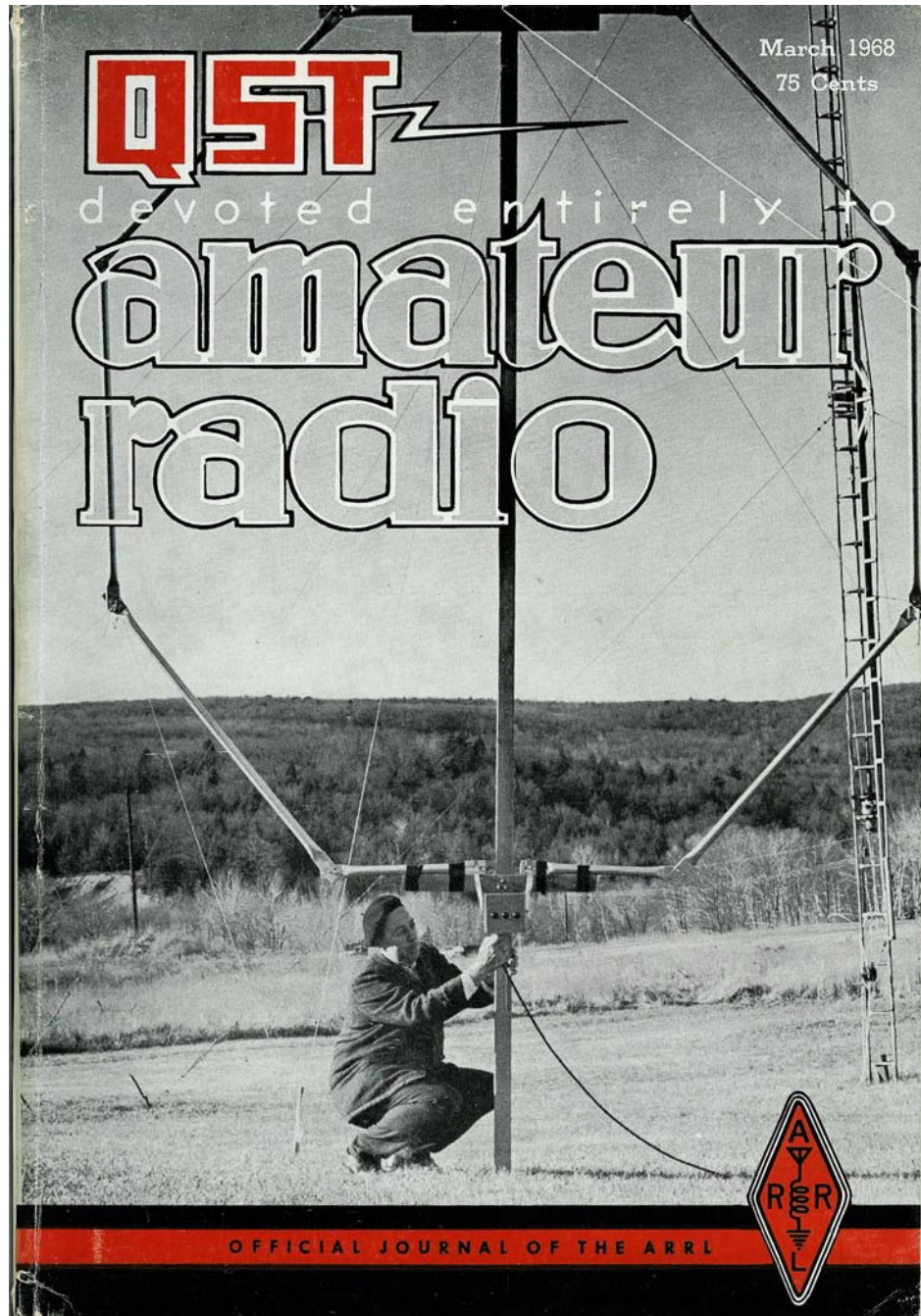
Abgestimmte Schwingkreise, sog. Rahmenantennen wurden seit den ersten Tagen der Funktechnik verwendet. Sie liefern zwar nur kleine Empfangsspannungen aber deren

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

Richtwirkung erlaubt es Störer auszublenden und das Nutzsignal hervorzuheben.

In den 1960'er Jahren sind dann findige Köpfe auf die Idee gekommen es mit einem abgestimmten Schwingkreis in Form einer Einwindungsspule für Sendezwecke zu versuchen. Theoretische Überlegungen sagten dieser Antenne ein gutes „Preis/Leistungsverhältnis“ voraus. Unter „Preis“ muss man dabei nicht den „Herstellungspreis“ verstehen sondern die Tatsache, dass man eine Antenne in Miniaturausführung erhält die trotzdem einen guten Wirkungsgrad verspricht.



Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

Versuche mit dieser Antennenform wurden mehr oder weniger gleichzeitig an zwei Orten durchgeführt:

- In den USA durch das US Army Signal Corps
- In der Schweiz durch die Swiss Army in Zusammenarbeit mit der Firma Zellweger, Uster

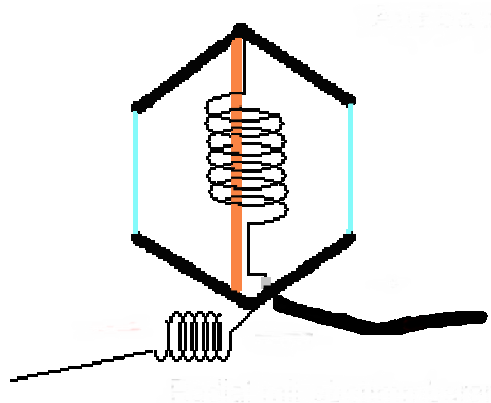
Der Auslöser für diese Versuche waren gleich gelagerte Probleme im militärischen Funkverkehr, nämlich

- der Funkverkehr aus tiefen Tälern heraus, was Steilstrahlantennen nötig macht, und
- Funklinien über relativ kurze Distanzen (50 ... 200 km), was die Verwendung tiefer Frequenzen (1.7 – max. 4 MHz) nötig macht.

Bei der Swiss Army ist der Fall klar, beide Argumente treffen in der Schweiz zu. Bei der US Army muss man berücksichtigen, dass damals der Vietnam Krieg tobte. Im Dschungel Vietnams war eben das Aufstellen von Funkmasten und das Aufziehen langer Drahtantennen noch ungleich schwieriger als in der Schweiz.

Das Titelbild der Ausgabe März 1968 der ARRL Publikation QST zeigt eine solche „militärische“ Magnet-Antenne. Die Antenne musste für den vorgesehenen Verwendungszweck leicht und in handliche Stücke zerlegbar sein. Deshalb hat man anstatt der Kreisform die Form eines Oktagons gewählt. Das Bild zeigt auch, dass die einzelnen Seiten des Oktagons zusammengeklappt waren und genau da lag der Pferdefuss dieser Antennenentwicklung. Man hat es nämlich auch mit „gold-plating“ nicht fertiggebracht die Übergangswiderstände so zu reduzieren, dass die Antenne einen anständigen Wirkungsgrad hatte. Die Antenne war also sowohl bei der Swiss Army wie auch bei den Amis ein Flop und ist nicht über das Experimentierstadium herausgekommen. Später haben sich dann die Funkamateure der Idee angenommen und daraus brauchbare magnetische Antennen entwickelt.

21.2 Die ISOTRON-Antenne



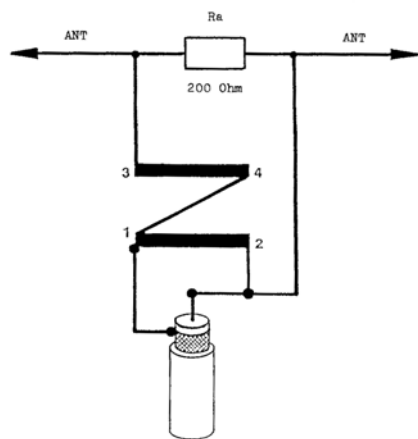
Die ISOTRON-Antenne ist die Umkehrung des bei den magnetischen Antennen angewendeten Prinzips. Das magnetische Feld bleibt in der Spule konzentriert, während ein ausgeprägtes elektrisches Feld aus dem geöffneten Kondensator austritt.

Diese Antennenart wird von der US-Firma ISOTRON hergestellt und vertrieben. Es dürfte aber auch möglich sein diese Antennenart selbst herzustellen.

Es liegt in der Natur der Sache, dass es sich bei dieser Antennenform um reine Ein-Band-Antennen handelt. ISOTRON stellt für jedes Band zwischen 160 m und 10 m solche Antennen her.

Die Praxiserfahrungen sind gemischt. Es gibt aber diverse glaubhafte Berichte die bestätigen, dass man mit ISOTRON-Antennen tatsächlich QSO abwickeln kann.

21.3 Antennen mit Widerstands-Abschluss



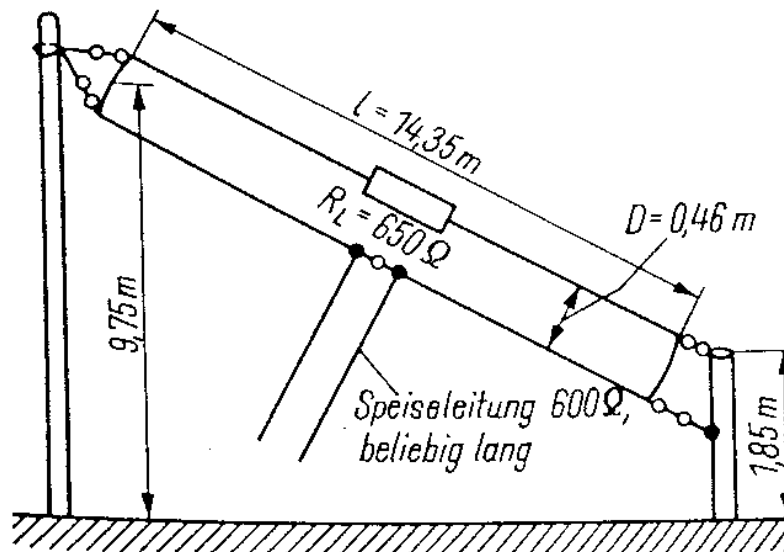
Antennen mit Widerstands-Abschluss funktionieren tatsächlich.

Der Widerstand muss für

ca. 35 - 40 % der Sendeleistung

ausgelegt sein.

Im nebenstehenden Beispiel hat der Widerstand einen Wert von $200\ \Omega$ und man kann seitlich eine beliebige Länge Draht benützen. Im untenstehenden Beispiel hat der Widerstand einen Wert von $650\ \Omega$ und die Länge der Antenne wird mit 14,35 m angegeben.

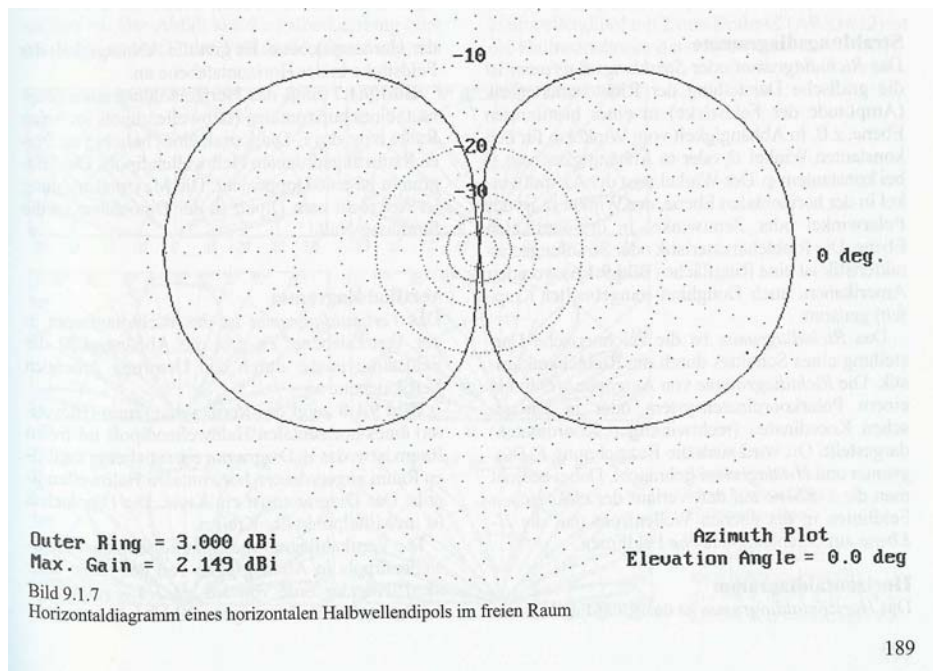


Diese Art Antennen weisen alle generell folgende Vor- und Nachteile auf:

- **Vorteile:**
 - Breitbandigkeit, d.h. innerhalb einem Frequenzverhältnis von etwa 5:1 erhält man eine relativ flache SWR Kurve.
- **Nachteile:**
 - ein Teil der Leistung wird verbraten
 - der Wirkungsgrad verschlechtert sich bei tiefen Frequenzen dramatisch, dies infolge zu kurzer Drahtlänge im Vergleich zur Wellenlänge

Antennen mit Widerstandsabschluss sind sehr populär bei kommerziellen Funkdiensten. Die Senderausgänge sind ohnehin alle auf 50 Ω ausgelegt. Das Personal besteht kaum mehr aus qualifizierten Funkern. Deshalb muss man diesen Leuten eine Antenne in die Hand geben, die sie einfach einstecken können und dann geht's. Kommerzielle Ausführungen solcher Antennen stammen häufig aus Australien. Überall dort wo das Handy sagt „keine Verbindung“ beginnt in Australien der Outback. Wenn man dort mit jemandem Verbindung aufnehmen will hilft nur noch Short-Wave. Man hat dann z.B. im Auto einen kleinen HF-Transceiver und eben eine solche Drahtantenne mit Widerstandsabschluss. Das ist dann „Funken für Dummies“, aber es funktioniert ganz prima. Man will ja kein DX erzielen, man will lediglich mit einer der im ganzen Land verteilten kommerziellen Funkstationen Verbindung aufnehmen, die einem auf das Telefonnetz weiterschalten.

22 Richtwirkung von Antennen



Wer kennt es nicht ? Das klassische Richtwirkungsdiagramm eines ganz simplen Dipols. Jeder hat dieses Diagramm im Kopf. Jeder glaubt fest daran.

Ich erinnere mich noch gut an die militärische Funkausbildung in Bülach. Jedes Mal wenn eine Verbindung nicht so klappte wie man sich das vorstellte erschien ein Offizier und kontrollierte mit dem Kompass, ob die Breitseite der Antenne wirklich in Richtung Gegenstation schaute. Bei einer Abweichung von mehr als 5° durfte dann die Stationsmannschaft die Antenne abbrechen und „korrekt ausgerichtet“ wieder aufstellen. Die Verbindung ist aber deswegen nie besser gelaufen als vorher. Die verwendeten Antennen waren meistens eine Art „Inverted-Vee“, die bezogen auf die Sendefrequenz (1.7 – 3.5 MHz) ohnehin viel zu tief hingen. Diese Antennen waren richtige Rundstrahler, aber das wollte man bei der „Obrigkeit“ nicht wahrnehmen. Man klammerte sich immer an das idealisierte Richtdiagramm eines Dipols, so wie es eben im „Reglement“ abgebildet war.

Leider klammert sich auch ein beträchtlicher Teil der Amateurfunker an die idealisierte Form der Richtwirkungsdiagramme wie wir sie aus den Antennenbücher kennen.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

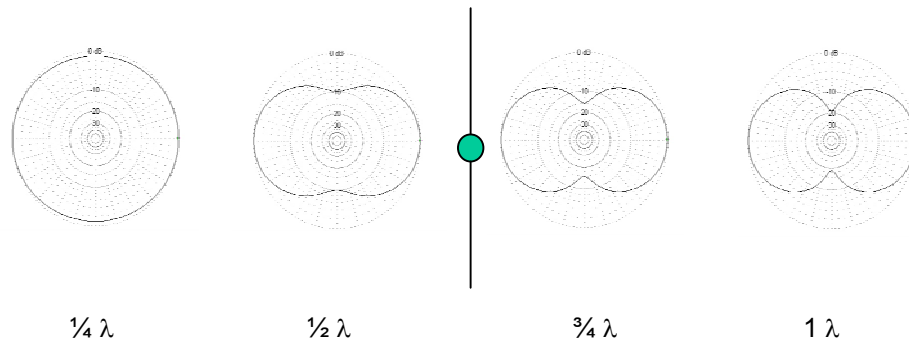
Teil 2: Antennen-Praxis

Warum verhalten sich Antennen in Bezug auf Richtwirkung nur selten so wie im Theoriebuch gezeigt ?

Wenn man den Titel zum obigen Bild genau liest dann kommt man dem Geheimnis auf die Spur. Es heisst nämlich ... „im freien Raum“ !!

Man muss sich eben schon im klaren darüber sein, die meisten Richtwirkungsdiagramme die in Büchern veröffentlicht sind stellen idealisierte Annahmen dar. In vielen Fällen sind es „Freiraum-Diagramme“.

Wie sieht denn die Realität aus ?



Das Beispiel des Dipols bringt es an den Tag. Die Abstrahlcharakteristik eines Dipols ist sehr stark von seiner Aufbauhöhe abhängig. Erst ab einer Aufbauhöhe von etwa $\frac{3}{4} \lambda$ beginnt das „reelle“ Abstrahldiagramm dem theoretischen Abstrahldiagramm ähnlich zu sehen. Ab einer Aufbauhöhe von 1λ und mehr stimmt's dann recht gut überein.

Man überlege sich einmal kurz was das für einen 80 m Dipol bedeutet. Bis in eine Aufbauhöhe von gegen 40 m haben wir eine Antenne mit mehr oder weniger Rundstrahlcharakteristik. Kennen wir in unserem Bekanntenkreis einen OM der seine 80 m Antenne in einer Höhe => 60 m aufgehängt hat ? Ich kenne keinen einzigen. In der Praxis heisst das, alle arbeiten auf den „unteren Bändern“ mit Antennen die man als „Rundstrahler“ bezeichnen muss. Drahtantennen zeigen erst auf den höheren Bändern (20 – 17 – 15 – 12 – 10 m) eine ausgeprägte Richtcharakteristik.

Mein Rat:

- Man nehme die Richtcharakteristiken von Antennen wie sie in Büchern veröffentlicht sind zwar zur Kenntnis.
- Man wundere sich aber nicht wenn die Praxis anders aussieht.

Beim Aufbau von Drahtantennen hat man ohnehin nur selten eine Auswahl in welcher Richtung man den Draht aufhängt. Man hänge den Draht auf, so wie es am besten geht. Die Praxis spricht dann für sich.

23 Antennen-Simulations-Software

In den letzten Jahren sind sehr gute Antennen-Simulations Programme auf den Markt gekommen, die es einem erlauben die grundsätzlichen Eigenschaften einer Antenne vorauszusagen.

Allen diesen SW-Packages ist eines gemeinsam

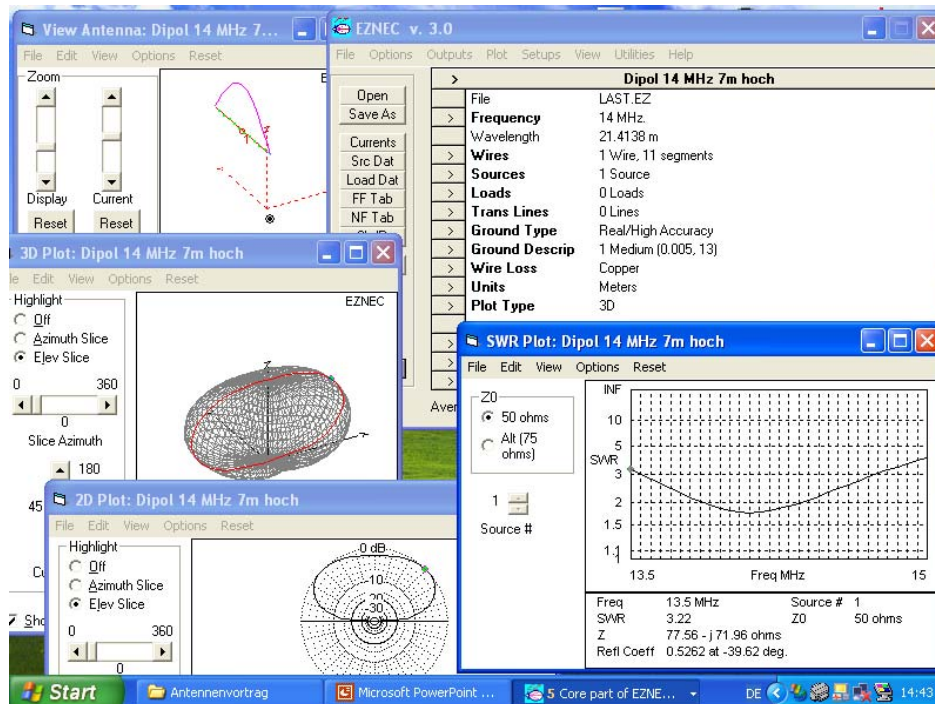
- Sie sind ausgereift
- Sie bringen sehr gute Resultate
- Sie rechnen immer mit den Vorgaben die man ihnen eingibt
- Sie rechnen mit einem Standort „auf der grünen Wiese“

... ABER ...

- Wer kennt schon alle Parameter und Störfaktoren seines Antennenstandortes

Bei mir ist das Programm EZNEC von Roy Lewallen, W7EL, in Gebrauch.

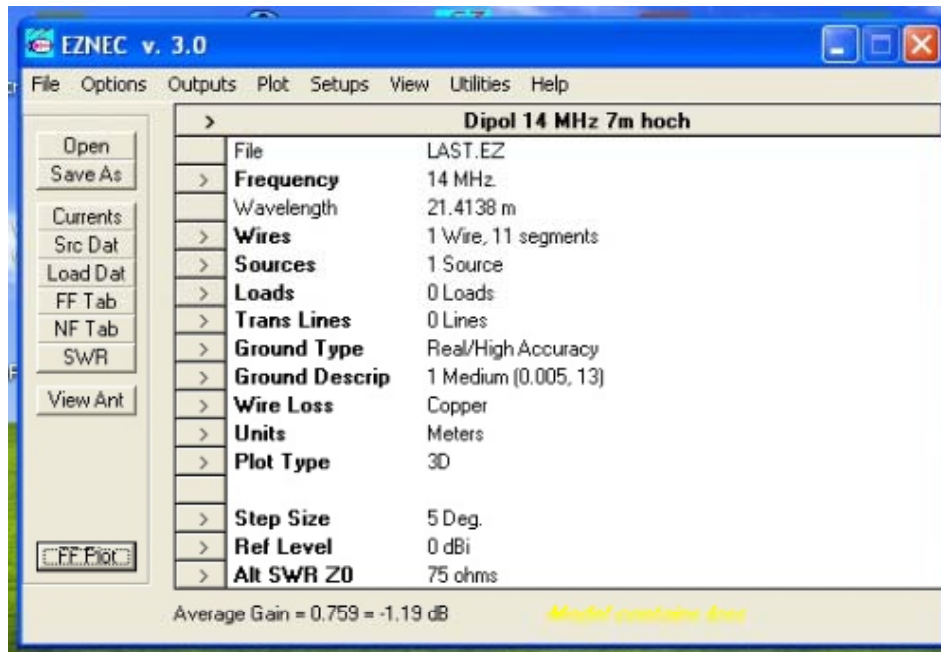
Deshalb einige Angaben zu diesem Programm:



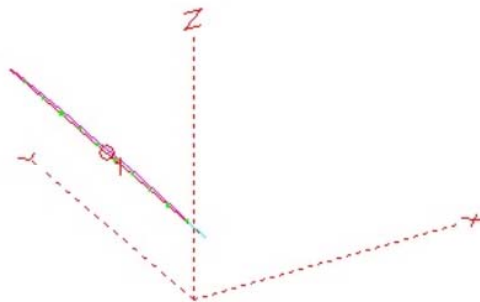
Hier eine kleine Übersicht über die vielfältigen Bildschirm-Darstellungen.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis



Die Basis-Ansicht. Hier können alle Parameter verändert werden.



Diese Darstellung zeigt einen Dipol, der aus einem Draht (1) besteht. Der Speisepunkt sitzt in der Mitte. Er ist durch den kleinen Kreis in der Mitte des Drahtes symbolisiert.

Wires

Wire: Other

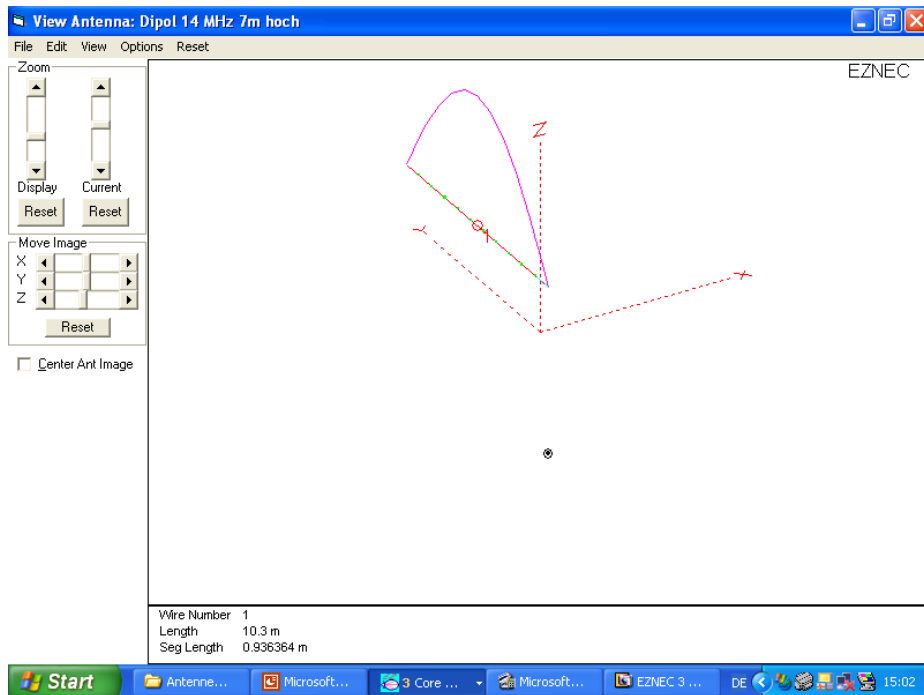
☐ Coord Entry Mode
☐ Preserve Connections

Wires												
	No.	End 1				Conn	End 2				Diameter (mm)	Segs
		X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)		Y (m)	Z (m)				
▶	1	0	0	7		0	10.3	7		1	11	
➡												

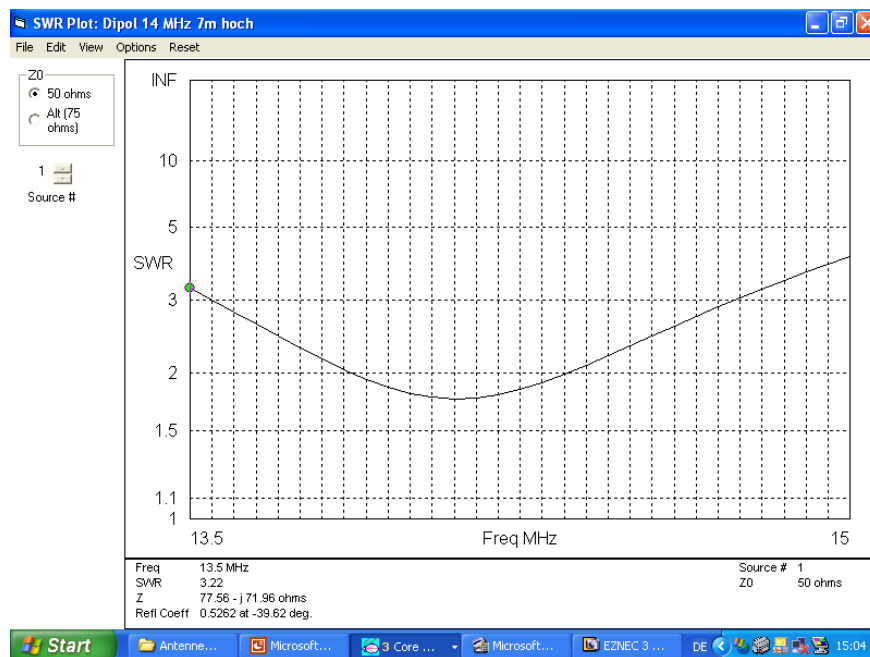
Die Endpunkte der Drähte werden in dieser Liste in Form von X, Y, Z – Koordinaten im Raum definiert.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis



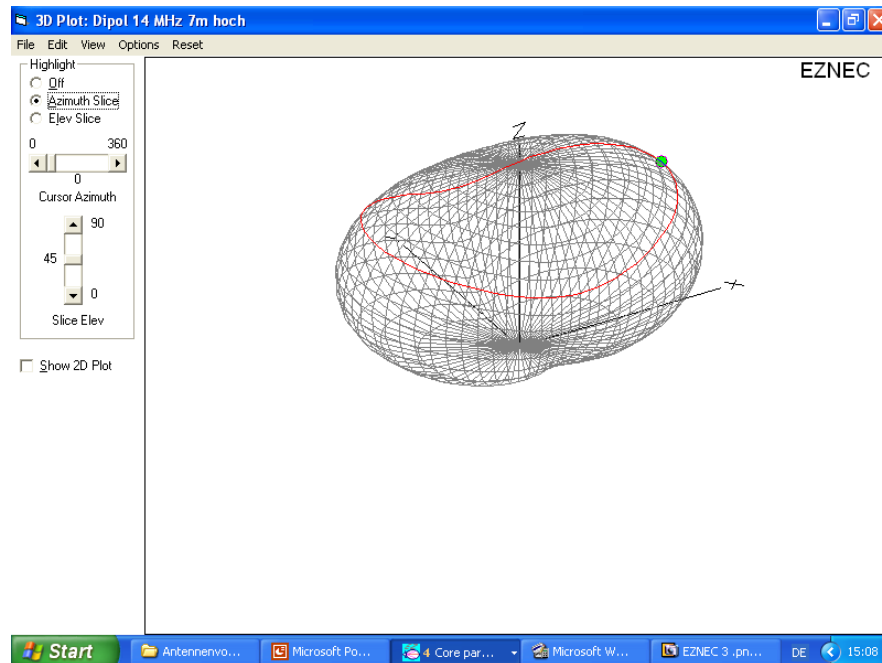
Hier derselbe Dipol nochmals im X, Y, Z – Koordinatenfeld dargestellt. Zusätzlich ist noch die Stromverteilung auf dem Dipol eingezeichnet.



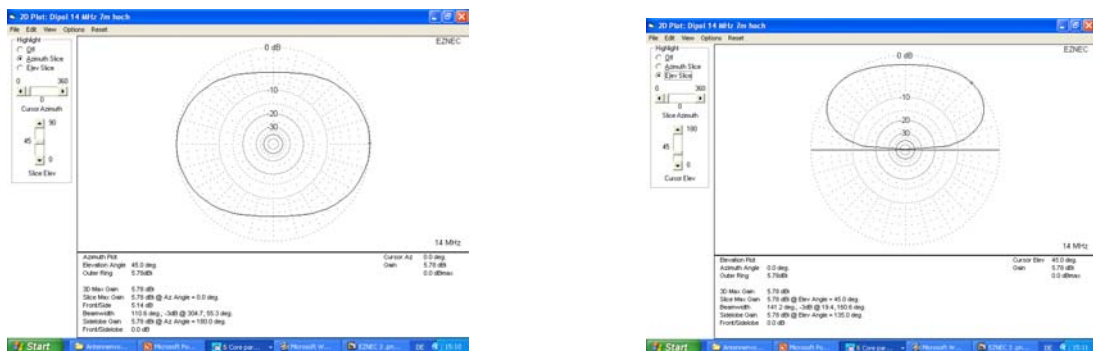
Hier die Darstellung der SWR Kurve.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis



Hier die Richtcharakteristik der Antenne in 3-D-Form.



Die 3-D-Darstellung lässt sich noch aufteilen in ein Horizontal-Diagramm und in ein Vertikal-Diagramm.

Grundsätzlich gilt bei mir die Parole:

... und EZNEC hat doch Recht !

Wenn man eine real existierende oder eine real aufzubauende Antenne simulieren will, dann besteht die Schwierigkeit eigentlich nur darin alle Parameter richtig einzugeben. Für alles was man nicht speziell definiert, wird ein Default-Wert eingesetzt, der idealisierend wirkt.

Wenn man also z.B. als Antennen-Draht den robusten Swiss-Army Felddraht verwendet, dann sollte man tunlichst bei der Rubrik „Wire Loss“ den Drahttyp „Zinc“ wählen. So wird der höhere ohmsche Widerstand des Drahtes auch einigermaßen korrekt berücksichtigt.

Eine weitere Schwierigkeit besteht darin die Umgebung, soweit sie störend auf die Antenne einwirken kann, mit zu simulieren. Im allgemeinen sind das Leitungen (Strom, Telefon) aber auch Blitzableiterdrähte, Eisengeländer etc. ja sogar das Armieren im Beton kann die Abstrahlung beeinträchtigen.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

Ein anderes Thema ist die Leitfähigkeit des Bodens (Ground Type). Wer hier nichts definiert simuliert seine Antennen im „free space“ oder im besten Falle unter „perfect ground“. Ich arbeite meistens mit der Einstellung „Ground type = Real, Untergruppe = MININEC“ oder mit „Ground type = Real, Untergruppe = high accuracy“.

Ein weiterer Punkt sind die angegebenen „Gain“-Werte, also die Gewinn-Werte. Diese sind immer auf „dbi“ bezogen, also auf einen isotropen Strahler. Verglichen mit dem isotropen Strahler weist ein „full-size“ Halbwellendipol einen Gewinn von 2.15 db auf. Dies gilt es zu berücksichtigen. Ich selbst nehme die Gewinn-Angaben nicht allzu ernst, ich verwende sie aber gerne als Vergleichsbasis für verschiedene Antennenversionen die alle unter den gleichen Annahmen gerechnet werden.

Ich habe es schon erlebt, dass sich eine von mir aufgebaute Antenne anders verhalten hat als es die Voraussagen von EZNEC erwarten liessen. Ich habe es dann nicht einfach dabei bewenden lassen, sondern ich habe mich bemüht herauszufinden woher die Unterschiede kamen. Ich habe einen Störfaktor um den anderen im EZNEC eingetragen. Das begann beim Material des Antennendrahtes (eben Swiss-Army Felddraht), ging weiter über Elektrizitäts- und Telefonzuleitungen, Blitzableiteranlage am Haus, benachbarte Antennen etc. Am Schluss hatte ich ein recht gutes Bild darüber warum sich bei dieser Antenne die vorausgesagten „guten Eigenschaften“ nur andeutungsweise einstellten.

Deshalb sage ich: ... **und EZNEC hat doch Recht !**

Viel Spass beim Antennenbau und beim Funken

wünscht Max, HB9ACC

Rund um die Antenne

Praxisorientierte Antennenkunde für Funkamateure

**Teil 3:
Antennenkoppler, SWR-Meter, Messgeräte, Baluns**

Max Rüegger, HB9ACC

Allen Freunden des Selbstbaus gewidmet

Inhaltsverzeichnis

Seite

3	Rund um die Antenne, Teil 3	
	Vorwort	5
3.1	Antennenkoppler	7
3.1.1	Allgemeines zu Antennenkopplern	7
3.1.2	Verluste in Antennenkopplern	8
3.1.3	Prinzipien von Antennenkopplern	9
3.1.4	Antennenkoppler für unsymmetrische Speiseleitungen	10
3.1.4.1	Prinzip „Tiefpassfilter“	10
3.1.4.2	Prinzip „Hochpassfilter“	10
3.1.4.3	Der einfachste Antennenkoppler	11
3.1.4.4	Vorgehen beim Abstimmen	12
3.1.5	Antennenkoppler für symmetrische Speiseleitungen	13
3.1.5.1	Unsymmetrische Antennenkoppler mit 1:4 Balun	13
3.1.5.2	Echter symmetrischer Antennenkoppler	14
3.1.5.3	Johnson Matchbox, ein echter symmetrischer Antennenkoppler	15
3.1.5.4	Link-Kopplung zum Anschluss symmetrischer Speiseleitungen	16
3.1.6	T-Koppler mit Mantelwellensperre	18
3.1.7	Automatische Antennenkoppler	19
3.2	Erdleitungskoppler	21
3.3	SWR-Meter	22
3.4	Messinstrumente für den Antennenbau	23
3.4.1	Grid-Dip Meter	23
3.4.2	Vielfach Instrument	24
3.4.3	Rauschbrücke	24
3.4.4	SWR Analysator	25
3.5	Antennenstrom-Messung	26
3.6	Antennen-Umschalter	27
3.7	Baluns	29
3.7.1	Balun oder nicht ?	29
3.7.2	Wie erkenne ich einen schlechten Balun ?	30
3.7.3	Spannungsbalun	31
3.7.4	Strombalun alias Mantelwellensperre	33
3.7.4.1	Mantelwellensperre in Form einer Koaxialkabelndrossel	35
3.7.4.2	Der klassische „Current Balun“ (Strombalun)	36
3.7.4.3	Mantelwellensperre in Form einer Ringkerndrossel aus Koax-Kabel	36
3.7.4.4	Mantelwellensperre mit Ferritkernen	37
3.7.5	Der 1:9 Balun alias „magnetischer Balun“	38
3.7.6	Statik ableiten	41

Vorwort

Die erste Version dieses Dokumentes, damals unter dem Namen „Drahtantennen Praktikum“, ist zu dem Zeitpunkt entstanden als allen YL's und OM's deren Funkverkehr sich bisher auf Frequenzen oberhalb 30 MHz beschränkt hat damals neu den Zugang zur Kurzwelle erhalten haben.

Ich habe das Dokument damals meinen Freunden und Amateurfunker-Kollegen zur Verfügung gestellt. Das grosse Echo, das dadurch ausgelöst wurde hat, hat mich bewogen das Dokument laufend zu überarbeiten und weitere Erfahrungen einfließen zu lassen.

Einige Bemerkungen zum Dokument:

- Dieses Dokument ersetzt kein Antennenbuch und es enthält keine Kochrezepte. Mein Ziel war es die Materie von der praktischen Seite her anzugehen. Überdies ist es ein Ziel von mir das Verständnis für Antennen im allgemeinen und Drahtantennen im speziellen zu wecken. Die dazugehörigen Formeln, die es einem erlauben die Drahtlängen zu berechnen, findet man in jedem Antennenbuch. In jedem Antennenbuch finden sich auch jede Menge Formeln deren Herleitung wohl nur für wenige von uns nachvollziehbar ist. Ich versuche mit Betrachtungen über den Spannungs- und Stromverlauf auf Antennen das Verständnis für Probleme der Anpassung, SWR etc. zu wecken.
- Das Dokument enthält auch Information rund um die Antenne, also Materialkunde, Informationen über Speiseleitungen, Baluns, nützliche Messgeräte etc.
- Das Dokument befasst sich nicht mit Mehrelementantennen, wie Yagis, Mehrelement Quads, etc. Es beschränkt sich weitgehend auf Antennenformen die vom „ganz normalen OM“ im Selbstbau erstellt werden können.
- Dieses Dokument enthält wahrscheinlich nichts was man nicht auch anderswo nachlesen könnte.
- Dieses Dokument hat keinen kommerziellen Hintergrund. Ich habe mir deshalb gestattet für gewisse Darstellungen auf vorhandene Schemas, Zeichnung, Skizzen etc. zurückzugreifen.
- Ich verwende im Text häufig den Ausdruck OM. Damit sind natürlich auch alle YL's und XYL's gemeint. Der Ausdruck OM hat einfach meine Schreibarbeit vereinfacht. Man verzeihe mir das.

Auch wenn dieser Beitrag zum Thema Antennen nicht vor mathematischen Formeln und algebraischen Abhandlungen strotzt, ich persönlich habe als Fernmelde-Ingenieur keine Berührungsängste mit der Theorie und der Mathematik. Ganz im Gegenteil. Ich selbst versuche immer wieder die Aussagen die ich mache mathematisch und von der Theorie her zu unterlegen.

Ich habe aber volles Verständnis für alle OM's die mit der Mathematik nicht unbedingt auf Du und Du sind und die sich lieber mit den praktischen Belangen auseinandersetzen. Wer einmal die grundlegenden Elemente der Antennentechnik verstanden hat, der ist in der Lage irgendwo auf der Welt, ohne grosse Hilfsmittel, lediglich mit einem Metermass in der Hand, Antennen zu erstellen die funktionieren.

Es ist mir wichtig Erklärungen und Anregungen zu geben die den Freunden des Selbstbaus weiterhelfen.

Das Dokument ist in 7 Teil-Dokumente aufgegliedert:

- **Teil 1**
 - allgemeine Hinweise
 - Materialkunde
 - Blitzschutz
 - Sicherheit
 - Masten
- **Teil 2**
 - Speisekabel
 - SWR
- **Teil 3**
 - Antennenkoppler
 - SWR-Meter
 - Instrumente
 - Baluns
- **Teil 4**
 - Antennen-Theorie
 - Antennen-Simulation
- **Teil 5**
 - Dipole
 - Windom-Antennen
 - Trap-Antennen
 - Langdraht-Antennen
- **Teil 6**
 - Ganzwellen-Dipol
 - L-Antennen
 - Sloper
 - Schleifenantennen
 - Vertikal-Antennen
- **Teil 7**
 - spannungsgespeiste resonante Antennen
 - verkürzte Antennen
 - Sonderformen verkürzter Antennen

Wichtiger Hinweis:

Die in dieser Dokumentation gemachten Angaben zu Schaltungen und Verfahren etc. werden ohne Rücksicht auf die Patentlage mitgeteilt. Sie sind ausschliesslich für Amateur- und Lehrzwecke bestimmt und dürfen nicht gewerblich genutzt werden. Der Autor hat die Angaben mit grösster Sorgfalt und nach bestem Wissen und seinen Erfahrungen zusammengestellt. Der Autor weist darauf hin, dass er weder Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für Folgen die auf fehlerhafte Angaben oder Auslegung direkt oder indirekt zurückgehen übernehmen kann.

Ich wünsche allen OM's, YL's und XYL's viel Erfolg und Befriedigung mit unserem weltumspannenden schönen gemeinsamen Hobby Amateurfunk.

März 2007

73 de Max Rüegger / HB9ACC

3.1 Antennenkoppler

3.1.1 Allgemeines zu Antennenkopplern

Für das was hier als Antennenkoppler bezeichnet wird findet man in der Literatur alle möglichen Begriffe. Hier nur einige:



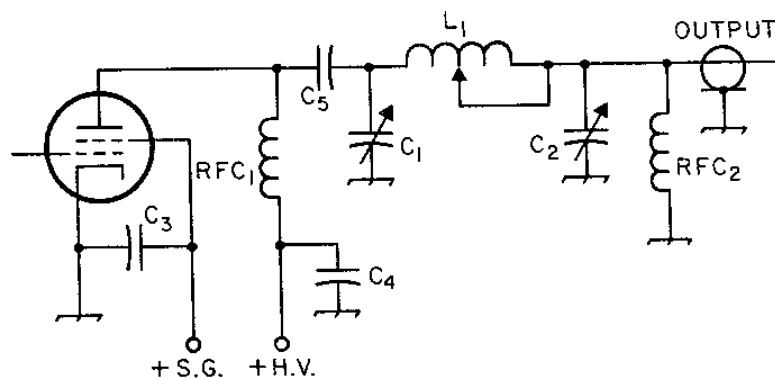
- Antennenkoppler
- Antennenanpassgerät
- Antennentuner
- Impedanzanpassungsgerät
- ... etc.

Es handelt sich dabei immer um ein Gerät dessen Zweck darin besteht ein bestehendes Antennensystem inklusive Speiseleitung an den Senderausgang anzupassen. Wie in Teil 2.2 unter dem Überbegriff SWR beschrieben geht es darum die Totalreflexion herzustellen.

Warum brauchen heutige Funkstationen überhaupt einen Antennenkoppler ?

Um diese Frage zu beantworten blickt man am besten in die Vergangenheit zurück.

Vor langer Zeit, im vergangenen Jahrhundert, hatten Sender in der Endstufe immer Röhren (auch Glühtransistoren genannt). Die Impedanz im Anodenkreis einer Röhre lag typisch so bei ca. 2000 Ω . Die Antennen hatten (und haben immer noch) irgendeine Impedanz, die aber niemals mit der Impedanz im Anodenkreis der Endstufe identisch waren. Es gab diverse Methoden mit dem Problem der Anpassung der Antenne an die Senderendstufe fertig zu werden. Mit der Zeit hat sich die unten gezeigte Schaltung mit einem sog. Pi-Filter in der Endstufe als eine günstige und universelle Lösung herauskristallisiert.



Beim Pi-Filter handelt es sich um ein Low-Pass-Filter (Tiefpass-Filter). Dieses Pi-Filter besorgt die Impedanzanpassung zwischen der Senderöhre und der Antenne.

- C1 = Drehko zur Resonanzabstimmung der PA
- C2 = Drehko zur Antennenkopplung
- L1 = umschaltbare Spule (Bandwechsel)

Innerhalb vernünftiger Grenzen lässt sich mit dem Pi-Filter jede Antenne ankoppeln. Allfälliges SWR auf dem Antennenkabel stört die Endstufe überhaupt nicht, da das Pi-Filter dafür sorgt, dass in Richtung Antenne die Totalreflexion der Rückwärtsleistung auftritt.

Mit dem Aufkommen der Halbleiter-Endstufen wurde die Angelegenheit für den Funkamateurler etwas komplizierter. Die Impedanzverhältnisse in einer Halbleiter-PA sind grundlegend anders geartet. Die Impedanzen nehmen tiefe Werte an. So waren die Halbleiter PA's geradezu prädestiniert um breitbandige 50 Ω Ausgänge zu konzipieren. Da keinerlei Abstimmeelemente mehr vorhanden sind um bei einer Fehlanpassung auf dem Antennenkabel die Totalreflexion der Rückwärtsleistung zu erzielen, treten in einer Halbleiter PA bei SWR tatsächlich Zustände auf die im Extremfall zur Zerstörung der teuren Leistungs-Halbleiter führen können. Heute haben fast alle Halbleiter PA's Schutzschaltungen eingebaut die bei SWR > 2 die Leistung auf einen für die Endstufen Halbleiter ungefährlichen Wert herunterregeln.

Um trotzdem Antennen, deren Impedanz von 50 Ω abweicht und die damit zwangsläufig SWR auf dem Antennenkabel erzeugen, verwenden zu können muss zwischen Transceiver und Antennenkabel ein Antennenkoppler eingeschaltet werden. Dessen Funktion ist vergleichbar mit der des Pi-Filters im Röhrensender. Er erlaubt es die komplexe Impedanz des Antennensystems so zu kompensieren, dass in Richtung Antenne Totalreflexion der reflektierten Leistung auftritt.

Antennenkoppler gibt es in allen möglichen Ausführungen und Schaltungsvarianten. Jeder Hersteller propagiert seinen Koppler als das einzig Wahre. In der Realität zeigt es sich, dass fast alle Antennenkoppler den Job erfüllen, den man von Ihnen verlangt. Auf den Bändern 80 m bis 10 m funktionieren die Mehrzahl der Antennenkoppler problemlos. Auf dem 160 m Band ist erfahrungsgemäss bei vielen Antennenkopplern der Abstimmbereich recht eingengt. Daran sind schlichtweg „pekuniäre“ Gründe schuld. Die Drehkondensatoren sind meistens zu klein, sie haben zuwenig Kapazität. Grössere Drehkondensatoren kosten mehr Geld ... und der Antennenkoppler soll ja zu einem vernünftigen Preis angeboten werden können. Dazu kommt, dass Drehkondensatoren von 500 pF und mehr meistens eine beachtliche Minimal-Kapazität aufweisen, was dann wieder die Abstimmung auf 28 MHz beeinträchtigt. 160 m-Freunde bauen sich deshalb am besten einen separaten Antennenkoppler für dieses Band.

3.1.2 Verluste in Antennenkopplern

Im Leben gibt es selten etwas geschenkt. Das ist auch bei Antennenkoppler so. Sie erfüllen die von ihnen geforderte Aufgabe, aber sie machen das nicht ganz gratis. Ihr Lohn ist das was wir als Verluste bezeichnen. Sie verbrauchen also einen Teil der Sendeenergie um ihre Aufgabe zu erfüllen.

Gemäss Messungen die vom ARRL Laboratorium durchgeführt und verschiedene Male im QST (ARRL Zeitschrift, ähnlich unserem OLD MAN) veröffentlicht wurden ergibt sich etwa folgendes Bild:



- **10 – 15 % Verluste sind normal**
- bis 40 % Verluste sind unter extremen Anpassbedingungen nicht ungewöhnlich

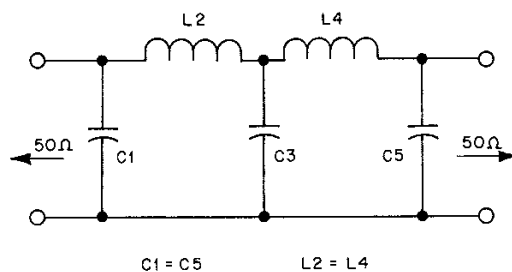
Darüber hinaus haben Antennenkoppler mit geschalteten Spulen immer noch die unangenehme Eigenschaft, dass man auf 2 oder mehr Spulenabgriffen eine scheinbare SWR 1:1 Anpassung (in Richtung Transceiver) vornehmen kann.

Es gilt dann herauszufinden welche der Einstellungen der Antenne wirklich am meisten Energie zuführt. Wie man das herausfindet, darüber später mehr.

Speziell in Acht nehmen muss man sich vor den sogenannten Kamikaze-Stellungen. Das sind Einstellungen am Antennenkoppler bei denen nahezu die gesamte Energie im Innern des Antennenkopplers verbraten wird. Der Antennenkoppler gibt dann nach einiger Zeit Rauchzeichen von sich und kann anschliessend diskret entsorgt werden.

3.1.3 Prinzipien von Antennenkopplern

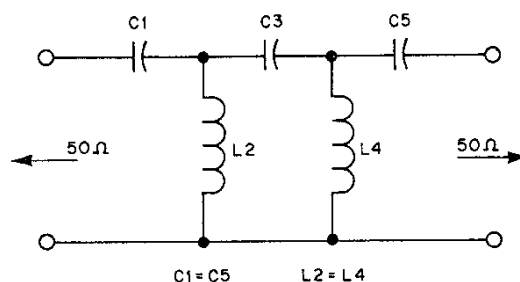
Antennenkoppler, wie sie auch immer im Detail aufgebaut sind, lassen sich (fast) immer auf eines der nachstehenden gezeigten Grundprinzipien zurückführen. Viele Antennenkoppler sind von den Komponenten her stark vereinfacht. Im Extremfalle reicht es aus als Anpassglied eine einzige Spule sowie einen einzigen Drehkondensator zu verwenden.



Prinzip: Tiefpassfilter

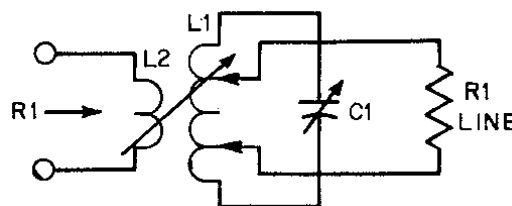
Vorteil:
allfällige Oberwellen der Senderendstufe werden unterdrückt

typisch:
Pi-Filter in Röhrensendern



Prinzip: Hochpassfilter

typisch:
T-Tuner



Prinzip: abgestimmter Schwingkreis

Vorteil:
Der abgestimmte Schwingkreis ist auf die Betriebsfrequenz abgestimmt und ist eine Wohltat für manchen nicht sehr grossignalfesten Empfänger.

typisch:
- Z-Match
- Koppler für symmetrische Speiseleitungen
- Koppler für spannungsgespeiste Antennen (z.B. Fuchs-Kreis)

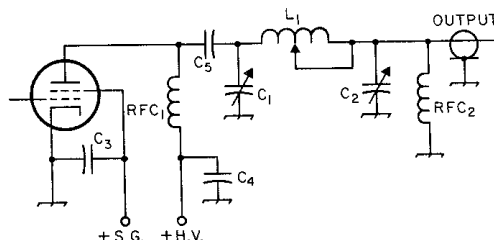
3.1.4 Antennenkoppler für unsymmetrische Speiseleitungen

3.1.4.1 Prinzip „Tiefpassfilter“

Dieses Prinzip der Impedanzanpassung wurde in der Form eines sog. Pi-Filters seit ca. 1950 fast standardmässig in den meisten Röhrenendstufen eingebaut. Wenn der Drehkondensator C2 nicht allzu knauserig ausgelegt wurde konnte man mit einem solchen Pi-Filter fast jede Antenne ankoppeln. Eine Ausnahme bilden resonante spannungsgekoppelte Antennen die einen speziellen Antennenkoppler benötigen.

Antennenkoppler nach dem Pi-Filter Prinzip als Einzelgeräte hat es meines Wissens nie gegeben, wenigstens nicht in kommerzieller Ausführung.

Erst in den letzten Jahren mit dem Aufkommen der automatischen Antennenkoppler wurde dieses Prinzip wieder populär. Eine Vielzahl der heute angebotenen automatischen Antennenkoppler basiert auf dem Prinzip „Pi-Filter“.



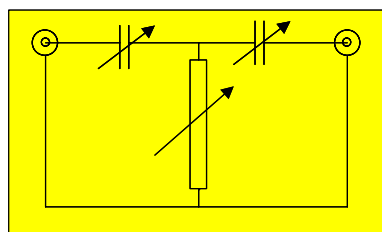
- C1 = Drehko zur Impedanzanpassung auf der Eingangsseite
- L1 = Induktivität
- C2 = Drehko zur Impedanzanpassung auf der Antennenseite



ACHTUNG:
Diese Art Antennenkoppler ist nicht für reine Spannungskopplung geeignet.

3.1.4.2 Prinzip „Hochpassfilter“

Viele Antennenkoppler die als Einzelgeräte angeboten werden sind nach dem Prinzip „Hochpassfilter“ konstruiert. Speziell in Richtung Antenne findet man ab und zu einen Doppeldrehko eingebaut, dessen eines Bein in Richtung Antenne schaut und das andere in Richtung „Masse“. Nur nicht verwirren lassen, das Grundprinzip des Kopplers ist immer noch ein Hochpassfilter.



Ein simpler, heute oft verwendeter Antennenkoppler besteht aus:

- 2 Drehkos (meist 300 pF)
- 1 Spule (mit Anzapfungen oder Rollspule)

Dieser Koppler koppelt innerhalb vernünftiger Grenzen zwischen 80 m und 10 m fast alles an. Bei 160 m ist sein Einstellbereich eingeschränkt.



So kann der oben erwähnte Antennenkoppler typischerweise aussehen. Hier eine Version für die Bänder 80 – 10 m mit Ein- und Ausgangs-Drehko und umschaltbarer Spule.



ACHTUNG:
Diese Art Antennenkoppler ist nicht für reine Spannungskopplung geeignet.

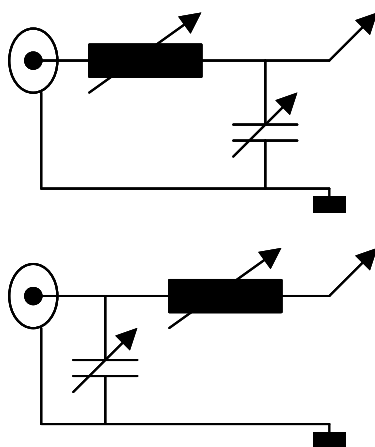
3.1.4.3 Der einfachste Antennenkoppler

Antennenkoppler sind lohnende Selbstbauprojekte. Der einfachste Antennenkoppler besteht aus lediglich 2 Komponenten (Drehkondensator und Spule) sowie 2 Koaxbuchsen.



Wenn Komponenten wie nebenstehend gezeigt auf Flohmärkten zu akzeptablen Preisen auftauchen, dann heisst es blitzschnell zuschlagen. Mit diesen beiden Komponenten lässt sich bereits ein Antennenkoppler bauen der ohne weiteres die volle legale Leistung verkraftet.

Anstelle einer Rollspule kann man natürlich auch eine feste Spule mit Anzapfungen verwenden.



Diese Schaltung wird für hochohmige Antennen verwendet, d.h.

$$Z_{out} > Z_{in}$$

Das sind typischerweise Langdrahtantennen und ähnliches.

Diese Schaltung wird für niederohmige Antennen verwendet, d.h.

$$Z_{out} < Z_{in}$$

Das sind typischerweise verkürzte Antennen..

Wer es ganz komfortabel will, der baut noch einen Umschalter ein, der den Drehkondensator einmal auf der Antennenseite einschläuft (zum Anschluss von hochohmigen Antennen) und in der anderen Stellung auf der Speiseseite einschläuft (zum Anschluss von niederohmigen Antennen)



ACHTUNG:
Diese Art Antennenkoppler ist nicht für reine Spannungskopplung geeignet.

3.1.4.4 Vorgehen beim Abstimmen

Beim Abstimmen mit einem Antennenkoppler geht man zweckmässigerweise wie folgt vor:



- Die kleinstmögliche Leistung verwenden bei der das SWR Meter noch einen vernünftigen Ausschlag zeigt.
- Die beiden Drehkondensatoren (meist mit TRANSMITTER und ANTENNA bezeichnet) in Mittelstellung bringen.
- Mit der Rollspule oder mit dem Spulenabgriffschalter (meist mit INDUCTANCE bezeichnet) diejenige Stellung suchen bei der das kleinste SWR auftritt. Wenn man beim Umschalten der Spulenstellungen den Sender ausschaltet (z.B. Morsetaste loslassen) verlängert man die Lebensdauer des Umschalters ungemein. Die Umschaltkontakte sind meist etwas „dünn“ ausgeführt. Sie schätzen es gar nicht wenn unter Leistung umgeschaltet wird.
- Dann mit den beiden Drehkondensatoren das minimale SWR suchen. Immer abwechselungsweise die beiden Drehkos betätigen bis man wirklich die Stellung „minimales SWR“ gefunden hat.
Man kann nicht immer SWR 1:1 erzielen, man sucht natürlich das Minimum. Im Grunde genommen ist eigentlich alles unter SWR 1:2 bereits i.O.
- Bei einem T-Koppler stellt man die Drehkos immer so ein, dass man den einen Drehko ausdreht (= kleinere Kapazität) und gleichzeitig den anderen Drehko um denselben Betrag eindreht (= grössere Kapazität). Bei Antennen die auf gewissen Frequenzen kritisch abzustimmen sind muss man mittels dieser Methode in ganz kleinen Schritten vorgehen und ... schwupps ... plötzlich hat man eine perfekte Einstellung gefunden.

Es gibt verschiedene Hersteller die bauen bei den höherpreisigen Ausführungen ihrer Koppler gleich einen Differentialdrehkondensator ein, der automatisch genau das macht. Wird die eine Seite des Drehkos grösser wird automatisch der Wert der anderen Seite kleiner. Solche Antennenkoppler, die nur noch 2 Einstellorgane haben, nämlich eine Rollspule und den Differentialdrehkondensator, sind äusserst bequem. Bekannte Hersteller mit solchen Antennenkopplern im Sortiment sind z.B. PALSTAR oder auch MFJ.

Antennenkoppler mit Differentialdrehkondensator sind ganz einfach abzustimmen.

- Differentialdrehko in Mittelstellung bringen
- Rollspule durchdrehen bis das SWR den besten Wert annimmt. Das kann immer noch weit von SWR 1:1 entfernt sein.
- Dann den Differentialdrehko durchdrehen biss das SWR kleiner und kleiner wird.
- Dann noch einmal schauen ob eine kleine Korrektur an der Rollspule nötig ist.

Ich selbst bin einmal an einem Flohmarkt über einen deftigen Differentialdrehko gestolpert der für kleines Geld zu haben war. Zusammen mit einer Rollspule ergab das ein vorzüglicher Antennenkoppler der wirklich kinderleicht zu handhaben ist.

WARNUNG vor Kamikaze-Stellungen:

In der Praxis kann es speziell bei Antennenkoppler mit umschaltbarer Spule vorkommen, dass man für eine bestimmte Frequenz zwei verschiedene Einstellungen findet, die beide optimales SWR auf dem Koax zwischen Antennenkoppler und Transceiver ergeben. Häufig ist es dann so, dass bei einer Stellung die Leistung wirklich auf die Antenne geht und in der anderen Stellung der grösste Teil der Leistung intern im Antennenkoppler verbraten wird. Dies ist die sog. „Kamikaze-Stellung“. Es ist jeweils schwer zu sagen welche Stellung die Richtige ist. Um dies herauszufinden schaltet man ein zweites SWR Meter (oder ein HF-



Amperemeter) in die Zuleitung zwischen Antenne und Antennenkoppler. Diejenige Stellung die an letzterem Instrument den höheren Ausschlag gibt ist die richtige.

Man merke sich:

**Der grösste Strom in der Antenne (oder Zuleitung)
ist immer die optimale Abstimm-Einstellung.**

3.1.5 Antennenkoppler für symmetrische Speiseleitungen

Antennenkoppler für symmetrische Speiseleitungen sind ein Spezialgebiet für sich. Es gibt unzählige brauchbare (und auch weniger brauchbare) Schaltungen. Der beste Antennenkoppler für symmetrische Speiseleitungen war wohl die JOHNSON MATCHBOX aus den 1950'er Jahren. Mit dieser „Matchbox“ konnte man wirklich jede Impedanz zwischen $5\ \Omega$ und ∞ anpassen. Aber ... wer hat schon eine solche „Matchbox“ ... und wer eine hat gibt sie nicht her. Bekannt sind auch die symmetrischen Tuner von Annecke (D) die es, wenn mein Wissensstand korrekt ist, heute auch nicht mehr zu kaufen gibt.

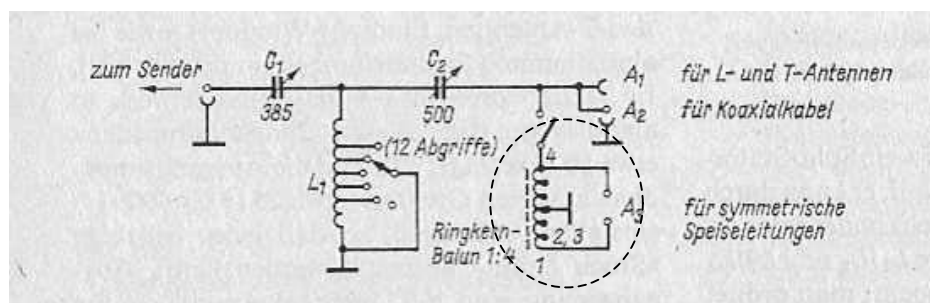
Glücklicherweise gibt es aber auch noch andere Lösungen mit der man die ersten Versuche mit symmetrischen Speiseleitungen machen kann.

3.1.5.1 Unsymmetrische Antennenkoppler mit 1:4 Balun

Wie bereits gesagt, glücklicherweise gibt es aber auch noch eine andere Lösung mit der man die ersten Versuche mit symmetrischen Speiseleitungen machen kann und das ist

der 1:4 Balun ($50 / 200\ \Omega$)

Der 1:4 Balun ist zwar nicht ideal und er hat einen eingeschränkten Abstimbereich. Stromkopplung geht gut, bis mittlere Impedanzen geht es auch gut. Bei der Anpassung sehr tiefer Impedanzen können infolge der hohen Ströme namhafte Verluste auftreten. Bei hohen Impedanzen beginnen sich Probleme einzustellen und mit einer reinen Spannungskopplung wird der 1:4 Balun nicht fertig. Bei stark reaktiven Impedanzen kann der Kern in die Region der Sättigung kommen und sich erwärmen. In der Praxis kann man damit aber arbeiten. Bei vielen Artikeln die Antennen beschreiben die mittels einer symmetrischen Speiseleitung betrieben werden sind „ideale Speiseleitungs-Längen“ angegeben. Diese sind dann jeweils so, dass eine Anpassung über einen 1:4 Balun möglich ist.



Das obige Bild zeigt einen Antennenkoppler der mit einem 1:4 Balun ausgerüstet ist und die Ankopplung von symmetrischen Speiseleitungen erlaubt.

Wer im Teil 2, unter 2.1.2.2 „Übergang von symmetrischer Leitung auf Koax-Kabel“

aufgepasst hat erinnert sich:

- Nicht immer ist der 1:4 Balun das Optimum um eine symmetrische Speiseleitung auf Koax-Kabel übergehen zu lassen. Häufig ist ein 1:1 Balun oder eine wirkungsvolle Mantelwellensperre die bessere Lösung.

Warum bauen denn die Hersteller von Antennenkoppler immer einen 1:4 Balun ein?

Wer das oben erwähnte Schema betrachtet kommt der Sache möglicherweise auf die Spur. Es dürfte in der Praxis keine preisgünstigere und einfachere Art Balun geben als den 1:4 Balun. Alles was wir benötigen ist ein geeigneter Ringkern und 2 identische Wicklungen. Der Aufbau ist simpel einfach und man hat dem Kunden gegenüber ein zusätzliches Verkaufsargument. Nebst Antennen mit Koax-Kabel Speisung lassen sich auch symmetrische Speiseleitungen anpassen. Das überzeugt jeden Kunden. Jeder andere Balun und auch jede Mantelwellensperre kostet in der Herstellung mehr.



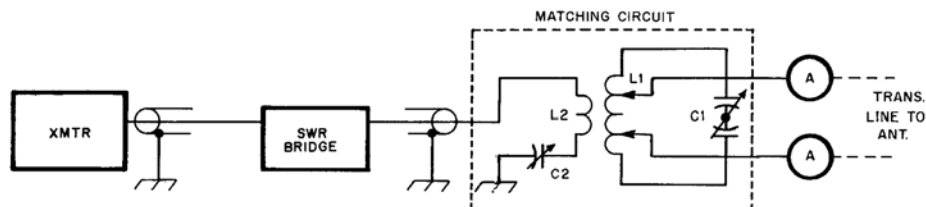
ACHTUNG:

Diese Art Antennenkoppler ist nicht für reine Spannungskopplung geeignet.

3.1.5.2

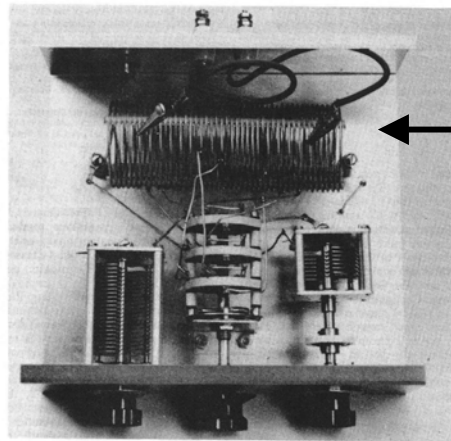
Echter symmetrischer Antennenkoppler

Das nachstehende Schema zeigt einen Antennenkoppler aus grauer Urzeit. Diese Art Antennenkoppler wird seit den Anfängen der Funktechnik angewendet. Da die Dinge etwas kompliziert in der Bedienung sind ist diese Schaltung mehr oder weniger in Vergessenheit geraten. Mit der gezeigten Schaltung lassen sich aber Antennen mit symmetrischer Speiseleitung jeglicher Art und jeglicher Impedanz einwandfrei anpassen.



Komponenten:

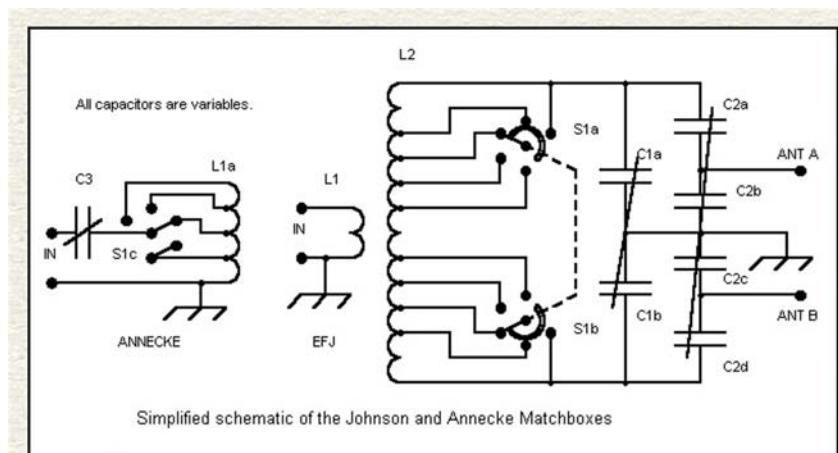
- Schwingkreis L1 / C1 auf Sendefrequenz abgestimmt (Parallelschwingkreis)
- L2 = Koppelspule (liegt geometrisch in der Mitte von L1)
- C2 dient zum Abgleich auf bestes SWR in Richtung XMTR
- Mittels Krokodilklemmen wird von der Mitte ausgehend derjenige Punkt gesucht der auf der Hühnerleiter den grössten Antennenstrom erzeugt.
- 2 HF-Amperemeter dienen dazu den absoluten Strom sowie die Symmetrie des Stroms in den beiden Leitern zu überwachen.



← Krokodilklemmen

3.1.5.3 Johnson Matchbox, ein echter symmetrischer Antennenkoppler in Luxusausführung

Hier noch einige Worte, Bilder und Schemas zur „JOHNSON MATCHBOX“:



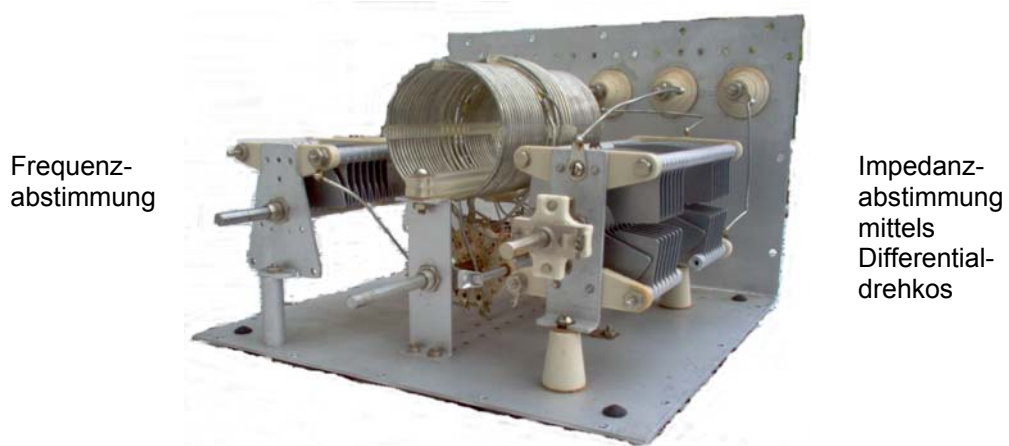
Hier die Vorder- und Hinteransicht der kleinen „JOHNSON MATCHBOX“. Diese ist für ca. 100 ... 200 W ausgelegt. Es gibt noch eine grössere Version, die für eine „California Full Gallon“ (1 - 2 kW) ausreichen sollte. Wer so etwas auf einem Flohmarkt entdeckt sollte sofort zuschlagen. So ein vielseitiges und universelles Antennen-Anpass-Gerät gibt es heute schlichtweg nicht mehr zu kaufen.

Die Firma Annecke in Deutschland hat während Jahren einen Nachbau der „JOHNSON MATCHBOX“ hergestellt. Inzwischen ist OM Annecke SK (silent key) und seine Produkte sind auch nur noch auf dem Flohmarkt erhältlich.

Einige Worte zur Schaltung:

Es handelt sich um einen Erd-symmetrisch aufgebauten Schwingkreis, bestehend aus L2 und C1a / C1b (linker Drehknopf). Mittels dem Schalter S1a / S1b werden die Frequenzbereiche umgeschaltet. Eine Koppelspule L1 koppelt das vom Koax-Kabel kommende Signal genau im Symmetrie-Punkt in den Schwingkreis ein. Die Hühnerleiter oder das Wireman 450 Ω Speisekabel wird an den Punkten A / B angeschlossen. Bei den 4 auf einer Achse angeordneten Drehkos C2a, C2b und C2c, C2d (rechter Drehknopf) handelt es sich um 2 Differentialdrehkos, die je einen kapazitiven Spannungsteiler in jedem Antennenabgang bilden. Damit kann jede Impedanz zwischen 0 und ∞ angepasst werden.

Da man mit der Original „JOHNSON MATCHBOX“ nicht immer SWR 1:1 abstimmen kann (unter SWR 1:2 kommt man immer) hat OM Annecke bei seiner Ausführung die Koppelspule umschaltbar gemacht und noch den Drehko C3 eingefügt mit dem man dann in Richtung Transceiver immer SWR 1:1 erzielen kann.



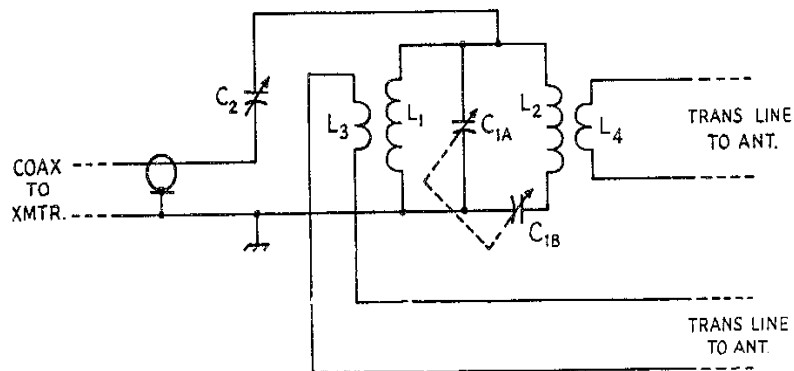
3.1.5.4 Link-Kopplung zum Anschluss symmetrischer Speiseleitungen

Bei der Link-Kopplung handelt es sich auch wieder um eine Anschlussart aus „grauer Vorzeit“.

Link-Kopplung heisst nämlich nichts anderes als Ein- oder Auskopplung von Energie aus einem auf Resonanz abgestimmten Schwingkreis mittels einer sog. Koppelspule.

Dies ist eine Spule die aus wenigen Windungen Draht besteht und die auf oder in der nächsten Nähe der Schwingkreisspule angebracht wird. Als Beispiel für die Link-Kopplung soll die Urform des Z-Match gezeigt werden. Die Schaltung stammt aus meinem ersten ARRL Antenna Book aus dem Jahre 1960. Der Begriff Z-Match war damals noch unbekannt, die Schaltung wurde als „Matching circuit using multiband tuner“ bezeichnet. Das raffinierte an dieser Schaltung ist die Tatsache, dass es sich beim Gebilde L1/L2/C1A/C1B um einen Multiband Schwingkreise handelt, der bei richtiger Auslegung den Frequenzbereich 3 MHz bis 30 MHz stufenlos überstreicht.

Dieselbe Schaltung wurde in den 1940'er und 1950'er Jahren öfters auch in Leistungsstufen verwendet. Man konnte sich so den störungsanfälligen Bandumschalter einsparen.

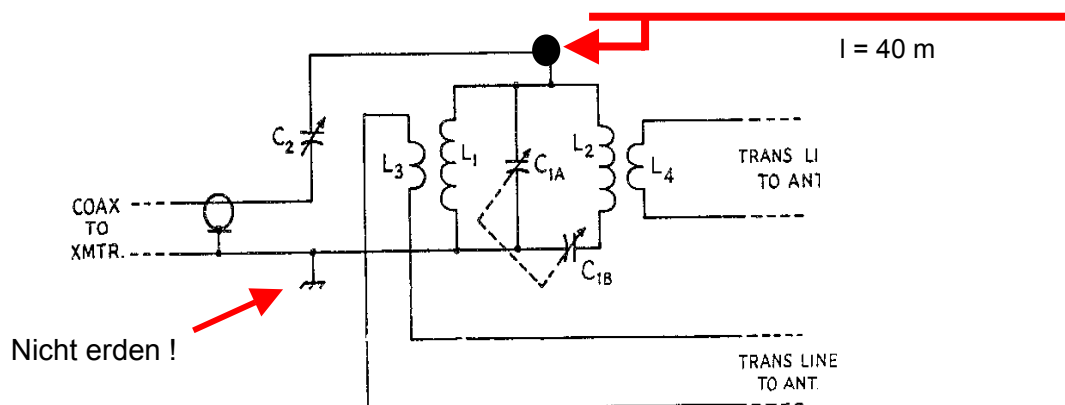


Der Doppeldrehko C1A/C1B dient zur Frequenzabstimmung.
Der einfache Drehko C2 dient zur Abstimmung auf bestes SWR auf der Zuleitung
Mittels der auf der Spule L1 aufgebrachten Koppelspule L3 lassen sich die Signale im Frequenzbereich 3 MHz bis ca. 10 MHz auskoppeln.
Mittels der auf der Spule L2 aufgebrachten Koppelspule L4 lassen sich die Signale im Frequenzbereich 10 MHz bis ca. 30 MHz auskoppeln.
Wenn man das der Masse nähere Ende der Koppelspule erdet dann lassen sich sogar Koaxialkabel anpassen.



ACHTUNG:
Antennenkoppler mit Linkkopplung sind nicht für reine Spannungskopplung geeignet.

Allerdings lässt sich die Schaltung etwas abändern und dann kann man mit derselben Schaltung auch resonante spannungsgespeiste Antennen ankoppeln.

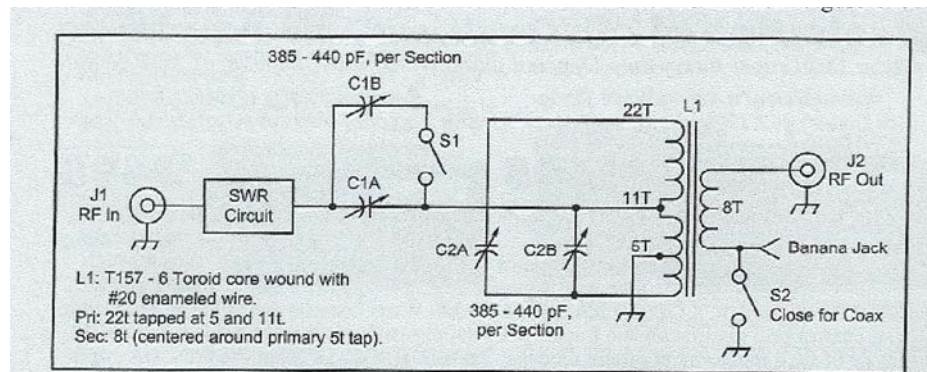


Wenn man nämlich, wie oben gezeigt, am heißen Ende des Schwingkreises einen Antennendraht anhängt mit einer Länge von ca. 40 – 44 m, dann erhält man eine resonante spannungsgespeiste Antenne.

Achtung:

Damit die Schaltung erfolgreich funktioniert darf der Koppler nicht geerdet werden.

Diese Antenne lässt sich auf allen Bändern zwischen 3.5 MHz bis 28 MHz, inklusive der WARC Bänder, benützen. Eine solche Antennenanordnung ist bei mir seit über 30 Jahren erfolgreich in Betrieb. Mehr über die Wirkungsweise dazu im Kapitel „spannungsgespeiste Antennen“



Hier eine moderne Schaltung nach demselben Prinzip. Die Schaltung wurde im QST Jan 2003 beschrieben. Eine spannungsgespeiste Antenne würde im Punkt der mit „11T“ bezeichnet ist angeschlossen. Die Spule besteht aus einem Ringkern T157-6 von Amidon. Der Schalter S2 wird bei Anschluss eines Koax-Kabels geschlossen.

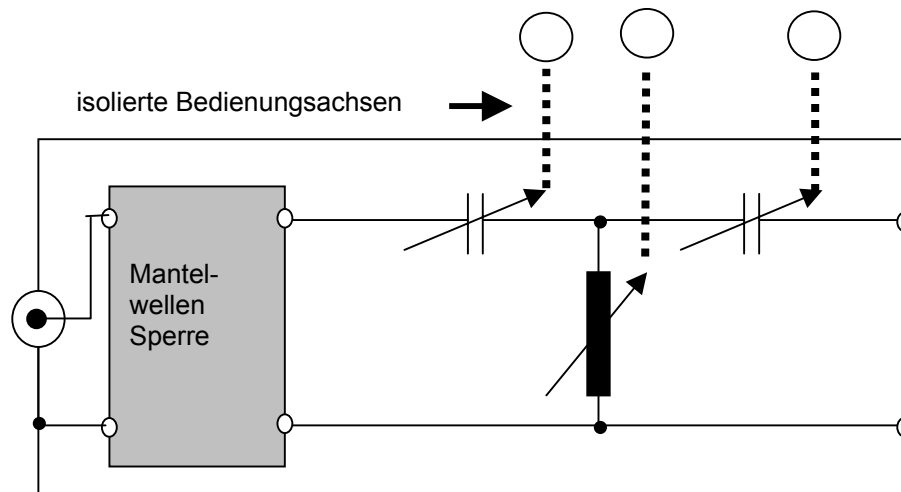
Man findet immer wieder OM's die von dieser Schaltung behaupten der Wirkungsgrad sei sehr schlecht, vor allem auf den oberen Bändern. Lasst Euch von diesen Pessimisten nicht ins Bockshorn jagen. Keiner von denen die ich persönlich kenne hat je mit dieser Schaltung gearbeitet, geschweige dann je selbst Wirkungsgrad-Messungen durchgeführt. Man vergesse nicht: Jeder Antennenkoppler weist Verluste auf.

Ich pflege diesen OM's jeweils folgende Antwort zu geben:

Selbst wenn es die Verluste auf den höheren Bändern tatsächlich gibt, dann kümmern sie mich nicht im geringsten. Wenn die höheren Bänder nämlich offen sind, dann sind die Ausbreitungsbedingungen so, dass ich die grössten Distanzen mit kleiner Leistung überbrücken kann. Das ist nämlich eine Tatsache.

3.1.6 T-Koppler mit Mantelwellensperre

Dank den heutigen Ferritkernen, die sich vorzüglich zum Bau von Mantelwellensperren eignen, kann der Bau symmetrischer Antennenkoppler stark vereinfacht werden. Es wurden schon öfters Antennenkoppler gebaut, die wie ein simpler T-Koppler aufgebaut sind. Um zur Anpassung symmetrischer Speiseleitungen geeignet zu sein wird einem T-Koppler eine wirksame Mantelwellensperre vorgeschaltet.



Bezüglich dem Aufbau eines solchen Gerätes muss folgendes beachtet werden:

- Die Bedienung der Drehkondensatoren und der Rollspule muss über isolierte Achsen geschehen. Flexible Kupplungen mit Isolation sind auf dem Markt erhältlich. Eine Verlängerung der Bedienungsachse mittels einer Kunststoffachse passenden Durchmessers geht auch.
- Das Ganze sollte gut isoliert in ein Metallgehäuse eingebaut werden, dessen Einzelteile alle untereinander elektrisch leitend verbunden sind. Das Metallgehäuse wird geerdet bzw. auf das Potential der Abschirmung des Speisekabels gelegt.
- Speziell die Frontplatte muss unbedingt aus Metall sein andernfalls macht sich beim Bedienen der Einstellknöpfe die Handkapazität bemerkbar. Jedes Mal wenn man meint man hätte nun den optimalen Einstellpunkt erreicht und die Hand wegzieht verschiebt sich alles und man beginnt von neuem.



ACHTUNG:

Diese Art Antennenkoppler ist nicht für reine Spannungskopplung geeignet.

3.1.7 Automatische Antennenkoppler

Automatische Antennenkoppler sind eine schöne Sache. Sie arbeiten genau wie ein manueller Antennenkoppler, einfach automatisch. Dank dem automatischen Betrieb können automatische Antennenkoppler dort platziert werden wo sie die beste Wirkung zeigen, nämlich am Einspeisepunkt der Antenne. Die beiden nachstehenden Bilder zeigen einen automatischen Antennenkoppler der US Firma SGC



Es gibt zwar automatische Koppler die mit motorgetriebenen Drehkos arbeiten. Im allgemeinen sind jedoch bei automatischen Kopplern die Induktivitäten und Kapazitäten nach dem Binärprinzip in Festwerte aufgeteilt, die mittels Relais umgeschaltet werden. Eine Schaltung misst laufend das SWR und nimmt die Relaiseinstellungen vor. Gute automatische Antennenkoppler speichern für jede Frequenz den einmal gefundenen Abstimmwert.

Die Abstimmung wird mit reduzierter Ausgangsleistung durchgeführt.

Automatische Antennenkoppler können alles was ein manueller Antennenkoppler auch kann und damit hat sich's. Unmögliches macht auch ein automatischer Antennenkoppler nicht möglich.



ACHTUNG:

Diese Art Antennenkoppler ist nicht für reine Spannungskopplung geeignet.

Dies bedeutet, dass die Drahtlänge der Antenne auf keinem Band $\lambda/2$ oder ein Vielfaches davon betragen darf.

Etwas das öfters vergessen wird:

Automatische Antennenkoppler eignen sich sehr gut zur Anpassung von unsymmetrischen Antennen, d.h. Antennen, die nicht wie ein Dipol symmetrisch aufgebaut sind, sondern aus einem simplen Antennendraht irgendwelcher Länge bestehen. Damit eine solche Antenne überhaupt funktionieren kann muss der Antennenkoppler geerdet werden. In solchen Fällen muss man sich immer vor Augen halten, dass die **Erdleitung** vom Koppler bis zu dem Punkt wo der Erdleiter in die Erde übergeht **ein Teil der Antenne ist und strahlt**.

Wenn man dies nicht berücksichtigt und „das Erden“ vergisst, dann ist Zoff vorprogrammiert. Die HF Energie sucht sich dann einen anderen Ausweg und der Erdpfad wird dann mit grösster Wahrscheinlichkeit über den Mantel des Speisekabels realisiert. Man hat dann „vagabundierende HF“ im Haus, mit allen Konsequenzen.



Vor dem Kauf abklären:

Etwas was man beim Kauf von automatischen Antennenkopplern immer vor dem Kauf prüfen sollte ist die „wahre“ Leistung die der Koppler in Wirklichkeit erträgt.

Vor einiger Zeit hat mich ein befreundeter OM kontaktiert bezüglich der Anschaffung eines automatischen Antennenkopplers. Er übermittelte mir den Hersteller und die Typenbezeichnung des Gerätes. Seine Frage war: Ist dieser Antennenkoppler empfehlenswert? Was ist meine Meinung dazu?

Anhand der Inserate in der Fachpresse sah alles gut aus, der Antennenkoppler wurde als 100 W Koppler angepriesen.

Da ich den betreffenden Koppler nicht kannte suchte ich als erstes Informationen dazu im Internet. Auf der Homepage des Hersteller konnte ich alle Unterlagen herunterladen, also technische Daten, Manual, etc.

Bei der Durchsicht der technischen Daten kam dann das AHA-Erlebnis. Unter der Rubrik „Leistung“ stand geschrieben:

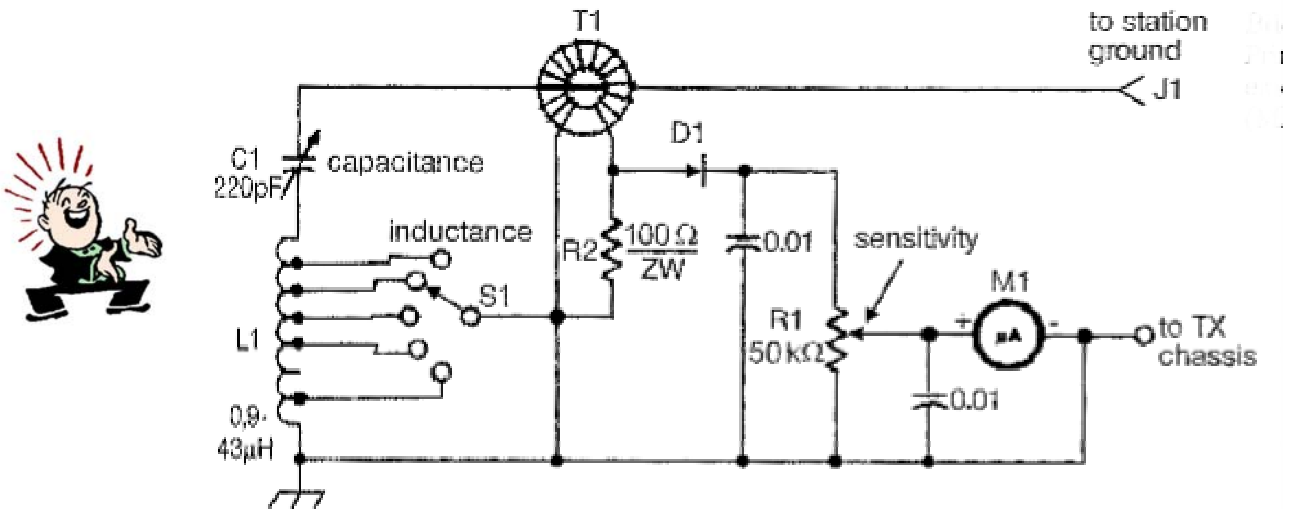
SSB = max. 100 W PEP
CW = max. 40 W

Ich weiss, nicht alle OM's interessieren sich für die Betriebsart CW. Auch wenn man sich mit den Morsezeichen nicht sonderlich anfreunden kann sollte man doch nicht vergessen, dass diverse digitale Betriebsarten ebenfalls mit voller Leistung arbeiten. Während man bei CW noch von einem Tast/Pause-Verhältnis von 50 % ausgehen kann, liegt z.B. bei RTTY die volle Leistung während 100 % der Sendezeit an.

Meine Bemerkung bedeutet nicht, dass ein solcher automatischer Antennenkoppler à priori schlecht sei. Wenn man seine Limiten kennt und ihn entsprechend einsetzt kann dies ein sehr guter Koppler sein. Nur, man muss eben die Randbedingungen kennen unter denen man den Antennenkoppler betreiben muss.

Keiner sieht gerne seinen teuer gekauften Antennenkoppler in Rauch aufgehen weil er die angepriesenen 100 W wörtlich nimmt und den Koppler mit zuviel Leistung beaufschlagt.

3.2 Erdleitungskoppler



Zu diesem Gerät sagt Rothammels Antennenbuch:

Der Erdleitungs-Koppler, auch als „künstliche Erde“ bezeichnet, ergänzt die Erdleitung oder ein Gegengewicht zu einem abstimmbaren Serienschwingkreis. Während bei symmetrisch gespeisten Antennen (Dipole) die HF-Erde keine Rolle spielt ist dies bei endgespeisten Antennen oder bei end- oder asymmetrisch gespeisten Dipolen (z.B. FD4) von Bedeutung. Wer in einer modernen Wohnung wohnt, wo die Heizungsrohre und Wasserleitungsrohre teilweise aus Kunststoff sind und der Weg zu einem Erdanschluss sehr weit ist, der hat ernsthafte Probleme seine Station HF-mässig zu erden.

Mit dem Erdleitungs-Koppler kann man nun ein Stück Draht beliebiger Länge oder eine Verbindung zu einer entfernten Erde (Wasserleitung, Zentralheizung oder Hilfsender) auf Resonanz (Serienresonanz) abstimmen. Dazu wird die Masse des Erdleitungskopplers mit der Masse des Transceivers bzw. mit der Masse der Matchbox (Antennenkoppler) verbunden und der isolierte Anschluss am Erdleitungskoppler wird mit der abzustimmenden (Erd)-Leitung verbunden. Ein beliebig langer isolierter Draht wird so zu einem elektrisch $\lambda/4$ langen Gegengewicht.

Wie das obige Schema zeigt handelt es sich um eine Serieschaltung einer Spule und eines Drehkondensators. Diese bilden zusammen mit der ebenfalls in Serie geschalteten (Erd)-Leitung einen Serienschwingkreis den man so abstimmt dass man den höchsten Strom in der „Erdleitung“ erhält. Als Abstimmhilfe dient das Messinstrument M1. Dieses erhält seine Information über den Stromwandler T1. T1 misst den Strom in der Erdleitung und erzeugt daraus über R2 eine äquivalente Spannung. Diese wird durch die Diode D1 gleichgerichtet und über das Potentiometer R1 dem Instrument zugeführt. Das Potentiometer R1 dient der Empfindlichkeitseinstellung.

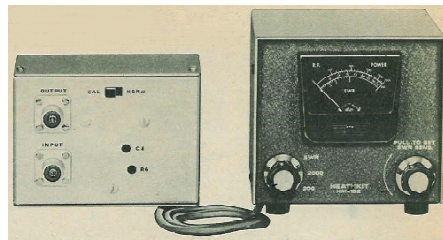
In der Praxis wird der Drehkondensator C1 in die Mittelstellung gebracht. Dann wird eine kleine Leistung auf den Sender gegeben und es werden die Spulenanzapfungen durchgefahren bis man die Stellung findet die am Instrument M1 den grössten Ausschlag erzeugt. Dann dreht man den Drehkondensator C1 in die Stellung die den höchsten Ausschlag am Instrument M1 erzeugt. So hat man die Erdleitung auf die betreffende Sendefrequenz abgestimmt. Bei grösseren Frequenzänderungen oder bei Bandwechsel muss natürlich der Erdleitungskoppler neu abgestimmt werden.

Aufgrund seiner Einfachheit ist der Erdleitungskoppler ebenfalls ein sehr lohnendes Selbst-

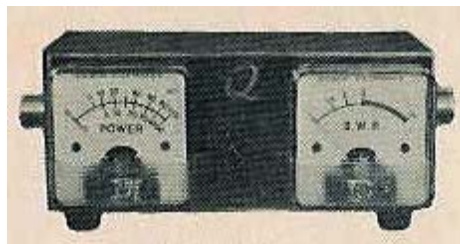
bauprojekt. Ein Erdleitungskoppler hat schon manchem OM mit „heissem Shack“ zu ungestörten Funkfreuden verholfen. Wer öfters von provisorischen Standorten QRV ist (z.B. Hotels, Ferienwohnungen etc) dem sei ebenfalls der Erdleitungskoppler bestens empfohlen. An provisorischen QTH sollte man ja im allgemeinen keine permanenten Installationen und Veränderungen vornehmen. Der Erdleitungskoppler hilft in solchen Fällen ein oder mehrere provisorisch ausgelegt Drähte so abzustimmen, dass sie als Gegengewicht arbeiten.

3.3 SWR-Meter

Jeder OM kennt sie, die SWR Meter. Sie zeigen das Stehwellenverhältnis (SWR = standing wave ratio) an. SWR Meter gibt es in den verschiedensten Ausführungen:



Dies ist ein SWR Meter mit einem Instrument und abgesetztem Sensorkopf. Der Nachteil der 1-Instrument Variante ist die Tatsache, dass zwischen Vor- und Rückwärtsleistung umgeschaltet werden muss. Dies macht den Abstimmvorgang etwas mühsam.



Dieses SWR Meter verfügt über 2 Instrumente, d.h. man kann gleichzeitig sowohl die Vorwärts- wie auch die Rückwärtsleistung beobachten. Dies erleichtert das Abstimmen mittels einem manuellen Antennenkoppler ungemein.



Dieses Instrument ist ein sog. Kreuzzeigerinstrument. Die linke Skala zeigt die Vorwärtsleistung, die rechte Skala die Rückwärtsleistung.

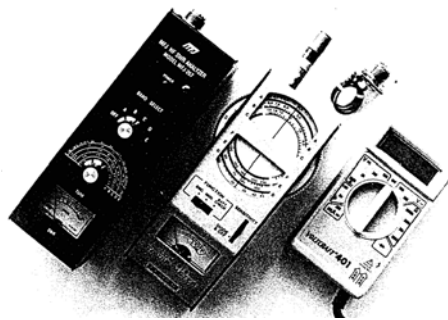
Dieser Instrumententyp ist mein Favorit. Ich besitze ein Exemplar das 3 verschiedene Messbereiche aufweist:

- 0 – max. 15 W (gut zum Abstimmen)
- 0 – max. 150 W (mit 100 W TRX)
- 0 – max. 1500 W (für QRO Betrieb)

3.4 Messinstrumente für den Antennenbau

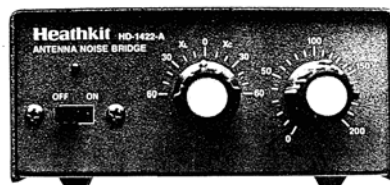
Man kann zwar KW-Antennen auch ohne Messgeräte bauen, aber dies gleicht einem Blindflug. KW-Antennen sollte man nie sklavisch nachbauen. Ich bin persönlich davon überzeugt, dass die Werte die in einem Antennenbuch oder einem Antennenartikel angegeben werden im QTH des Verfassers gestimmt haben. Die Ideen hinter den beschriebenen Antennen sowie die Größenordnung der gemachten Längenangaben stimmen meistens. Es ist das „Fine-Tuning“ das jeder an seinem QTH selbst vornehmen muss. Deshalb Regel 5 = „Drahtlänge + 5 %“. Man ist dann auf der sicheren Seite, die Resonanzfrequenz wird am Anfang immer zu tief sein. Und dann geht das „Fine-Tuning“ los und zwar solange bis die Antenne am eigenen Standort auf der richtigen Frequenz Resonanz aufweist.

Für den Abgleichvorgang (Fine Tuning) am eigenen Standort benötigt man ein Minimum an Messinstrumenten. Dafür kommen in Frage:



Von links nach rechts:

- SWR Analysator (einfache Ausführung mit durchgehendem Oszillator und 1 Instrument das das SWR anzeigt.
- Grid-Dip Meter
- Vielfachinstrument



- Rauschbrücke zur Bestimmung der Impedanz aufgeteilt nach Realanteil und Imaginäranteil



- SWR Meter

3.4.1 Grid-Dip Meter

Das Grid-Dip Meter ist neben dem Volt- und Ampere-Meter eines der ältesten Instrumente im Amateurfunk überhaupt. Es handelt sich dabei um einen einfachen Oszillator dessen Bereich sich durch Steckspulen umschalten lässt. Der gesamte Bereich umfasst meistens

1.5 MHz bis ca. 160 MHz. Wenn man an der Steckspule induktiv einen Schwingkreis oder sonst etwas das eine klare Resonanz hat (und dazu gehören auch Antennen) ankoppelt, dann ergibt sich bei Übereinstimmung der Frequenz des Grid-Dippers und des Prüflings am Instrument des Grid-Dippers ein sog. „Dip“, d.h. ein Ausschlag nach unten. Früher war der Grid-Dipper das einzige dem Budget eines Funkamateurs angepasste Instrument, das Messungen ausserhalb des Bereiches des eigenen Senders (d.h. ausserhalb der Amateurbänder) erlaubte. Der Pferdefuss dieses Instrumentes ist die sehr rudimentäre Frequenzablesung und „Dips“ die bisweilen recht breit sind. Das kHz-genaue Trimmen einer Antenne ist damit fast unmöglich.

3.4.2 Vielfach-Instrument

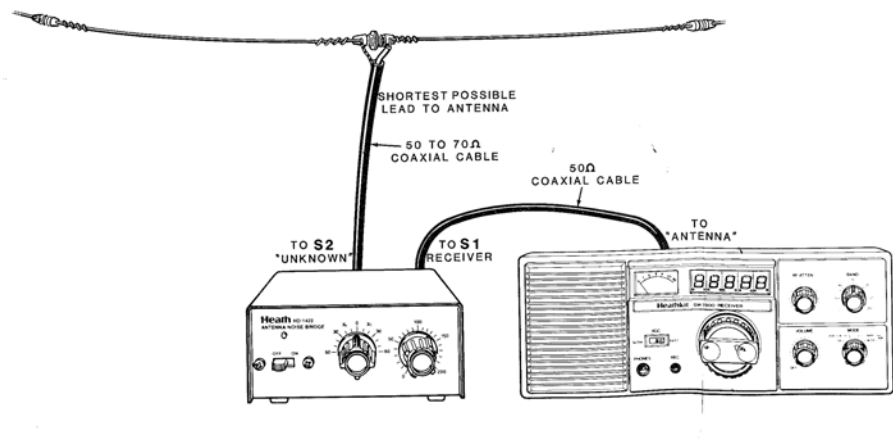


Was soll denn ein Vielfach-Instrument beim Antennenbau? Die Erfahrung zeigt, dass ab und zu mysteriöse Zustände eintreten die weit weg sind von dem was man eigentlich erwartet.

Es ist in solchen Fällen nicht schlecht zuerst einmal einige simple Plausibilitätsprüfungen vorzunehmen, z.B. hat das Antennenkabel überhaupt Durchgang oder weist es eventuell sogar einen Kurzschluss auf. Sind die Stecker elektrisch i.O., etc.

3.4.3 Rauschbrücke

Das nächste Instrument nach dem Grid-Dip Meter, das dem Amateur für Antennenmessungen zur Verfügung stand, ist die Rauschbrücke. Ein beliebtes Selbstbauprojekt war jeweils die Rauschbrücke von Heathkit. Die Rauschbrücke wird zwischen RX und Antenne eingeschlaucht. Mit den beiden Drehknöpfen für R (Realanteil) und X (Imaginäranteil) wird die Rauschbrücke auf minimales Rauschen abgeglichen. Die Werte für R und XL / Xc lassen sich mit hinreichender Genauigkeit direkt ablesen. Zugegeben die Handhabung mutet im Vergleich mit modernen Antennenanalysatoren zwar etwas umständlich an, aber es funktioniert. Einer der Vorteile der Rauschbrücke besteht darin, dass man nicht nur den Resonanzpunkt feststellen kann, sondern auch noch bei beliebigen Frequenzen die Werte für R und X mit für Amateurzwecke genügender Genauigkeit feststellen und ablesen kann.



3.4.4 SWR Analysator

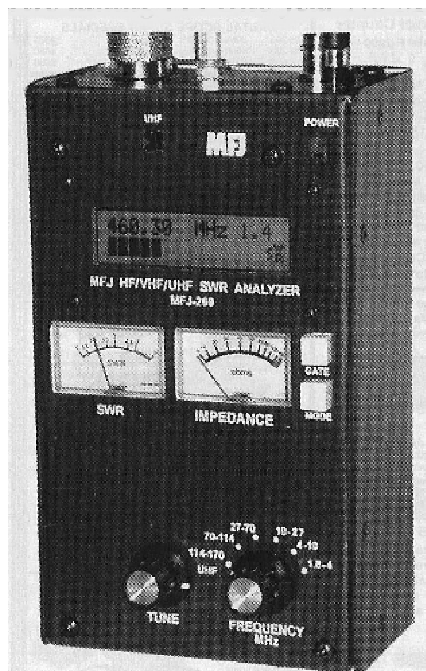
**My
Favourite**

Der SWR Analysator ist für alle die gerne mit Antennen experimentieren eine lohnende Investition. Ich selbst verwende einen MFJ-269 der ersten Generation, der noch nicht alles kann was die heutigen Ausführungen direkt anzeigen. Es gibt auch andere Instrumente verschiedener Hersteller die alle etwa dasselbe können. Die Instrumente verfügen alle über einen durchgehenden Oszillator der bei etwa 1.7 MHz beginnt und bei etwa 160 MHz endet. Die neuesten MFJ Geräte haben separat sogar noch das 70 cm Band vorgesehen. Der Oszillator ist zwar nicht besonders stabil, das spielt aber keine Rolle, da ein eingebauter Counter (Frequenzzähler) die eingestellte Frequenz mit der nötigen Präzision anzeigt. Ein kleines Zeigerinstrument zeigt das SWR an. Man sieht beim Durchdrehen des Oszillators sofort bei welchen Frequenzen eine Antenne Resonanz aufweist..

Dort zeigt das Instrument einen „Dip“ (Aus Schlag nach unten). Ein zweites Zeigerinstrument zeigt die Impedanz in „Ohm“. Der Wert ist zwar die komplexe Impedanz, aber mit ein bisschen Übung sieht man sofort ob die Antenne bei der Resonanzfrequenz „induktiv“ oder „kapazitiv“ ist. Die modernen Versionen dieser Instrument zeigen sogar den komplexen Wert aufgeteilt in R und XL / XC.

Mit dem Instrument lassen sich noch eine Vielzahl anderer Messungen durchführen. Dies beginnt beim Ausmessen eines Baluns und endet damit, dass man die Länge einer Rolle Koaxialkabel bestimmen kann, ohne dass man das Kabel abrollt und nachmisst. Dazwischen liegen unzählige Anwendungsmöglichkeiten.

Der eingebaute Frequenzzähler kann auch separat als „Counter“ benützt werden und erspart einem so gleich noch die Anschaffung eines weiteren teuren Messgerätes.



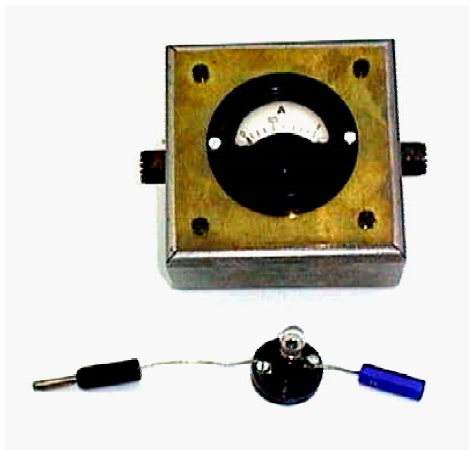
Für mich selbst ist dieses Instrument eines der wichtigsten Instrumente im Zusammenhang mit Amateurfunk geworden.

3.5 Antennenstrom-Messung

Speziell wenn man sich der Hilfe von Antennenkopplern bedient besteht die Gefahr, dass man einer „Kamikaze“-Einstellung des Antennenkopplers auf den Leim geht. Das sind Einstellungen, die zwar in Richtung Transceiver ein perfektes SWR vortäuschen, aber in Richtung Antenne ist nichts los. Die gesamte Leistung wird im Innern des Antennenkopplers verbraten. Im Extremfall zerstört sich dabei der Antennenkoppler selbst. Dies lässt sich vermeiden indem man die Ausgangsleistung, die auf die Antenne geht, überwacht. Dies kann durch ein weiteres SWR Meter in der Zuleitung zwischen Antennenkoppler und Antenne geschehen. Genau so gut kann man auch eine Antennenstrom-Messung mittels eines HF-Amperemeters durchführen. HF-Amperemeter arbeiten auf der Basis von Hitzdrahtinstrumenten oder mittels Thermoumformern. Früher, zur Zeit der Glühtransistoren, besaß fast jede kommerzielle Funkstation ein Antennenstrom-Instrument. Damit wurde auf grösstmöglichen Ausschlag abgestimmt. Aus Erfahrung wusste man, dass auf gewissen Frequenzen der Ausschlag „klitzeklein“ war oder „wahnsinnig hoch“. Dies hing von den Antennenlängen ab, d.h. ob das Instrument sich bei der betreffenden Frequenz gerade in einem Spannungsbauch oder in einem Strombauch befand. Die HF-Amperemeter sind zwar etwas aus der Mode geraten, praktisch sind sie aber trotzdem, denn es gilt immer noch:



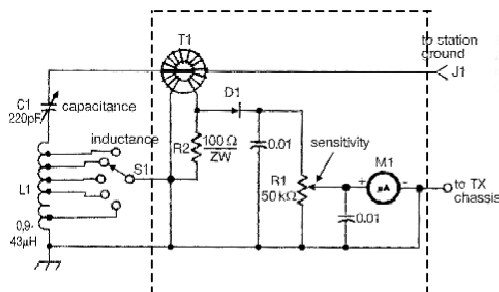
Grösster Antennenstrom = beste Antennenabstimmung !



Wenn man am Antennenbasteln ist, dann gibt es noch eine „Primitiv-Lösung“, nämlich das gute alte Velo-Lämpchen. Ich habe immer eine kleine Fassung mit einem Taschenlampen- oder Velo-Lämpchen zur Hand. Dieses kann ich dann irgendwo in die Antenne einschlaufen. Dann vorsichtig mit kleiner Leistung auf grösste Helligkeit abstimmen.

Wenn man mal zuviel Leistung erwischt, ja ... das wär's dann !

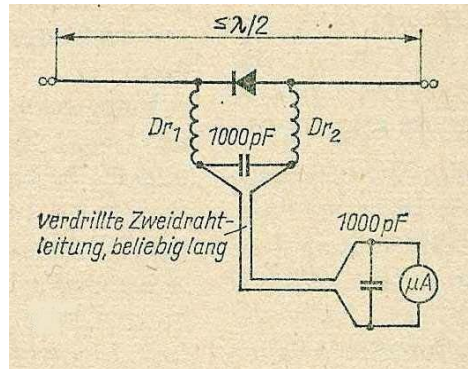
Es empfiehlt sich immer einige Reservelämpchen zur Hand zu haben.



Die Herstellung eines HF Ampere-meters ist auch ein lohnendes Selbstbauprojekt. Dazu greift man auf die unter 3.2 Erdleitungskoppler gezeigte Schaltung zurück. Man stellt dabei lediglich den in der gestrichelten Box gezeigten Teil der Schaltung her. Da es beim Abstimmen einer Antenne lediglich um den Höchstwert geht handelt es sich um eine Relativanzeige. Eine Eichung ist deshalb nicht notwendig.

Eine weitere Möglichkeit festzustellen wann der höchste Antennenstrom fliesst besteht in der Verwendung eines Feldstärkezeigers. Auch dies ist eine Uralt-Methode die vorzüglich funktioniert. Ich selbst habe während Jahren einen solchen Feldstärkezeiger in Betrieb

gehabt. Auf dem Dach habe ich in der Nähe der Sendeantenne etwa 2 x 2 m Draht aus-



gespannt. Die Ableitung, die in nebenstehendem Schema als verdrillte Zweidrahtleitung bezeichnet wird, bestand bei mir aus einem abgesoffenen RG-58 Koax-Kabel. Für HF hat es nicht mehr getaugt, zur Ableitung der wenigen μA Gleichstrom war es immer noch brauchbar. Beim Instrument im Shack war noch ein Potentiometer eingefügt, um die Empfindlichkeit des Feldstärkezeigers einstellen zu können.

Höchster Ausschlag = beste Abstimmung!

3.6 Antennen-Umschalter

Antennen-Umschalter sind eine praktische Sache wenn man über mehrere Antennen verfügt. Es gibt sie in verschiedenen Ausführungen.



Das obige Bild zeigt einen typischen käuflichen Antennenumschalter für manuellen Betrieb. Dieser Umschalter ist zur Verwendung im Shack bestimmt. Bei guten Fabrikaten sind die jeweils nicht „aktiv“ geschalteten Antennen kurzgeschlossen und an Erde gelegt. Das Innenleben selbst ist keine Hexerei.

Wer sich Betrieb auf VHF / UHF gewöhnt ist, weiss dass HF nicht gerne „um die Ecke geht“. Wir behandeln hier aber KW-Antennen und da ist die Sache nur noch halb so schlimm. Die Schalter bewähren sich in der Praxis und die SWR Verschlechterung wegen des Umschalters ist bei Produkten „guter“ Hersteller vernachlässigbar.

Öfters hat man jedoch das Problem, dass man eine Antenne fernschalten möchte, also den Antennen-Umschalter irgendwo an einem unzugänglichen Ort platzieren möchte.

Solche Fälle lassen sich mit geeigneten Umschaltrelais lösen. Das nächste Bild zeigt Relais die für die Umschaltung von Antennen geeignet sind:



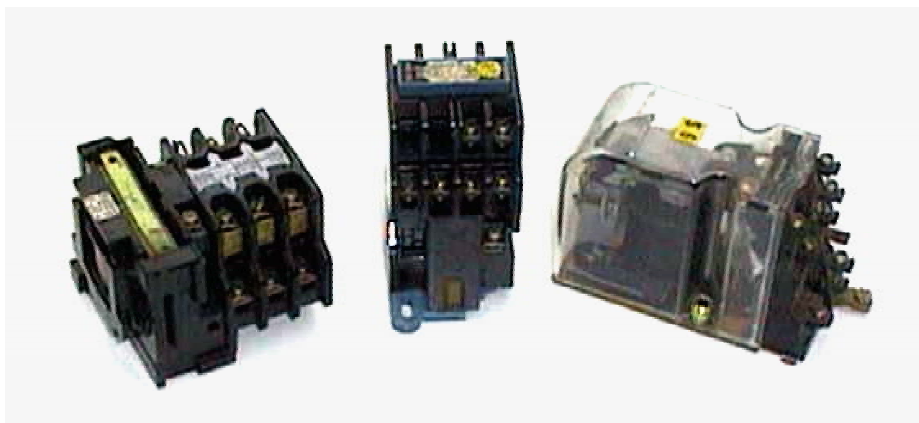
Bei beiden Relais gehen die Kontaktsätze gerade durch, dies sind beste Voraussetzungen zum Umschalten von Antennen.

Das Relais links hat den Vorteil, dass es Hochspannungsfest ist. Es erträgt also sehr hohe Spannungen ohne durchzuschlagen. Dafür muss man in Kauf nehmen, dass die Kontaktsätze ab und zu einmal gereinigt werden müssen. Mit der Zeit setzt sich ein chemischer Film an den man mit reinem Alkohol oder Reinbenzin wieder entfernen muss. Sonst kann es vorkommen, dass die Hörfähigkeit leidet. Im Empfangsfall müssen bekanntlich kleinste Spannungen ($U = < 1 \mu\text{V}$) übertragen werden. Das rechts gezeigte Relais ist zwar nicht unbedingt Hochspannungsfest, dafür ist es als Antennenumschaltrelais konzipiert. Es stammt aus US-Funkgeräten aus dem 2. Weltkrieg, sog. Surplus Ware bester Qualität. Für die Umschaltung von Signalen wie sie auf Koaxialkabeln auftreten sind die Kontaktsätze von der Spannungsfestigkeit her alleweil gut.

Eine andere Möglichkeit Antennen umzuschalten ist die Verwendung von Starkstrom-Schützen. Ich habe schon vor vielen Jahren begonnen Starkstromschütze einzusetzen, vor allem wenn es darum geht eine nicht benötigte Antenne zu erden und zwar gleich am Mast oder auf dem Dach. Da ist ja bekanntlich immer ein Blitzschutzdraht vorhanden (... oder etwa nicht ???). Wenn man die Antenne im ausgeschalteten Zustand mit der Blitzschutz-erde verbindet hat man etwas für die eigene Sicherheit getan. Gegen einen direkten Blitzschlag hilft zwar auch das nicht, Überspannungen, die von Nebenästen des Blitzes herrühren, wurden bisher immer abgeleitet ohne Schaden anzurichten.

Heute verwende ich Starkstrom-Schützen auch zur Umschaltung von Antennen oder auch Anpassnetzwerken.

Das nächste Bild zeigt verschiedene Ausführungen solcher Starkstrom-Schützen:



Den meisten Starkstromschützen ist gemeinsam, dass die Kontaktsätze gerade durchgehen. Dies ist eine gute Lösung zum verlustfreien Umschalten von Antennen. Starkstrom-

Schützen werden in der Starkstrom-Technik zum Schalten grosser Lasten (z.B. Motoren) eingesetzt. Man kann sie neu kaufen oder man findet sie häufig da wo Elektroanlagen abgebrochen werden. Für unseren Zweck gilt das Motto:

Je älter desto Porzellaniger !

Bei alten Schützen wurde nur wenig Kunststoff eingesetzt, sondern alles was isolieren musste war in Porzellan gefertigt. Die Dinger verfügten über eine, aus der Sicht des Funkamateurs gesehen, absolut verlustfreie Isolation.

Im übrigen sind die Kontaktsätze „massiv“ ausgelegt, es ging ja darum hohe Stromstärken zu schalten.



Die Erregerspulen sind meistens für 220 / 230 V AC ausgelegt, man kann sie also direkt mit der Netzspannung schalten. Hier sind dann die entsprechenden Sicherheitsvorschriften zu beachten. Die kennt ja jeder ... oder etwa nicht ?

Das Schlimmste was sich bei mir einmal ereignet hat war folgendes.

Ich habe so einen Starkstrom-Schütz zum Erden der Antenne auf dem Dach in einer zwar wasserdichten, aber nicht luftdichten Kunststoffbox, eingebaut. Nach vielen Jahren Betrieb passierte es mir einmal Nachts, als ich die Antenne einschaltete, dass ein „mordsmässiges“ Brummen auf dem Dach zu hören war. Was war geschehen. Durch Luftfeuchtigkeit (Nebel etc.) hatte sich im Luftspalt zwischen dem festen und dem beweglichen Teil des Ankers Rost angesetzt. Plötzlich war soviel Rost da, dass der Anker nicht mehr voll schliessen konnte und das Ding hat gebrummt dass es Gott erbarmt. Eine grosse Zerlegung und Reinigung des Luftspalts mit Schmirgeltuch hat den Schaden behoben und der Schütz arbeitet heute wieder einwandfrei.

3.7 Baluns

3.7.1 Balun oder nicht ?



Seit vielen Jahren geistert in der Amateurfunkliteratur folgende Geschichte herum:

Ein Dipol ohne Balun schielt !

Es soll sogar einmal jemanden gelungen sein diesen Tatbestand nachzuweisen. Es soll sich allerdings um ein Dipolmodell für sehr hohe Frequenzen gehandelt haben das in einer speziellen reflektionsfreien Kammer ausgemessen wurde. Nehmen wir also an der Sachverhalt stimme tatsächlich.

Wir beschäftigen uns hier mit KW Antennen. In der Praxis gibt es so viele Einflüsse auf die Antenne dass das „Schielen“ einer Antenne kaum einmal jemanden aufgefallen ist. Ich selbst habe Antennen mit und ohne Balun betrieben, ohne dass ich je das Gefühl hatte eine saubere Antenne (also eine Antenne die keine Mantelströme verursacht) verhalte sich mit oder ohne Balun anders. Es kann höchstens vorkommen, dass man einen schlechten Balun erwischt und dann ist der Betrieb „ohne Balun“ eindeutig dem Betrieb „mit Balun“ vorzuziehen.

Es gibt gute Gründe die den Einbau eines Baluns sinnvoll erscheinen lassen:

- **Symmetrie am Speisepunkt** mittels Spannungsbalun oder Strombalun

- **Unterdrückung von Mantelwellen.**
Ein Fall für den Strombalun alias Mantelwellensperre
- **Impedanz am Speisepunkt anpassen**
z.B. Balun 50 / 200 Ω oder 50 / 450 Ω . Häufig handelt es sich dabei nicht um einen Balun im Sinne von „balanced/unbalanced“ sondern um einen UNUN (= unbalanced/unbalanced), d.h. um einen Impedanzwandler, meist in der Form eines Spartransformators.
- **Beide Schenkel der Antenne galvanisch mit der Erde zu verbinden.**
Dies dient dazu Statik abzuleiten. Spannungsbaluns erfüllen diese Aufgabe. Allerdings gibt es auch andere Mittel, wie z.B. ein hochohmiger Widerstand, die denselben Zweck erfüllen

Wenn man schon einen Balun verwendet, dann würde ich empfehlen ein kommerziell erhältliches Produkt zu verwenden. Es gibt eine ganze Industrie die davon lebt die Funkamateure vom Wert des Baluns zu überzeugen und diese Produkte zu verkaufen.

Man kann Baluns zwar selbst bauen, man findet in der Literatur genügend Hinweise wie man das macht. Wenn man aber alles rechnet, vom speziellen Teflon-isolierten Draht bis zum wasserdichten Gehäuse, dann ist der Aufwand doch beträchtlich.

Wer sich für Baluns und deren Anwendung interessiert dem sei das Buch „Transmission Line Transformers“ von Jerry Sevick, W2FMI, bestens empfohlen. Darin beschreibt der Autor eine unübersehbare Fülle von Anwendungen für Breitbandübertrager zur Impedanzanpassung. Korrekterweise betitelt er sein Buch nicht als „Balun Buch“ sondern als Buch über „Transmission Line Transformers“ also Transformatoren zur Anpassung von Speiseleitungen.

3.7.2 Wie erkenne ich einen schlechten Balun ?



Die Qualität eines Baluns wird häufig dadurch beurteilt, indem man den Balun mit einem seiner Ausgangsimpedanz entsprechenden induktionsfreien Widerstand (Kohlewiderstand) abschliesst und dann mit einem SWR-Analysator (Antenna Analyzer) die SWR Kurve aufnimmt. Diese Messung ist gut und recht. Sie zeigt grundlegende Fehler eines Baluns schonungslos auf. Was diese Messung jedoch nicht zeigt ist das Verhalten des Baluns unter Last. Da der SWR Analysator Leistungen im mW Bereich verwendet wird durch diese Messung der Kern des Baluns nie gefordert. Allfällige Überlastung des Kerns (Sättigung) wie sie bei voller Sendeleistung evtl. auftreten kann wird so nicht nachgewiesen.

Die beiden folgenden Messmethoden sind etwas aufwendiger, aber die Ergebnisse sind aussagekräftiger:

Methode 1: Vergleichsmessung mit und ohne Leistung

Diese sehr aussagekräftige Messung kann sehr einfach vom Shack aus durchgeführt werden.

- Die Antenne samt installiertem Balun wird zuerst mit einem SWR Analysator gemessen. Dabei ist praktisch keine Leistung im Spiel. Die SWR Werte, die man auf den verschiedenen interessierenden Bändern findet, werden notiert. Je nach Band macht man alle 25 kHz oder alle 50 kHz eine Messung.
- Anschliessend wird die gleiche Messung mit voller Leistung wiederholt. Die Werte werden ebenfalls notiert.
- Auch wenn zuerst der SWR Analysator und anschliessend das SWR Meter an der derselben Stelle ins Kabel eingeschlaucht werden ist es nicht zwingend, dass die

Resultate genau gleich sind. Instrumente die preislich den Vorstellungen von Funkamateuren entsprechen sind nicht unbedingt Präzisionsinstrumente. Bei SWR Anzeigern sind Abweichungen in der Grössenordnung von 10 % durchwegs „normal“. Daran soll man sich nicht stören.

Wenn die Werte jedoch *dramatisch* voneinander abweichen, dann darf man annehmen, dass mit dem Balun etwas nicht stimmt.

Methode 2: Messung ohne und mit Balun

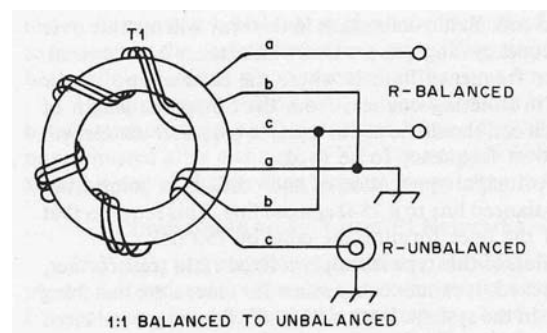
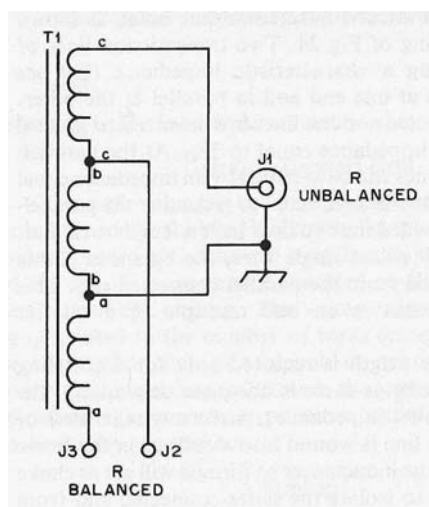
Dies ist ebenfalls eine sehr aussagekräftige Messung. Es bedeutet allerdings, dass man die Antenne zwischen den Messungen „runterlässt“. Sie ist auch nur sinnvoll bei einem 1:1 Balun.

- Zuerst speist man die Antenne direkt mit Koaxial-Kabel, also ohne Balun. Man führt die SWR Messungen auf den interessierenden Bändern mit voller Leistung durch. Man notiert sich die gefundenen SWR Werte je nach Band in Intervallen von 10 kHz, 20 kHz oder 25 kHz. Man nimmt so eine SWR Kurve über das ganze Band auf. Da kein Balun im Spiel ist erhält man so die „echte“ SWR Kurve.
- Nun wird der vorgesehene Balun montiert. Und die Messungen werden nach genau demselben Schema wiederholt und zwar am zweckmässigsten ebenfalls mit „voller Leistung“. Man vergleicht nun die beiden SWR Kurven.

Wenn die beiden SWR Kurven einigermaßen übereinstimmen dann kann man davon ausgehen, dass der Balun i.O. ist. Sollten jedoch die Messungen zeigen, dass bei montiertem Balun die SWR Kurve besser (sprich breiter) wird dann kann man davon ausgehen, dass mit dem Balun etwas nicht stimmt. Dieses Verhalten deutet auf eine dramatische Überlastung des Kernmaterials hin.

Es ist ein Glück, dass die meisten Baluns an Orten montiert sind an denen man nicht so einfach den Wärmetest machen kann indem man das Balun-Gehäuse berührt. Hier würde mancher OM zu seinem Aha-Erlebnis kommen. Manche ach so schöne Bandbreite einer Antenne ist nur dank der gütigen Mithilfe eines überlasteten Balun Kerns zustande gekommen.

3.7.3 Spannungsbalun



Definition eines Spannungsbaluns:

- Die Aufgabe eines Spannungsbaluns ist es an den Ausgangsklemmen, bezogen auf das Erdpotential, gleiche Spannungen zu erzeugen.

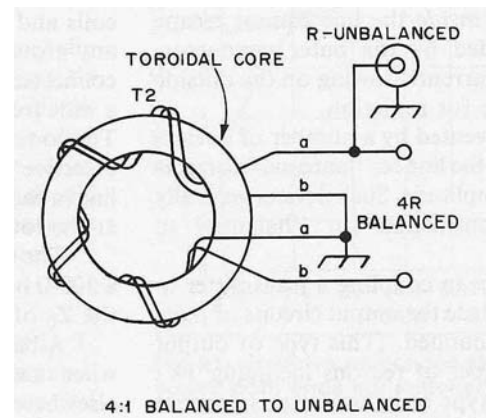
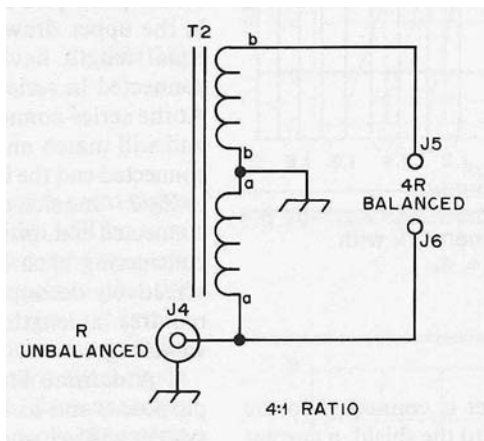
Als Konsequenz daraus ergibt es sich, dass die Ströme in den beiden Leitern nicht unbedingt gleich sein müssen.

Trotzdem am Antennenspeisepunkt ein Spannungsbalun eingefügt ist heisst das noch lange nicht, dass auf der Abschirmung des Speisekabels keine Mantelwellen auftreten können.

Die beiden oben gezeigten Bilder zeigen das Schema und den Aufbau eines klassischen Spannungsbaluns mit einem Übersetzungsverhältnis von 1:1. Eine andere Variante eines Spannungsbaluns zeigen die beiden untenstehenden Bilder. Diesmal handelt es sich um einen Spannungsbalun der zugleich eine Impedanztransformation im Verhältnis 1:4 vornimmt. Der Volksmund bezeichnet diese Art Balun als einen 50 / 200 Ω Balun. Diese Aussage ist nicht einmal falsch. Allerdings trifft sie nur zu wenn Antennenseitig wirklich eine Impedanz von 200 Ω vorliegt. Innerhalb eines beschränkten Impedanzbereiches erfolgt tatsächlich eine Transformation im Verhältnis 1:4. Sobald allerdings die Werte allzu weit vom Sollwert abweichen oder wenn grosse Reaktanzwerte auftreten, dann ist der Ringkern bald einmal überfordert und geht in die Sättigung. Der Kern wird heiss.

Grundsätzlich gilt:

- Spannungsbaluns sind immer mit grösster Vorsicht zu geniessen.
- Trotz Spannungsbalun können Mantelwellen auf der Speiseleitung auftreten
- Auf Kerngrösse achten. Lieber einen Balun kaufen der leistungsmässig überdimensioniert ist. Der Kern dankt's.



3.7.4 Strombalun alias Mantelwellensperre

Im allgemeinen sind Funkamateure sehr „Balun-gläubig“. Der gewiefte Verkäufer gibt deshalb allen möglichen Hilfsmitteln den Namen „Balun“. Im englischen Sprachraum findet man häufig Kästchen angeboten die Bezeichnung „Current Balun“ tragen, was auf deutsch „Strombalun“ heisst. Dies im Gegensatz zum normalen Balun den man im allgemeinen in der technischen Literatur auch als „Voltage Balun“ bezeichnet.

Definition eines Strombaluns:



- Die Aufgabe eines Strombaluns ist es an den Ausgangsklemmen gleiche Ströme zu erzeugen. Als Konsequenz kann die Ausgangsspannung, die an den Ausgangsklemmen gegen Erde anliegt, irgendeinen Wert anzunehmen der notwendig ist um die Stromsymmetrie zu gewährleisten.

Beim „Current Balun“ handelt es sich gleichzeitig auch um eine Mantelwellensperre. Bevor wir uns über die Mantelwellensperre unterhalten müssen wir zuerst den Begriff „Mantelwelle“ definieren und erklären.

Jedem OM der sich schon länger mit Amateurfunk befasst ist es in seiner Karriere schon passiert, dass er im Shack „ein heisses“ Kabel hatte, d.h. ein mit HF verseuchtes Koaxialkabel. Dies äussert sich in allerlei unschönen Phänomenen.

In der Vergangenheit, als alle Gehäuse der Geräte und sogar die Mikrophone aus Metall bestanden, hat man allfällige HF im Shack an den Händen gespürt oder sogar an den Lippen, wenn man das Mikrophon zu nahe an den Mund heranzuführte. Heute ist es im allgemeinen die hochgezüchtete Elektronik an den Geräten, die unter dem Einfluss der HF Einstreuung verrückt spielt. Bei gewissen Geräten kann dies bis zum „es geht nix mehr“ führen.

In den Kreisen der OM's hält sich hartnäckig die Meinung HF Einstreuungen im Shack seien auf „Antennen mit schlechtem SWR“ zurückzuführen. Man begründet das mit der Tatsache, dass man am SWR-Meter ein schlechtes SWR abliest. Ein so hohes SWR stelle eine Fehlanpassung der Antenne dar und dies müsse ja zwangsläufig zu HF im Shack führen.

Tatsache ist:

Ein Antennensystem (Antenne + Kabel) kann, wenn das SWR im Shack gemessen wird, ein SWR aufweisen das stark von 1:1 abweicht., ohne dass HF Einstreuungen im Shack auftreten. Ein SWR das von 1:1 abweicht bedeutet lediglich, dass im Antennenspeisepunkt eine Fehlanpassung vorliegt. Das Speisekabel hat eine bestimmte Impedanz, bei Amateurfunkern meistens 50 Ω , und am Antennenspeisepunkt liegt eine Impedanz an die von diesen 50 Ω abweicht. Dies bedeutet Fehlanpassung, nicht mehr und nicht weniger. Mit HF auf dem Mantel des Koaxial-Kabels hat dies nichts zu tun.

Woher kommt denn die vagabundierende HF im Shack ?

Das ARRL Antenna Book sagt dazu:



Der Grund, dass eine Speiseleitung strahlt liegt in einer fehlerhaften Installation (Unsymmetrie) was bei symmetrischer Leitung zu unsymmetrischen Strömen führt. Bei Koaxial-Kabeln führt dies zu eingekoppelter Energie, die auf der Aussenseite der Abschirmung des Koaxial-Kabels zur Erde abfließt.

Häufig ist es in der Praxis so, dass vagabundierende HF im Shack bei Antennen auftritt die schon von der Konstruktion her unsymmetrisch ausgelegt sind und die gleichzeitig am

Antennenspeisepunkt eine Impedanz aufweisen, die manchmal weit von $50\ \Omega$ entfernt ist. Eine der bekanntesten Antennen bei denen HF auf dem Mantel des Koax-Kabels vorprogrammiert ist, ist die Windom Antenne. Schon rein geometrisch handelt es sich um eine unsymmetrische Antenne.

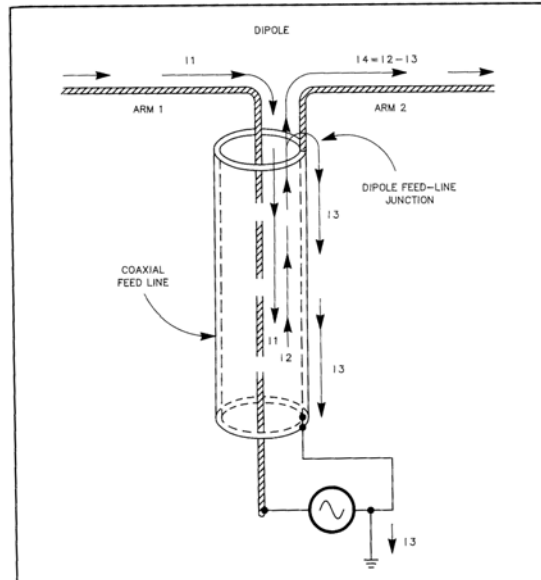


Fig 21-1—Illustration of the various current paths at a dipole feed point.

Volkstümlich ausgedrückt:

- Der Strom auf dem Innenleiter des Koax-Kabels und der Strom auf der Innenseite der Abschirmung sind identisch (Zufluss = Rückfluss).
- Durch Unsymmetrie in der Antennenanordnung kann es sich ergeben, dass ein Strom I_3 auf der Abschirmung gegen Erde abfließen kann.
- Dieser Strom ist im Vergleich zum Strom im Innern des Koax-Kabels klein, er reicht aber aus um Störungen zu verursachen.

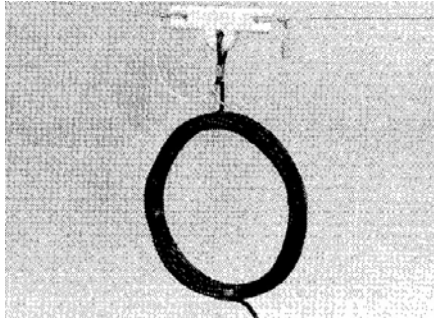
Es ist also der Strom I_3 der die unerwünschten Störungen verursacht. Es gilt nun einen Weg zu finden wie wir diesen Strom I_3 loswerden (= unterdrücken) können.

Dies geschieht mit einer besondere Art des Baluns die man

Mantelwellensperre.

nennt. Es handelt sich dabei nicht um einen Balun im eigentlichen Sinne sondern um eine breitbandige Drossel die allfällige Mantelwellen auf dem Speisekabel unterdrückt.

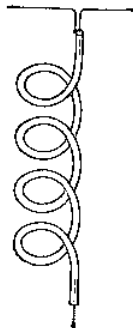
3.7.4.1 Mantelwellensperre in Form einer Koaxialkabelbrossel



Die einfachste Mantelwellensperre besteht aus einem Ring aus Koaxial-Kabel den man möglichst nahe am Speisepunkt aufhängt.

Dieser uralte Trick mit dem Koax-Kabel Ring funktioniert denn auch ganz leidlich, leider aber nicht immer optimal.

Es ist die klassische Lösung wenn man improvisieren muss, so nach dem Motte „quick and dirty“.



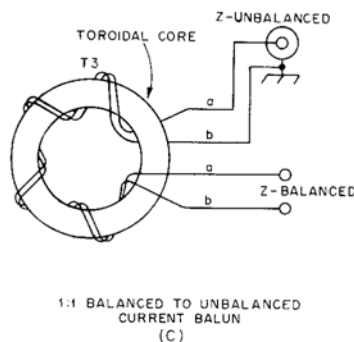
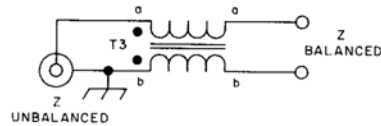
Kochrezept:

Zur Unterdrückung von Mantelwellen im Frequenzbereich 3.5 – 30 MHz nimmt man 3 – 3.5 m Koax-Kabel. Dieses wird so zu einem Ring aufgewickelt, dass sich 7 Windungen ergeben. Gilt für RG-58 und RG-213.



Diese sauber gewickelte Anordnung hat den Vorteil, dass die Kapazität zwischen den Windungen optimal klein bleibt. Allerdings ist sie weniger gut geeignet zum Anbringen an einem exponierten Antennen-Einspeisepunkt.

3.7.4.2 Der klassische „Current-Balun“ [Strom-Balun]

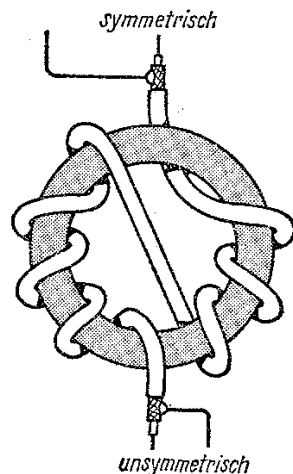


Die hier gezeigte Form ist der klassische Current Balun.

Der gesamte durch den Sender erzeugte Strom fließt durch den Ringkern, aber gegenläufig. Die Ströme, die vom Sender erzeugt werden, erzeugen bei der Zuleitung und bei der Rückleitung je ein identisches Feld aber in gegenläufiger Richtung. Die gegenläufigen Felder heben sich auf, sie erzeugen deshalb keinen magnetischen Fluss im Ferritkern.

Für den Strom I3 der durch Unsymmetrie erzeugt wird wirkt der Ringkern als kräftige Drossel. Der Strom I3 wird somit wirkungsvoll unterdrückt.

3.7.4.3 Mantelwellensperre in Form einer Ringkerndrossel mit Koaxialkabel



Bei dieser Ausführung, die ursprünglich von W1JR propagiert wurde, benutzt man einen Ferrit-Ringkern um den das Koax-Kabel geschlaucht wird. Die Wirkung dieser Anordnung ist grundsätzlich gut.

Für 3.5 – 30 MHz bewickelt man den Ringkern mit 10 - 12 Windungen.

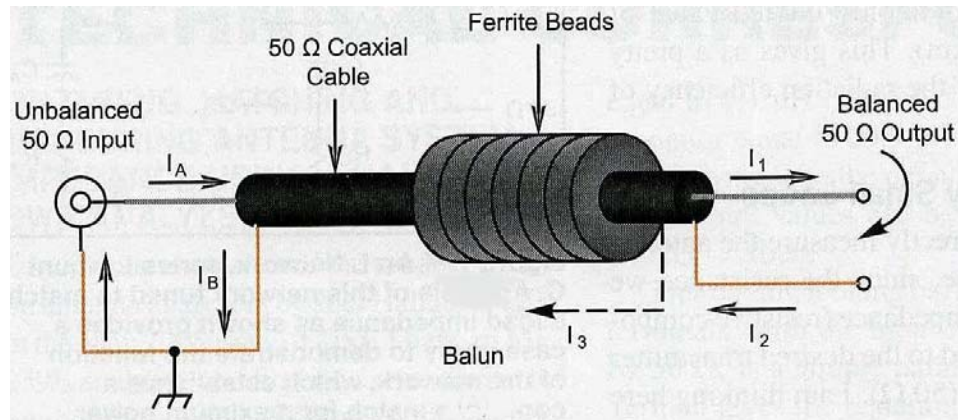
Die Bewicklung ist nach nebenstehendem Schema vorzunehmen. Die beiden Wicklungshälften sind nur scheinbar gegenläufig gewickelt. Es ist lediglich eine optische Täuschung. In Realität haben beide Wicklungshälften den gleichen Wicklungssinn. Bei näherem Betrachten sieht man, dass durch diese Anordnung die Streukapazität zwischen Eingang und Ausgang verkleinert

wird. Gleichzeitig wird die Montage der Stecker oder Steckbuchsen erleichtert.

Bei dieser Art Drossel können folgende Probleme auftreten:

- Man nimmt zu dünnes Koax-Kabel um bei gegebenem Kerndurchmesser alle Windungen draufzubringen. Dann ist man leistungsmässig beschränkt.
- Man unterschreitet den minimalen Biegeradius des Koax-Kabels. Dann besteht die Gefahr eines Kurzschlusses zwischen Seele und Mantel.

3.7.4.4 Mantelwellensperre mit Ferritkernen



In der deutschsprachigen Literatur wird diese Art Mantelwellensperre auch häufig als Ferritabsorber bezeichnet. Die Idee dazu ist schon seit Ende der 1930'er Jahre bekannt. Allerdings hatten die damals verfügbaren Dämpfungsmaterialien eine eher bescheidene Wirkung. Erst mit der Einführung der heutigen Ferritmaterialien wurde diese Art Mantelwellensperre wirkungsvoll und damit auch populär.

Die eigentlich Sendeenergie die im Innern des Koaxialkabels fließt und somit ein Eigenleben führt wird durch die Ferritkerne nicht beeinflusst. Für den unerwünschten Strom I_3 hingegen stellen die Ferritkerne eine wirkungsvolle Drossel dar. Er wird je nach den elektrischen Eigenschaften und der Anzahl der Ferritkerne mehr oder weniger unterdrückt. In der Praxis erhält man mit dieser Anordnung beeindruckende Resultate.

Mehr Information zu dieser interessanten Art der Mantelwellensperre vermittelt der Artikel von OM J.C. Laib, HB9TL, der im „Old-Man November 2002“ erschienen ist.



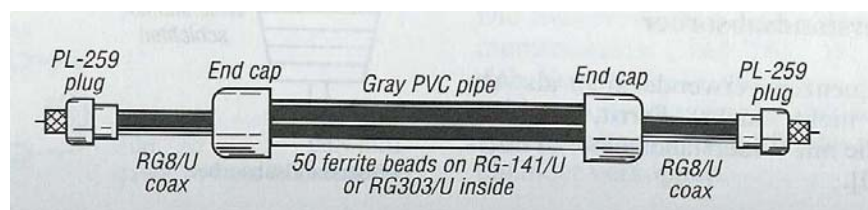
Hier ein Bild einer ähnlichen Ausführung.

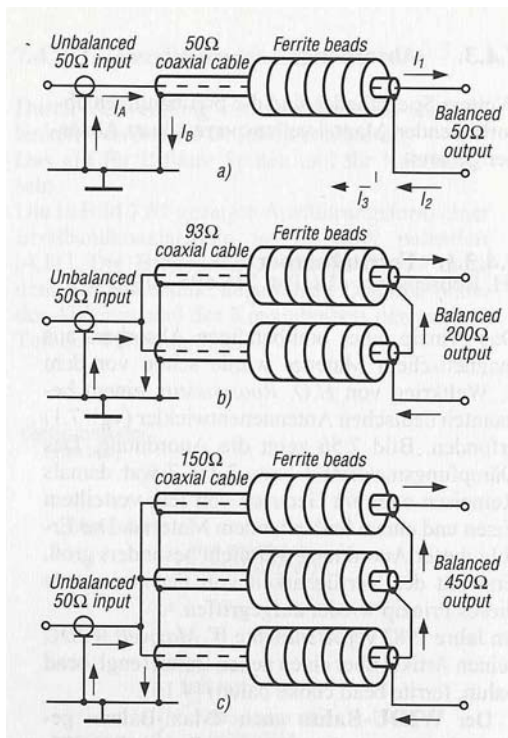
Es werden ca. 7 Stck. Amidon FB-77-1024 Kerne über den Aussenmantel eines RG-213 Kabels gesteckt.

Um die Kerne in Position zu halten verwendet man zweckmässigerweise ein genügend langes Stück Schrumpfschlauch.

Dieses Stück Kabel wird dann direkt am Antennenfusspunkt eingeschlaucht.

Diese Art „Balun“ wurde seinerzeit von W2DU propagiert. Seine Version sah so aus:





Es handelt sich dabei um genau die gleiche Anordnung wie bereits gezeigt. Diese Prinzip wurde in der Zwischenzeit x-tausendfach von Funkamateuren in aller Welt mit grossem Erfolg nachgebaut und angewendet.

Die nebenstehenden Bilder zeigen, dass man mittels solcher Ferritkerne auch Mantelwellensperren oder Strom-Baluns mit anderen Übersetzungsverhältnissen als nur 1:1 anfertigen kann.

Die Wirkung solcher Baluns ist sehr breitbandig und sie sind auch für hohe Leistungen geeignet. Das Ferritmaterial ist ja ausser über den Mantel angeordnet. Es bleibt unbeeinflusst von den gegenläufigen Strömen (Sendeleistung von der Quelle über die Seele und Rückstrom über den Mantel). Die Ferritkerne müssen lediglich mit den Mantelwellenströmen fertig werden. Sie werden von der eigentlichen Sendeleistung nicht durchflossen und haben somit auch keine Sättigungsprobleme.

Solche Strombaluns mit diversen Übersetzungsverhältnissen werden z.B. von der US Firma DX Engineering sowohl in wasserdichter Ausführung wie auch in Ausführung für „Unter Dach Montage“ angeboten. Die Ausführungen die ich bisher zu Gesicht bekam sind sehr üppig ausgelegt und sie lassen sich auch durch SWR auf der Speiseleitung nicht so leicht beeindrucken. Es gibt sicher noch etliche andere Firmen die ähnliche Produkte anbieten.

3.7.5 Der 1:9 Balun alias „magnetischer Balun“



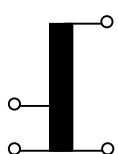
Eine Sonderform, der häufig in der Amateurfunkliteratur auch als Balun bezeichnet wird, ist der 1:9 Balun, auch magnetischer Balun genannt. Er dient dazu „hochohmige“ Antennen anzuschliessen.

Dieser Balun wird heute von diversen Herstellern und auch von vielen OM's als wahres Wundermittel bei Antennen-Anpassungsproblemen angepriesen.

Der Name „magnetischer Balun“ tönt zwar sehr wissenschaftlich.



- Das Ding hat sehr wenig mit dem Begriff „magnetisch“ zu tun, es sei denn man benenne alles was mit Induktivität oder mit Transformation zu tun hat als „magnetisch“.
- Ebenso wenig handelt es sich um einen Balun im Sinne von „balanced – unbalanced“ (symmetrisch - unsymmetrisch).



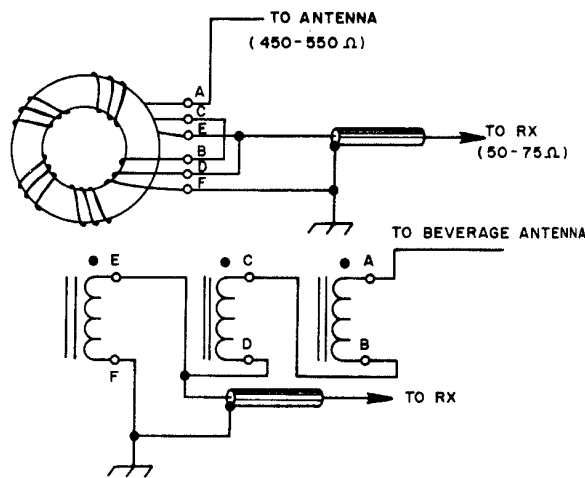
In Realität handelt es sich schlicht und einfach um einen HF Transformator in Sparschaltung mit einem

- **Spannungs-Übersetzungsverhältnis von 1:3**
- was ein **Impedanzverhältnis von 1:9** ergibt.

Rund um die Antenne

Teil 3: Antennenkoppler, SWR-Meter, Instrumente, Baluns

Nicht dass daran etwas schlecht wäre, es geht mir lediglich darum klarzustellen um was es sich vom technischen Standpunkt aus gesehen handelt.



Oben:

Die Wicklungsanordnung

Unten:
Das elektrische Schema des 1:9 Impedanzwandlers.

Das oben gezeigte Bild stammt aus einem Beitrag über Beverage Empfangsantennen von ON4UN. Ursprünglich wurde diese Art Anpassung nur für reine Empfangsantennen benutzt. Dazu reichen kleine Ringkern aus.

Irgendeinmal hat ein mutiger und experimentierfreudiger OM einen „dicken“ Ringkern verwendet und die Schaltung auch zum Senden ausprobiert, und siehe da, es funktionierte.

Man hat dann diese Art Antennenankopplung mit diversesten Drahtlängen getestet und lange Listen veröffentlicht. Es ergaben sich etwa folgende Resultate:

- Drahtlängen die auf einem Amateurband eine $\lambda/2$ - Resonanz (oder Mehrfache davon) aufweisen sind zu vermeiden, da dort Spannungsresonanz auftritt.
- Folgende Drahtlängen scheinen sich in der Praxis zu bewähren:
9 m – 15 m – 18 m – 27 m – 50 m
Mit diesen Drahtlängen liessen sich annehmbare SWR-Werte am Transceiver erzielen. Was für einen Wirkungsgrad eine 9 m lange Antenne auf 80 m (oder 160 m) hat bleibe dahingestellt.

Bei einigen Artikeln zu diesem Thema werden immer nur die Längen des Antennen drahtes angeführt. Von der Länge und Anordnung der Erdleitung wird nichts ausgesagt. Ob eine bestimmte Drahtlänge sich anpassen lässt oder nicht hängt auch noch von der Länge der Erdleitung ab, denn diese stellt einen Teil der Antenne dar und strahlt mit. Deshalb sind solche Vorhersagen mit Vorsicht zu geniessen. Man muss das schon selbst am eigenen Standort ausprobieren. Wenn's nicht auf Anhieb geht, nur nicht verzweifeln. Dann versucht man es eben mit einer andern Länge, plötzlich hat man die Länge gefunden die am eigenen Standort eine vernünftige Anpassung auf vielen oder auf allen Bändern ergibt.

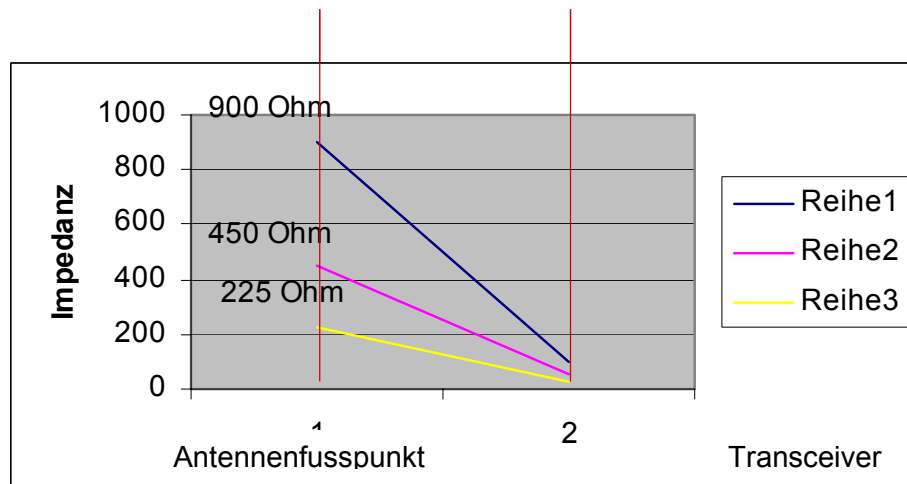
In meinem näheren Bekanntenkreis gibt es OM's die mit dieser Antennenanordnung auf Anhieb vorzügliche Resultate erzielt haben. Ebenso gibt es einige OM's bei denen diese Art Antenne lediglich zu BCI und TVI und damit zu verärgerten Nachbarn geführt hat. Man kann also auch von dieser Antennenform nicht behaupten, dass ein 100 %-iger Erfolg garantiert ist.

Wer auf seinem PC eine Antennen-Simulations-Software installiert hat kann Länge und

Lage der Antenne sowie des Erddrahtes eingeben und die Sache am PC soweit optimieren, dass an der aufgebauten Antenne vermutlich nur noch kleine Längenanpassungen notwendig sind.

Was ist nun so wundertätig am 1:9 Impedanzwandler ?

**Die am Speisepunkt der Antenne anliegende Impedanz
wird per Definition um den Faktor 9 geteilt.**



Wie das obige Bild zeigt werden alle am Antennenfusspunkt anliegenden Impedanzen um den Faktor 9 geteilt. Man ist somit bald einmal in einem Bereich angelangt den der im Transceiver eingebaute Tuner oder der im Shack vorhandenen manuelle Tuner abzustimmen vermag.

Was der 1:9 Impedanzwandler **nicht** kann:



- Er kann keine reine Spannungskopplung vornehmen. Diese tritt dann auf wenn die Drahtlänge auf einer Frequenz $\lambda/2$ oder ein Vielfaches davon beträgt. Das sind Fälle für spezielle Tuner die mit abgestimmten Schwingkreisen arbeiten.

Weiterhin gilt es beachten:

- Bei der Verwendung des 1:9 Impedanzwandlers hat man eine

unsymmetrische Antennenanordnung.

Es findet also keinerlei Symmetrierung statt. Die HF-Energie sucht sich immer ein Gegengewicht. Wenn sie dieses nicht wie beim Dipol in der anderen Dipolhälfte findet, dann sucht sie sich einen Ausweg. Das kann dann der Mantel des Koaxial-Kabels sein, das den Impedanzwandler speist oder es kann die Erdleitung sein. Eine gute Erdung oder die Verwendung von Gegengewichtsdrähten trägt zur Steigerung des Wirkungsgrades sowie zur Vermeidung von BCI / TVI bei.

Die Erdleitung vom „Balun“ bis zum Übergang in die Erde ist ein Teil der Antenne und strahlt.

Wenn die Erdleitung nicht strahlt, dann strahlt der Mantel des Koaxialkabels !

Etwas strahlt immer !

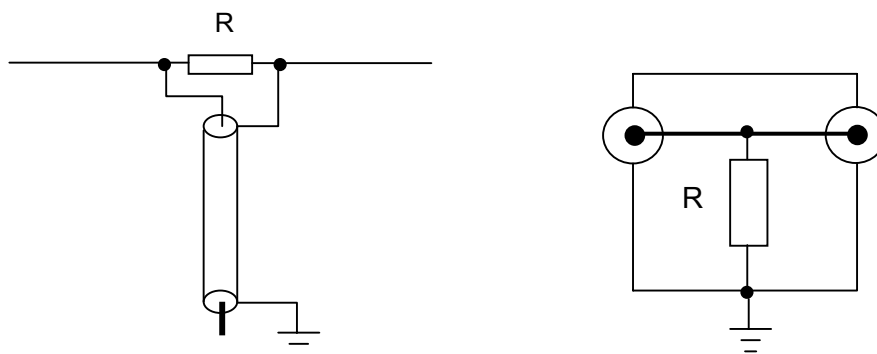
Mehr Informationen zu diesem Thema findet sich im Beitrag von OM Toni Schelker, HB9EBV, der im Old Man 1-2003 erschienen ist.

Impedanzwandler können natürlich auf für andere Übersetzungsverhältnisse ausgeführt werden. Theoretisch kann man jedes beliebige Uebersetzungsverhältnis herstellen. Allerdings ergeben sich dann unter Umständen relativ komplizierte Schaltungen mit Abgriffen bei $\frac{1}{2}$ Windungen oder ähnliches. Deshalb ist der 1:9 Impedanzwandler eine sehr populäre Ausführung, da er mit 3 gleich langen Drähten die möglichst noch verdreht miteinander auf dem Kern aufgebracht werden hergestellt werden kann.

3.7.6 Statik ableiten

Unter bestimmten atmosphärischen Bedingungen kann eine Antenne „Statik“ aufnehmen. Dies macht sich beim Empfang in Knackgeräuschen aller Art bemerkbar. Verursacht werden diese unangenehmen Geräusche durch statische Aufladungen in der Luft. Es handelt sich dabei aber noch lange nicht um Blitze, sondern lediglich um Aufladungen des Antennendrahtes. Manchmal lässt sich die Spannung sogar mit sehr hochohmigen Voltmetern nachweisen.

Ein Spannungsbalun mit einem Übersetzungsverhältnis 1:1 leitet solche statische Aufladungen des Antennendrahtes mit Sicherheit ab.



Anstelle eines Baluns kann man auch eine funktechnische Uralt-Lösung anwenden. Man schaltet nämlich ganz einfach einen hochohmigen Widerstand zwischen den ungeerdeten Draht und der Erde, zwischen der Seele und dem Mantel des Koaxialkabels. Wo der Widerstand eingefügt wird ist nebensächlich. Dies kann am Antennenspeisepunkt geschehen oder im Shack. Dort z.B. eingebaut in ein kleines Metallkästchen.

Der Wert des Widerstandes sollte zweckmässigerweise in der Grössenordnung von ca. 100 k Ω liegen. Er sollte so bemessen sein, dass einerseits die statische Aufladung sicher abgeleitet wird und andererseits beim Senden nicht allzu viel der kostbaren Sendeleistung im Widerstand verbraten wird. Bei Leistungen bis 100 W fliessen bei den angegebenen Werten keine nennenswerten Ströme mehr durch den Widerstand, aber um die statische Aufladung abzuleiten ist der Widerstand genügend klein. Bei kleinen Sendeleistungen sind auch 50 k Ω OK. Bei Verwendung einer Leistungsendstufe, d.h. grösser 100 W, würde ich dieses Prinzip nicht mehr anwenden.

Am besten eignen sich für solche Zwecke Kohlewiderstände mit Leistungen ab ca. 5 W.

WARNUNG:

Für diese Anwendung dürfen auf keinen Fall SMD Widerstände verwendet werden. Die Kriechstrecken solche Miniaturdinger sind viel zu klein, es kann zu Durchschlägen kommen.

Also immer „richtige„ Widerstände mit Anschlussdrähten verwenden. Am besten eignen sich Widerstände aus Uralt-Radios. Diese bestehen häufig noch aus einer gebackenen Masse von Kohlenstoff. Es sind also echte Kohle-Widerstände die nur einen Widerstandswert aber keine Induktivität aufweisen. Auch ist es nicht schlecht den Gesamtwiderstand in 2 oder 3 Teilwiderstände aufzuteilen, die in Serie geschaltet sind. So ist sichergestellt, dass es nie zu Durchschlägen und Überschlägen kommt.

So ein Widerstand in der Antennenzuleitung leitet statische Aufladungen ab, genau wie dies ein Spannungsbalun auch tut. Allerdings kann weder der beste Ableitwiderstand noch der beste Spannungsbalun echte Störgeräusche ableiten. Auch das berühmte Rauschen im Empfänger das Auftritt wenn es draussen heftig schneit wird man auf diese Art nicht los.

Anstelle eines Widerstandes könnte man natürlich auch eine HF-Drossel einschalten. Allerdings muss man zuvor sicherstellen, dass die Drossel keinesfalls auf einem der verwendeten Amateurfunkbänder eine Resonanzstelle aufweist und dort plötzlich niederohmig wird.

ACHTUNG:

Diese Schaltung ist kein Balun, es wird also keine Symmetrierung vorgenommen. Die Schaltung dient lediglich dazu statische Aufladungen auf der Antenne gegen Erde abzuleiten.

Rund um die Antenne

Praxisorientierte Antennenkunde für Funkamateure

Teil 4: Antennen-Theorie, Antennensimulation

Max Rüegger, HB9ACC

Allen Freunden des Selbstbaus gewidmet

Rund um die Antenne
Teil 4: Antennen-Theorie, Antennensimulation

Inhaltsverzeichnis

	Seite
4	Rund um die Antenne, Teil 4
	Vorwort 5
4.1	5 goldene Regeln zum Antennenbau 7
4.1.1	Regel 1: Viel Draht 7
4.1.2	Regel 2: Möglichst hoch 7
4.1.3	Regel 3: Strom strahlt 8
4.1.4	Regel 4: Freie Ende = Spannungsbauch 9
4.1.5	Regel 5: Drahtlänge + 5 % 10
4.2	Allgemein gültige Regeln für Antennen 10
4.2.1	Jede elektrisch leitende Gebilde kann als Antenne benützt werden 10
4.2.2	Es ist der Strom der strahlt 11
4.2.3	Freie Ende = Spannungsbauch 11
4.2.4	Am Punkt des Erdübergangs liegt immer ein Strombauch 12
4.2.5	Bei Schleifenantennen tritt am Punkt der halben Drahtlänge ein Strombauch auf 13
4.2.6	Es gibt keine „einbeinigen“ Antennen 13
4.2.7	Eine Antenne kann an einem beliebigen Punkt eingespeist werden 14
4.2.8	Nichtresonante Antennen 15
4.2.9	Die Bandbreite einer Antenne 18
4.2.10	Die Richtwirkung einer Antenne 20
4.3	Formeln 20
4.4	Graphische Darstellung der Strom- und Spannungsverteilung auf einer Antenne 23
4.5	Antennen-Simulations-Software 27

Rund um die Antenne
Teil 4: Antennen-Theorie, Antennensimulation

Vorwort

Die erste Version dieses Dokumentes, damals unter dem Namen „Drahtantennen Praktikum“, ist zu dem Zeitpunkt entstanden als allen YL's und OM's deren Funkverkehr sich bisher auf Frequenzen oberhalb 30 MHz beschränkt hat damals neu den Zugang zur Kurzwelle erhalten haben.

Ich habe das Dokument damals meinen Freunden und Amateurfunke-Kollegen zur Verfügung gestellt. Das grosse Echo, das dadurch ausgelöst wurde hat, hat mich bewogen das Dokument laufend zu überarbeiten und weitere Erfahrungen einfließen zu lassen.

Einige Bemerkungen zum Dokument:

- Dieses Dokument ersetzt kein Antennenbuch und es enthält keine Kochrezepte. Mein Ziel war es die Materie von der praktischen Seite her anzugehen. Überdies ist es ein Ziel von mir das Verständnis für Antennen im allgemeinen und Drahtantennen im speziellen zu wecken. Die dazugehörigen Formeln, die es einem erlauben die Drahtlängen zu berechnen, findet man in jedem Antennenbuch. In jedem Antennenbuch finden sich auch jede Menge Formeln deren Herleitung wohl nur für wenige von uns nachvollziehbar ist. Ich versuche mit Betrachtungen über den Spannungs- und Stromverlauf auf Antennen das Verständnis für Probleme der Anpassung, SWR etc. zu wecken.
- Das Dokument enthält auch Information rund um die Antenne, also Materialkunde, Informationen über Speiseleitungen, Baluns, nützliche Messgeräte etc.
- Das Dokument befasst sich nicht mit Mehrelementantennen, wie Yagis, Mehrelement Quads, etc. Es beschränkt sich weitgehend auf Antennenformen die vom „ganz normalen OM“ im Selbstbau erstellt werden können.
- Dieses Dokument enthält wahrscheinlich nichts was man nicht auch anderswo nachlesen könnte.
- Dieses Dokument hat keinen kommerziellen Hintergrund. Ich habe mir deshalb gestattet für gewisse Darstellungen auf vorhandene Schemas, Zeichnung, Skizzen etc. zurückzugreifen.
- Ich verwende im Text häufig den Ausdruck OM. Damit sind natürlich auch alle YL's und XYL's gemeint. Der Ausdruck OM hat einfach meine Schreibarbeit vereinfacht. Man verzeihe mir das.

Auch wenn dieser Beitrag zum Thema Antennen nicht vor mathematischen Formeln und algebraischen Abhandlungen strotzt, ich persönlich habe als Fernmelde-Ingenieur keine Berührungsängste mit der Theorie und der Mathematik. Ganz im Gegenteil. Ich selbst versuche immer wieder die Aussagen die ich mache mathematisch und von der Theorie her zu unterlegen.

Ich habe aber volles Verständnis für alle OM's die mit der Mathematik nicht unbedingt auf Du und Du sind und die sich lieber mit den praktischen Belangen auseinandersetzen. Wer einmal die grundlegenden Elemente der Antennentechnik verstanden hat, der ist in der Lage irgendwo auf der Welt, ohne grosse Hilfsmittel, lediglich mit einem Metermass in der Hand Antennen zu erstellen die funktionieren.

Es ist mir wichtig Erklärungen und Anregungen zu geben die den Freunden des Selbstbaus weiterhelfen.

Rund um die Antenne

Teil 4: Antennen-Theorie, Antennensimulation

Das Dokument ist in 7 Teil-Dokumente aufgegliedert:

- **Teil 1**
 - allgemeine Hinweise
 - Materialkunde
 - Blitzschutz
 - Sicherheit
 - Masten
- **Teil 2**
 - Speisekabel
 - SWR
- **Teil 3**
 - Antennenkoppler
 - SWR-Meter
 - Instrumente
 - Baluns
- **Teil 4**
 - Antennen-Theorie
 - Antennen-Simulation
- **Teil 5**
 - Dipole
 - Windom-Antennen
 - Trap-Antennen
 - Langdraht-Antennen
- **Teil 6**
 - Ganzwellen-Dipol
 - L-Antennen
 - Sloper
 - Schleifenantennen
 - Vertikal-Antennen
- **Teil 7**
 - spannungsgespeiste resonante Antennen
 - verkürzte Antennen
 - Sonderformen verkürzter Antennen

Wichtiger Hinweis:

Die in dieser Dokumentation gemachten Angaben zu Schaltungen und Verfahren etc. werden ohne Rücksicht auf die Patentlage mitgeteilt. Sie sind ausschliesslich für Amateur- und Lehrzwecke bestimmt und dürfen nicht gewerblich genutzt werden. Der Autor hat die Angaben mit grösster Sorgfalt und nach bestem Wissen und seinen Erfahrungen zusammengestellt. Der Autor weist darauf hin, dass er weder Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für Folgen die auf fehlerhafte Angaben oder Auslegung direkt oder indirekt zurückgehen übernehmen kann.

Ich wünsche allen OM's, YL's und XYL's viel Erfolg und Befriedigung mit unserem weltumspannenden schönen gemeinsamen Hobby Amateurfunk.

März 2007

73 de Max Rüegger / HB9ACC

4.1 5 goldene Regeln zum Antennenbau

Wer bei der Planung und Ausführung seiner Antennenprojekte die 5 goldenen Regeln zum Antennenbau präsent hat und beherzt ist schon ein gutes Stück auf dem Weg zum Erfolg gegangen. Darin enthalten sind nämlich in Kurzform wichtige Weisheiten zum Thema Kurzwellenantennen. Wenn man einen Standort bezüglich der Realisierbarkeit von Antennen überprüft, dann hilft es wenn man alle Antennenideen die einem durch den Kopf gehen auf Übereinstimmung mit den 5 Regeln überprüft:

1) Viel Draht

2) Möglichst hoch

3) Strom strahlt

4) Freie Enden = Spannungsbauch

5) Drahtlänge + 5 %

Was meine ich damit ?

4.1.1 Regel 1: Viel Draht



- Erfahrungsgemäss bringt eine Antenne mit „viel Draht in der Luft“ die besten Ergebnisse.
- Einen Antennen-Standort soll man sorgfältig betrachten und sich überlegen wie man „viel Draht“ unterbringen kann.
- Es gibt auch noch andere Antennenformen als Dipole, z.B. Schleifenantennen, V-Antennen, Verticals, Zeppelin-Antennen, endgespeiste Antennen, und viele andere Antennenarten.

4.1.2 Regel 2: Möglichst hoch

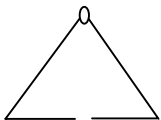
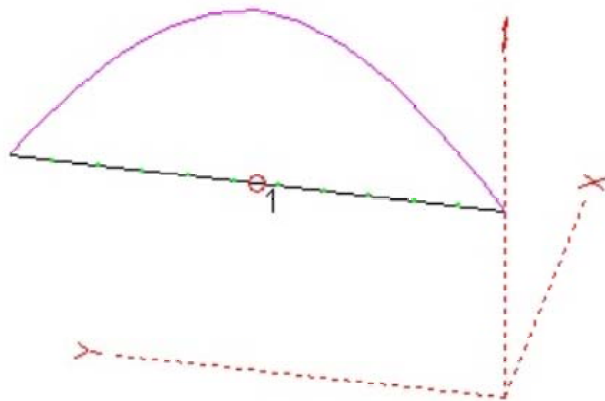


- Auch wenn wir glauben eine Antenne „hoch“ aufgehängt zu haben, hängt sie in Wirklichkeit doch immer noch relativ tief. Dies trifft vor allem für die „langwelligeren“ Bänder (160 m und 80 m) zu. Um eine Antenne nur schon in eine Höhe von $\frac{1}{4} \lambda$ zu bringen braucht man beim 160 m Band einen Befestigungspunkt in 40 m Höhe resp. in 20 m Höhe beim 80 m Band. Solche Höhen stehen nur in Ausnahmefällen zu Verfügung. Trotzdem, jeder Meter Höhengewinn wirkt sich positiv auf die Abstrahlung aus.
- Mit zunehmender Antennenhöhe können wir dem heute viele OM's zur Verzweiflung bringenden Störnebel (Man-made-noise) entrinnen oder doch zum mindestens die Empfangs-Situation erträglicher machen.

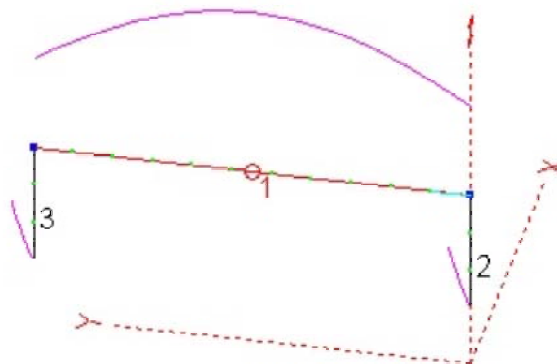
4.1.3 Regel 3: Strom strahlt



- Bei jeder Antenne liefert der „Strombauch“ den wesentlichen Anteil zur Abstrahlung. In der Praxis wird man also danach trachten denjenigen Teil der Antenne, der am meisten Strom führt, möglichst hoch und frei aufzuhängen. Die Enden einer Antenne tragen zwar zur korrekten Resonanz bei, sie sind jedoch nicht mehr nennenswert an der Abstrahlung beteiligt. Das untenstehende Bild zeigt die Stromverteilung auf einem resonanten Dipol. Die Einspeisung erfolgt in der Mitte, am Kreis-Symbol neben der Zahl 1. In diesem Punkt fließt der höchste Strom.



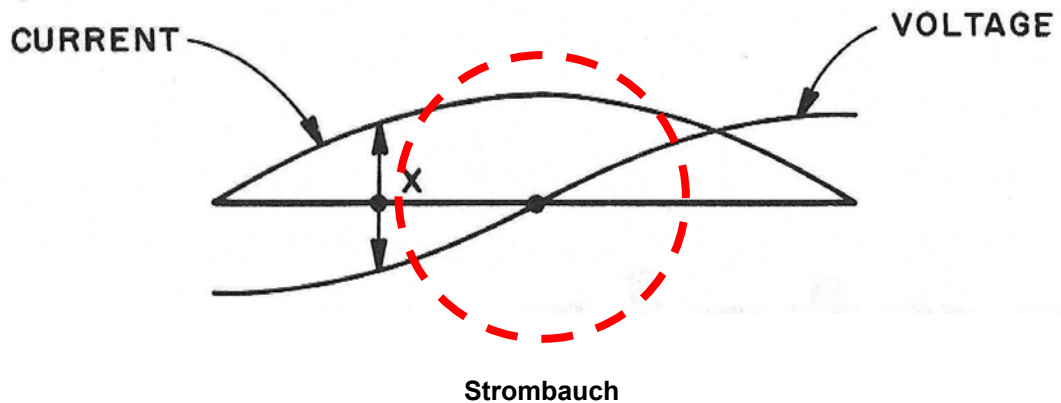
- Es ist ohne weiteres zulässig ab etwa $\frac{1}{2}$ einer Dipolhälfte die Enden abzuwinkeln bzw. um die Ecke herum zu führen. Speziell Antennen für das 160 m Band haben Dimensionen, die sich kaum in den realen Verhältnissen mit denen wir konfrontiert sind, unterbringen lassen. Ich selbst arbeite deshalb seit Jahren auf 160 m mit einem „umgebogenen Dipol“. Dieselbe Antenne wird übrigens für 80 m unten in der Mitte zusammengeschaltet und arbeitet dann als Ganzwellenschleife auf 3.5 MHz CW. Auf beiden Bändern macht DX Verkehr in CW viel Spass.



Bei der oben gezeigten Antenne wurden die Enden umgebogen und zwar hängen sie in diesem Falle einfach nach unten. Im gezeigten Falle wurde so die Länge des horizontalen Teils des Dipols auf $\frac{2}{3}$ der Originallänge verkürzt. Wenn man die Stromverteilung betrachtet, dann sieht man ganz klar, dass der grösste Teil des Stroms im horizontalen Teil fließt. Man sieht auch wie wenig Strom die beiden herabhängenden Teile noch zum Gesamtergebnis beitragen.

- wenn wir eine Antenne elektrisch verlängern müssen, dann sollten wir die verlängernden Elemente (z.B. Verlängerungs-Spulen) nicht gerade dort einfügen wo am meisten Strom fließt.

Generelle Darstellung:

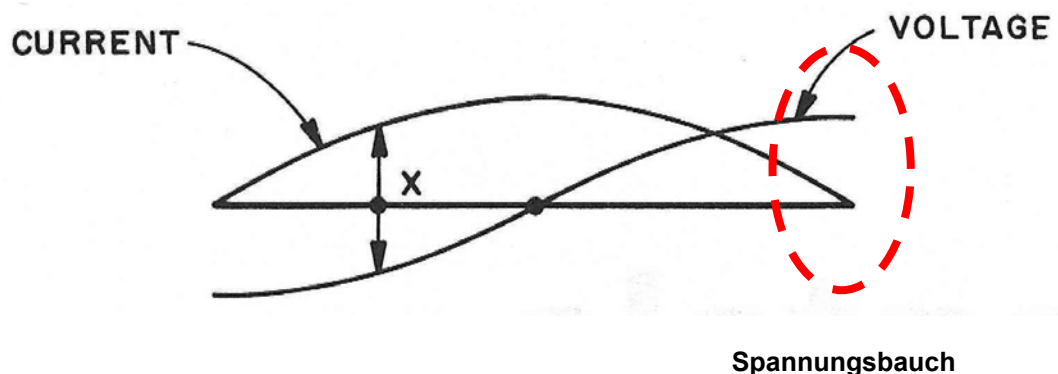


4.1.4 Regel 4: Freie Enden = Spannungsbauch

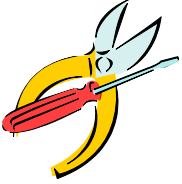


„freie Enden = Spannungsbauch“ soll daran erinnern, dass

- freie Enden einer Antenne (also Enden die nichts mit der Speisung zu tun haben) per Definition immer im Maximum eines Spannungsbauches liegen.
- für die Impedanz einer Antenne immer der Speisepunkt zuständig ist. Wenn man die Länge einer Antenne vom freien Ende her zum Speisepunkt kennt, dann kann man die zu erwartende Impedanz abschätzen (oder auch rechnen). Allfällige Impedanzanpassungen sind auf der Speiseseite vorzunehmen. Man kann eine Antenne auch in einem Spannungsbauch speisen, wie das z.B. traditionell mit der guten alten Zepp-Antenne im Multiband-Betrieb passiert. Allerdings ist das kein Fall für moderne Antennenanpassgeräte. Man braucht dann schon spezielle Koppler für Spannungskopplung oder man erinnert sich wieder einmal des „Fuchs-Kreises“. Wer Langdrahtantennen verwenden will und einen der heutigen gängigen unsymmetrischen Koppler einsetzt (automatisch oder manuell) der tut gut daran Drahtlängen zu vermeiden die auf einem der Bänder am Speisepunkt einen Spannungsbauch ergeben.



4.1.5 Regel 5: Drahtlänge + 5 %



- Es einfacher ist eine Antenne zu verkürzen als zu verlängern.
Man baue also nie eine Antenne sklavisch nach. Wenn man den Draht genau nach den in der Beschreibung gemachten Längenangaben zuschneidet darf man sich nicht über ein „Aha-Erlebnis“ wundern.
Ich persönlich bin überzeugt davon, dass alle in Antennenbeschreibungen gemachten Längenangaben beim jeweiligen OM, der darüber rapportiert hat, genau richtig waren. Das heisst aber noch lange nicht, dass das auch für den eigenen Standort zutrifft. Die Erfahrung zeigt, dass es immer wieder Einflüsse gibt die man nicht im voraus bestimmen kann. Deshalb beginne ich beim Antennenbau immer mit einer Drahtlänge die ca. 5 % über der errechneten oder angegebenen Drahtlänge liegt. Die Antenne ist dann in der Regel etwas zu lang, aber wie jeder weiss, Draht abschneiden geht einfacher als ansetzen.

4.2 Allgemein gültige Regeln für Antennen

Auch wenn es als Wiederholung des soeben gesagten verstanden wird, es gibt gewisse Regeln der Physik die auf alle Antennen zutreffen. Dies unabhängig von der Antennenlänge, der verwendeten Frequenz oder was auch immer.



Man glaube mir eines:

Die Regeln der Physik gelten für alle, ohne Ausnahme!

Wer diese Regeln die in der Physik verankert sind kennt, der hat bereits eine wichtige Hürde auf dem Weg zum erfolgreichen Selbstbau von Antennen genommen.

4.2.1 Jedes elektrisch leitende Gebilde kann als Antenne benützt werden



Diese Aussage wird bei manchem OM kopfschütteln auslösen. Trotzdem ist die Aussage korrekt.

Wir haben zwar in der Vorbereitung zur Amateurfunkprüfung gelernt, dass ein Dipol eine gewisse Länge haben muss, die in einer bestimmten Relation zur verwendeten Wellenlänge steht. Dies hängt aber mehr damit zusammen, dass wir uns gewohnt sind eine Antenne mit Koax-Kabel zu speisen, das eine niederohmige Impedanz aufweist.

Grundsätzlich aber ist es so, dass jeder Draht (oder ein anderes leitendes Gebilde) beliebiger Länge als Antenne benützt werden kann und zwar für jede beliebige Frequenz. Es ist lediglich eine Frage der Impedanzanpassung an den Senderausgang und des Wirkungsgrades. Die Impedanzanpassung lässt sich mittels einem Anpass-Netzwerk (Antennenkoppeler) bewerkstelligen. Wenn es um die Frage des Wirkungsgrades geht, dann muss man sich vor Augen halten, dass eine Antenne die kurz ist im Vergleich mit der verwendeten Wellenlänge einen schlechten Wirkungsgrad aufweist. Ist die Antenne im Verhältnis zur Wellenlänge lang, z.B. 1λ und mehr, dann weist die Antenne plötzlich eine mehr oder weniger ausgeprägte Richtwirkung auf. Diese Eigenschaft kann erwünscht sein oder auch nicht.

In Amateurfunkkreisen ist man auch häufig der Ansicht eine Antenne müsse resonant sein um wirkungsvoll Energie abstrahlen zu können. Die Behauptung wonach eine resonante Antenne die Sendeenergie wirkungsvoll abstrahlt ist zwar nicht falsch, aber auch nicht alleinseligmachend. Nicht resonante Antennen können ebenso gut Energie abstrahlen und zwar mit einem Wirkungsgrad der sich vom Wirkungsgrad resonanter Antennen kaum unterscheidet. In der kommerziellen Funkübertragung auf Kurzwelle werden häufig Antennen verwendet die auf den verwendeten Frequenzen keinerlei Resonanz aufweisen.

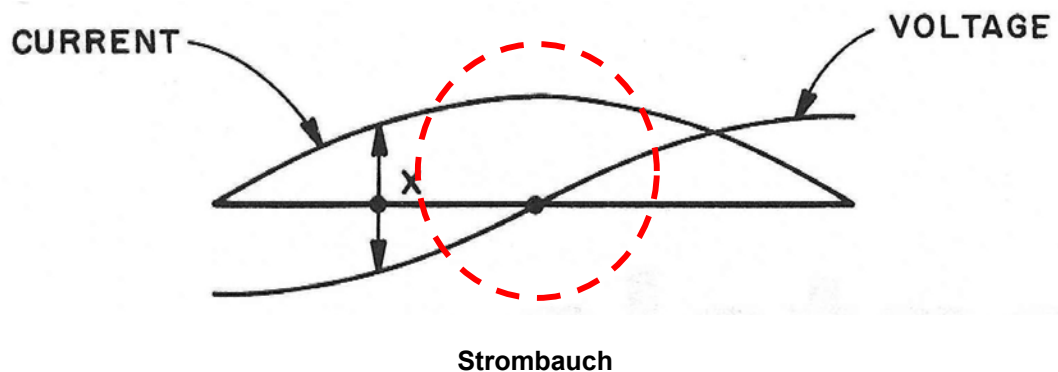
Zusammenfassung:



- jedes elektrisch leitende Gebilde kann als Antenne verwendet werden
- Voraussetzung ist die Impedanzanpassung an den Senderausgang
- im Verhältnis zur Wellenlänge kurze Antennen haben einen tiefen Wirkungsgrad
- im Verhältnis zur Wellenlänge lange Antennen weisen Richtwirkung auf
- um Energie abzustrahlen muss eine Antenne nicht zwingend resonant sein

4.2.2 Es ist der Strom der strahlt

Wie bereits unter 4.1.3 erklärt ist es der Strom der strahlt. Wenn wir es fertig bringen bei unseren Antennen diejenigen Teilstücke des Antennendrahtes so aufzuhängen, dass sie möglichst hoch und frei hängen, dann haben wir bereits viel erreicht. Bei einem resonanten Dipol fließt der grösste Strom in der Gegend des Einspeisepunktes in der Mitte der Antenne. Bei anderen Antennentypen sitzt der Einspeisepunkt nicht unbedingt am Punkt des grössten Stromes. Dann gilt es auf Grund der Drahtlänge und der verwendeten Wellenlänge λ (Lambda = Symbol für die Wellenlänge) auszurechnen oder abzuschätzen auf welchem Teil der Antenne der grösste Strom auftritt. Dann sollte man danach trachten diesen Teil der Antenne bevorzugt zu behandeln und möglichst hoch und frei aufzuhängen.



4.2.3 Freie Enden = Spannungsbauch

Wie bereits unter 4.1.4 erklärt liegt an freien Enden einer Antenne immer ein Spannungsbauch. Unter freien Enden einer Antenne verstehen wir Leiter die an einem bestimmten Punkt enden und von dort nicht mehr weitergehen. An der Antenne sind das typisch die Punkte wo ein Isolator eingefügt ist.

Achtung:

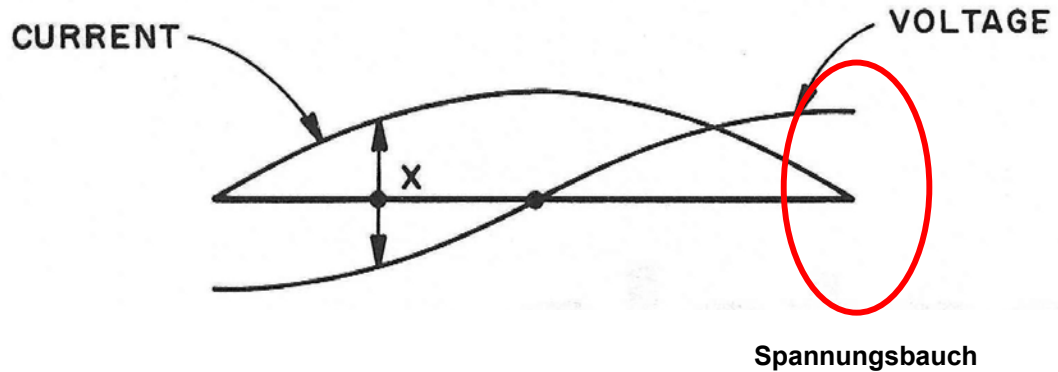
Auch an einem Speisepunkt kann ein Isolator eingefügt sein. Da dort ein Speisekabel

Rund um die Antenne

Teil 4: Antennen-Theorie, Antennensimulation

angeschlossen ist, ist dieser Punkt KEIN „freies Ende“.

Warum liegt an einem freien Ende immer ein Spannungsbauch ?

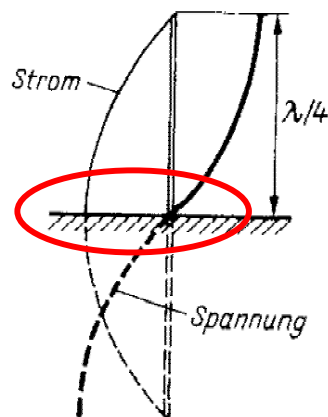


Gemäss den Gesetzen der Elektrotechnik kann an einem Leiter der aufhört kein Strom fließen, es kann nur noch eine Spannung anliegen.

Wir können dies mit einer Netzsteckdose vergleichen. Solange wir an der Steckdose nichts angeschlossen haben fließt dort kein Strom. Es liegt aber immer eine Spannung an.

4.2.4 Am Punkt des Erdübergangs liegt immer ein Strombauch

Wenn eine Antenne an **einem Punkt mit der Erde verbunden** ist, dann tritt am Punkt des Überganges des Antennendrahtes in die Erde ein „**Strombauch**“ auf.



Diese Eigenschaft ist elektrisch damit erklärbar, dass die Erde ein guter Leiter darstellt. Für den Antennenstrom stellt die Erde gewissermassen einen Kurzschluss dar. Am Punkt eines Kurzschlusses kann nur Strom fließen, es kann sich dort aber keine Spannung aufbauen.

Bei gewissen Antennentypen, wie z.B. bei der Marconi Antenne ist dies augenscheinlich. Bei anderen Antennentypen sieht man weniger gut was sich abspielt.

Trotzdem ist es ein allgemein gültiges physikalisches Gesetz, dass am Punkte des Übergangs einer Antenne in die Erde dort ein Strombauch auftritt, und zwar unabhängig von Drahtlänge oder Frequenz.

Puristen werden mich nun korrigieren und darauf aufmerksam machen, dass in der Praxis am Punkt des Übergangs der Antenne in die Erde noch ein Erdübergangswiderstand auftritt, der je nach Grösse den Strombauch etwas verschieben kann. Das ist absolut korrekt. Man negiere den Erdübergangswiderstand nicht.

In der Praxis kommt so manche schöne breitbandige SWR Kurve nur Dank der gütigen

Mithilfe des Erdübergangswiderstandes zu Stande.

Überdies muss sich jeder OM im Klaren sein:

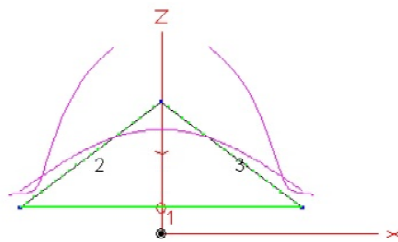
Der Erdübergangswiderstand ist keine Fiktion die in den gelehrten Stuben irgendwelcher Theoretiker entstanden ist. Der Erdübergangswiderstand ist real. An ihm und in ihm wird kostbare Sendeenergie vernichtet und in Wärme umgesetzt.

4.2.5 Bei Schleifenantennen tritt am Punkt der halben Drahtlänge ein Strombauch auf

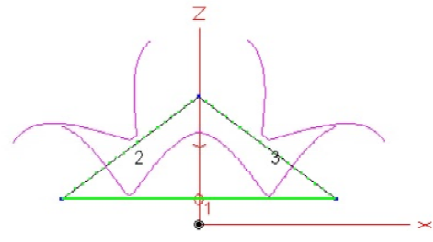


Beim Spezialfall der Schleifenantennen tritt **am Punkt der halben Drahtlänge** (üblicherweise der dem Speisepunkt gegenüberliegende Punkt) ein „**Strombauch**“ auf. Auch dies ist ein physikalisches Gesetz. Der Effekt tritt unabhängig von der Schleifenlänge und unabhängig von der verwendeten Sendefrequenz auf.

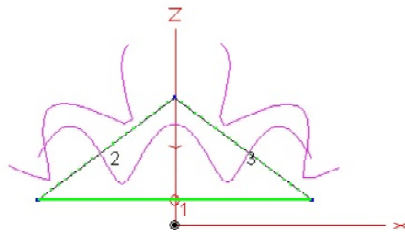
Die nachstehenden Bilder zeigen einige Praxisbeispiele und zwar auf eine Delta-Loop Antenne bezogen. Die Regel gilt aber für alle Schleifenantennen unabhängig von ihrer Form.



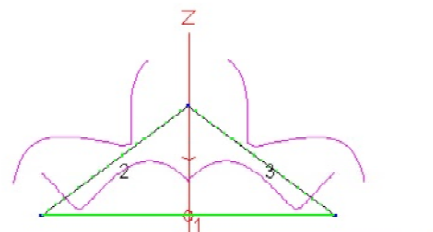
Stromverteilung bei f_{res}



Stromverteilung bei $2 f_{res}$



Stromverteilung bei $3 f_{res}$



Stromverteilung bei irgendeiner Frequenz
(keine Resonanz oder Oberwellenresonanz)

4.2.6 Es gibt keine „einbeinigen“ Antennen



Um es vorweg zu nehmen: Es gibt keine Regel ohne Ausnahme. Das ist auch hier so, es gibt eine einzige Ausnahme. Auf die Ausnahme komme ich noch zurück.

Unter „einbeinigen“ Antenne verstehe ich Antennen die nur aus einem einzigen ununterbrochenen Draht bestehen. Jede Antenne benötigt irgendwo eine Einspeisung. Dort wird der Antennendraht unterbrochen um die Speiseleitung anzuschliessen. Wenn man einer Antenne kein zweites Bein gibt, dann sucht sich die HF immer einen Ausweg. Dieser von der HF selbst gewählte Ausweg ist dann häufig der Grund für TVI und BCI Störungen. Es

kann dann vorkommen, dass eine Erdleitung, die man als „neutrale“ Erdleitung und nicht als Teil des Antennensystems betrachtet, als Gegengewicht (= zweites Bein) funktioniert und frischfröhlich Energie abstrahlt. Es kann auch sein, dass diese Aufgabe vom Mantel des Speisekabels übernommen wird.

Die einzige Antennenart die man „einbeinig“ betreibt ist die **resonante spannungsgespeiste Antenne**. Bei dieser Art Antenne beträgt die Länge des Antennendrahtes genau $\lambda/2$ oder ein Vielfaches davon. Diese Bedingung erfüllt die Regel nach 4.3.2 „freies Ende = Spannungsbauch“. Man kann nun an einem Ende der Antenne mittels spezieller Ankoppelschaltungen die Sendeenergie hochhohmig einspeisen. Dieser Art Antenne ist ein besonderes Kapitel gewidmet.

4.2.7 Eine Antenne kann an einem beliebigen Punkt eingespeist werden

Als Funkamateure denken wir bei einer Antenne immer an einen Dipol und wir sind uns gewohnt, dass ein Dipol in der Mitte die Einspeisung aufweist. Als Abweichung dazu können wir uns im besten Falle noch eine Windom Antenne vorstellen, die bei ca. 1/3 der Gesamtlänge eingespeist wird. Andere Einspeisestellen kennt der Durchschnittsamateur nicht.



Rein von den physikalischen Gesetzen her kann eine Antenne an jedem beliebigen Punkt gespeist werden. Alles ist lediglich eine Frage der Anpassung der Impedanz am Antennenspeisepunkt an die Impedanz der Speiseleitung.

In der Praxis haben sich aber gewisse Vorzugs-Speisepunkte herauskristallisiert.

- **Speisung in der Mitte**
Diese Art der Speisung hat den Vorteil, dass die Antenne weitgehend symmetrisch aufgebaut ist. Bei einer Drahtlänge von $\lambda/2$ oder ungeraden Vielfachen davon wird der Einspeisepunkt niederohmig. Dies ist eine gute Voraussetzung zur Einspeisung mit Koax-Kabel.
- **Speisung bei 1/3 der Drahtlänge**
Dabei handelt es sich um die bewährte Windom-Antenne, die als Mehrband Antenne bei vielen OM's gute Dienste leistet. Infolge der Unsymmetrie der beiden Antennenäste sind bei dieser Antennenart Mantelwellen auf dem Speisekabel mehr oder weniger vorprogrammiert.
- **Speisung am Ende**
Hier sind 2 Fälle zu unterscheiden:

Resonante spannungsgespeiste Antenne

Sofern es sich dabei um eine resonante spannungsgespeiste Antenne handelt deren Drahtlänge eine $\lambda/2$ -Resonanz aufweist (oder Vielfache davon), dann ist die Welt in Ordnung.

Nichtresonanter Antennendraht irgendwelcher Länge

Solche Gebilde werden häufig als Langdrahtantennen bezeichnet. Hier tritt genau das ein was unter 4.2.6 beschrieben ist. Um zu funktionieren benötigt diese Art Antenne zwingend ein zweites Bein. Wenn kein definiertes zweites Bein vorhanden ist, dann sucht sich die HF immer einen Ausweg. Erdleitungen, der Mantel des Speisekabels oder benachbarte Leitungen werden ungewollt zum Gegengewicht und werden so zu einem Teil des Antennensystem. Sie strahlen Energie ab, was häufig zu BCI / TVI und Ärger mit den Nachbarn führt.

- **Speisung „irgendwo“**

Dies ist nicht unbedingt ein „Vorzugs-Speisepunkt“. Diese Art der Speisung sei aber trotzdem erwähnt. Es gibt in der Praxis Fälle wo eine Antenne bei symmetrischer Speisung in der Mitte eine Impedanz aufweist die weit weg von der Kabelimpedanz von $50\ \Omega$ liegt. Man kann nun durch praktische Experimente oder durch Verwendung eines Antennen-Simulations-Programms versuchen einen Punkt auf der Antenne zu finden, wo sich eine Impedanz einstellt die in der Nähe von $50\ \Omega$ liegt. Bei der Einspeisung an diesem Punkt werden sich aber mit fast an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit Mantelwellen auf dem Speisekabel einstellen. Am Speisepunkt muss deshalb zwingend eine wirkungsvolle Mantelwellensperre eingebaut werden. Dieser Art Einspeisung findet man am ehesten bei verkürzten Antennen.

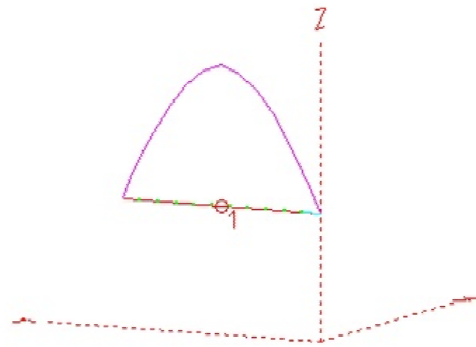
4.2.8 Nichtresonante Antennen



Wie bereits an anderer Stelle vermerkt:

**Um wirkungsvoll Energie abstrahlen zu können
muss eine Antenne nicht zwingend resonant sein.**

Was passiert aber in der Praxis wenn wir eine Antenne ausserhalb ihrer Resonanzfrequenz betreiben ?



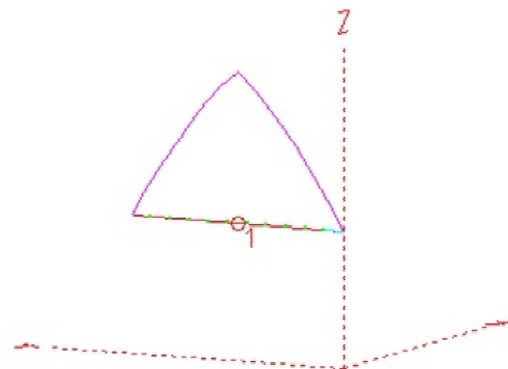
Dipolantenne:
Sendefrequenz = Resonanzfrequenz

Die Einspeisung erfolgt in einem Strombauch.

Am Einspeisepunkt tritt eine Impedanz in der Grössenordnung $50 \dots 75\ \Omega$. Dies ist ein günstiger Wert für Speisung mit Koax-Kabel.

Achtung:

Dies oben gezeigte Antenne ist eine resonante Antenne und dient lediglich als Vergleich.



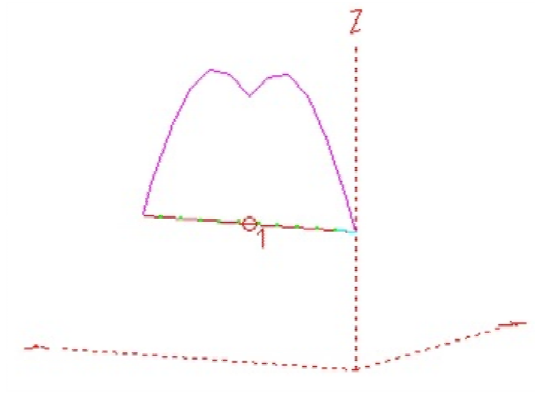
Dipolantenne:
Sendefrequenz < Resonanzfrequenz

Die Sendefrequenz liegt tiefer als die Resonanzfrequenz. Es ist nicht genügend Platz auf dem Antennendraht um eine ganze Halbwelle unterzubringen.

Am Einspeisepunkt tritt irgendeine Impedanz auf die von $50\ \Omega$ abweicht. Diese Abweichung ist der Grund dafür, dass wir auf der Speiseleitung ein $\text{SWR} > 1:1$ feststellen.

Rund um die Antenne

Teil 4: Antennen-Theorie, Antennensimulation

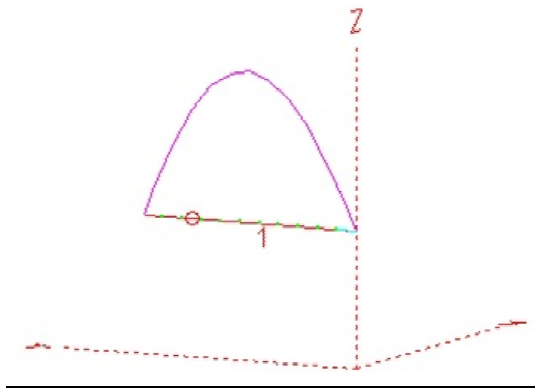


Dipolantenne: Sendefrequenz > Resonanzfrequenz

Die Sendefrequenz liegt höher als die Resonanzfrequenz. Auf dem Antennendraht ist nun Platz um mehr als eine Halbwelle unterzubringen.

Am Einspeisepunkt tritt irgendeine Impedanz auf die von 50Ω abweicht. Diese Abweichung ist der Grund dafür, dass wir auf der Speiseleitung ein $\text{SWR} > 1:1$ feststellen.

In der Praxis werden auch immer wieder Antennen gebaut die irgendwo eingespeist werden und deren 2 Beine nicht gleich lang sind. Was passiert bei solchen Antennen ?

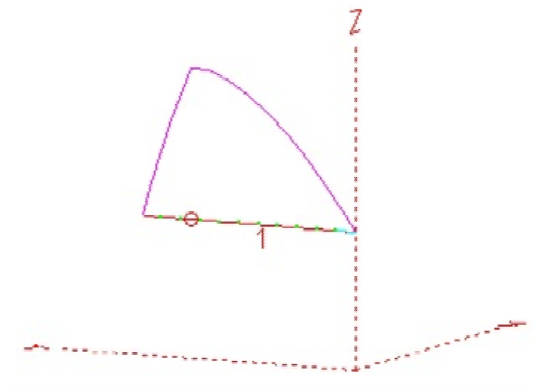


Unsymmetrische Antenne: Sendefrequenz = Resonanzfrequenz

Die Länge des Antennendrahtes ist so, dass genau eine halbe Wellenlänge Platz hat. Da die Einspeisung ausserhalb des Mittelpunktes erfolgt tritt am Einspeisepunkt eine Impedanz auf die von 50Ω abweicht. Diese Abweichung ist der Grund dafür, dass wir auf der Speiseleitung ein $\text{SWR} > 1:1$ feststellen. Überdies sind die beiden Antennenhälften nicht symmetrisch, was zu Mantelwellen auf dem Speisekabel führt.

Achtung:

Dies oben gezeigte Antenne ist eine resonante Antenne und dient lediglich als Vergleich. Das Bild zeigt auch die Probleme die entstehen wenn man eine an sich resonante Antenne aussermittig einspeist.

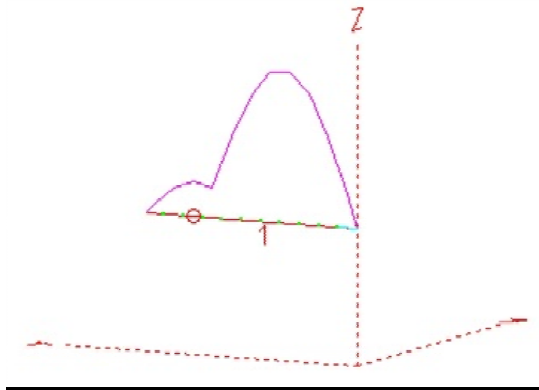


Unsymmetrische Antenne: Sendefrequenz < Resonanzfrequenz

Die Sendefrequenz liegt tiefer als die Resonanzfrequenz. Es ist nicht genügend Platz auf dem Antennendraht um eine ganze Halbwelle unterzubringen. Am Einspeisepunkt tritt irgendeine Impedanz auf die von 50Ω abweicht. Diese Abweichung ist der Grund dafür, dass wir auf der Speiseleitung ein $\text{SWR} > 1:1$ feststellen. Überdies sind die beiden Antennenhälften nicht symmetrisch was zu Mantelwellen auf dem Speisekabel führt.

Rund um die Antenne

Teil 4: Antennen-Theorie, Antennensimulation



Unsymmetrische Antenne: Sendefrequenz > Resonanzfrequenz

Die Sendefrequenz liegt höher als die Resonanzfrequenz. Auf dem Antennendraht ist nun Platz um mehr als eine Halbwelle unterzubringen. Am Einspeisepunkt tritt irgendeine Impedanz auf die von $50\ \Omega$ abweicht. Diese Abweichung ist der Grund dafür, dass wir auf der Speiseleitung ein $\text{SWR} > 1:1$ feststellen. Überdies sind die beiden Antennenhälften nicht symmetrisch was zu Mantelwellen auf dem Speisekabel führt.

Alle diese Antennen haben eines gemeinsam: **Sie strahlen Energie ab!**

Grundsätzlich gilt:



- Nicht resonante Antennen sind ebenso gut wie resonante Antennen in der Lage die Sendeenergie wirkungsvoll abzustrahlen.
- Der Knatsch entsteht am Antennenspeisepunkt. Dort tritt eine Impedanz auf die von den gewünschten $50\ \Omega$ (Impedanz des Koax-Kabels) mehr oder weniger stark abweicht.
- Der Wirkungsgrad von nicht-resonanten Antennen hängt in erster Linie vom Verhältnis der Länge der Antenne zur Sendefrequenz ab. Nur um ein Beispiel zu geben: Eine Antenne mit einer Gesamtlänge von sagen wir mal 13 m wird auf dem 160 m Band nur noch einen bescheidenen Wirkungsgrad aufweisen. Die 13 m sind dann im Vergleich zu den 80 m, die für einen ausgewachsenen Halbwellendipol notwendig sind, doch etwas mickrig. Das heisst aber noch lange nicht, dass man mit einer solchen Antenne keine QSO's fahren kann.

Was die Impedanzverhältnisse am Speisepunkt anbelangt so sehen wir, dass bei Antennen die nicht resonant sind oder deren Speisepunkt nicht symmetrisch in der Mitte liegt, am Speisepunkt eine Impedanz anliegt, die nicht mit den $50\ \Omega$ übereinstimmt die das Koax-Kabel gerne sehen würde.

Um solche Antennen trotzdem betreiben zu können haben wir diverse Möglichkeiten:

- Wir hängen unser Koax-Kabel dran und schauen uns im Shack das SWR an. Wir überlegen uns, welche Zusatzverluste durch das SWR verursacht werden. Dabei erinnern wir uns an die alte Weisheit $\rightarrow 6\ \text{dB} = 1\ \text{S-Stufe}$. Selten einmal, von Pile-up's verursacht durch seltene DX-Stationen abgesehen, hat ein QSO nicht stattgefunden bloss weil unser Signal bei der Gegenstation um 1 S-Stufe weniger ankam. Wir verwenden einen Antennekoppler und erfreuen uns an den schönen QSO's.

Diese Regel gilt für Drahtantennen „ohne was drin“. Sollten wir eine Antenne haben die mit Traps versehen ist, dann lassen wir den Versuch lieber bleiben oder beschränken uns auf QRP. Gewisse Traps nehmen es einem Übel wenn man weit ab von der Resonanzfrequenz sendet. Im Extremfall gibt eine malträtierte Trap sogar „indianische Rauchzeichen“ von sich.

- Wir speisen die Antenne mit einer Hühnerleiter. Das SWR auf der Speiseleitung werden wir zwar dadurch nicht los. Eine gute symmetrische Speiseleitung (Hühnerleiter), z.B. Wireman $450\ \Omega$, hat aber so kleine Verluste, dass wir das SWR glatt

vergessen können.

- Wir bauen ein Anpassglied ein, das die Impedanz am Antennenfusspunkt auf $50\ \Omega$ transformiert. Dies ist eine eher unbeliebte Version. Anpassglieder haben die unschöne Eigenschaft nur bei einer bestimmten Frequenz ihre Aufgabe korrekt zu erfüllen.
- Wir bauen am Antennenfusspunkt einen Antennenkoppler ein. Seit es automatische Antennenkoppler zu vernünftigen Preisen zu kaufen gibt ist das eine sehr gute und beliebte Lösung.
-

4.2.9 Die Bandbreite einer Antenne

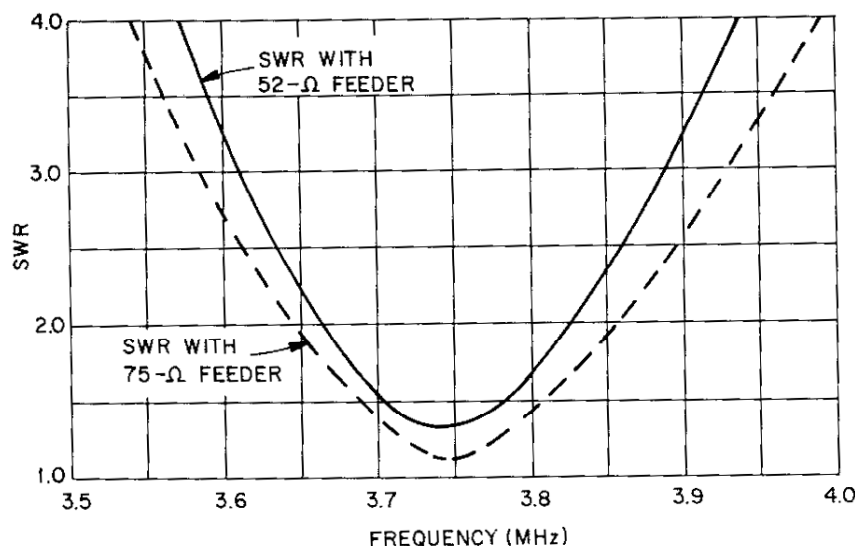
Rein theoretisch betrachtet hat eine Antenne eigentlich keine Bandbreite. Jede beliebige Antenne lässt sich unter Verwendung von Koppelnetzwerken auf jeder beliebigen Frequenz verwenden.

Wenn man im Amateurfunk von der Bandbreite einer Antenne spricht, dann hat das ganz praktische Gründe.

- Unsere heutigen Transceiver haben einen Antennenausgang der für eine Impedanz von $50\ \Omega$ ausgelegt ist.
- Die meisten modernen Transceiver lassen beim Senden ein SWR von max. 1:2 zu bevor eine Schutzschaltung die Leistung zurückregelt.

Somit hat es sich eingebürgert die Bandbreite einer Antenne so zu definieren:

Die Bandbreite einer Antenne ist derjenige Frequenzbereich innerhalb dem das SWR den Wert von 1:2 nicht überschreitet.



Das obige Bild zeigt die typische SWR Kurve eines „full-size“-Dipols für das 80m Band. Daraus ersieht man die Faustregel:



Ein Dipol hat eine SWR 1:2 Bandbreite von ca. 5 % der fres

Welche Bandbreiten weisen denn unsere Bänder auf, bezogen auf die untere Bandgrenze?

• 160 m	10.5 %
• 80 m	8.5 %
• 40 m	2.9 %
• 30 m	0.5 %
• 20 m	2.5 %
• 17 m	0.6 %
• 15 m	2.2 %
• 12 m	0.4 %
• 10 m	6.1 %

Daraus geht hervor, dass eigentlich nur auf den Bändern 160 m und 80 m und evtl. noch auf dem 10 m Band mit einem auf Bandmitte abgestimmten Dipol die SWR 1:2 Bandbreite an den Bandenden überschritten wird. Dies bezieht sich auf „full-size“-Dipole. Verkürzte Dipole haben schmalere Bandbreiten. Je höher die Verkürzung getrieben wird umso enger wird die nutzbare Bandbreite.

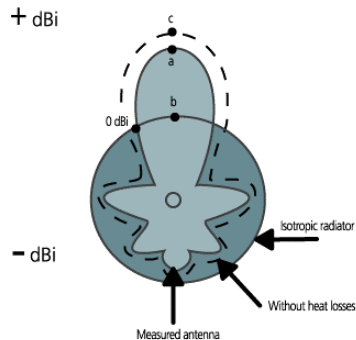
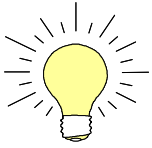
Man geht bei dieser Betrachtung auch immer davon aus, dass die Antenne über ein Koax-Kabel gespeist wird und dass wir das SWR auf dem Koax-Kabel messen.

Wenn wir bei einer mit Koax-Kabel gespeisten Antenne eine SWR 1:2 Bandbreite von ca. 5 % der Betriebsfrequenz finden, dann können wir davon ausgehen, dass die Antenne soweit i.O. ist.

Finden wir aber eine SWR 1:2 Bandbreite die über die genannten 5 % der Betriebsfrequenz hinausgeht, also breitbandiger ist, dann sollten wir uns Gedanken darüber wie dieses Wunder zustande kommt. Manche schöne breitbandige SWR Kurve ist nur Dank der gütigen Hilfe von irgendwelchen Verlustwiderständen zustande gekommen. Es könnte z.B. auch durch einen nicht über jeden Zweifel erhabenen Balun verursacht werden. Wie gesagt, wenn sich die Antenne über die 5 % hinaus „breitbandig“ präsentiert, dann ist etwas faul. Dann wird ein Teil der Sendeenergie irgendwo verheizt anstatt über die Antenne abgestrahlt.

Sobald Antennen über eine symmetrische Speiseleitung (Hühnerleiter) angeschlossen sind erübrigt sich ein Nachdenken über „Bandbreite“.

4.2.10 Die Richtwirkung einer Antenne



Das nebenstehende Bild zeigt sehr gut was wir unter „Richtwirkung“ einer Antenne verstehen. Wir können uns dabei auf den fiktiven und in der realen Welt nicht existierenden isotropen Strahler berufen. Dies wäre eine Antenne bei der die Sendeenergie kugelförmig und gleichmässig nach allen Seiten abgestrahlt wird.

Sobald die Antenne eine Richtwirkung aufweist, dann wird ein Teil der Energie in eine bestimmte Vorzugsrichtung gebündelt. Die betreffende „Mehr-Energie“ die nun in die

Vorzugsrichtung abgestrahlt wird fehlt nun zur Abstrahlung in eine andere Richtung. Es ist nun einmal so:

- Wir haben lediglich unsere „Sendeenergie“ zur Verfügung, es gibt keine wunder-same Energievermehrung.
- Diese Sendeenergie verteilen wir so, dass eine bestimmte Richtung bevorzugt wird.
- Die Mehr-Energie, die wir in die Vorzugsrichtung leiten, fehlt nun zur Abstrahlung in andere Richtungen.

Ganz einfach ... oder ??

4.3 Formeln

Jedes Antennenbuch das etwas auf sich hält gibt zu jeder der beschriebenen Antennen die Formeln an mit denen sich die Drahtlängen in Relation zur Sendefrequenz berechnen lassen.

Wie bereits früher ausgeführt:



- Formeln sind ein gutes Hilfsmittel um die **ungefähren Drahtlängen** zu berechnen.
- In der Praxis wird jede Antenne durch örtliche Begebenheiten beeinflusst. Diese örtlichen Störfaktoren lassen sich kaum sauber erfassen und quantifizieren.
- Jeder Autor der eine Antenne beschreibt und Längen angibt hat sich grösste Mühe gegeben die bei ihm gültigen Längen zu bestimmen und zu nennen.
- Dies bedeutet aber noch lange nicht, dass diese Längen am eigenen Standort denn auch auf den Zentimeter genau stimmen.
- Deshalb der Rat: **gerechnete oder angegebene Drahtlänge + 5 %**.
Man erhält dann fürs erste eine Antenne deren Resonanzfrequenz etwas tiefer liegt als gewünscht.
- Dann geht's an trimmen und da gilt: **abschneiden ist einfacher als ansetzen**.

Es sind genau die oben genannten Gründe die mich veranlassen zu den beschriebenen Antennen keine Massangaben oder Formeln anzugeben. Es geht mir in erster Linie darum das Verständnis zu wecken wie man eine Antenne aufbaut und welche Eigenschaften man von ihr erwarten kann.

Mit etwas nachdenken und mit gesundem Menschenverstand lassen sich die zu erwarten-

Rund um die Antenne

Teil 4: Antennen-Theorie, Antennensimulation

den Drahtlängen relativ leicht bestimmen. Der Rest ist „fine tuning“. Da gilt es die Antenne auf Grund von Messungen, die wirklich den Einsatzort repräsentieren, so hinzutrimmen, dass sich die gewünschte Resonanzfrequenz und andere Eigenschaften einstellen.

Trotzdem gibt es einige Formeln die man im Kopf behalten sollte:

Die wichtigste Formel ist die Formel der Umrechnung von Frequenz in Wellenlänge und umgekehrt.

Wellenlänge:

$$\lambda \text{ (m)} = \frac{300'000}{f \text{ (kHz)}}$$

oder

$$f \text{ (kHz)} = \frac{300'000}{l \text{ (m)}}$$

wobei:

l = Länge in Meter
f = Frequenz in kHz

Eine gewisse Hilfe bietet auch die Formel zur Berechnung der Dipollängen. Und hier beginnen bereits die Probleme. In der Literatur findet man dazu diverse Formeln, die zwar alle in der gleichen Grössenordnung liegen, die aber voneinander leicht abweichen. Dies hängt ganz einfach damit zusammen, dass man die exakte Resonanzfrequenz eines Dipols an einem bestimmten Standort gar nicht mit hoher Präzision voraussagen kann. Abweichungen im Bereich von einigen Prozent sind normal.



Dipollänge:

$$l \text{ (m)} = \frac{142'000}{f \text{ (kHz)}}$$

Die obige Formel findet man häufig in europäischen Antennenbüchern. In der amerikanischen Literatur findet man durchwegs folgende Formel:

$$l \text{ (ft)} = \frac{468}{f \text{ (MHz)}}$$

wobei:

l = Länge in Fuss (1 Fuss = 0.3048 m)
f = Frequenz in MHz

Wenn man das in unsere gewohnte Form umrechnet, dann erhält man:

$$l \text{ (m)} = \frac{142'650}{f \text{ (kHz)}}$$

wobei:

l = Länge in Meter
f = Frequenz in kHz

Rund um die Antenne

Teil 4: Antennen-Theorie, Antennensimulation

Bei genauer Betrachtung sieht man, dass für eine bestimmte Frequenz zwischen der Länge von $\lambda/2$ (halbe Wellenlänge) und der Länge für den Dipol Unterschiede in der Grössenordnung von 5 % bestehen. Die Dipollänge gemäss Formel ist um ca. 5 % kürzer als die Länge für $\lambda/2$ gemäss der Formel für die Wellenlänge.

Da ich ein Verfechter des Prinzips „Drahtlänge + 5 %“ bin rechne ich immer mit der Formel für die Wellenlänge. In der Praxis bedeutet dies, dass die Resonanzfrequenz jeder Antenne die ich baue zuerst einmal etwas zu tief liegt. Eine Messung, die an der echten Antenne am echten Standort gemacht wird, zeigt mir um wie viel ich die Antenne kürzen muss um die optimale Drahtlänge an meinem eigenen Standort zu erhalten.

Einfach ... oder nicht ?

In der Praxis interessieren uns folgende Werte:



- Lambda (λ) = Wellenlänge
- Lambda Halbe ($\lambda/2$) = Halbwelle
- Lambda Viertel ($\lambda/4$) = Viertelwelle

Als Hilfsmittel zur Bestimmung dieser Werte für die einzelnen Amateurfunkbänder diene die nachstehende Tabelle:

Band (m)	Frequenz (kHz)	λ (m)	$\lambda/2$ (m)	$\lambda/4$ (m)
160	1'810	165.75	82.88	41.44
	2'000	150.00	75.00	37.50
80	3'500	85.70	42.86	21.43
	3'800	78.95	39.47	19.77
40	7'000	42.86	21.43	7.14
	7'200	41.66	20.83	10.42
30	10'100	29.70	14.85	7.43
	10'150	29.56	14.78	7.39
20	14'000	21.43	10.71	5.36
	14'350	20.91	10.45	5.23
17	18'068	16.60	8.30	4.15
	18'168	16.52	8.26	4.13
15	21'000	14.29	7.14	3.57
	21'450	13.98	6.99	3.50
12	24'890	12.05	6.03	3.01
	24'990	12.00	6.00	3.00
10	28'000	10.71	5.36	2.68
	29'700	10.10	5.05	2.53

4.4 Graphische Darstellung der Strom- und Spannungsverteilung auf einer Antenne

Um das Funktionieren einer Antenne wirklich zu verstehen kommt man nicht darum herum sich mit der Verteilung von Strom und Spannung auf der Antenne auseinander zu setzen. Jeder kennt die netten Diagramme die in den Antennenbüchern gezeigt werden. Wenn er diese Diagramme sieht, dann nickt jeder und sagt: „Jawohl, so ist es !“

Beim praktischen Antennenbau kommt es dann immer wieder vor, dass derselbe OM, der so schön genickt hat, einen Antennendraht aufhängt, und zwar vollkommen unbelastet von all diesen Weisheiten wie sie in den Antennenbüchern stehen.

Fazit:

Die Antenne lässt sich auf allen oder auch nur auf gewissen Bändern nicht abstimmen, das SWR stinkt zum Himmel, wenn man den Transceiver berührt dann „schmiert es einem einen“, etc.

Kommentar: **... es ist halt eine schlechte Antenne !**

Wie schon früher ausgeführt, von der Theorie her lässt sich jeder beliebige Draht auf jeder Frequenz als Antenne benutzen, alles ist nur eine Frage der Anpassung.

In der Praxis geht es darum die Speisepunktimpedanz zu kennen oder zum mindestens einigermaßen die Größenordnung der Speisepunktimpedanz abschätzen zu können.

Es gibt ja eine alte Weisheit die besagt: **Ein Bild sagt mehr als tausend Worte.**

Es hilft sehr wenn man gewisse Dinge die einem nicht ganz klar sind mit einer graphischen Methode darzustellen versucht, also **„sich ein Bild davon macht“**.

Um mir ein Bild von den Vorgängen auf dem Antennendraht zu machen verwende ich eine Primitiv-Methode:

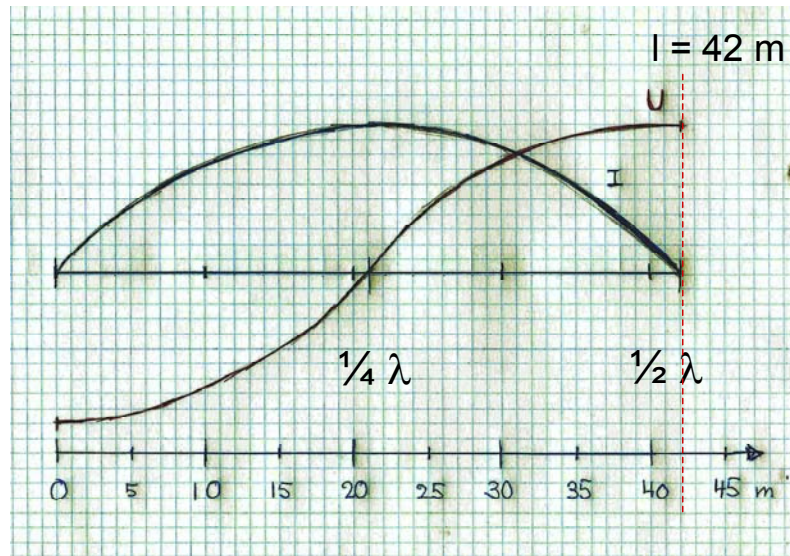
- Man nehme einen Zeichenblock, z.B. 4 mm kariert
- Man zeichne einen Massstab ein, z.B. in m
- Man zeichne massstäblich eine halbe Wellenlänge ($\lambda/2$) ein
- Man zeichne nun innerhalb des Bereiches von $\lambda/2$ den Stromverlauf ein
- Man zeichne nun innerhalb des Bereiches von $\lambda/2$ den Spannungsverlauf ein

- Bei Antennenlängen von $> \lambda/2$ zeichnet man einfach die gesamte Antennenlänge und verlängert die Sinuskurven für Strom und Spannung entsprechend.

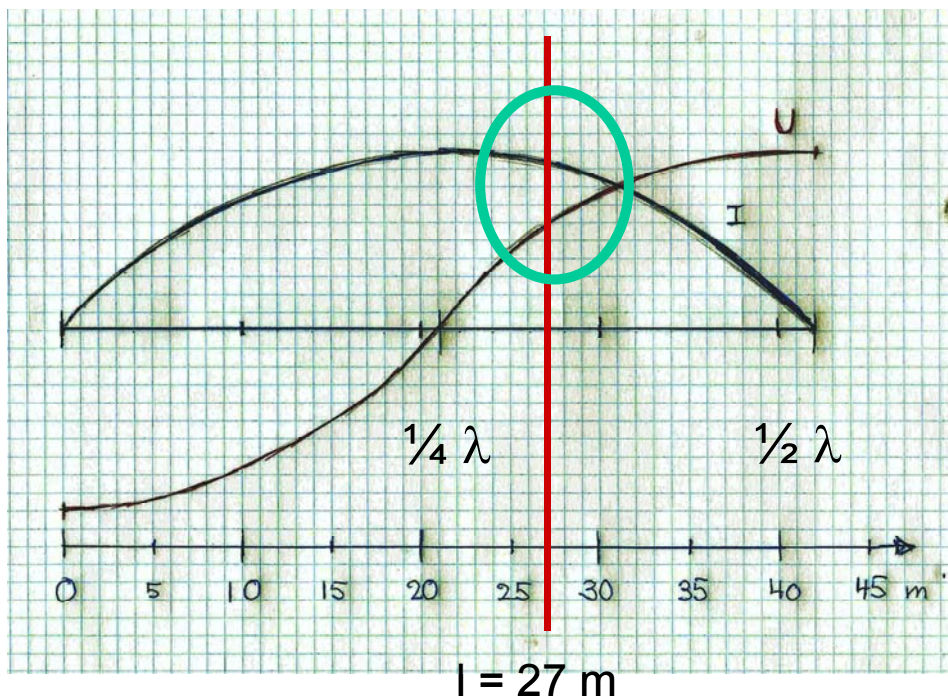
Das sieht dann für einen 80 m Dipol etwa so aus:

Rund um die Antenne

Teil 4: Antennen-Theorie, Antennensimulation



Als Übung soll es nun darum gehen die Speisepunktimpedanz einer 27 m langen Drahtantenne auf dem 80 m Band abzuschätzen.



Ich zeichne also bei 27 m einen Strich. Dort wo der Strich die Sinuskurven für U und I kreuzt sehe ich in etwa welche Speisepunktimpedanz zu erwarten ist.

Pro Memoria:

Viel Strom und wenig Spannung
Viel Spannung und wenig Strom
Etwas Strom und etwas Spannung

→ niederohmig (gut für Anpassung an Koax-Kabel)
→ hochohmig (ein Fall für die Hühnerleiter)
→ irgendetwas dazwischen (ein Fall für den Antennenkoppler)

Im vorliegenden Fall ersehen wir, dass die Speisepunktimpedanz zwar im hochohmigen Bereich liegt, wir aber immer noch weit entfernt sind von reiner Spannungsspeisung. Wir

Rund um die Antenne

Teil 4: Antennen-Theorie, Antennensimulation

haben also gute Chancen, dass wir diese Antenne gegen Erde mit einem 1:9 Balun ($50\ \Omega$ / $450\ \Omega$) oder einem automatischen Antennenkoppler am Antennenspeisepunkt vernünftig anpassen können. Was wir hier noch nicht kennen ist der Einfluss des Erddrahtes, der ja bei dieser Antennenkonfiguration auch an der Strahlung beteiligt ist.

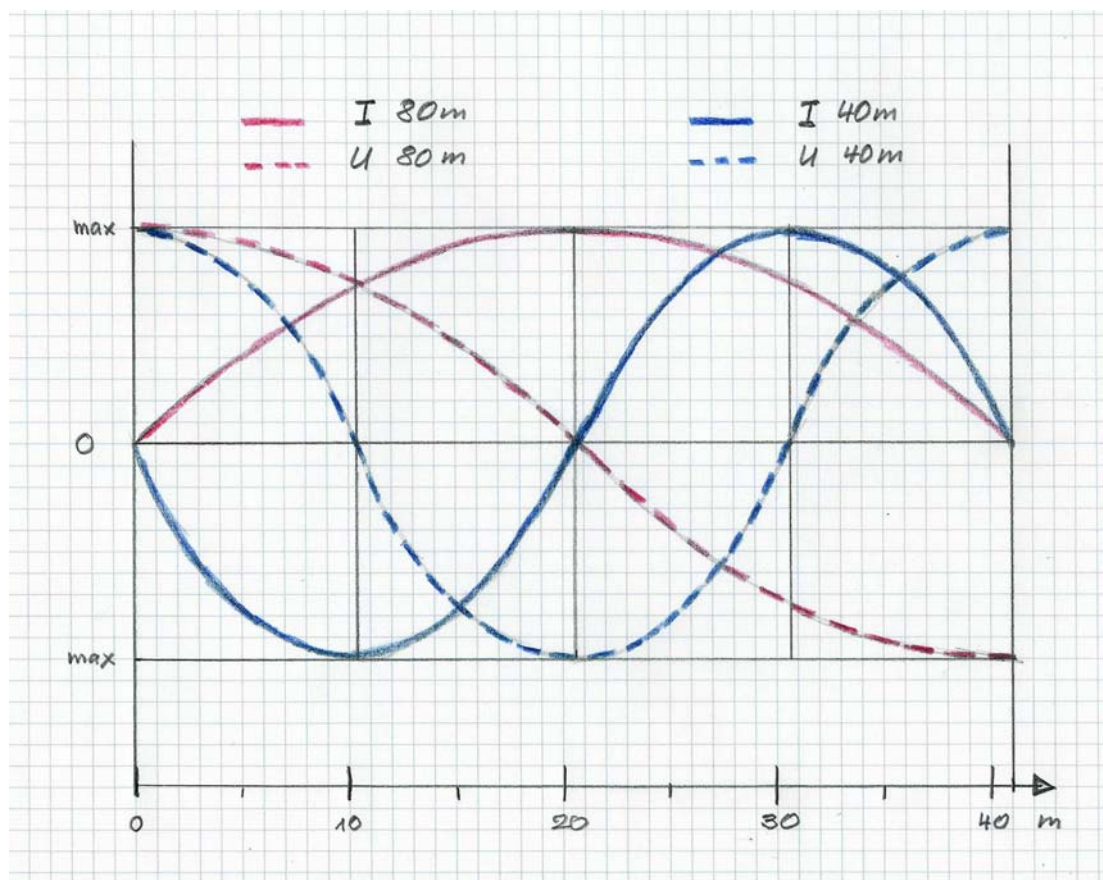
Ab und zu taucht auch die Frage auf:

Kann ich einen 80 m Dipol auch für das 40 m Band verwenden ?

Auch hier hilft die Primitiv-Methode weiter.

Ich zeichne ganz einfach die Sinuskurven für Strom und Spannung sowohl für das 80 m Band wie auch das 40 m Band massstäblich ein.

Als Resultat erhalte ich das nachstehende Bild:



Was zeigt uns diese Zeichnung:

- Auf dem 80 m Band herrscht am Speisepunkt ein Strombauch
Auf dem 40 m Band herrscht am Speisepunkt ein Spannungsbauch

Fazit:

- Die Antenne lässt sich zwar auf dem 80 m mittels einem Koaxialkabel $50\ \Omega$ speisen.
- Auf dem 40 m Band liegt reine Spannungsspeisung vor. Somit ist Speisung mittels einem Koaxialkabel nicht möglich und auch der Antennenkoppler würde diese Impedanz nicht verdauen. Ein Betrieb auf dem 40 m Band wäre höchstens mittels einer Hühnerleiter (symmetrisches Speisekabel) und einem speziellen symmetrischen Antennenkoppler möglich.

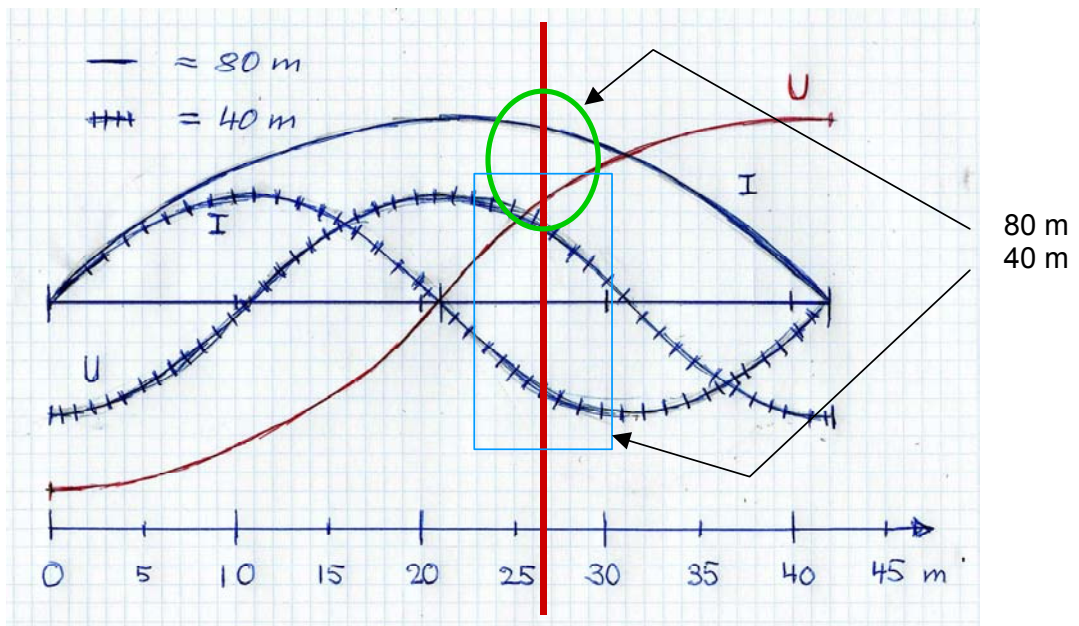
Rund um die Antenne

Teil 4: Antennen-Theorie, Antennensimulation

Wir lassen nun unsere Gedanken wieder zum 27 m Draht zurückschweifen.

Wie verhält sich dieser Draht auf dem 40 m Band ?

- Auch hier zeichnen wir wieder die Sinuskurven für Strom und Spannung massstäblich für beide Bänder ein. Wir zeichnen auch wieder den vertikalen Strich bei 27 m



Was zeigt uns diese Zeichnung:

- Auf dem 80 m Band finden wir eine Speisepunktimpedanz im hochohmigen Bereich.
- Auf dem 40 m Band finden wir ebenfalls eine Speisepunktimpedanz im hochohmigen Bereich.
- Der 27 m lange Draht müsste sich sowohl auf dem 80 m Band wie auch auf dem 40 m Band gegen Erde mit einem 1:9 Balun ($50 \Omega / 450 \Omega$) oder einem automatischen Antennenkoppler vernünftig anpassen lassen. Was wir hier noch nicht kennen ist der Einfluss des Erddrahtes, der ja bei dieser Antennenkonfiguration auch an der Strahlung beteiligt ist. Wir könnten die Zeichnung natürlich noch entsprechend ergänzen.

Die geschilderte Primitiv-Methode hat den Vorteil, dass man abgesehen von einem Zeichnungsblock sowie einem Bleistift über keinerlei Hilfsmittel (PC etc.) verfügen muss. Man kann im Notfall auf der grünen Wiese oder wo auch immer eine kleine Skizze anfertigen. Daraus ersieht man dann was auf der Antenne passiert und die Grössenordnung der Speisepunktimpedanz die einem erwartet lässt sich abschätzen.

4.5 Antennen-Simulations-Software

In den letzten Jahren sind sehr gute Antennen-Simulations Programme auf den Markt gekommen, die es einem erlauben die grundsätzlichen Eigenschaften einer Antenne vorauszusagen.

Allen diesen SW-Packages ist eines gemeinsam



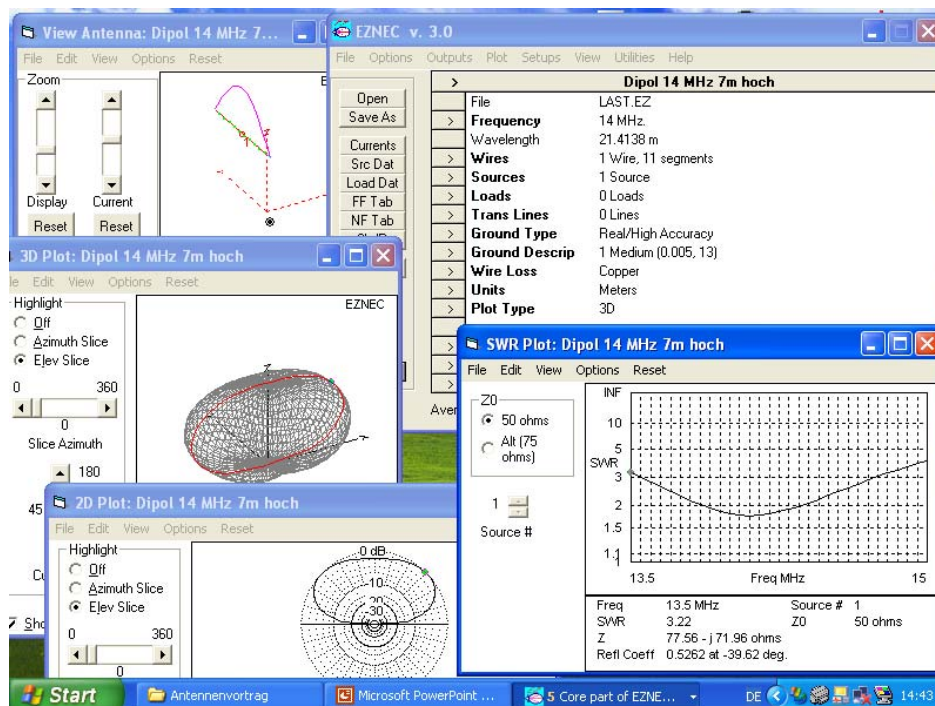
- Sie sind ausgereift
- Sie bringen sehr gute Resultate
- Sie rechnen immer mit den Vorgaben die man ihnen eingibt
- Sie rechnen mit einem Standort „auf der grünen Wiese“

... **ABER** ...

- Wer kennt schon alle Parameter und Störfaktoren seines Antennenstandortes

Bei mir ist das Programm EZNEC von Roy Lewallen, W7EL, in Gebrauch. Viele Zeichnungen zu den verschiedenen Antennenformen die behandelt werden stammen von Simulationen die ich mit Hilfe des EZNEC Programms durchgeführt habe.

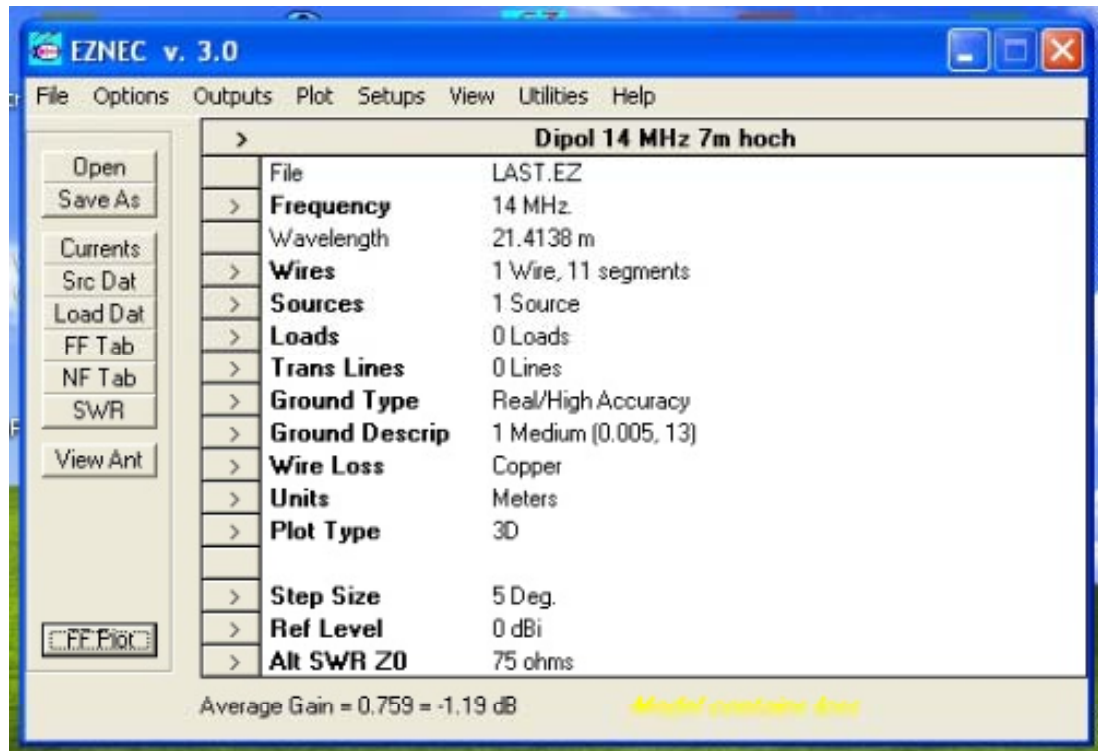
Deshalb einige Angaben zu diesem Programm:



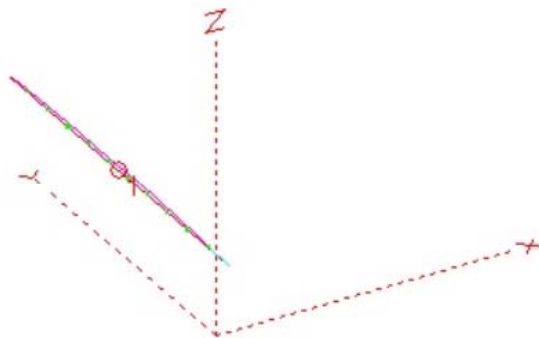
Hier eine kleine Übersicht über die vielfältigen Bildschirm-Darstellungen.

Rund um die Antenne

Teil 4: Antennen-Theorie, Antennensimulation



Die Basis-Ansicht. Hier können alle Parameter verändert und definiert werden.



Diese Darstellung zeigt einen Dipol, der aus einem Draht (1) besteht. Der Speisepunkt sitzt in der Mitte. Er ist durch den kleinen Kreis in der Mitte des Drahtes symbolisiert.

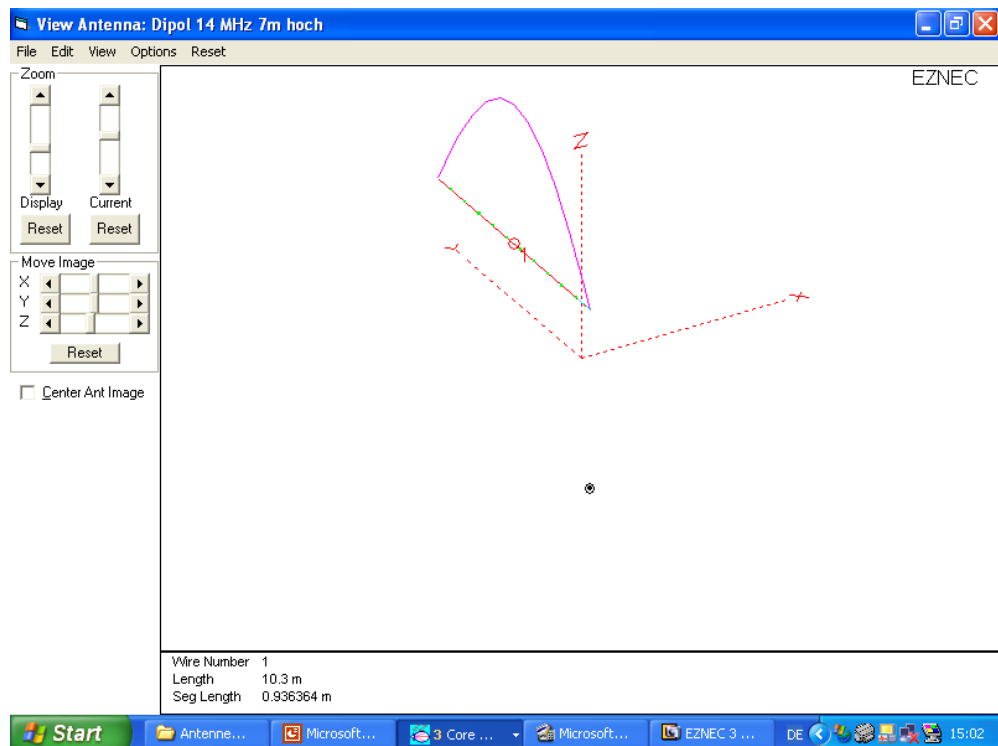
The screenshot shows the 'Wires' window in EZNEC. It has tabs for 'Wire' and 'Other'. There are checkboxes for 'Coord Entry Mode' and 'Preserve Connections'. Below is a table with the following data:

No.	End 1				Conn	End 2				Diameter (mm)	Segs
	X (m)	Y (m)	Z (m)			X (m)	Y (m)	Z (m)			
1	0	0	7			0	10.3	7		1	11

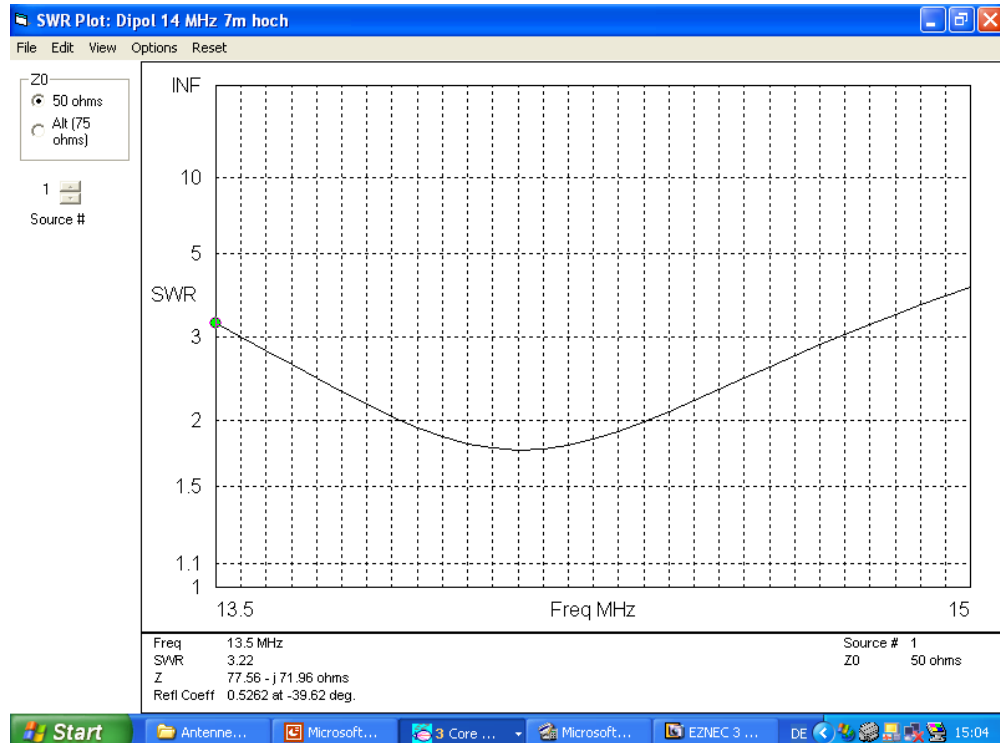
Die Endpunkte der Drähte werden in dieser Liste in Form von X, Y, Z – Koordinaten im Raum definiert.

Rund um die Antenne

Teil 4: Antennen-Theorie, Antennensimulation



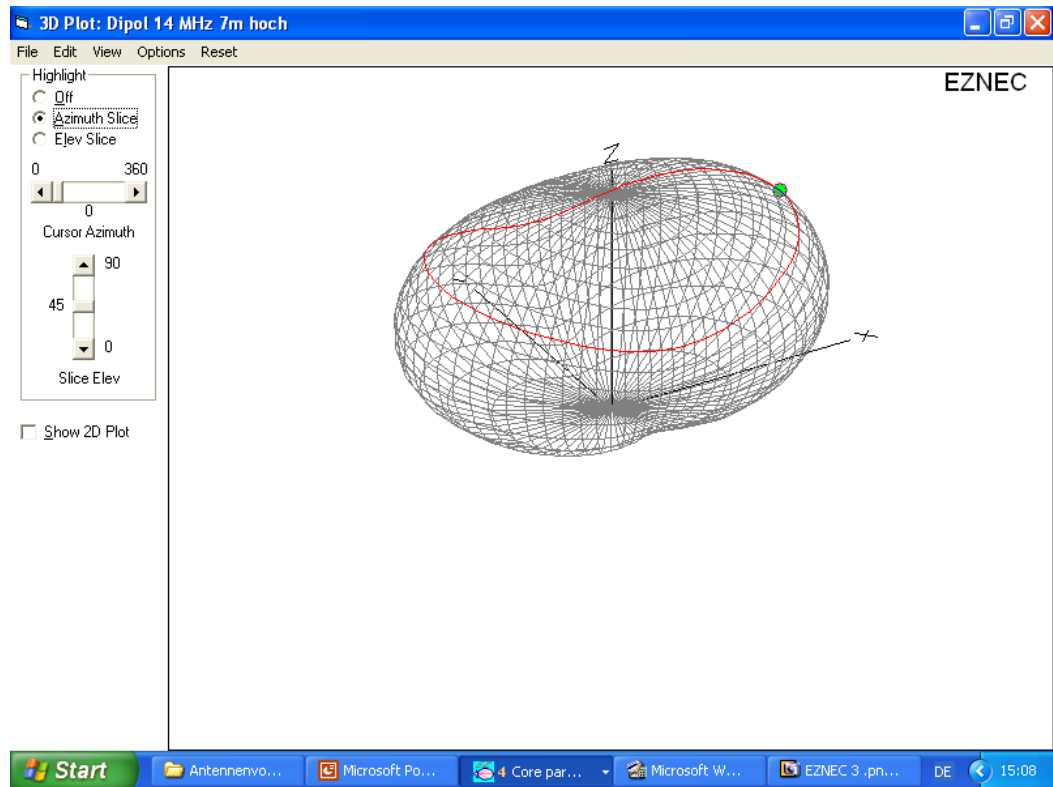
Hier derselbe Dipol nochmals im X, Y, Z – Koordinatenfeld dargestellt. Zusätzlich ist noch die Stromverteilung auf dem Dipol eingezeichnet.



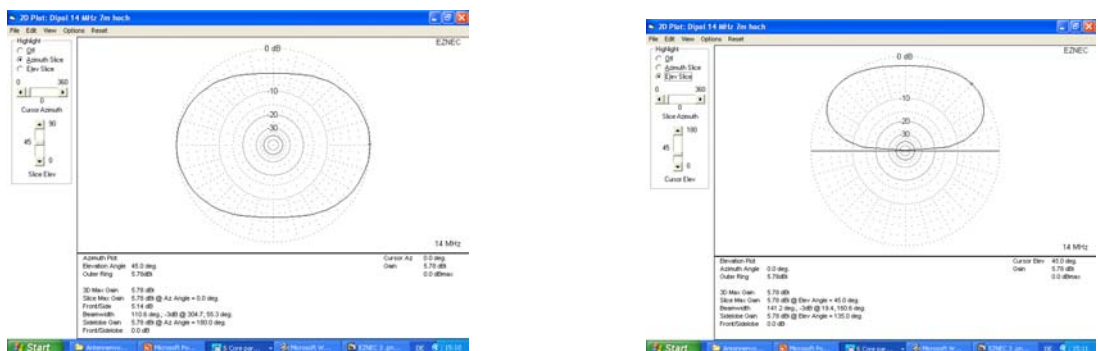
Hier die Darstellung der SWR Kurve.

Rund um die Antenne

Teil 4: Antennen-Theorie, Antennensimulation



Hier die Richtcharakteristik der Antenne in 3-D-Form.



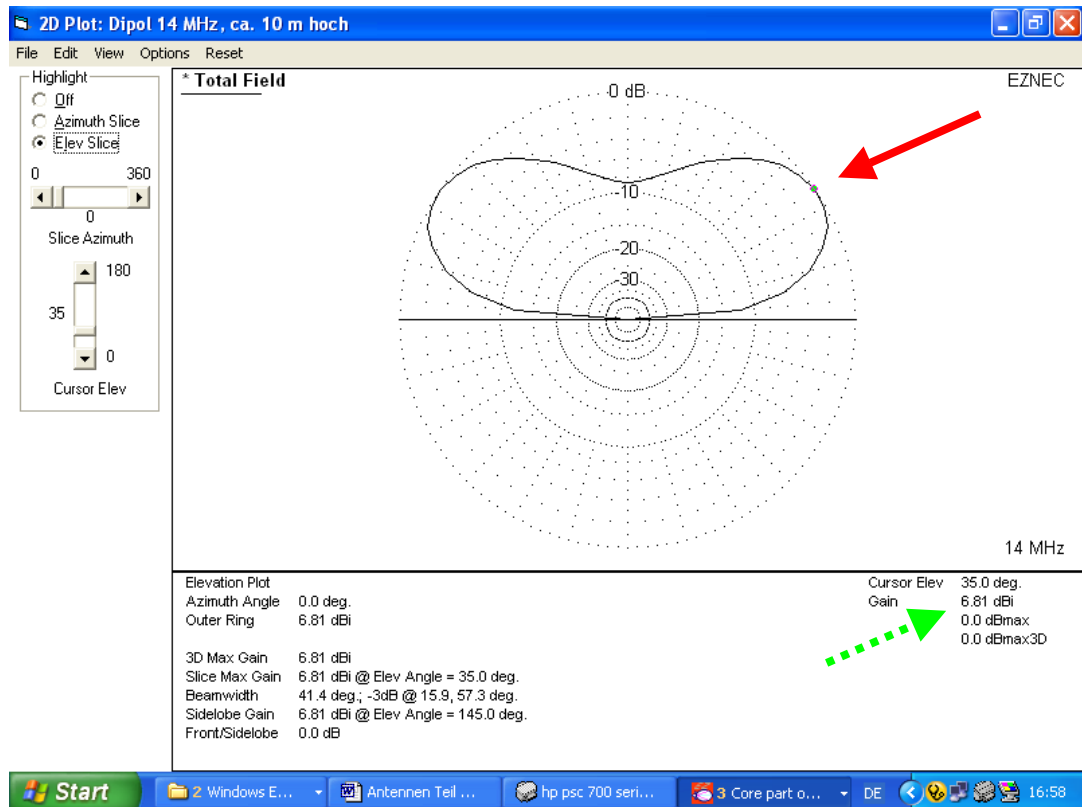
Die 3-D-Darstellung lässt sich noch aufteilen in ein Horizontal-Diagramm (Azimuth-Diagramm) und in ein Vertikal-Diagramm (Elevations-Diagramm).

Zum besseren Verständnis der Angaben die in diesen Horizontal- und Vertikal-Diagrammen enthalten sind betrachte wir einmal solche Diagramme in Grossformat und zwar für einen Dipol der für das 20 m Band (14 MHz) ausgelegt ist und ca. 10 m über Grund aufgehängt ist.

Zuerst betrachten wir das Vertikal-Diagramm, auch Elevations-Diagramm genannt. Dieses zeigt die Richtwirkung einer Antenne in Funktion des Abstrahlwinkels.

Rund um die Antenne

Teil 4: Antennen-Theorie, Antennensimulation



Der **rote Pfeil** weist auf ein kleines Pünktchen im Diagramm hin. Dies ist der 0 dB Punkt. Im Klartext heisst das: Unter diesem Abstrahlwinkel haben wir den grössten Antennengewinn.

Der **grüne gepunktete Pfeil** unten im Text zeigt uns eine wichtige Angabe. Er zeigt auf die Stelle an der der Gain, also der Antennengewinn, angegeben ist. Der Antennengewinn ist ausgedrückt in dBi, also in Referenz zum Isotropen Strahler.

Der 0 dB Punkt der Antenne ist also der Antennengewinn an dem Abstrahlwinkel und an dem Azimuth wo die höchste abgestrahlte Leistung auftritt. Alle anderen im Diagramm gezeigten Werte sind „minus dB-Werte“. Dies bedeutet, an der betreffenden Stelle minus so und so viel dB anliegen und zwar in Relation zum maximalen Antennengewinn.

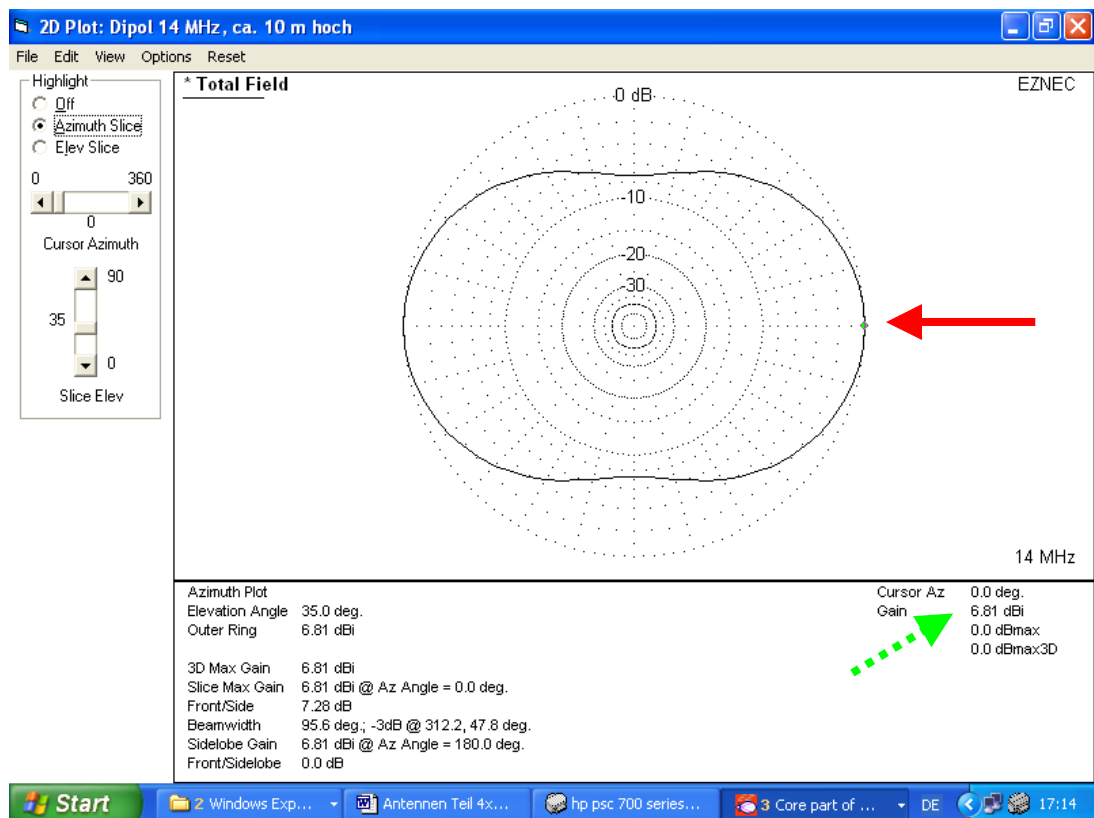
Wenn ich das EZNEC Programm auf meinem PC geöffnet habe und damit rechne, dann kann ich das kleine Pünktchen beliebig auf der Kurve verschieben und ich erhalte dann an der Stelle wo der grüne gepunktete Pfeil hinzeigt automatisch den Gain, d.h. den Gewinn unter diesem Abstrahlwinkel.

Im Text selbst werden noch viele andere nützliche Angaben gemacht. Diese alle zu beschreiben würde den Rahmen dieses Beitrages sprengen.

Als nächstes betrachten wir das Horizontal-Diagramm, auch Azimuth-Diagramm genannt. Dieses zeigt die Richtwirkung einer Antenne in Funktion der Kompass-Rose.

Rund um die Antenne

Teil 4: Antennen-Theorie, Antennensimulation



Auch bei diesem Diagramm:

Der **rote Pfeil** weist auf ein kleines Pünktchen im Diagramm hin. Dies ist der 0 dB Punkt. Im Klartext heisst das: Unter diesem Winkel in der Kompass-Rose haben wir den grössten Antennengewinn.

Der **grüne gepunktete Pfeil** unten im Text zeigt uns eine wichtige Angabe. Er zeigt auf die Stelle an der der Gain, also der Antennengewinn, angegeben ist. Der Antennengewinn ist ausgedrückt in dBi, also in Referenz zum Isotropen Strahler.

Der 0 dB Punkt der Antenne ist also der Antennengewinn an dem Azimuth und an dem Abstrahlwinkel wo die höchste abgestrahlte Leistung auftritt. Alle anderen im Diagramm gezeigten Werte sind „minus dB-Werte“. Dies bedeutet, an der betreffenden Stelle minus so und so viel dB anliegen und zwar in Relation zum maximalen Antennengewinn.

Was bei diesen Diagrammen auffällt ist weniger die Richtwirkung des gewählten Dipols sondern die Zahl für den Gain, d.h. den Antennengewinn. EZNEC weist für diese Antenne einen max. Gewinn von 6.81 dBi aus. Wenn wir bei der Vorbereitung auf die Amateurfunkprüfung unter dem Thema Antennentechnik aufgepasst haben, dann wissen wir:

- Ein isotroper Strahler (= Kugelstrahler) hat einen Gewinn von 0 dBi.
- Ein Dipol weist einen Gewinn von 2.15 dBi auf

Dies sind Werte wie sie in jedem Lehrbuch nachzulesen sind, und was im Lehrbuch steht kann ja nicht falsch sein, ... oder etwa doch ?

Des Rätsels Lösung liegt darin wie man eine Antenne definiert. Der Dipol weist tatsächlich einen Gewinn von 2.15 dBi auf, allerdings nur im Freiraum und nur bei einem verlustlosen Leiter. Wer aber hängt schon seinen Dipol im Freiraum, d.h. irgendwo im Weltraum auf.

Rund um die Antenne

Teil 4: Antennen-Theorie, Antennensimulation

Unser Dipol hängt in der real existierenden Welt und zwar in einer Höhe von ca. 10 m. Hier kommt nun die Bodenreflexion ins Spiel. Ein Teil der abgestrahlten Energie wird nämlich vom Boden reflektiert und trägt ebenfalls zur Abstrahlung bei. In der EZNEC Software besteht die Möglichkeit die Bodenleitfähigkeit vorzugeben. Ich rechne im allgemeinen mit einer Leitfähigkeit von 0.005 S/m (Siemens pro Meter) und einer Dielektrizitätskonstante von 13. Dies entspricht einer durchschnittlichen Bodenleitfähigkeit in ländlichen Gebieten, ohne allzu viel Grundwasser an der Oberfläche.

Wie genau die Bodenleitfähigkeit am eigenen Standort ist weiss man eigentlich nie genau. Aus Erfahrung wissen wir alle:

- Wenn eine Antenne über Grundwasser steht (Grundwasserspiegel möglichst an der Oberfläche), dann ist die Abstrahlung super. Dies ist das Geheimnis der starken Signale unserer Kollegen aus Belgien, Holland, Deutschland an der Küste, Skandinavien und dem Baltikum. Die meisten dieser OM's sitzen förmlich auf dem Grundwasser und stellen mit ihren Stationen Signale hin, dass uns hören und sehen vergeht.
- Die besten Abstrahleigenschaften hat eine Antenne über Salzwasser, also bei „.../mm“-Betrieb von einem Ozeandampfer aus.
- In der Schweiz und generell in Mitteleuropa haben wir im allgemeinen eine mittelmässige Bodenleitfähigkeiten aufzuweisen.
- Eine Antenne die auf reinem Fels steht zeigt im allgemeinen nur dürftige Resultate.

Wenn wir uns einer Analyse-SW bedienen, dann können wir verschiedene Antennentypen miteinander vergleichen. Solange wir uns bei der Simulation derselben Randbedingungen bedienen, also z.B. immer mit derselben Bodenleitfähigkeit rechnen, dann ist der Vergleich in Ordnung. Die Gewinnzahlen in dBi mögen vermutlich nur in den seltensten Fällen exakt mit der Realität übereinstimmen, im Vergleich sind sie trotzdem richtig.

- Die generellen Eigenschaften einer Antenne werden korrekt wiedergegeben.
- Im Vergleich sehen wir ganz klar, welche Antenne unter welchen Betriebsbedingungen die Nase vorn hat.

Damit ist ja der Zweck des Vergleichs bereits erreicht.

Noch einige Tipps zum Thema Antennen Simulation:

Grundsätzlich gilt bei mir die Parole:

... und EZNEC hat doch Recht !

Wenn man eine real existierende oder eine real aufzubauende Antenne simulieren will, dann besteht die Schwierigkeit eigentlich nur darin alle Parameter richtig einzugeben. Für alles was man nicht speziell definiert, wird ein Default-Wert eingesetzt, der idealisierend wirkt.

Wenn man also z.B. als Antennen-Draht den robusten Swiss-Army Felddraht verwendet, dann sollte man tunlichst bei der Rubrik „Wire Loss“ den Drahttyp „Zinc“ wählen. So wird der höhere ohmsche Widerstand des Drahtes auch einigermassen korrekt berücksichtigt.

Eine weitere Schwierigkeit besteht darin die Umgebung, soweit sie störend auf die Antenne einwirken kann, mit zu simulieren. Im allgemeinen sind das Leitungen (Strom, Telefon) aber auch Blitzableiterdrähte, Eisengeländer etc. ja sogar das Armieren im Beton kann die Abstrahlung beeinträchtigen.

Ein anderes Thema ist die bereits angesprochene Leitfähigkeit des Bodens (Ground Type). Wer hier nichts definiert simuliert seine Antennen im „free space“ oder im besten Falle unter

Rund um die Antenne

Teil 4: Antennen-Theorie, Antennensimulation

„perfect ground“. Ich arbeite meistens mit der Einstellung „Ground type = Real, Untergruppe = MININEC“ oder mit „Ground type = Real, Untergruppe = high accuracy“.

Ein weiterer bereits angeschnittener Punkt sind die angegebenen „Gain“-Werte, also die Gewinn-Werte. Diese sind immer auf „dbi“ bezogen, also auf einen isotropen Strahler. Verglichen mit dem isotropen Strahler weist ein „full-size“ Halbwellendipol einen Gewinn von 2.15 db auf. Aber, auch dies ist ein rein theoretischer Wert der nur in Freiraum stimmt, d.h. wenn man die Antenne irgendwo im Weltraum aufbaut.

Dies gilt es zu berücksichtigen. Ich selbst nehme die Gewinn-Angaben nicht allzu ernst, ich verwende sie aber gerne als Vergleichsbasis für verschiedene Antennenversionen, die alle unter den gleichen Randbedingungen gerechnet werden.

Ich habe es schon erlebt, dass sich eine von mir aufgebaute Antenne anders verhalten hat als es die Voraussagen von EZNEC erwarten liessen. Ich habe es dann nicht einfach dabei bewenden lassen, sondern ich habe mich bemüht herauszufinden woher die Unterschiede kamen. Ich habe einen möglichen Störfaktor nach dem anderen im EZNEC eingetragen. Das begann beim Material des Antennendrahtes (z.B. Swiss-Army Felddraht anstatt Cu-Draht), ging weiter über Elektrizitäts- und Telefonzuleitungen, Blitzableiteranlage am Haus, benachbarte Antennen etc. Am Schluss hatte ich ein recht gutes Bild darüber warum sich bei dieser Antenne die vorausgesagten „guten Eigenschaften“ nur andeutungsweise einstellten.

Deshalb sage ich: ... **und EZNEC hat doch Recht !**

Rund um die Antenne

Praxisorientierte Antennenkunde für Funkamateure

Teil 5:
Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

Max Rüegger, HB9ACC

Allen Freunden des Selbstbaus gewidmet

Rund um die Antenne

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

Inhaltsverzeichnis

	Seite
5	Rund um die Antenne, Teil 5
	Vorwort 5
5.1	Dipole und Dipol-artige Antennen 7
5.1.1	Der Dipol, ein Klassiker 7
5.1.1.1	Aufbauformen des Dipols 7
5.1.1.2	Der klassische resonante Dipol 8
5.1.1.2.1	Abstrahleigenschaften eines klassischen Dipols in Relation zur Aufbauhöhe 9
5.1.1.2.2	Wo bleiben denn die 2.15 dBi Gewinn die ein Dipol theoretisch haben soll? 10
5.1.1.2.3	Gewinn beim real existierenden Dipol 11
5.1.1.2.4	Einfluss der Bodenbeschaffenheit 11
5.1.1.2.5	Die Antennenspeisepunkt Impedanz 12
5.1.1.2.6	Parameteränderungen in Funktion der Aufbauhöhe 12
5.1.1.2.7	Horizontaler Dipol versus inverted Vee 13
5.1.1.3	Der Dipol als Mehrbandantenne 14
5.1.1.3.1	Der Dipol als Mehrbandantenne 80 – 30 – 17 – 12 m 15
5.1.1.3.2	Der Dipol als Mehrbandantenne unterhalb der Resonanzfrequenz 16
5.1.1.4	Der Dipol mit symmetrischer Speiseleitung 17
5.1.2	Mehrband-Antennen auf Dipol Basis 19
5.1.2.1	Rollmeter Dipol 19
5.1.2.2	Mehrband-Dipole 20
5.1.3	Aussermittigt gespeiste Antennen 22
5.1.3.1	Windom Antennen 22
5.1.3.2	Stromsummen Antenne 26
5.1.4	Trap Antennen 27
5.2	Langdraht Antennen 31
5.2.1	Echte Langdrahtantennen 31
5.2.2	Unechte Langdrahtantennen 35
5.2.2.1	Praktisches Beispiel einer unechten Langdrahtantenne 36
5.2.2.1.1	Betrachtungen zur Speisepunktimpedanz 38
5.2.2.1.2	Welcher Antennenkoppler 38
5.2.2.1.3	Aus einem unechten Langdraht wird eine echte Langdraht Antenne 39
5.2.2.1.4	Was passiert wenn wir vergessen zu Erden ?

Rund um die Antenne

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

Vorwort

Die erste Version dieses Dokumentes, damals unter dem Namen „Drahtantennen Praktikum“, ist zu dem Zeitpunkt entstanden als allen YL's und OM's deren Funkverkehr sich bisher auf Frequenzen oberhalb 30 MHz beschränkt hat damals neu den Zugang zur Kurzwelle erhalten haben.

Ich habe das Dokument damals meinen Freunden und Amateurfunke-Kollegen zur Verfügung gestellt. Das grosse Echo, das dadurch ausgelöst wurde hat, hat mich bewogen das Dokument laufend zu überarbeiten und weitere Erfahrungen einfließen zu lassen.

Einige Bemerkungen zum Dokument:

- Dieses Dokument ersetzt kein Antennenbuch und es enthält keine Kochrezepte. Mein Ziel war es die Materie von der praktischen Seite her anzugehen. Überdies ist es ein Ziel von mir das Verständnis für Antennen im allgemeinen und Drahtantennen im speziellen zu wecken. Die dazugehörigen Formeln, die es einem erlauben die Drahtlängen zu berechnen, findet man in jedem Antennenbuch. In jedem Antennenbuch finden sich auch jede Menge Formeln deren Herleitung wohl nur für wenige von uns nachvollziehbar ist. Ich versuche mit Betrachtungen über den Spannungs- und Stromverlauf auf Antennen das Verständnis für Probleme der Anpassung, SWR etc. zu wecken.
- Das Dokument enthält auch Information rund um die Antenne, also Materialkunde, Informationen über Speiseleitungen, Baluns, nützliche Messgeräte etc.
- Das Dokument befasst sich nicht mit Mehrelementantennen, wie Yagis, Mehrelement Quads, etc. Es beschränkt sich weitgehend auf Antennenformen die vom „ganz normalen OM“ im Selbstbau erstellt werden können.
- Dieses Dokument enthält wahrscheinlich nichts was man nicht auch anderswo nachlesen könnte.
- Dieses Dokument hat keinen kommerziellen Hintergrund. Ich habe mir deshalb gestattet für gewisse Darstellungen auf vorhandene Schemas, Zeichnung, Skizzen etc. zurückzugreifen.
- Ich verwende im Text häufig den Ausdruck OM. Damit sind natürlich auch alle YL's und XYL's gemeint. Der Ausdruck OM hat einfach meine Schreibe vereinfacht. Man verzeihe mir das.

Auch wenn dieser Beitrag zum Thema Antennen nicht vor mathematischen Formeln und algebraischen Abhandlungen strotzt, ich persönlich habe als Fernmelde-Ingenieur keine Berührungsängste mit der Theorie und der Mathematik. Ganz im Gegenteil. Ich selbst versuche immer wieder die Aussagen die ich mache mathematisch und von der Theorie her zu unterlegen.

Ich habe aber volles Verständnis für alle OM's die mit der Mathematik nicht unbedingt auf Du und Du sind und die sich lieber mit den praktischen Belangen auseinandersetzen. Wer einmal die grundlegenden Elemente der Antennentechnik verstanden hat, der ist in der Lage irgendwo auf der Welt, ohne grosse Hilfsmittel, lediglich mit einem Metermass in der Hand Antennen zu erstellen die funktionieren.

Es ist mir wichtig Erklärungen und Anregungen zu geben die den Freunden des Selbstbaus weiterhelfen.

Rund um die Antenne

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

Das Dokument ist in 7 Teil-Dokumente aufgegliedert:

- **Teil 1**
 - allgemeine Hinweise
 - Materialkunde
 - Blitzschutz
 - Sicherheit
 - Masten
- **Teil 2**
 - Speisekabel
 - SWR
- **Teil 3**
 - Antennenkoppler
 - SWR-Meter
 - Instrumente
 - Baluns
- **Teil 4**
 - Antennen-Theorie
 - Antennen-Simulation
- **Teil 5**
 - Dipole
 - Windom-Antennen
 - Trap-Antennen
 - Langdraht-Antennen
- **Teil 6**
 - Ganzwellen-Dipol
 - L-Antennen
 - Sloper
 - Schleifenantennen
 - Vertikal-Antennen
- **Teil 7**
 - spannungsgespeiste resonante Antennen
 - verkürzte Antennen
 - Sonderformen verkürzter Antennen

Wichtiger Hinweis:

Die in dieser Dokumentation gemachten Angaben zu Schaltungen und Verfahren etc. werden ohne Rücksicht auf die Patentlage mitgeteilt. Sie sind ausschliesslich für Amateur- und Lehrzwecke bestimmt und dürfen nicht gewerblich genutzt werden. Der Autor hat die Angaben mit grösster Sorgfalt und nach bestem Wissen und seinen Erfahrungen zusammengestellt. Der Autor weist darauf hin, dass er weder Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für Folgen die auf fehlerhafte Angaben oder Auslegung direkt oder indirekt zurückgehen übernehmen kann.

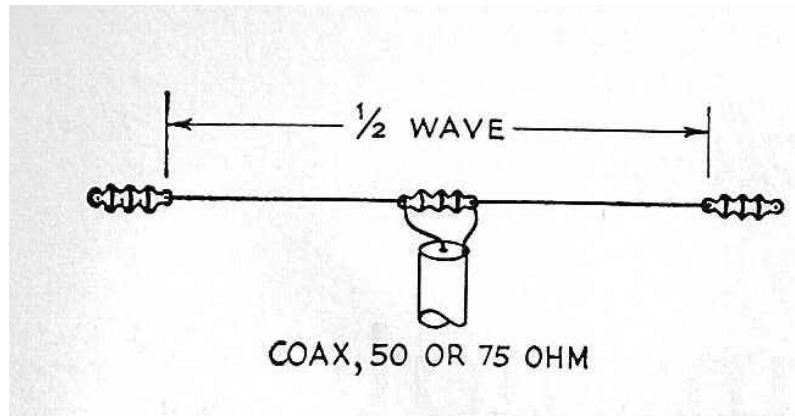
Ich wünsche allen OM's, YL's und XYL's viel Erfolg und Befriedigung mit unserem weltumspannenden schönen gemeinsamen Hobby Amateurfunk.

März 2007

73 de Max Rüegger / HB9ACC

5.1 Dipole und Dipol-artige Antennen

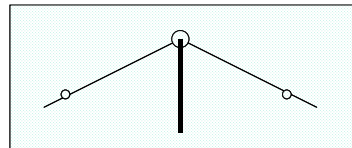
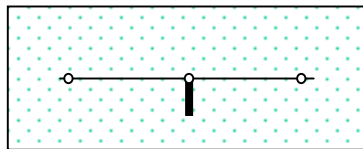
5.1.1 Der Dipol, ein Klassiker



Wer kennt ihn nicht, den klassischen Dipol. Eine der einfachsten und am leichtesten verständlichen Antennen überhaupt. Welches sind denn die Merkmale eines Dipols:

- Symmetrische Antenne
- Einfacher Aufbau
- Günstige Impedanz (65Ω) zur Speisung mit Koaxialkabel
- Lässt sich auch mit symmetrischem Kabel speisen
- Der Dipol mit Koaxialkabel-Speisung ist grundsätzlich eine EIN-BAND-Antenne, die sich zwar mit vernünftigem SWR auch auf ungradzahligen Harmonischen erregen lässt. Im KW-Amateurfunk besteht die am besten bekannte Möglichkeit darin einen für das 40 m Band ausgelegten Dipol auch für das 15 m Band zu benutzen.
- Bei der Verwendung eines Dipols auf ungradzahligen Harmonischen ist zu beachten, dass die Resonanzfrequenz immer etwas nach oben ansteigt. Bei einem Dipol der genau auf 7000 kHz abgeglichen ist kann man bei Betrieb mit der 3. Oberwelle (15 m Band) nicht mit einer Resonanzfrequenz von 21000 kHz rechnen. Die reale Resonanzfrequenz liegt in der Gegend von 21400 – 21500 kHz. Gegen das untere Band-Ende hin steigt dann das SWR schon soweit an, dass sich die Verwendung eines Antennenkopplers aufdrängt.

5.1.1.1 Aufbauformen des Dipols



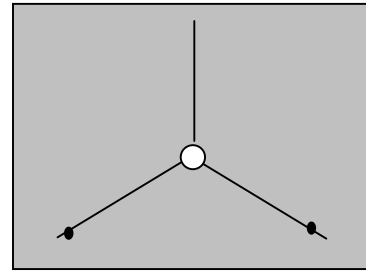
Alle Dipol-artigen Antennen (ob mit mittiger Speisung wie der klassische Dipol oder mit aussermittiger Speisung) können entweder als horizontale Antennen oder als „Inverted-Vee“, d.h. mit leicht nach unten geneigten Antennendrähten aufgebaut werden, ohne dass sich die Eigenschaften wesentlich ändern.

Rund um die Antenne

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

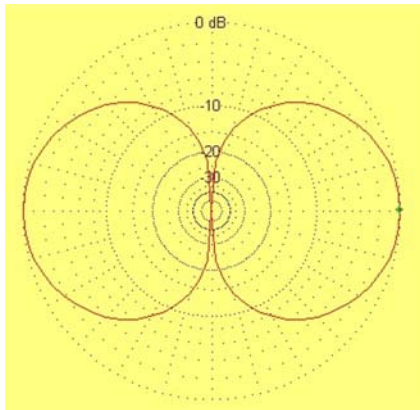


Man kann auch ohne weiteres die schräg nach unten führenden Dipol-Äste in einem Winkel von 120° anordnen. Dies sind dann 2 Abspannungen eines Masts. Die 3. Abspannung wird mit normalem Abspannseil ausgeführt. Diese Anordnung bewährt sich im Portabelbetrieb bei Verwendung eines Fiberglas-Masts.



5.1.1.2 Der klassische resonante Dipol

Was haben wir an der Vorbereitung zur Amateurfunkprüfung gelernt ?



- Der klassische resonante Dipol hat eine Länge über alles die $\lambda/2$ (eine halbe Wellenlänge) entspricht.
- Jede Dipolhälfte hat eine Länge von $\lambda/4$.
- Die Einspeisung erfolgt in der Mitte
- Die Impedanz am Antennenfußpunkt beträgt 68Ω (je nach Quelle $50 \Omega \dots 70 \Omega$)
- Das Richtwirkungsdiagramm ähnelt einer 8 wie nebenstehend gezeigt.
- Der Gewinn eines Dipol gegenüber einem isotropen Strahler beträgt 2.15 dBi

Wie stimmen diese Aussagen mit der Realität überein ?

Dazu kann man lediglich sagen: **Diesen Dipol gibt es nicht !**

Die Angaben in den Antennenbüchern und Kursunterlagen sind zwar nicht falsch. Trotzdem sind wir einem Phantom aufgesessen. Was nämlich regelmässig nicht ausgesagt wird sind die Randbedingungen unter denen die Aussagen zustande kommen.

Es handelt sich nämlich um einen Dipol im Freiraum !

Was bedeutet Freiraum?

Es bedeutet, dass man eine Antenne definiert, die irgendwo im freien Raum steht, ohne jegliche Beeinflussungen von aussen. Stellen wir uns einfach vor wir betreiben einen Dipol im Weltall, dann haben wir Freiraum-Bedingungen.

Das was hier über den Dipol gesagt ist trifft natürlich auch für viele andere Antennen zu die in klassischen Antennenbüchern beschrieben werden.

Wie kommt es, dass in seriösen Lehrbüchern Angaben gemacht werden die weitab jeglicher Realität liegen?

Die Antwort ist einfach. Erst seit der Einführung der Computertechnik lassen sich komplexe mathematische Modelle entwickeln mit denen man die Realität auch nur annähernd nachbilden kann. Früher was schon die Berechnung eines simplen Dipols eine langwierige Angelegenheit und man hat sich gehütet als zusätzliches Erschwernis noch Randbedingungen

Rund um die Antenne

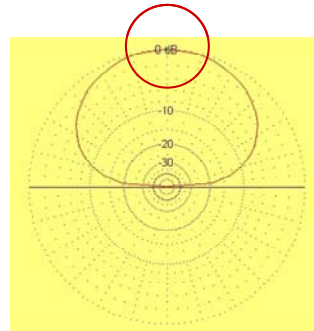
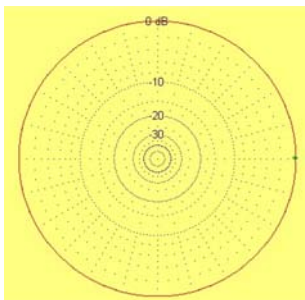
Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

wie Bodenleitfähigkeit etc. einzufügen. Also hat man sich auf das Berechnen von Antennen im Freiraum beschränkt.

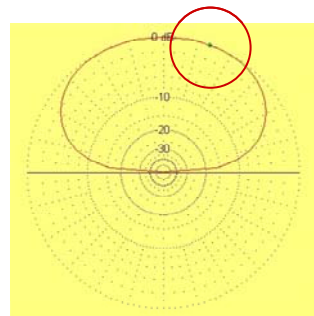
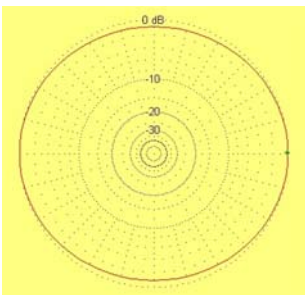
Der Funkamateuer hat aber auf Grund seiner eigenen Erfahrungen, die er mit seinen Antennen gemacht, hat schon immer gewusst, dass die Realität von der Theorie abweicht. Die Erfahrungen, die man empirisch gemacht hat, waren da, nur konnte man nicht für alles was man in der Praxis erlebt hat eine schlüssige Erklärung abgeben. Seit es Antennen-Simulations-Programme (wie z.B. EZNEC) gibt findet man plötzlich die Erfahrungen, die man im praktischen Funkbetrieb gemacht hat, bestätigt und erklärt.

5.1.1.2.1

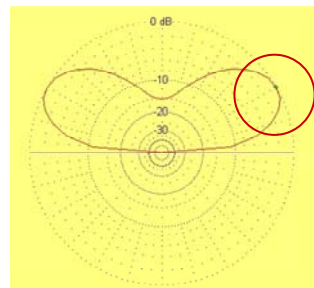
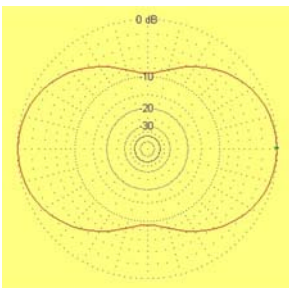
Abstrahleigenschaften eines klassischen Dipols in Relation zur Aufbauhöhe:



Höhe = 0.1λ , Gewinn = 6.35 dBi



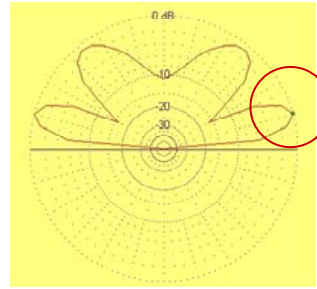
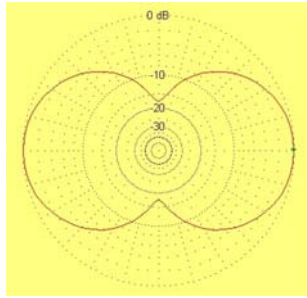
Höhe = 0.25λ , Gewinn = 6.9 dBi



Höhe = 0.5λ , Gewinn = 1.7 dBi

Rund um die Antenne

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen



Höhe = 1λ , Gewinn = 4.6 dBi

Wenn wir diese Abstrahlungsdiagramme betrachten, dann finden wir etwas das wir aus der Erfahrung bereits kennen:

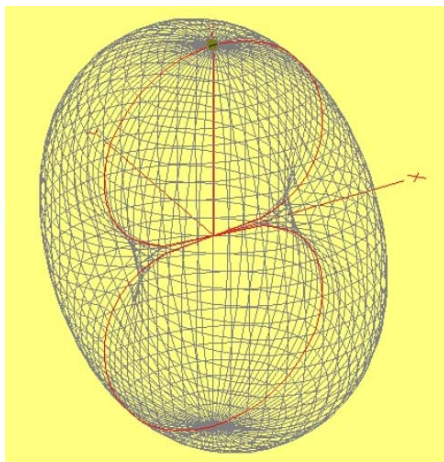
- Ein im Verhältnis zur Wellenlänge tief hängender Dipol ist ein Steilstrahler mit Rundstrahlcharakteristik.
- Mit zunehmender Antennenhöhe sinkt der Abstrahlwinkel.
- Ab einer Aufbauhöhe von ca. $\lambda/2$ beginnt sich eine gewisse Richtwirkung bemerkbar zu machen.
- Ab einer Aufbauhöhe von ca. $\lambda/2$ beginnen die realen Diagramme den Freiraum-Diagrammen ähnlich zu sehen.
- Der ausgewiesene Antennengewinn in der Vorzugsstrahlrichtung ist weit von den vorausgesagten 2.15 dBi (im Vergleich mit dem isotropen Strahler) entfernt und zwar ergeben sie einen für uns Funker positiven Effekt.

In der Praxis heisst das:

- Antennen für die langwelligeren Bänder (160m / 80m) hängen in der Praxis alle so tief, dass es sich generell um Steilstrahler mit Rundstrahlcharakteristik handelt. Machen wir uns also bei solchen Antennen keine Gedanken über die Richtwirkung oder über Vorzugsstrahlrichtungen. Solche Antennen können aber in der Praxis durchwegs DX-tauglich sein.
- Erst bei Dipolen für das 20 m Band (und höher) machen sich in der Praxis Richtwirkungen bemerkbar. Auch sinkt der Abstrahlwinkel, was unserer DX-Tätigkeit zugute kommt.

5.1.1.2.2

Wo bleiben denn die 2.15 dBi Gewinn die ein Dipol theoretisch haben soll ?????



Wie bereits früher gesagt, dies trifft nur zu für den Dipol im Freiraum zu.

Aber auch dies ist ein sehr theoretischer Wert, denn er bezieht sich auf verlustlosen Draht. Sobald wir zur Konstruktion des Dipols real existierenden Draht verwenden sinkt der Antennengewinn unter Freiraumbedingungen bereits:

- mit verlustlosem Draht = 2.15 dBi
- mit 1 mm Cu-Draht = 1.93 dBi

Wenn wir einen Dipol bauen, dann stellen wir regelmässig noch andere Dinge fest die nicht ganz mit der Theorie übereinstimmen.

Rund um die Antenne

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

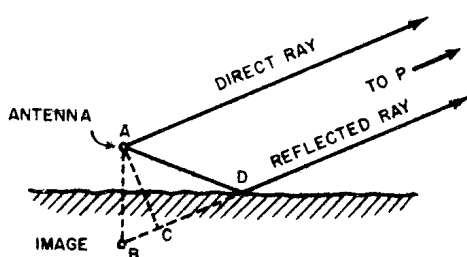
- Wir können die Länge eines Dipols noch so seriös rechnen, die Resonanzfrequenz stimmt ganz selten einmal mit der Rechnung überein.
- Ab und zu stimmt das SWR überhaupt nicht, wir stellen zwar bei der Resonanzfrequenz ein Minimum an SWR fest, aber der Absolutwert ist viel zu hoch.
- Beim einen OM funktioniert die Antenne trotz schlechter Anpassung vorzüglich, bei einem anderen OM ist nicht so wie es sein sollte.

Was geht da vor ????

5.1.1.2.3

Gewinn beim real existierenden Dipol

Wie kommt es, dass ein real aufgebauter Dipol bedeutend höhere Gewinnwerte aufweist als die 2.15 dBi die uns in den Antennenbüchern vorgegaukelt werden?



Die Antwort darauf ist relativ einfach.

Die Erde wirkt als Spiegel.

Ein grosser Teil der in Richtung Erde abgestrahlten Energie wird gemäss dem Spiegelgesetz reflektiert und trägt zusätzlich zur Abstrahlung bei. Ein für uns Funker positiver Effekt.

5.1.1.2.4

Einfluss der Bodenbeschaffenheit

Der Einfluss der Bodenbeschaffenheit, d.h. die Leitfähigkeit des Bodens, hat einen massgeblichen Einfluss auf die Antenne. Während man an einem QTH über Grundwasser mit fast jeder Art Antenne gute Ergebnisse erzielt, kann es sich bei schlechter Bodenleitfähigkeit durchaus lohnen sich über die Art der verwendeten Antenne Gedanken zu machen. Symmetrische Antennen wie Dipole sind zwar auch von der Bodenleitfähigkeit abhängig, aber in kleinerem Masse als Antennen die mit Erdverbindung oder mit Radials arbeiten. Am kritischsten sind die Verhältnisse in dicht besiedeltem Gebiet, in Ortschaften und Städten. Dort kommen zusätzlich zur meist eher mediokren Bodenleitfähigkeit noch viele andere Störgrößen dazu (Leitungen, Gebäude etc.) die kaum einmal präzise quantifiziert werden können.

Für einen nicht allzu hoch aufgehängten Dipol sind etwa folgende Werte typisch:



Bodentyp	Dielektrizitätskonstante	Gain
Meerwasser	80	7.5 dBi
Feuchter Boden	30	6.9 dBi
Mittlerer Boden	15	6.1 dBi
Trockener Boden, Berge	10	5.6 dBi
Stadt, hohe Gebäude	3	4.7 dBi

Rund um die Antenne

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

5.1.1.2.5

Die Antennenspeisepunkt Impedanz

Die Speisepunkt-Impedanz eines Dipols wird in den meisten Antennenbüchern mit $68\ \Omega$ angegeben. Man findet aber auch andere Angaben, fast immer innerhalb des Bereiches von $60\ \Omega$ - $75\ \Omega$.

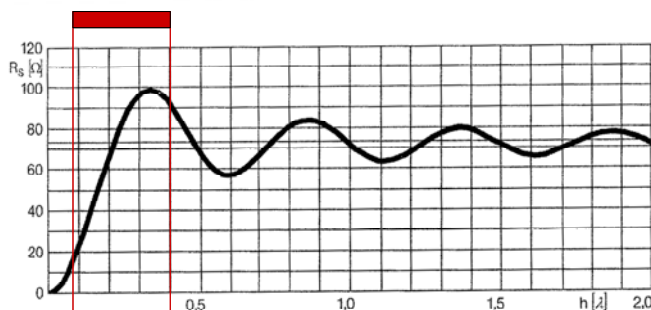


Bild 9.1.3
Strahlungswiderstand
eines Halbwellendipols
in Abhängigkeit
von der Höhe über der Erde

In der Praxis sind wir in diesem Bereich

Die obige Skizze zeigt die Abhängigkeit der Speisepunkt-Impedanz eines Halbwellendipols in Abhängigkeit von der Aufbauhöhe. Die angegebenen $68\ \Omega$ stellen sich denn auch tatsächlich bei gewissen Aufbauhöhen ein. Wenn ein Dipol sehr tief hängt, dann geht seine Speisepunkt-Impedanz in den Keller, d.h. er wird niederohmig. Diese Eigenschaft ist dann für das „schlechte SWR“ auf dem Speisekabel verantwortlich. Derselbe Effekt tritt auch regelmässig auf wenn man einen Dipol „Indoor“, d.h. innerhalb eines Gebäudes aufspannt. Hier sind es die benachbarten Leiter, Bauelemente etc. die für die „Niederohmigkeit“ des Dipols verantwortlich sind.

In solchen Fällen heisst es nur nicht verzweifeln. Man benützt halt einen Antennenkoppler und lotet im praktischen Funkbetrieb mal aus was die Antenne tatsächlich Wert ist. Wie zu erwarten war wird es sich kaum um eine Hochleistungsantenne handeln. Wenn das aber die einzige Möglichkeit ist eine Antenne zu realisieren und man damit einigermaßen vernünftig QSO fahren kann, dann gilt „... was soll's ? ... Hauptsache ich kann funken“.

5.1.1.2.6

Parameterveränderungen in Funktion der Aufbauhöhe

Diese Tabelle muss man nicht unbedingt auswendig lernen, etwas betrachten schadet aber nicht. Sie zeigt die Änderung der Parameter in Funktion der Aufbauhöhe. Es handelt sich um einen 80 m Dipol mit einer Resonanzfrequenz von 3520 kHz ($\lambda = 85.16\text{ m}$ / $\lambda/2 = 42.58\text{ m}$). Die Resonanzfrequenz bleibt konstant, alle anderen Parameter ändern sich.



Höhe	Dipollänge	Impedanz	SWR (50 Ω)
2.5 m	42 m	$Z = 6 + j2.5\ \Omega$	1:10
5 m	41.5 m	$Z = 11 - j1\ \Omega$	1:5
7.5 m	41.3 m	$Z = 20 + j5\ \Omega$	1:2.5
10 m	41 m	$Z = 31 + j2.5\ \Omega$	1:1.5
15 m	40.7 m	$Z = 57 - j1.5\ \Omega$	1:1.1
20 m	40.7 m	$Z = 80 - j7\ \Omega$	1:1.6
30 m	41.4 m	$Z = 99 - j8\ \Omega$	1:2
40 m	42 m	$Z = 80 + j2\ \Omega$	1:1.5
50 m	41.7 m	$Z = 61 + j4\ \Omega$	1:1.5
60 m	41.2 m	$Z = 70 - j3\ \Omega$	1:1.4
70 m	41.4 m	$Z = 85 - j1\ \Omega$	1:1.6
80 m	41.8 m	$Z = 83 + j4\ \Omega$	1:1.6

Die Tabelle zeigt sehr schön. Wenn wir die Höhe verändern, dann verändern sich nicht nur die Abstrahlprofile, es verändern sich auch alle anderen Parameter der Antenne. Es

Rund um die Antenne

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

verändert sich die Drahtlänge, die Impedanz, das SWR etc.

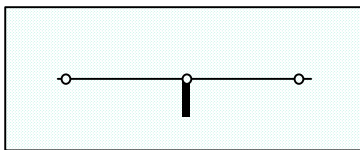
Der Zweck dieser Tabelle ist es ein Gefühl dafür zu vermitteln, dass nicht alles mit einer einzigen Formel abgehandelt werden kann. Sie soll einen Hinweis geben was die Ursache dafür sein könnte, dass sich eine Antenne, die man irgendwo aufgebaut hat, nicht so benimmt wie dies gemäss Lehrbuch der Fall sein müsste.

Wenn man irgendwelche Abweichungen von der Lehrmeinung feststellt und diese nicht jenseits von Gut und Böse liegen, dann lohnt es sich in den wenigsten Fällen zu „centimeterlen“ (d.h. den Draht auf den Zentimeter-genau abzuschneiden). Ein Antennenkoppler hilft dann in den meisten Fällen.

5.1.1.2.7

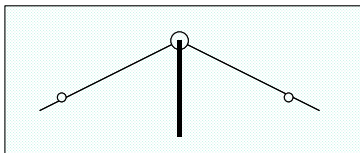
Horizontaler Dipol versus Inverted-Vee

Wie bereits ausgeführt kann ein Dipol auf verschiedene Arten konstruiert werden. Welche Art man wählt hängt üblicherweise von den örtlichen Gegebenheiten ab.



Horizontaler Dipol

Dies ist die klassische Form des Dipols. Zur Realisierung benötigt man 2 gleich hohe Aufhängepunkte.



Inverted Vee

Dies ist ein Dipol der nur über einen hohen Aufhängepunkt verfügt. Die beiden Dipolhälften werden nach unten gezogen, so dass sich die Dipolenden noch in berührungssicherer Höhe befinden.

Der Ausdruck „inverted Vee“ stammt aus dem Englischen und bedeutet „umgekehrtes V“. Dank der Tatsache, dass für diese Antennenform lediglich ein einziger hoher Aufhängepunkt notwendig ist diese Antennenform sowohl unter Funkamateuren wie auch im kommerziellen Funkbetrieb sehr populär. Gegenüber einem horizontal aufgespannten Dipol bleiben die Abstrahlungseigenschaften der Inverted Vee praktisch unverändert.

Da sich bei der inverted Vee die äusseren Ende der Dipolhälften dem Boden nähern hat die erhöhte Kapazität gegen Erde einen kleinen Einfluss. Bei der Inverted Vee müssen die Drahtlängen gegenüber einem horizontalen Dipol um etwas weniger verlängert werden um auf dieselbe Resonanzfrequenz zu kommen.

Dazu ein Beispiel:

Dipol für das 40 m Band, gewünschte Resonanzfrequenz = 7050 kHz



Ausführung als horizontaler Dipol:

Dipollänge = $2 * 10.10 \text{ m}$
Gewinn = 6.94 dBi
Aufhängehöhe: 10.0 m

Ausführung als Inverted Vee:

Dipollänge = $2 * 10.30 \text{ m}$
Gewinn = 6.31 dBi
Aufhängehöhe: Mitte = 10.0 m
Dipolenden = 3.0 m

Die Inverted Vee weist gegenüber dem horizontalen Dipol ca. 0.5 dB weniger Gewinn auf. Dies ist eine Abweichung die von der Gegenstation überhaupt nicht bemerkt wird und die im praktischen Funkbetrieb überhaupt keine Bedeutung hat.

Man denke immer daran:

6 dB = 1 S-Stufe

Rund um die Antenne

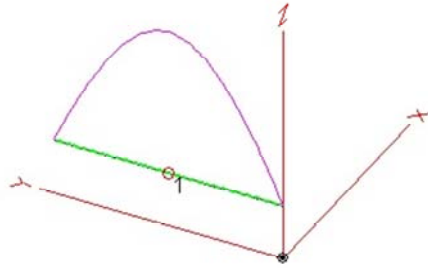
Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

5.1.1.3 Der Dipol als Mehrbandantenne

Wie wir alle wissen, der Dipol mit **Koaxialkabelspeisung** ist grundsätzlich eine

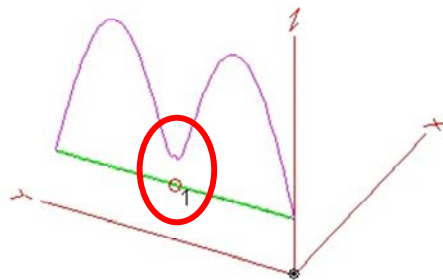
EINBAND-Antenne.

Er kann allerdings in **ungeradzahligten Harmonischen** erregt werden. Eine bekannte Variante besteht darin einen 40 m Dipol auf dem 15 m Band zu benutzen.



**40 m Dipol → auf der Grundwelle
Betrieb auf dem 40 m Band**

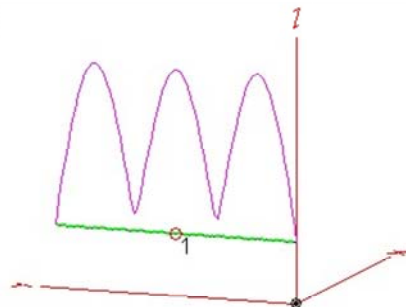
Der Dipol wird normal auf seiner Grundwelle erregt. Am Einspeisepunkt liegt ein Strombauch. Das sind beste Voraussetzungen für Speisung mit Koax-Kabel.



**40 m Dipol → auf der 2. Harmonischen
Betrieb auf dem 20 m Band**

Der Dipol wird auf einer geraden Oberwelle erregt. Am Einspeisepunkt liegt ein Spannungsbauch. Bei Einspeisung mit Koax-Kabel tritt ein SWR jenseits von Gut und Böse auf. Das SWR strebt gegen „unendlich“.

Diese Version ist nicht brauchbar !!!



**40 m Dipol → auf der 3. Harmonischen
Betrieb auf dem 15m Band**

Über die Länge des Dipols gesehen haben 3 Halbwellen Platz. Am Einspeisepunkt liegt nun ein Strombauch und Speisung mit Koax-Kabel ist möglich.

Generelle Bemerkung:

Bei Antennen die man auf ungeraden Oberwellen erregt tritt das Phänomen auf, dass sich die Resonanzfrequenzen nicht einfach mit der Zahl der Oberwelle multiplizieren sondern immer etwas Oberhalb des theoretischen Wertes liegen.

Wenn wir z.B. einen Dipol für genau 7.0 MHz ablängen und denselben Dipol dann auf dem 15 m Band erregen, dann werden wir feststellen, dass dort die Resonanzfrequenz nicht auf genau 21.0 MHz liegt sondern erst bei ca. 21.4 ... 21.5 MHz zu finden ist. Bei Erregung auf noch höheren ungeraden Oberwellen (z.B. 5. / 7. / 9. Oberwelle) tritt der Effekt noch sichtbarer zu Tage.

Rund um die Antenne

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

5.1.1.3.1 Der Dipol als Mehrbandantenne 80 – 30 – 17 – 12 m

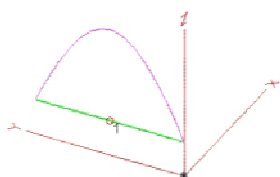
Es muss nun schon bald 25 Jahre her sein seit uns Funkamateuren die Bänder 30 – 17 m – 12 m zugeteilt wurden. Dass sich unsere traditionellen Amateurbänder 160 – 80 – 40 – 20 – 15 – 10 m harmonisch zueinander verhalten ist jedem Funkamateurer klar. Von den WARC Bändern nimmt jeder an sie seien willkürlich zugeteilt worden und hätten keinerlei Zusammenhang mit unseren traditionellen Amateurbändern. Ob gewollt oder Zufall, wenn wir die Sache analysieren dann finden wir:

Band (m)	QRG (MHz)	Multiplikator	QRG (MHz)	Abweichung
80	3.5	1 * 3.5	3.5	-
30	10.1	3 * 3.5	10.5	4 %
17	18.1	5 * 3.5	17.5	3.5 %
12	24.9	7 * 3.5	24.5	1.6 %



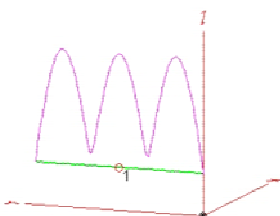
Zu unserem Erstaunen finden wir, dass die WARC-Bänder allesamt in der Nähe von ungradzahligen Oberwellen des 80 m CW-Bandes liegen.

Der nachstehende Vorschlag den 80 m Dipol auch für die WARC-Bänder zu „missbrauchen“ richtet sich denn auch in erster Linie an CW-Freunde die ihren 80 m Dipol so hingetrimmt haben, dass sie im unteren Bereich des CW Bandes Resonanz aufweist. Gehen wir einmal von einer $f_{res} = 3520$ kHz aus.



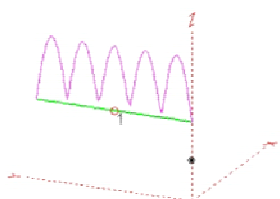
Dipol 80 m CW
bei Erregung in der Grundwelle

80 m Band



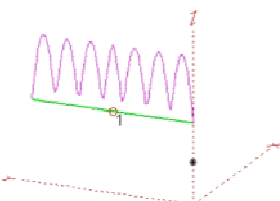
Dipol 80 m CW
bei Erregung in der 3. Oberwelle

30 m Band



Dipol 80 m CW
bei Erregung in der 5. Oberwelle

17 m Band



Dipol 80 m CW
bei Erregung in der 7. Oberwelle

12 m Band

Die Skizzen zeigen ganz klar:

Rund um die Antenne

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

Am Speisepunkt ist die Bedingung, dass ein Strombauch vorliegen muss, erfüllt. Bei dieser Betrachtung sollten wir eine Eigenschaft, die bei Antennen auftritt die auf Oberwellen erregt werden, nicht ausser Acht lassen. Der Resonanzpunkt bei Erregung auf Oberwellen verschiebt sich immer etwas nach oben.

Wenn wir davon ausgehen, dass unser Dipol bei Erregung in der Grundwelle auf dem 80 m Band bei 3520 kHz Resonanz aufweist, dann passiert folgendes:

80 m fres = 3'520 kHz
 30 m fres = 10'800 kHz
 17 m fres = 18'150 kHz
 12 m fres = 25'450 kHz

Wir werden also in der Praxis nicht darum herumkommen einen Antennenkoppler zu verwenden.

Man kann auch noch weitergehen und sich einmal überlegen mit welchen Verlusten im Vergleich zu einem normalen Dipol zu rechnen ist.

Annahme: Speiseleitung = RG-58 mit einer Länge von total 20 m

	Grundwelle	3.Oberwelle	5.Oberwelle	7.Oberwelle
Band	3.5 MHz CW	10.1 MHz	18 MHz	24 MHz
fres theoretisch	3520 kHz	10560 kHz	17600 kHz	24640 kHz
fres echt	3520 kHz	10800 kHz	18140 kHz	25450 kHz
SWR im Band	1:1.6	1:22	1:2.9	1:12
Gain im Band	8.22 dBi	8.02 dBi	9.0 dBi	8.52 dBi
Verlust in 20m RG-58	-0.47 dB	-0.8 dB	-1.2 dB	-1.6 dB
Verlust durch SWR	-0.1 dB	-4.0 dB	-0.6 dB	-2.5 dB
Verluste total	-0.57 dB	-4.8 dB	-1.8 dB	-4.1 dB
Gain total	7.65 dBi	3.22 dBi	7.2 dBi	4.4 dBi

Was sagt diese Betrachtung aus?

- Wenn wir über keine „gescheiterte“ Antenne für die WARC Bänder verfügen, dann dürfen wir ohne weiteres Mal den 80 m CW Dipol „missbrauchen“.
- Die Verluste mit denen wir rechnen müssen halten sich in Grenzen. Im schlimmsten Fall verlieren wir etwas weniger als 1 S-Stufe.

5.1.1.3.2 Der Dipol als Mehrbandantenne auf Frequenzen unterhalb der Resonanzfrequenz

Können wir einen normalen Dipol auf Frequenzen unterhalb der eigentlich Resonanzfrequenz betreiben ?

Auch hier machen wir am besten eine Betrachtung an einem Beispiel:

Annahme: Dipol für das 20 m Band, Speiseleitung = RG-58 mit einer Länge von total 20 m

Band	20m	30m	40m	80m
Impedanz	72 Ω	42-j480 Ω	15-j1050Ω	1.5-j2500 Ω
SWR im Band	1:1.4	1:40	1:50	1:100
Gain im Band	7.4 dBi	6.0 dBi	6.7 dBi	8.4 dBi
Verluste in 20m RG-58	-1.0 dB	-0.5 dB	-0.6 dB	hier macht
Verluste durch SWR	-0.1 dB	-6.0 dB	-8.0 dB	der Koppler
Verluste total	-1.1 dB	-6.5 dB	-8.6 dB	nicht mehr
Gain total	6.3 dBi	-0.5 dBi	-2.0 dB	mit.

Rund um die Antenne

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

Was sagt diese Betrachtung aus?

- Zur Not geht's. Wenn wir über keine „gescheitere“ Antenne verfügen, dann dürfen wir Dipol auch mal auf einer Frequenz unterhalb seiner Resonanzfrequenz missbrauchen.
- Die Verluste mit denen wir rechnen müssen nehmen bald einmal respektable Werte an, d.h. 1 S-Stufe und mehr. Also nicht unbedingt eine berauschende Sache.
- Es ist weniger eine Sache, dass die Antenne selbst nicht strahlen würde. Das SWR auf der Speiseleitung nimmt so hohe Werte an, dass die Zusatzverluste die durch das SWR verursacht werden den Hauptanteil der Verluste ausmachen. Wer seine Antennen mit RG-213 speist ist besser dran, denn sind die Verluste nämlich nur noch etwa halb so gross. Es kann also auch bei $P = 100\text{ W}$ durchaus lohnend sein sich vom RG-58 zu verabschieden und das bessere RG-213 zu installieren.

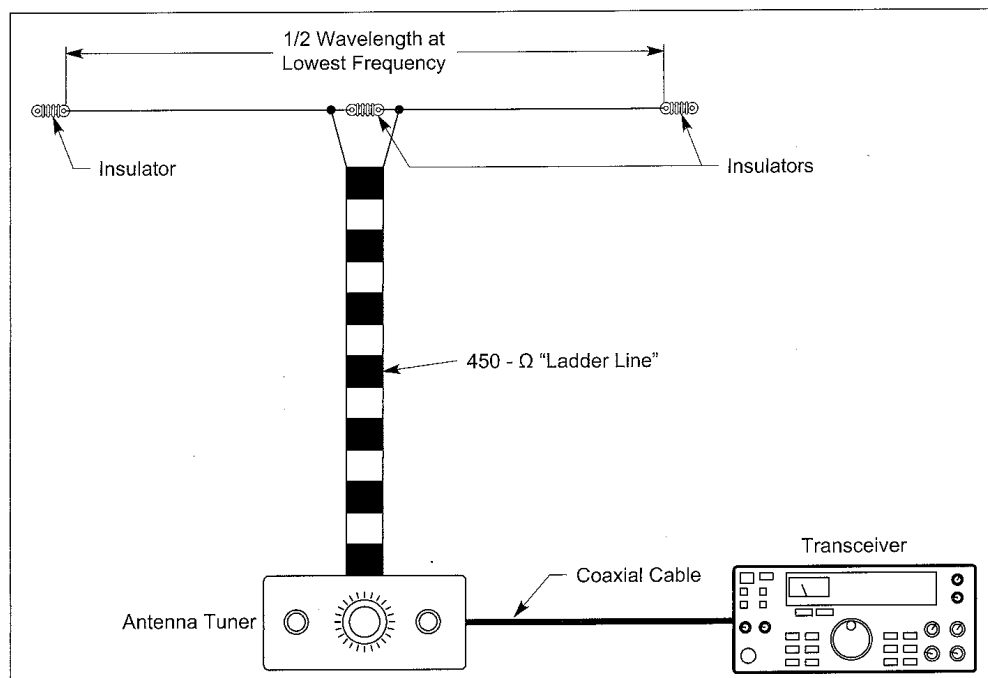
5.1.1.4 Der Dipol mit symmetrischer Speiseleitung

Jeder weiss es oder hat schon mal davon gehört:



Einen Dipol kann man auch an einer Hühnerleiter betreiben!

Bei einer Hühnerleiter handelt es sich um eine symmetrische Speiseleitung. In der Anfangszeit des Fernsehens, so in den 1950'er und 1960'er Jahren hat man als Speiseleitung zwischen Antenne und Fernseher fast ausschliesslich 300 Ω Flachbandkabel verwendet. Solches Flachbandkabel hat man damals auch im Amateurfunk zur Antennenspeisung verwendet. Heute benützt man meist die symmetrische Speiseleitung von WIREMAN (USA) mit einer Impedanz von 450 Ω , ausser man baue sich die Leitung gleich selbst. In letzterem Fall ist man bei der klassischen Hühnerleiter angelangt.



Das obige Bild zeigt den prinzipiellen Aufbau einer solchen Antennenkonfiguration. Neben dem Transceiver benötigen wir zwingend einen Antennenkoppler für symmetrische Speiseleitungen.

Rund um die Antenne

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

In den ersten 50 – 60 Jahren der Funktechnik waren solche Antennen sowohl im kommerziellen Funk wie auch im Amateurfunk beliebt und häufig angewendet.

Interessanterweise ist diese Art Antenne im deutschsprachigen Raum fast in Vergessenheit geraten. In Frankreich und in französischsprachigen Ländern ist diese Antenne unter dem Namen „Antenne Levy“ bekannt und wird heute noch häufig verwendet.

Was zeichnet diese Art Antenne aus:

- Symmetrische Antenne
- Dank der Symmetrie strahlt die Speiseleitung (meistens) nicht.
- Frequenzunabhängig (Die Antenne sollte einfach eine im Verhältnis zur Wellenlänge vernünftige Länge haben, wegen dem Wirkungsgrad)
- Die symmetrische Speiseleitung hat fast keine Verluste, deshalb hat das SWR, das auch auf einer solchen Leitung auftritt, keinerlei praktische Bedeutung.

Jeder von uns kennt aber eine solche Antenne, möglicherweise ohne zu ahnen, dass es sich um einen simplen Dipol mit symmetrischer Speiseleitung handelt.

Ja, es ist die G5RV

Es gibt unter den Funkamateuren unzählige Geschichten die versuchen zu erklären wie und warum die G5RV funktioniert.

In Wirklichkeit ist es ein simpler Dipol der an einer symmetrischen Speiseleitung angeschlossen ist. Die G5RV ist übrigens auf keinem unserer Amateurfunk-Bänder resonant. Irgendein kluger Tüftler hat dann vor Urzeiten mal herausgefunden, dass man an eine symmetrische Speiseleitung von einer bestimmten Länge direkt ein Koax-Kabel anschliessen kann und dann mit dem Koax-Kabel in den Shack geht. Eine dieser Kabellängen wird mit 10.36 m angegeben. In der Literatur findet man aber auch abweichende Werte. Am Transceiver-seitigen Ende des Koax-Kabels wird man aber selten 50 Ω (SWR 1:1) vorfinden. Die Verwendung eines Antennenkopplers empfiehlt sich. Es ist natürlich nicht verboten die symmetrische Speiseleitung direkt in den Shack zu führen und dort mit einem symmetrischen Antennenkoppler zu arbeiten.

Ich kenne einige wenige OM's die Dipole mit symmetrischer Speiseleitung verwenden und damit auch Allbandbetrieb machen. Ein OM verwendet eine Antenne 2 x 13 m und sein Signal auf dem 80 m Band ist trotz der „kurzen Antenne“ sehr gut. Untenstehend einige Werte für Antennenlängen von 2 x 13 m und 2 x 6.5 m. Antennenlängen die in Resonanz zu unseren Amateurfunkbändern stehen vermeidet man besser, denn nicht jeder symmetrische Antennenkoppler wird mit reiner Spannungsspeisung fertig.

Beispiel:

Nicht resonanter Dipol, 10 m hoch aufgehängt

	Dipol 2 x 13 m	Dipol 2 x 6.5 m
28 MHz	9.6 dBi / 15 deg	10.6 dBi / 15 deg
24 MHz	9.6 dBi / 15 deg	9.0 dBi / 15 deg
21 MHz	9.6 dBi / 20 deg	9.0 dBi / 20 deg
18 MHz	8.9 dBi / 25 deg	9.1 dBi / 25 deg
14 MHz	10.7 dBi / 30 deg	7.8 dBi / 30 deg
10 MHz	7.5 dBi / 45 deg	6.7 dBi / 45 deg
7 MHz	7.0 dBi / 80 deg	6.4 dBi / 80 deg
3.5 MHz	6.5 dBi / 90 deg	5.9 dBi / 90 deg
1.8 MHz	2.0 dBi / 90 deg	0.7 dBi / 90 deg

Rund um die Antenne

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

Zugegeben, die Ergebnisse auf dem 160 m Band sind nicht mehr berauschend, aber das liegt an den im Vergleich mit der Wellenlänge halt doch recht kurzen Antennen.

Im Vergleich mit einem Dipol mit Koaxial-Kabel, den wir zum Sendebetrieb auf Frequenzen ausserhalb der Resonanz missbrauchen, weist der Dipol mit symmetrischer Speiseleitung gute bis sehr gute Resultate auf. Dies hat ganz klar damit zu tun, dass eine Antenne auch ausserhalb ihrer Resonanzfrequenz Energie abstrahlen kann. Bei Speisung mit symmetrischer Leitung sind die Leitungsverluste praktisch nicht existent, resp. vernachlässigbar.

Das ist das Geheimnis dieser Art Antenne.

5.1.2 Mehrband-Antennen auf „Dipol-Basis“

Der Dipol als EIN-BAND-Antenne ist ja gut und recht. Wir haben aber innerhalb dem KW Bereich zum heutigen Zeitpunkt 9 Amateurbänder zugeteilt auf denen wir arbeiten dürfen. Müssen wir nun wirklich für jedes Band eine eigene Antenne aufhängen ?

Wie wir alle wissen gibt es Möglichkeiten mit einer Antenne auf verschiedenen Bändern zu arbeiten. Wenn wir vom Dipol ausgehen, welche sinnvollen und vor allem auch mit vernünftigem Aufwand realisierbaren Möglichkeiten haben wir:

- Der „Rollmeter-Dipol“
- Den Mehrband-Dipol
- Aussermittigt gespeiste Antennen (off center fed antennas)
- Trap-Antennen

5.1.2.1 Rollmeter-Dipol

Als Rollmeter-Dipole bezeichne ich Dipole die mit einem Aufwickel-Haspel versehen sind. Am einfachsten gestaltet sich so eine Antenne wenn sie aus blanker Bronze-Litze besteht. Die Antenne lässt sich durch Abwickeln der Dipol-Äste auf die richtige Länge auf jeder beliebigen Frequenz einstellen. Bezüglich der Länge kann man für die einzelnen Bänder von den üblichen Dipollängen ausgehen.



Das obenstehende Bild zeigt eine von mir gebastelte Ausführung. Die Aufrollwickel bestehen aus Aluminium. Der Schlitz auf einer Seite des Wickels erlaubt es den abgerollten Draht durchzufädeln. Auf der anderen Seite des Wickels wird das Abspannseil befestigt. Der Draht hat für jedes Band eine Markierung. Man stellt auf die Markierung ein, zieht den Draht hoch und misst das SWR. Je nach Standort muss man halt den Dipol mehrere Male wieder runterlassen um Längenänderungen vorzunehmen. Da ich bekanntlich kein SWR-Fetischist bin, reicht es mir wenn das SWR unter 1:2 sinkt und der Transceiver die volle Leistung abgibt.

Rund um die Antenne

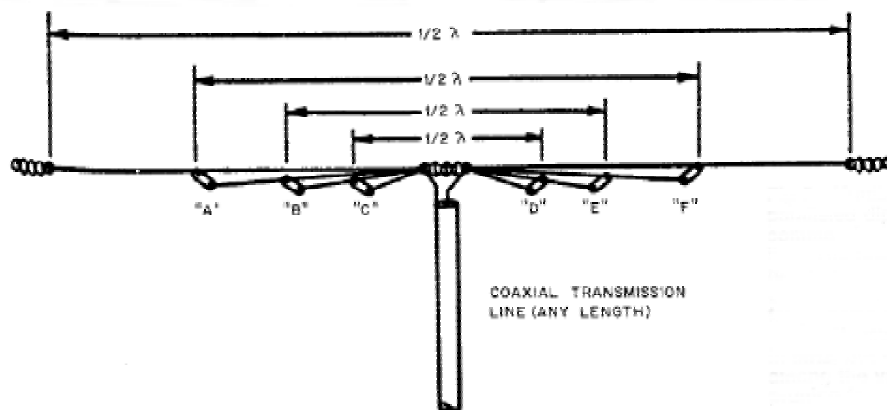
Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

Trotzdem, der Bandwechsel gestaltet sich etwas mühsam.

Der Antennendraht muss sich nicht zwingend als blanker Draht präsentieren. Es geht auch mit isoliertem Draht. Allerdings muss man nun die Dipollänge für jedes einzelne Band sorgfältig bestimmen. Der Wickel mit dem aufgerollten isolierten Draht an den beiden Dipolenden stellt eine Induktivität dar und diese muss in die Rechnung eingehen.

Die Idee stammt von Funkgeräten für „heimliche und unheimliche Funkdienste“ (z.B. militärische Undercover-Unternehmen). Da man im Extremfall alles mit sich herumschleppen muss spielt das Gewicht eine nicht zu unterschätzende Rolle. Man hat dann einfach einen solchen Dipol dabei, der den Frequenzbereich des Funkgerätes überstreicht. Der Antennendraht ist sehr dünn und extrem reissfest. Die Aufrollwickel und auch die Koaxial-Kabel sind federleicht. Es hat auch solche Antennen in kommerzieller Ausführung gegeben, die wirklich wie „Rollmeter“ aussahen und sogar Aufrollkurbeln besaßen. Bei einer Ausführung die ich einmal gesehen habe besteht der Antennenleiter selbst aus Stahlband mit aufgedruckten Frequenzangaben.

5.1.2.2. Mehrband-Dipole



Mehrband-Dipole zeichnen sich dadurch aus, dass von einem gemeinsamen Speisepunkt aus verschiedene Dipoldrähte für verschiedene Bänder angeordnet werden. Dies funktioniert, weil alle für die Sendefrequenz nicht zuständigen Dipole „hochohmig“ sind und deshalb nicht erregt werden.

Dieses Prinzip funktioniert grundsätzlich für eine beliebige Anzahl Bänder. Kritische Punkte sind:

- Die saubere mechanische Konstruktion
- Die Beeinflussung der einzelnen Dipole untereinander. Man muss sich an die richtigen Drahtlängen herantasten. Die Beeinflussung gegeneinander kann man vermindern indem man die verschiedenen Dipole nicht wie in obigem Bild gezeigt in einer einzigen Achse anordnet, sondern in verschiedenen Richtung abspannt.

Wenn man nicht gerade alle 9 KW-Bänder in einen „Mehrfach-Dipol“ hineinquetschen will, sondern nur 2 – 3 Bänder, dann geht das ganz prima.

Ich habe einmal einen Artikel eines findigen Kopfes gelesen der es fertig gebracht hat aus Bandkabel (aus der Computertechnik) einen 80 – 10 m Mehrband-Dipol zu bauen und erst noch die WARC-Bänder unterzubringen. Der OM hat aber zugegeben, dass er ziemlich viel Bandkabel verschnitten hat, bis er die richtigen Längen für die einzelnen Teil-Dipole bei-

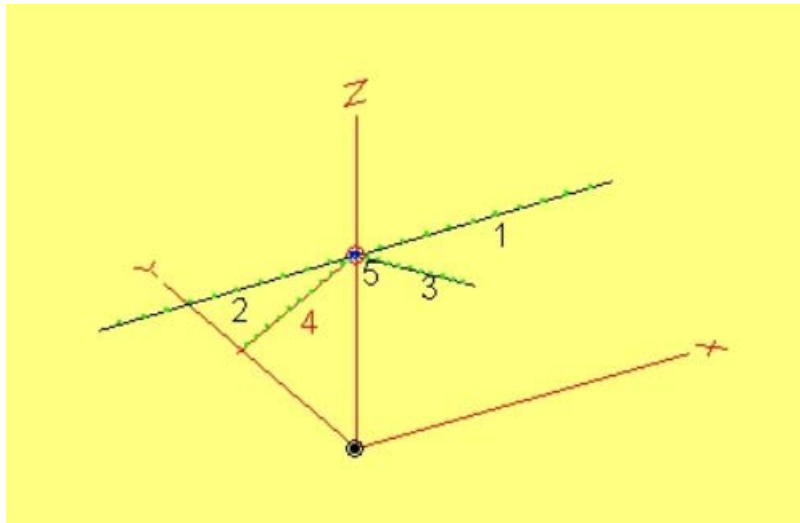
Rund um die Antenne

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

einander hatte. Weil beim Bandkabel die einzelnen Leiter sehr nahe beieinander sind ist die gegenseitige Beeinflussung besonders hoch.

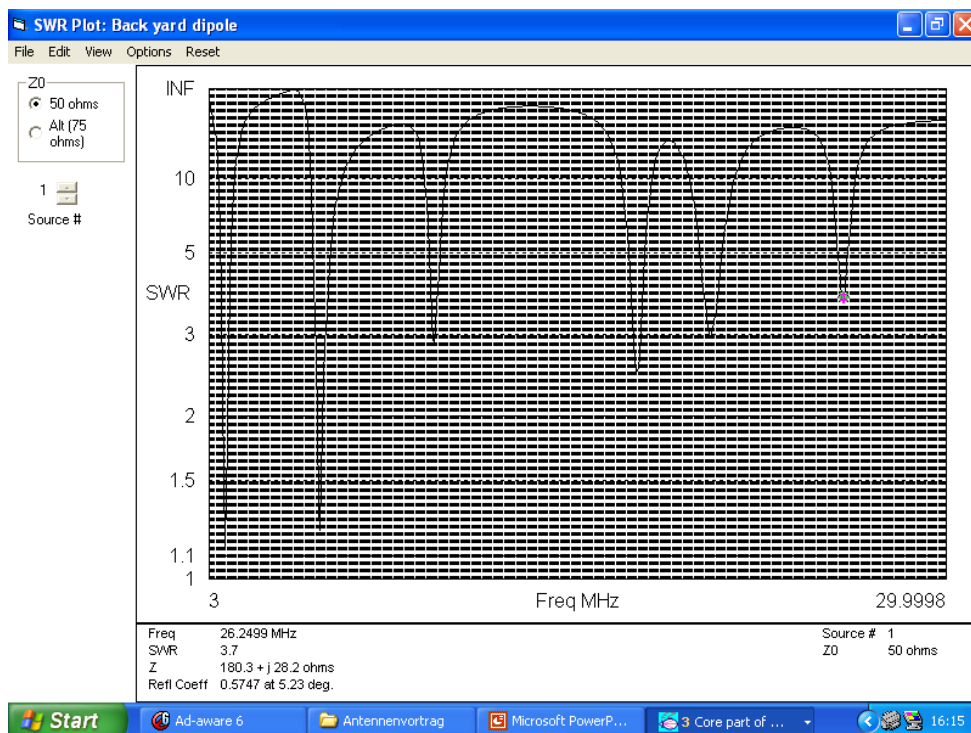
Nachstehend soll als Beispiel ein Mehrband-Dipol für das 80 m und 40 m Band etwas näher untersucht werden:

Der Dipol besteht aus einem 80 m Teil der horizontal abgespannt ist sowie einem 40 m Teil der in Form einer inverted Vee leicht nach unten zeigt. Da wir ja bereits etwa wissen wie sich Dipolantennen verhalten erwarten wir „Resonanz“ auf dem 80 m Band und dem 40 m Band. Der eine oder andere erinnert sich: Dipole mit Koax-Kabel Speisung können auch auf ungeraden Oberwellen erregt werden. Also könnte man noch eine Resonanzstelle im oder ums 15 m Band erwarten.



80 m Dipol:
Drähte = 1 + 2
je 20 m lang
Höhe = 15 m

40 m Dipol:
Drähte = 3 + 4
je 10.45 m lang
Höhe =
15 m in der Mitte
10 m aussen



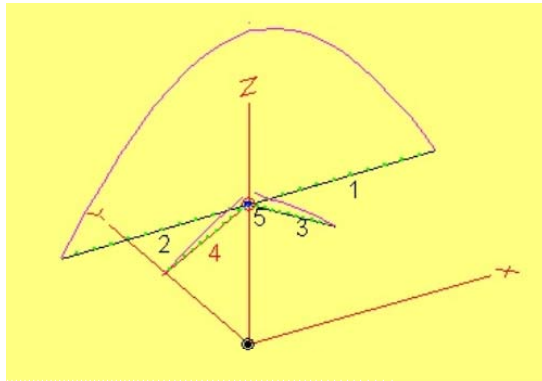
1 2 3 4 5 6

Rund um die Antenne

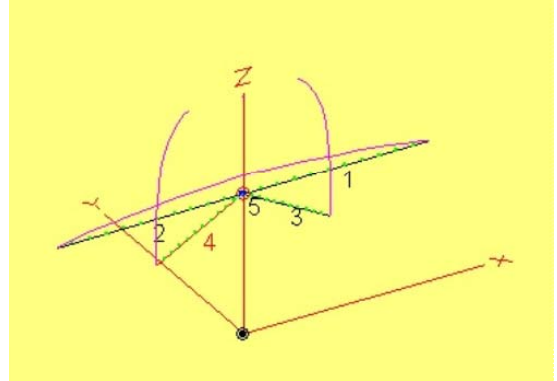
Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

SWR Kurve: Resonanz bei
1 = 3.6 MHz
2 = 7.05 MHz
 3 = 11 MHz ($3.6 \cdot 3$)
 4 = 18.6 MHz ($3.6 \cdot 5$)
5 = 21.4 MHz ($7 \cdot 3$)
 6 = 26.3 MHz ($3.6 \cdot 7$)

Interessant sind die vielen Resonanzstellen die bei einer solchen Antenne auftreten. Die Resonanzen im 80 m, 40 m und 15 m Band waren zu erwarten. Eventuell können wir aber dieselbe Antenne mit „etwas SWR“ auch auf dem 30 m, 17 m und 12 m Band zu laufen bringen.



Stromverteilung 80 m Band

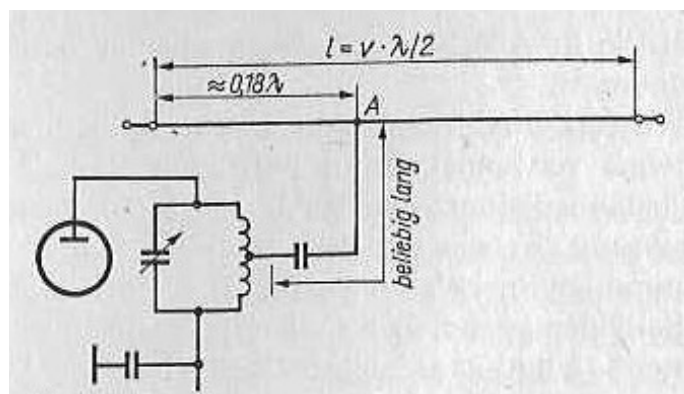


Stromverteilung 40 m Band

Interessant ist es auch die Stromverteilung auf den beiden Bändern 80 m und 40 m zu betrachten. Wir sehen ganz klar, dass auf jedem Band eigentlich nur der dafür vorgesehene Dipol arbeitet. Der Dipol auf dem anderen Band strahlt praktisch keine Leistung ab. Für ihn ist jeweils die Impedanz jenseits von Gut und Böse um eine Erregung mit Koax-Kabel zu erlauben.

5.1.3. Aussermittig gespeiste Antennen

5.1.3.1 Windom Antennen



Der Vater aller aussermittig gespeisten Antennen ist die Windom-Antenne. Bei der Urform wurde als Speiseleitung ein einziger Draht von der Antenne zum Sender geführt. Die Erde bildete den zweiten Leiter. Dies ergab eine Impedanz von ca. 500 Ω auf allen damaligen „klassischen“ Amateurfunkbändern (80 – 40 – 20 – 10 m). Diese Art Antenne war einst sehr populär und sie wurde noch bis in die 1960'er Jahre verwendet. Sie war allerdings als TVI / BCI – Schleuder bekannt. Die Zunahme des Fernsehens hat ihr den Todesstoss versetzt. Ich selbst habe noch 1962 / 1963 auf der damaligen Amateurfunkstation HB4FF des Waf-

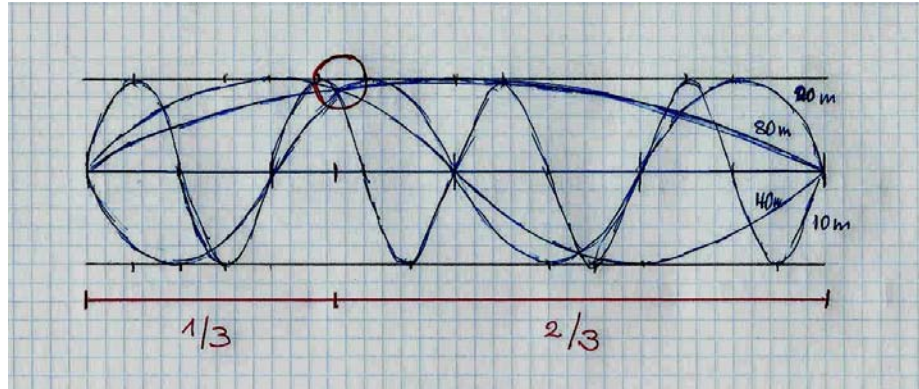
Rund um die Antenne

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

fenplatzes Bülach mit einer solchen Antenne gearbeitet. Sie lief prima.

Trotz den Unzulänglichkeiten, der Grundgedanke, dass man auf einer Antennen einen Punkt findet der auf allen Bändern eine Impedanz in ähnlicher Grössenordnung ergibt, war richtig und erfüllt.

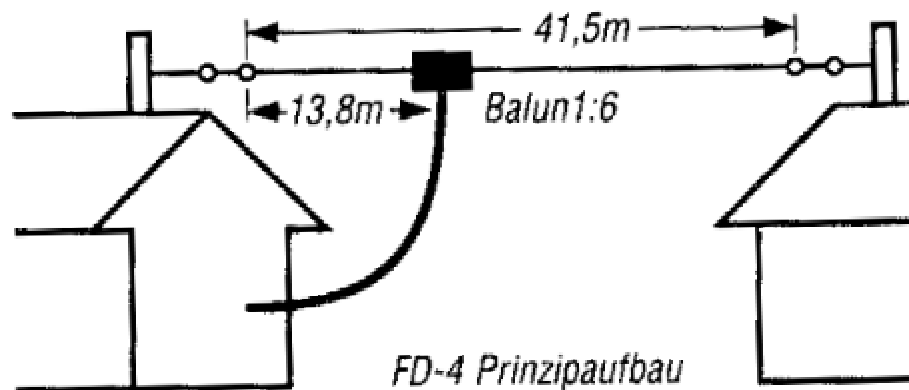
Von diesem Grundgedanken sind alle heute bekannten aussermittelt gespeisten Antennen abgeleitet.



Eine kleine Zeichnung nach der Primitiv-Methode bringt es an den Tag:

- Bei ca. $1/3$ Länger einer $\lambda/2$ -Antenne für 80 m findet sich ein Punkt bei dem sich für 80 – 40 – 20 – 10 m fast gleiche Impedanzen ergeben.

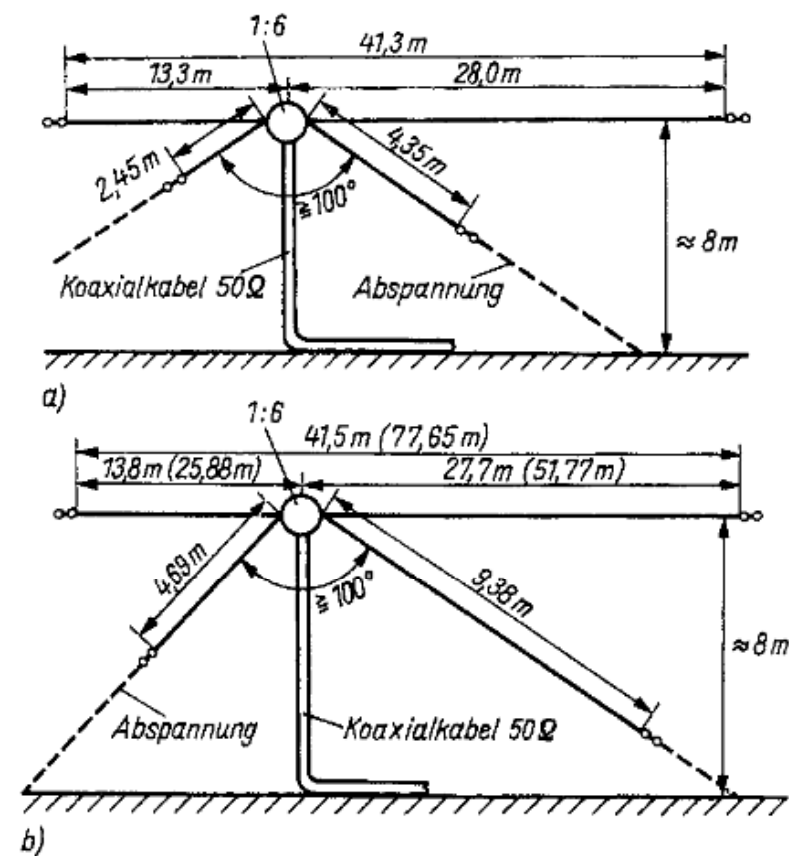
Die in Europa wohl beliebteste aussermittelt gespeiste Antenne ist die FD-4 der Fa. Fritzell. Bei dieser käuflichen Antenne erfolgt die Speisung mit Koaxial-Kabel und einem speziellen Balun mit einem Übersetzungsverhältnis von 1:6.



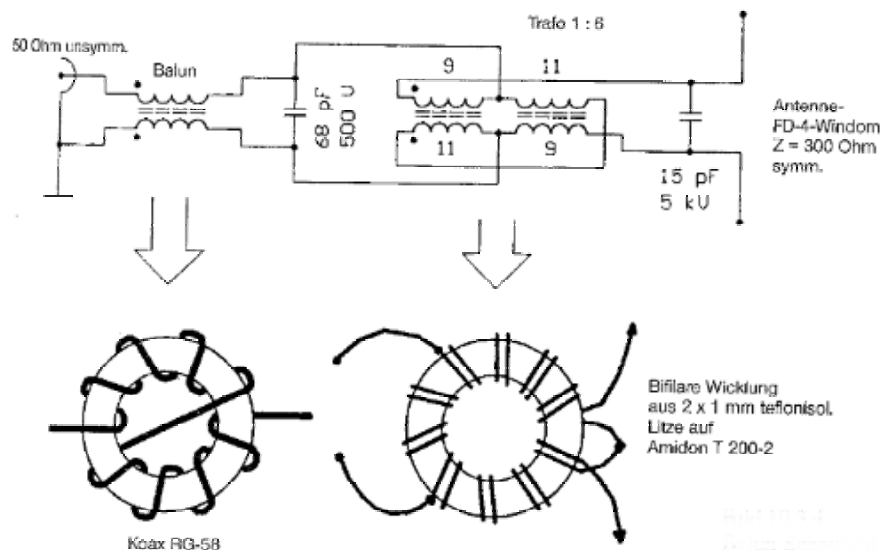
Diese Bild zeigt die Originalausführung der FD-4. Sie war für die Bänder 80 – 40 – 20 – 10 m ausgelegt. 15 m funktionierte nur mit einem sehr hohen SWR. Findige Köpfe haben sich bald einmal überlegt ob man hier nicht das Prinzip des Mehrband-Dipols anwenden könnte.

Rund um die Antenne

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen



So entstand die Ausführung a) mit einer zusätzlichen parallel geschalteten Windom für 15 m. Bei der Einführung der WARC-Bänder (30 – 17 – 12 m) ging das „Hirnen“ wieder los. Man fand, wie in Ausführung b) gezeigt, eine weitere Drahtlänge für eine zusätzliche parallel geschaltete Windom, die für das 30 m Band bemessen ist, aber interessanterweise auch die Bänder 17 – 15 -12 m mit einem vernünftigen SWR abdeckt.



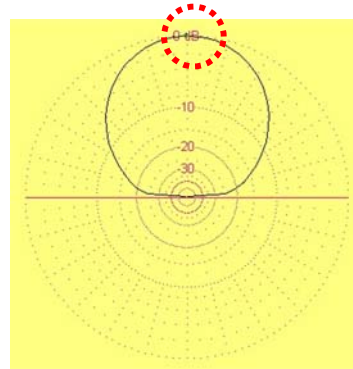
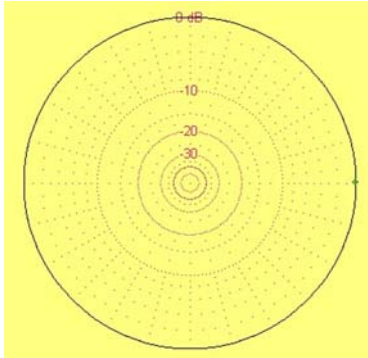
Das obige Schema zeigt die Anpassschaltung die am Speisepunkt der FD4 verwendet wird. Bei allen aussermittig gespeisten Antennen sind infolge der unsymmetrischen Anordnung der beiden Antennendrähte Mantelwellen auf dem Speisekabel gewissermassen vorpro-

Rund um die Antenne

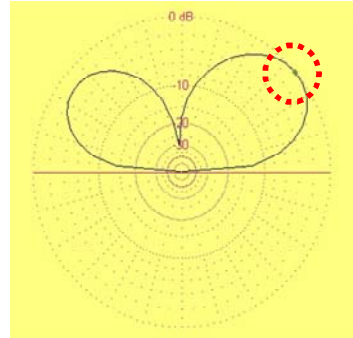
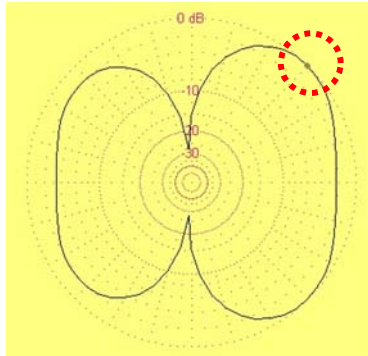
Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

grammiert. Dies war auch OM Fritzel klar. Aus diesem Grunde hat er neben dem 1:6 Trafo, der der Impedanzanpassung dient, noch eine Mantelwellensperre mit eingebaut. Diese ist in obigem Schema als Balun bezeichnet. Dabei handelt es sich um einen sog. Strombalun (current balun) oder eben um eine Mantelwellensperre.

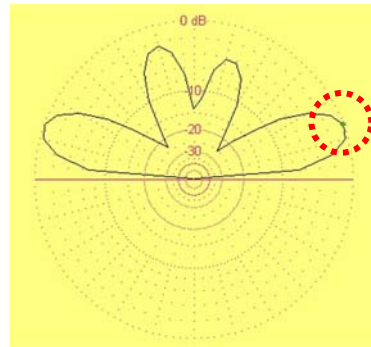
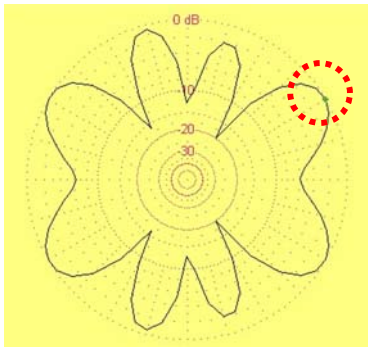
Abstrahldiagramme einer Windom Antenne auf den verschiedenen Bändern:



80 m Band



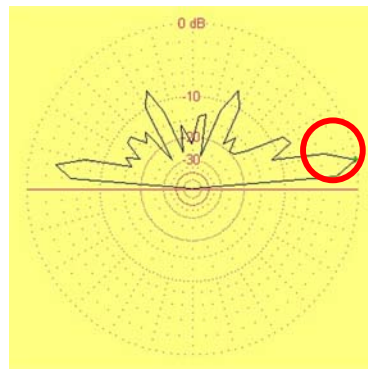
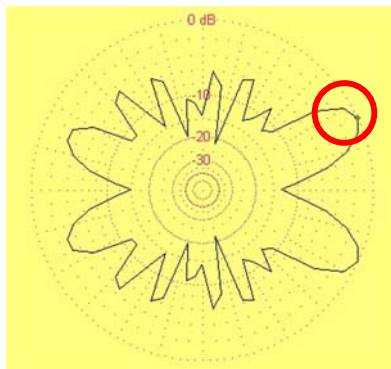
40 m Band



20 m Band

Rund um die Antenne

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen



10 m Band

Man sieht, mit zunehmender Frequenz wird aus einem Rundstrahler mit Steilstahlcharakteristik eine DX Antenne mit flachem Abstrahlwinkel und ausgeprägter Richtwirkung. Dies ist eine Eigenschaft die man bei allen Typen von horizontalen Mehrbandantennen findet.

5.1.3.2

Stromsummen Antenne



Gewissermassen als eine Art Weiterentwicklung der Windom Antenne hat der bekannte deutsche DX'er OM Hille, DL1VU, sich Gedanken darüber gemacht ob es nicht noch andere Versionen einer aussermittig gespeisten Antenne gäbe. Daraus entstand seine

„Stromsummen-Antenne“

Diese Antenne, die alle Bänder 80 – 40 – 30 – 20 – 17 – 15 – 12 – 10 m überstreicht, gibt es in 2 verschiedenen Dimensionen. Einmal als Antenne die auf den CW-Bändern optimal abgeglichen ist oder dann als SSB-Version. Die Antenne benötigt ein symmetrisches Speisekabel und einen entsprechenden Antennenkoppler.

OM Hille hat diese Antenne auf verschiedenen Expeditionen dabei gehabt und sie scheint ausgezeichnet zu funktionieren. Wenn man an die Restriktionen beim Reisegepäck denkt, dann ist es sicher so, dass es kaum eine kleinere und leichtere Antenne gibt die auf allen Amateurfunk-Bänder zwischen 80 m und 10 m (inkl. der WARC Bänder) mit einem guten Wirkungsgrad arbeitet. Also durchwegs etwas, das man eigentlich einmal nachbauen und testen sollte.

Die Dimensionen der in nachstehendem Bild oberen Antenne sind diejenigen für CW-Betrieb. Für SSB Freunde gelten die Dimensionen der unteren Antenne.

Wie bei allen Antennen die mit symmetrischer Leitung eingespeist werden ist auch hier die Länge der Speiseleitung nebensächlich. Die Impedanz, die sich am Transceiver-seitigen Ende der Speiseleitung einstellt, wird ja durch den ohnehin notwendigen Antennenkoppler auf die gewünschten 50 Ω angepasst.

Rund um die Antenne

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

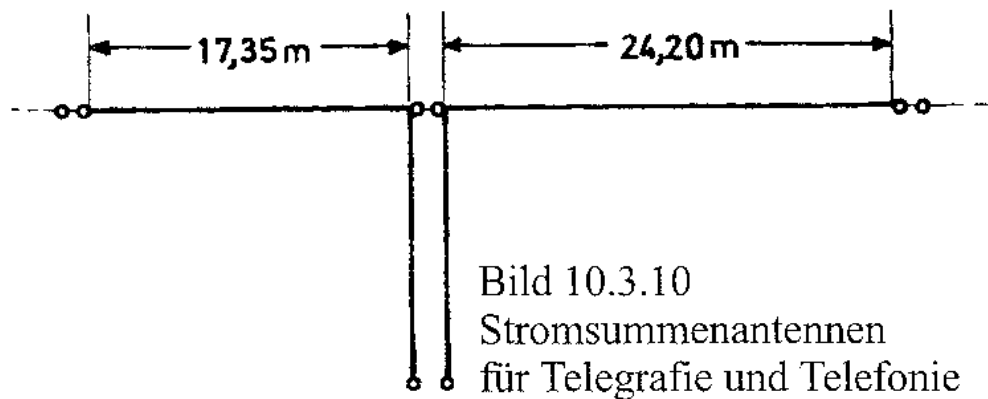
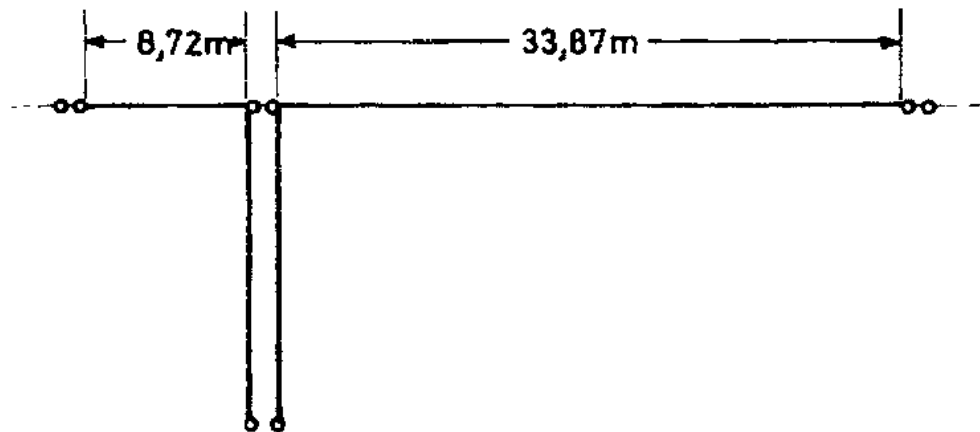
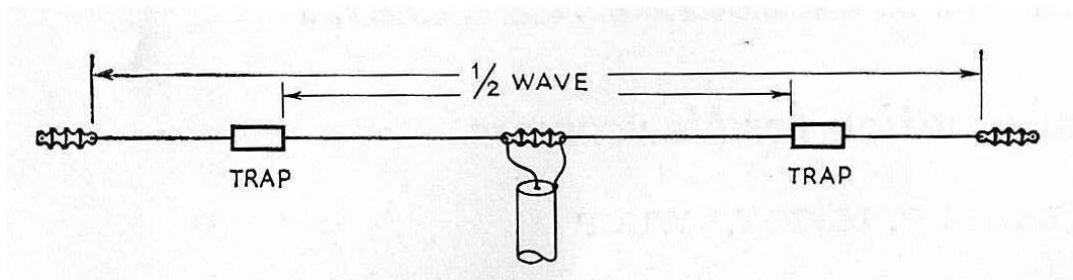


Bild 10.3.10
Stromsummenantennen
für Telegrafie und Telefonie

5.1.4. Trap-Antennen



Das obige Bild zeigt eine typische Trap-Antenne für 2 Bänder.

Grundgedanke:

In den Antenneleiter eingefügte Schwingkreise erlauben bei korrekter Auslegung Mehrbandbetrieb.

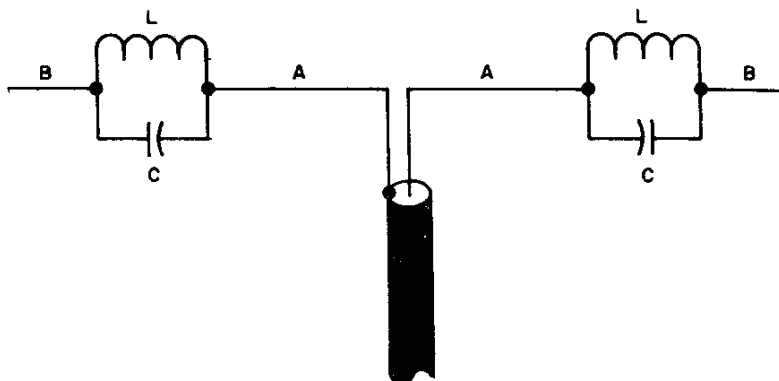
Rund um die Antenne

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

Trap Antennen haben gewisse Eigenarten die man kennen muss:

- Nur auf dem frequenzhöchsten Band benehmen sie sich wie ein Dipol
- auf allen frequenztiefern Bändern, d.h. immer da wo bereits eine Trap wirkt, wird die Antenne schmalbandiger als ein Dipol. In der Praxis heisst das:
 - die Fusspunktimpedanz sinkt ab
 - die Bandbreite der Antenne wird merklich kleiner

Die in den Antennenleiter eingefügten Schwingkreise nennt man „Trap“ (aus dem Englischen Trap = Falle, bei unserer Anwendung = „Wellenfalle“). Die Trap-Antenne wurde vom US Amateur C.L. Buchanan, W3DZZ, 1955 erstmals vorgestellt. Seine Antenne funktionierte auf allen klassischen Bändern recht gut, d.h. mit einem einigermassen akzeptablen SWR. Ich denke jeder ältere OM hat irgendeinmal in seiner Karriere einmal eine W3DZZ besessen.



Das obige Bild zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Trap-Antenne.

Bei der Auslegung der Traps unterscheidet man 2 Fälle:

- **Fall 1:**
Die Trap ist auf dem höherfrequenten Band resonant und wirkt auf dieser Frequenz als Isolator (= Wellenfalle).

Am Beispiel einer 80 / 40 m Antenne erklärt:

- 40 m: Der innere Teil vom Mittelisolator bis zu den Traps hat die korrekte Länge für das 40 m Band. Beide Traps wirken wie Isolatoren und trennen auf dem 40 m Band die Antenne an diesem Punkt elektrisch ab..
- 80 m: Die auf $f_{res} = 7 \text{ MHz}$ abgestimmten Traps sind auf 80 m niederohmig und stellen für die 80 m Signale kein signifikantes Hindernis dar. Allerdings wirken die Spulen der Traps als Verlängerungsspulen. Dadurch wird die Länge der Antenne auf 80 m deutlich verkürzt. Die genaue Länge des äussersten Teil des Antennendrahtes hängt von der Induktivität der Trap-Spule ab.

Dies ist die Art Trap Antenne wie man sie heute üblicherweise verwendet.

Rund um die Antenne

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

- **Fall 2:**
Die Resonanzfrequenz der Traps liegt ausserhalb der Amateurbänder. Auf dem höherfrequenten Band wird die Antenne durch das C der Trap verkürzt, auf dem niederfrequenten Band durch das L der Trap verlängert.

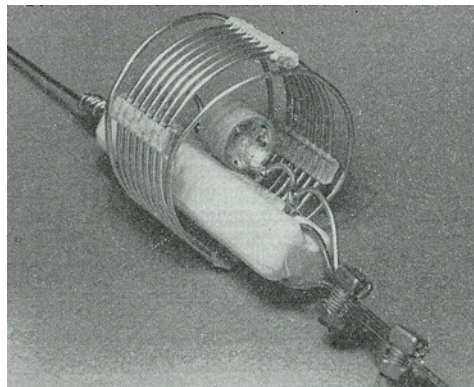
Am Beispiel einer 80 / 40 m Antenne erklärt:

Auf beiden Bändern wirkt die volle Antennenlänge.

- 40 m: Der Kondensator C der Traps wird so bemessen, dass er an der vorgesehenen Einbaustelle die Antenne so verkürzt, dass sich Resonanz auf dem 40 m Band ergibt.
- 80 m: Die Spule L der Traps wird so bemessen, dass sie an der vorgesehenen Einbaustelle die Antenne elektrisch so verlängern, dass sich Resonanz auf dem 80 m Band einstellt.

Die Resonanzfrequenz der Trap liegt irgendwo weitab der Amateurbänder.

Diese Art Trap Antenne ist eher ein Exot. Man findet diese Lösung heute nur sehr selten.



Die Ur-Traps sahen etwa so aus. Sie waren aus diskreten Bauelementen, also Kondensatoren und Spulen aufgebaut.

Wie man sich etwa vorstellen kann waren dies reine Schönwetter Traps. Bei Regen und Schnee veränderte sich die Resonanzfrequenz und abge-soffene Kondensatoren waren an der Tagesordnung. Solange man mit solchen Traps arbeiten musste hatten Trap-Antennen immer einen etwas zweifelhaften Ruf.

Erst als sich professionelle Antennenbauer der Sache annahmen und in Kunststoff vergossene Traps herstellten haben die Trap-Antennen an Popularität hinzugewonnen.

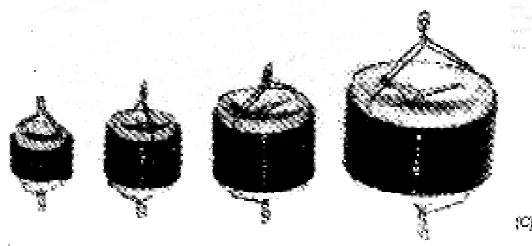
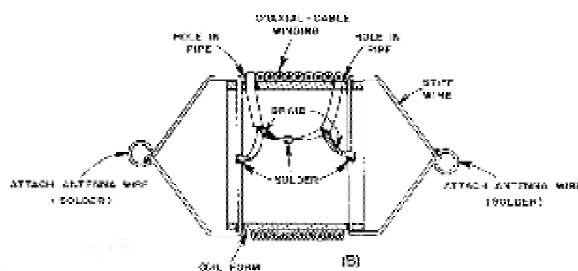
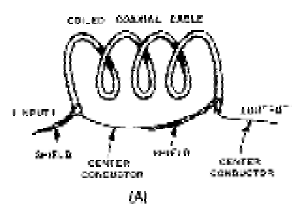


Fig. 10 - Trap antenna for the 10000 cycle/sec. band. The trap is made of a coil of wire and a capacitor. The trap is used to tune the antenna to the desired frequency.

Rund um die Antenne

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

Der eigentliche Durchbruch der Trap-Antennen geschah nachdem findige Köpfe die Koaxial-Trap erfanden. Das Prinzip ist folgendes:

- Ein zu einer Spule aufgewickeltes Stück Koaxial-Kabel stellt gleichzeitig sowohl eine Induktivität wie auch eine Kapazität dar.

Seit dieser Zeit haben sich die Koaxial-Traps voll durchgesetzt. Wenn man die Enden der Koaxial-Kabel in Kunstharz eingiesst, dann sind solche Dinger wetterfest und wasserdicht.

Wenn man Koaxial-Traps verwendet, dann hat man natürlich das Handicap, dass man L und C nicht mehr nach belieben bestimmen kann. In diesem Falle bleibt einem nicht anderes übrig als die Traps nach Fall 1, wo die Trap auf dem höherfrequenten Amateurband resonant ist, zu bauen.

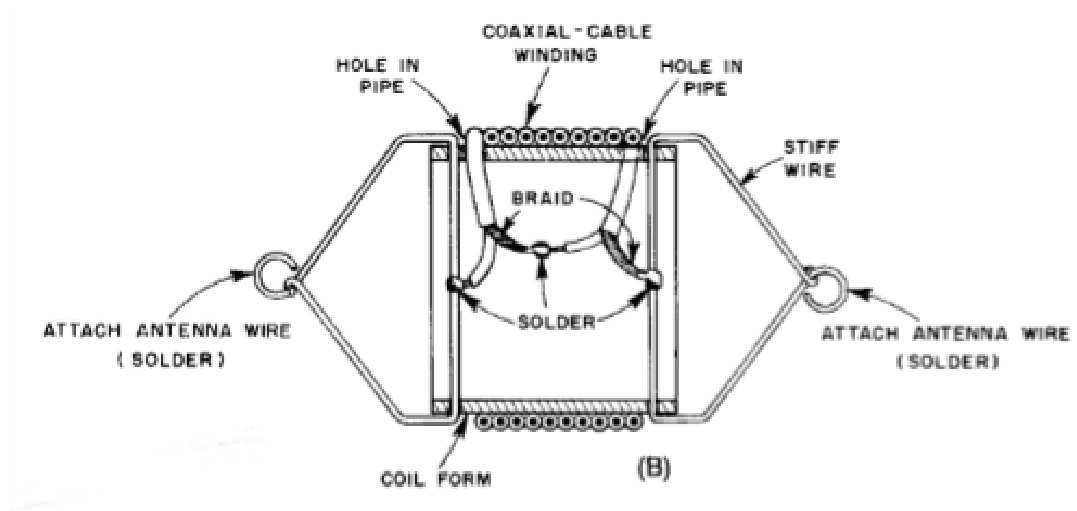
Man kann für Betrieb auf mehr als 2 Bändern eine ganze Anzahl Traps an der richtigen Stelle auf dem Antennendraht einschlaufen.

Bei einer Antenne für 20 – 40 – 80 m würde man zuerst die Drahtlänge für das 20 m vorsehen, dann dort eine 20 m Trap einfügen. Die 20 m Trap wirkt bereits als Verlängerungsspule für das 40 m Band. Deshalb muss man als nächstes die Länge für das 40 m Band bestimmen. Dort setzt man dann die 40 m Trap ein. Zu guter letzt gilt es nun noch die restliche Drahtlänge bis zur 80 m Resonanz zu bestimmen.

Für Selbstbauer von Koaxial-Traps gibt es PC-Programme wo man folgende Angaben eingibt:

- Koaxialkabel-Typ
- Gewünschte Resonanzfrequenz
- Spulendurchmesser

Als Resultat erhält man die Windungszahl. Mit diesen Angaben kann man die Trap bauen. Der Rest ist dann handwerkliches Geschick.



Dieses Bild zeigt im Detail wie eine Koaxial-Trap verdrahtet wird.

5.2 Langdraht Antennen

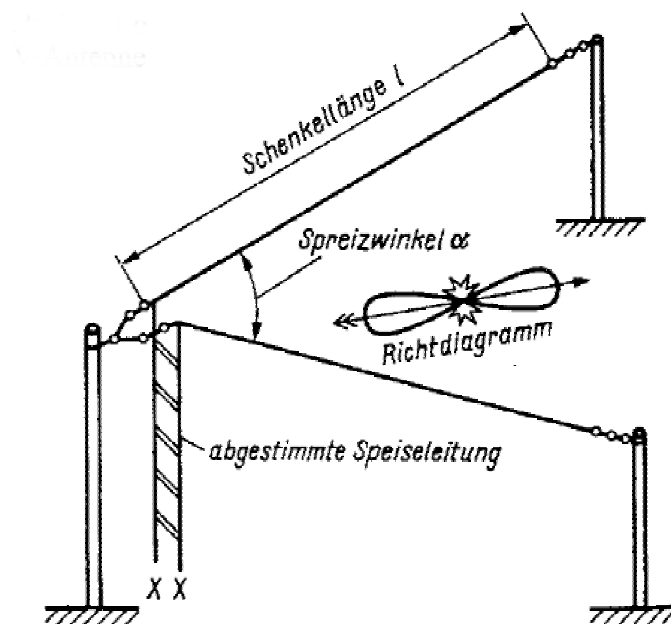
Unter Funkamateuren redet man häufig von „Langdraht-Antennen“. Langdraht Antenne ist ein geflügeltes Wort, das man für jede Antenne gebraucht die aus einem Stück Draht besteht und kein Dipol ist. Je nach der Ausführung der „Langdraht-Antenne“ kann das verschiedene Bedeutungen haben.

In Bezug auf Langdraht-Antennen unterscheidet man:



- **Echte Langdrahtantennen**
Das sind Antennen deren Länge gross ist gegenüber der Wellenlänge ($l = > 1 \lambda$)
- **Unechte Langdrahtantennen**
Der „Volksmund“ bezeichnet häufig jede Antenne die aus einem Draht besteht, der an einem Ende gespeist wird, als Langdrahtantenne.

5.2.1 Echte Langdrahtantennen

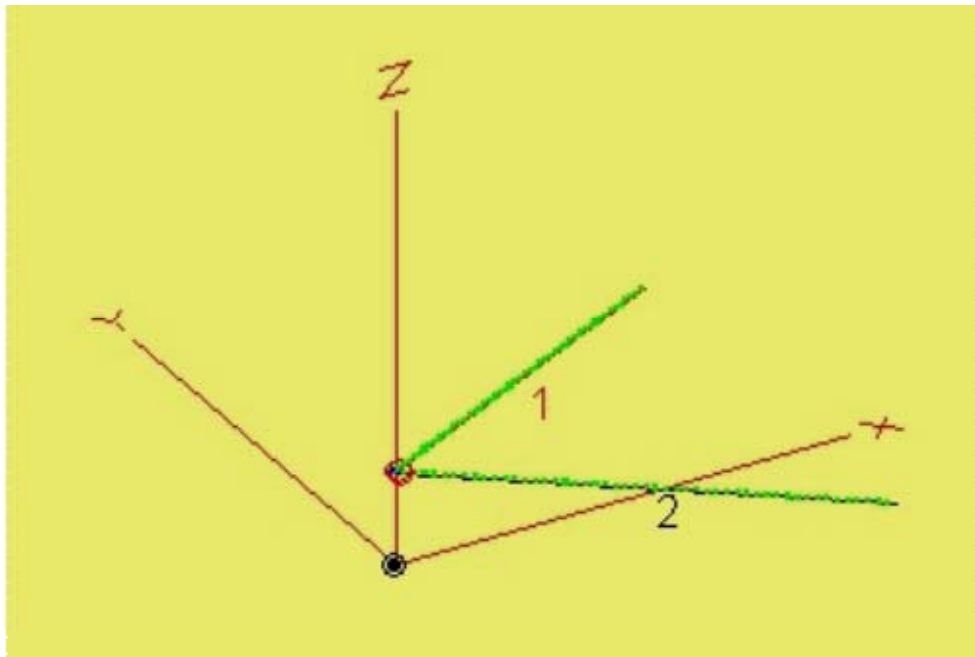


Das obige Bild zeigt das Beispiel einer echten Langdrahtantenne und zwar in Form einer V-Antenne. Die Schenkelänge beträgt in jedem Fall mehr als 1λ . Die Speisepunktimpedanz ist kaum vorhersagbar (meistens hochohmig). Deshalb kommt als Speiseleitung kaum etwas anderes als symmetrisches Speisekabel in Frage. Solche Langdrahtantennen zeigen eine ausgesprochene Richtwirkung. Die Hauptstrahlrichtung liegt in der Mitte des Spreizwinkels. Der Durchschnitts OM wird wohl kaum einmal je genügend Platz zur Verfügung haben um eine echte Langdraht Antennen zu erstellen.

Rund um die Antenne

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

Trotzdem wollen wir uns an ein Beispiel wagen und zwar in einer Ausführung die für den einen oder anderen OM möglich ist und sei es als Versuch z.B. an einem Field Day.



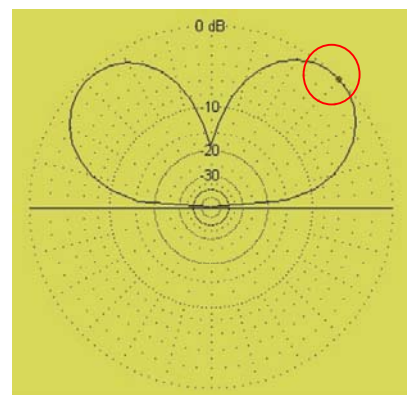
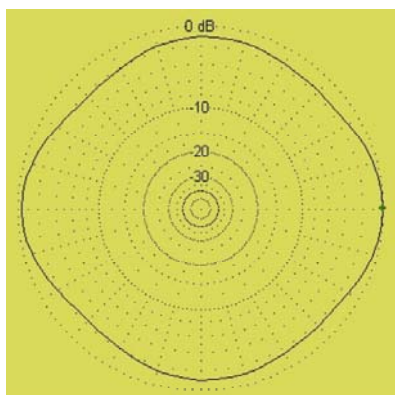
Ein machbares Projekt:

Draht $\frac{1}{2}$ = Länge je 70 m
 Höhe Mast = 15 m
 Höhe Drahtenden = 10 m
 Öffnungswinkel = 60 Grad

Speisung mit Hühnerleiter

ACHTUNG:
 Drahtlängen von $\frac{1}{2} \lambda$ oder
 Vielfache davon ergeben
 Spannungsspeisung!

Die Dimensionen wurden so gewählt, dass das ganze nicht in Gigantismus abgeleitet. Darüber hinaus möchte ich auf aufzeigen, dass die Drahtlängen auf keinem Amateurfunkband resonant sein müssen. Im Gegenteil, dies erschwert die Sache nur unnötig. Wir haben dann plötzlich auf dem einen oder anderen Band Spannungsspeisung. Spannungsspeisung ist etwas das die wenigsten der heute gebräuchlichen Antennenkoppler mögen.



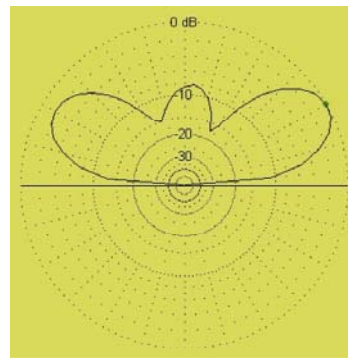
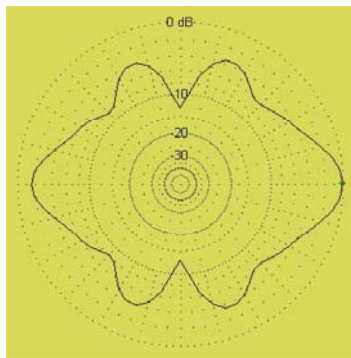
Dies zeigt die Richtcharakteristik auf dem 80 m Band. Es ist ein Rundstrahler mit Vorzugselevation 45 Grad. Dies ist für DX auf dem 80 m Band durchaus zu Gebrauchen. Was ebenso wichtig ist ist die Unterdrückung der Steilstrahlensignale um bis zu 30 dB.

Rund um die Antenne

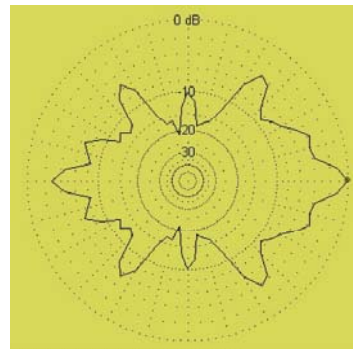
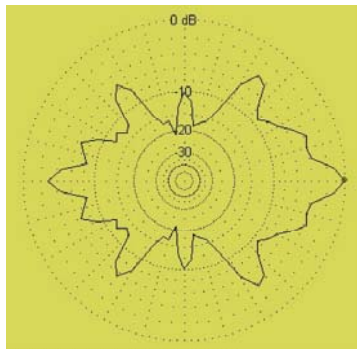
Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

Im „low band“ DX'ing ist eine gute Sendeantenne das eine und die Gegenstation zu hören eine andere. Da nicht mit dem Auftreten einer toten Zone gerechnet werden kann hören wir immer alle unsere Mitbewerber aus Europa mit voller Lautstärke. Speziell nett sind diejenigen OM's die die QRG der DX-Station im DX-Cluster gelesen haben, dann diese QRG an ihrem Gerät einstellen und unermüdlich ihr Rufzeichen durchgeben. Sie merken gar nie, dass die DX Station „Split“ arbeitet und eigentlich z.B. 5 oder 10 kHz höher hört. In solchen Fällen ist eine Antenne mit hoher Unterdrückung der EU-Steilstrahlsignale eine wahre Wohltat. Man hat dann die Chance die DX-Station trotz der vielen bewussten und unbewussten Störer doch noch zu hören.

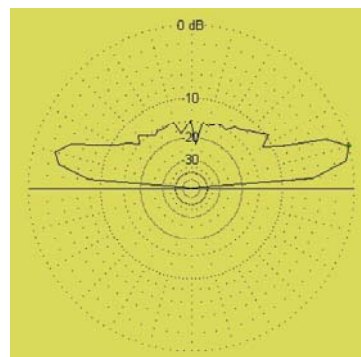
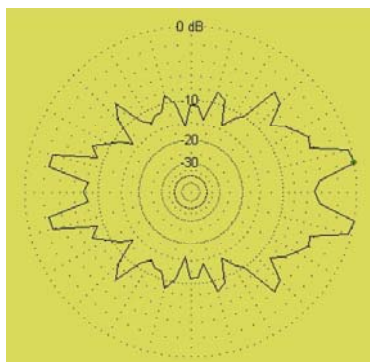
Dieselbe Antenne lässt sich natürlich auch auf allen kurzwelligeren Bändern mit Erfolg einsetzen.



40 m Band, Elevation = 30 Grad



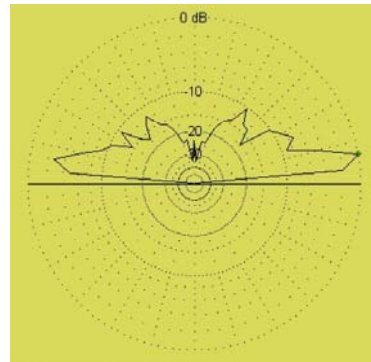
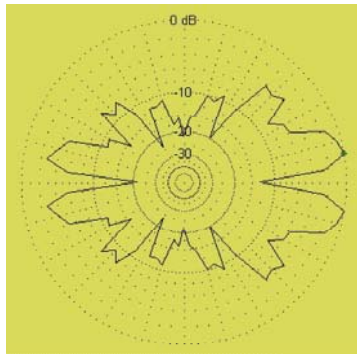
20 m Band, Elevation = 15 Grad



15 m Band, Elevation = 15 Grad

Rund um die Antenne

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen



10 m Band, Elevation = 12 Grad

Die Diagramme zeigen es ganz deutlich. Bei zunehmender Frequenz werden die Abstrahlwinkel immer tiefer. Die Azimuth-Diagramme zeigen zwar gewisse Vorzugsrichtungen. Richtig schlimm wird aber die Unterdrückung einer bestimmten Richtung nirgends. Wenn es mit einer solchen Antenne in eine gewisse Richtung überhaupt nicht geht, dann sind meistens andere Gründe massgebend. Das können Abschattungen durch Gebäude sein oder Gelände das in der näheren Umgebung eine gewisse Richtung förmlich abschattet.

Allerdings:

- Koax-Kabel Speisung geht nicht.
- Das sind typische Antennen für Speisung mit symmetrischer Speiseleitung.
- Wer trotzdem unbedingt Koax-Kabel verwenden will, der kann am Speisepunkt der Antenne eine Automatik-Tuner (am besten in symmetrischer Ausführung) vorsehen.

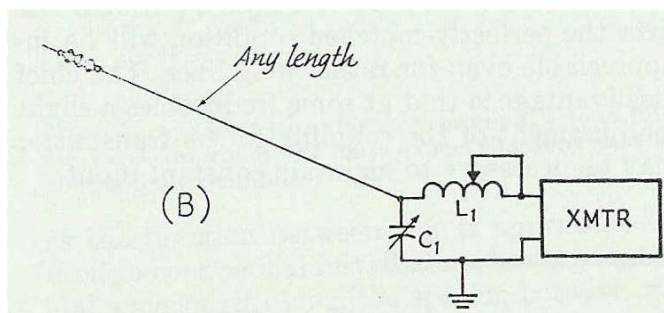
Wer genügend Platz hat dem sei das Experimentieren mit Langdrahtantennen ans Herz gelegt. Man orientiert sich dabei am besten an den Aufhängemöglichkeiten die sich an einem bestimmten Standort ergeben. Die absoluten Drahtlängen sind nicht entscheidend. Wer eine V-Antenne baut sollte allerdings die beiden Schenkel gleich lang machen. Auch der Öffnungswinkel ist nicht kritisch. Schmale Öffnungswinkel steigern die Richtwirkung in die Richtung der Winkelhalbierenden. Man soll es aber nicht übertreiben. Zwei parallele Drähte bringen gar nichts mehr. Grössere Öffnungswinkel führen eher zu Rundstrahlung.

Langdrahtantennen sind, wie am Anfang erwähnt, Antennen deren Drahtlänge $> 1 \lambda$ beträgt. Sie müssen nicht zwingend aus 2 Drähten in V-Form bestehen. Man kann es ruhig einmal mit einem einzigen im Vergleich zur verwendeten Wellenlänge langen Draht versuchen. Wenn die Drahtlänge dann in der Grössenordnung von 2 ... 4 (oder mehr) Wellenlängen liegt dann erhält man eine ausgesprochene Richtwirkung in der Richtung der Drahtachse. Solche Antennen können sich einwandfrei anpassen lassen, sie können „super“ gehen und einem viel Freude bereiten. Andererseits habe ich es auch schon selbst erlebt, dass eine Langdrahtantenne von der ich eigentlich gute Resultate erwartet hätte eine grosse Enttäuschung war. Sie liess sich kaum anpassen und auch im praktischen Betrieb waren die Ergebnisse nicht befriedigend. Man lasse sich von solchen Resultaten aber nicht frustrieren. Man kann auch im Antennenbau nicht immer alles vorausberechnen. Es gibt immer wieder standortbedingte Einflüsse mit denen wir Leben müssen.

Trotzdem: **Wenn man experimentiert lernt man immer etwas dazu !**

5.2.2 Unechte Langdrahtantennen

Da echte Langdrahtantennen je nach Band gewaltige Ausmasse annehmen können, ist die „unechte Langdrahtantenne“ wohl eher etwas, was für den Durchschnitts-OM in Frage kommt. Der „Sex-Appeal“ dieser Antennen-Art liegt darin, dass man einen einzigen Draht vom Haus weg an einen einzigen Aufhängepunkt spannt. Dies bedeutet: Man hat eine sehr unauffällige Antenne.



Dieses Bild, aus dem ARRL Antenna Book zeigt das Prinzip.

Ein Stück Draht führt an einen geeigneten Aufhängepunkt. Die Antenne wird mittels einem Antennenkoppler gegen Erde betrieben. Beim Antennenkoppler kann es sich um einen manuellen oder um einen automatischen Koppler handeln. Allerdings ist das obige Bild idealisiert. Ausser an einem Field Day QTH wird es wohl kaum einmal vorkommen, dass der Antennenkoppler gleich neben dem „Erdpfahl“ steht. Unter Erdpfahl verstehe ich die Erdverbindung, wie sie auch immer gemacht ist. Es kann sich auch um eine Netz von Radials handeln, die auf dem Boden ausgelegt sind. Bei der „physikalischen“ Betrachtung der Anordnung müsste man noch einen Widerstand in Serie zur Erdleitung zeichnen, den **Erdübergangswiderstand**.

Im praktischen Betrieb wird die „Erdleitung“ zwischen dem Antennenkoppler und der Erde immer eine gewisse Länge aufweisen. Wenn wir die Antenne am Dachgiebel abspannen und den Antennenkoppler in der Nähe platzieren, dann kann es sich um mehrere Meter Draht handeln. 7 ... 10 m „Erdleitung“ hat man noch bald einmal beisammen.

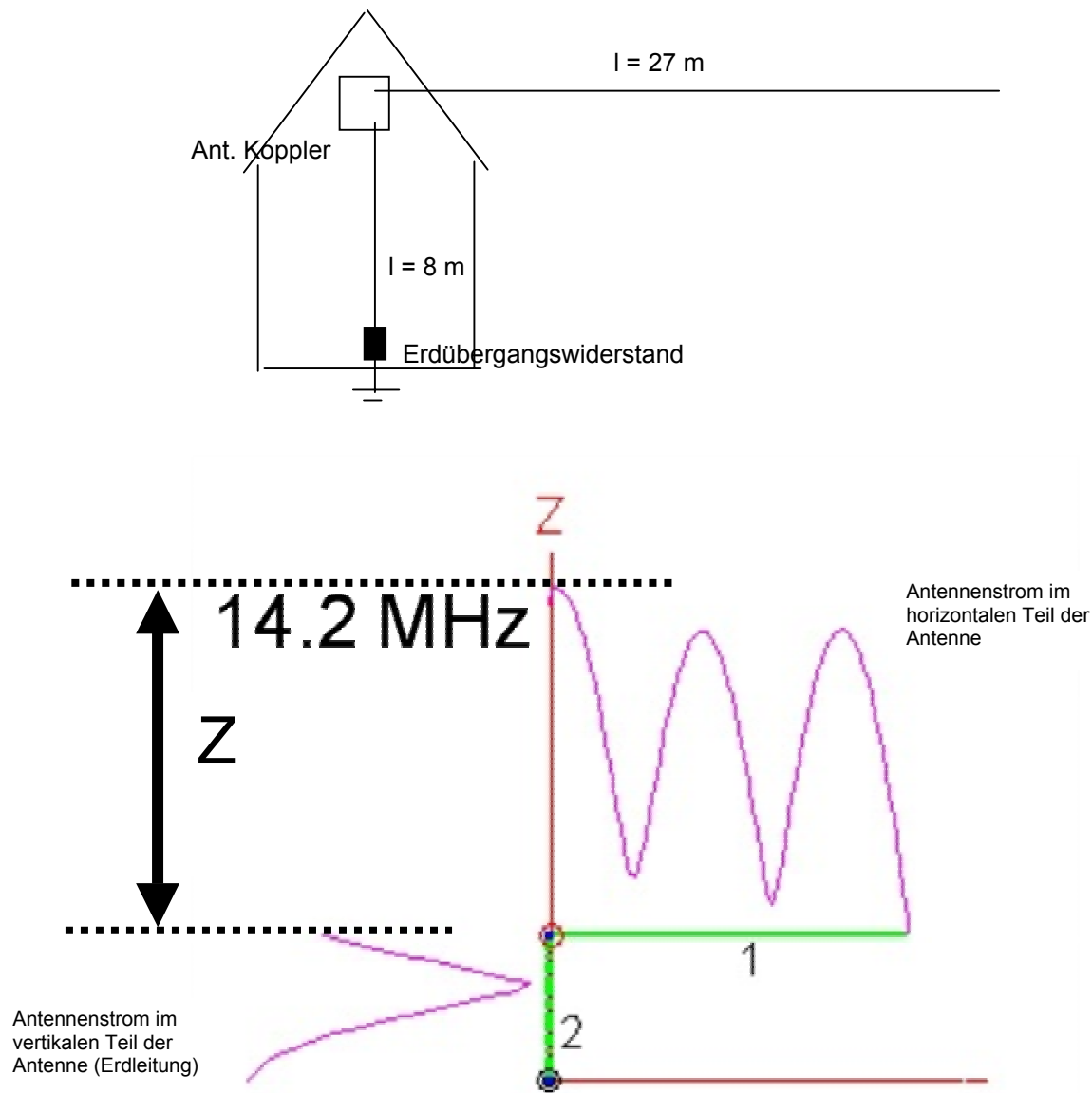
Bei dieser Art Antenne muss folgendes beachtet werden:

- Die Drahtlänge der eigentlichen Antenne, d.h. vom Isolator am abgespannten Ende bis zum Antennenkoppler darf auf keinem Band eine $\lambda/2$ -Resonanz aufweisen. Dies würde reine Spannungskopplung bedeuten und dies verkraftet ein normaler Antennenkoppler nicht.
- Der Draht vom Antennenkoppler bis zur eigentlichen Erde ist ein Teil der Antenne und strahlt mit.
- Deshalb ist dieser Draht auf möglichst direktem Weg zur Erde führen.
- Die Drahtlänge der Erdleitung (vom Antennenkoppler bis zum Übergang in die Erde) darf auf keinem der benutzten Bänder $\lambda/4$ oder ein ungradzahliges Mehrfaches davon betragen. Dies würde am Antennenkoppler reine Spannungskopplung bedeuten, und da macht der Koppler nicht mehr mit.

Den bereits erwähnten „Erdübergangswiderstand“ sollte man nicht vergessen. Diesen kann man zwar kaum beeinflussen, denn er hängt weitgehend von der Bodenleitfähigkeit ab und von der Art wie man erdet. Eine Blitzschutzterde führt zwar im Falle eines Falles den Blitzstrom gut ab, aber eine gute HF Erde ist das noch lange nicht. Radials sind da schon besser.

5.2.2.1 Praktisches Beispiel einer unechte Langdrahtantenne

Wie verhält sich ein 27 m langer Draht, wenn er in einer Höhe von 8 m aufgehängt ist. Dies bedeutet, dass ein Erddraht von 8 m Länge im Spiel ist, der mitstrahlt und ein Teil der Antenne darstellt.



Das obige Diagramm zeigt die Antenne gemäss EZNEC. Der Speisepunkt ist durch den Kreis am Übergang von Draht 1 zu Draht 2 symbolisiert. Draht 2 ist am Ende geerdet. Eingezeichnet ist der Stromverlauf auf der Antenne und auf dem Erddraht bei einer Frequenz von 14.2 MHz.

Bei dieser Art von Antennen gelten folgende Spielregeln:

- Regel 4 besagt: freie Enden = Spannungsbauch.
Das Ende von Draht 1, also das dem Antennenkoppler abgewandte Ende liegt per

Rund um die Antenne

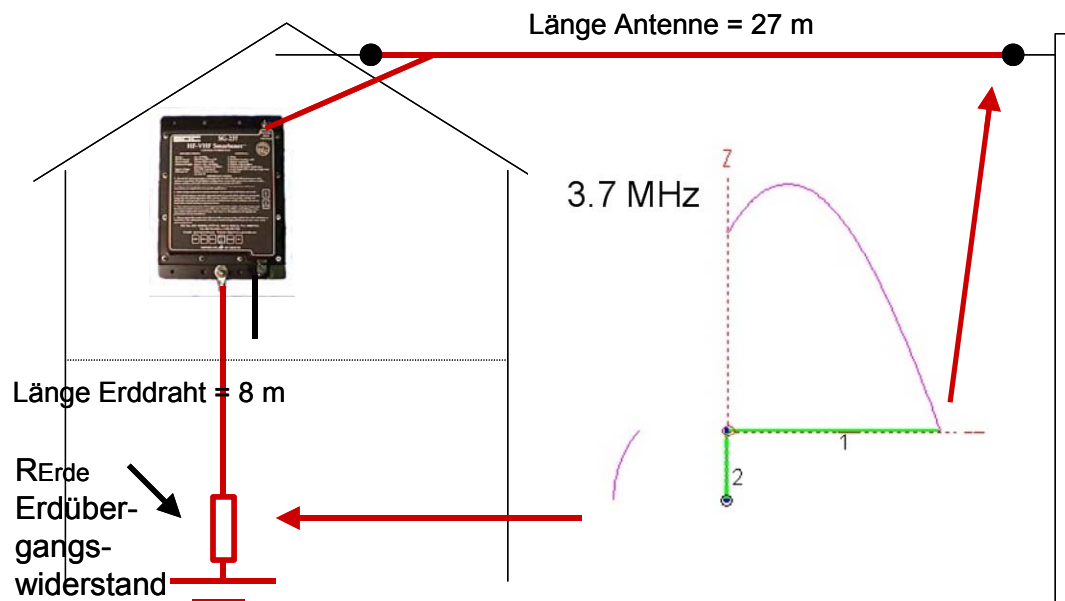
Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

Definition immer in einem Spannungsbauch.

- Das geerdete Ende von Draht 2 liegt per Definition immer in einem Strombauch. Das geerdete Ende liegt ja nicht frei, sondern es ist an Erde gelegt. Dort fliesst ein Strom. Ob das geerdete Ende von Draht 2 präzise im Strombauch liegt oder etwas verschoben ist hängt vom Erdübergangswiderstand ab.
- Der Erdübergangswiderstand ist ein reeller Widerstand und nicht ein Phantom das nur in den Köpfen irgendwelcher Theoretiker existiert. Nach der alten Formel $P = U \cdot I$ wird in diesem Widerstand sehr reell ein Teil der kostbaren Sendeleistung verbraten.
- Der Antennenkoppler der am Schnittpunkt der Drähte 1 und 2 eingeschlauft ist muss mit der Impedanz Z fertig werden. Dies ist der Unterschied in den Wellenzügen auf Draht 1 (beginnend mit Strom „0“ am äusseren Isolator) und Draht 2 (beginnend mit Strom „Maximum“ am Punkt des Erdübergangs).

Das oben gesagte gilt natürlich analog für alle Amateurfunkbänder auf denen wir diese Antenne verwenden wollen. Zwei Beispiele auf das 80 m Band und das 10 m Band bezogen sollen dies aufzeigen:

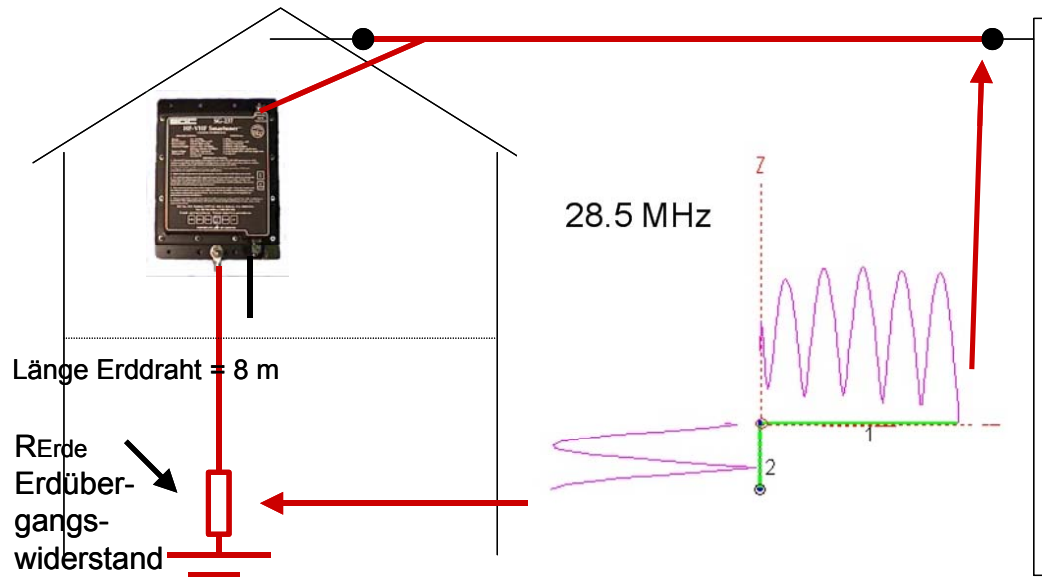
Stromverteilung derselben Antenne auf dem 80 m Band



Rund um die Antenne

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

Stromverteilung derselben Antenne auf dem 10 m Band



5.2.2.1.1

Betrachtungen zur Speisepunktimpedanz

Da es ganz interessant ist die Speisepunktimpedanzen, wie sie bei den verschiedenen Bändern zu erwarten sind, zu kennen habe ich unser Beispiel rasch mit EZNEC nachgerechnet. Es sind folgende Grössenordnungen zu erwarten.:

Als „Ground Type“ habe ich „Real, high accuracy“ gewählt, weil eine Betrachtung unter der Annahme einer perfekten Bodenleitfähigkeit wenig Sinn macht.

3.700 MHz	-->	400 + j485 Ω
7.050 MHz	-->	460 + j74 Ω
10.100 MHz	-->	2500 + j1030 Ω
14.200 MHz	-->	416 + j640 Ω
18.100 MHz	-->	263 + j605 Ω
21.300 MHz	-->	386 + j621 Ω
24.900 MHz	-->	354 + j465 Ω
28.500 MHz	-->	3080 + j1300 Ω

Auf Grund der EZNEC-Berechnungen kann davon ausgegangen werden, dass sich dieser „Draht“ auf den meisten Bändern vernünftig abstimmen lässt. Kritische Bänder werden 10.1 MHz sowie 28 MHz sein. Als Faustregel kann man annehmen, dass alles mit einem Real-Anteil von 2 k Ω und höher als Spannungskopplung betrachtet werden muss.

5.2.2.1.2

Welcher Antennenkoppler ?

Grundsätzlich kann man im Speisepunkt jeden unsymmetrischen Antennenkoppler einschlaufen. Je nach der Anordnung der Antennenanlage kann ein manueller Antennenkoppler unpraktisch platziert sein. Dies ist dann ein Fall für einen der heute sehr populären automatischen Antennenkoppler. Ob der Antennenkoppler mit den oben erwähnten kritischen Bändern 10 MHz und 28 MHz fertig wird hängt einerseits vom Einstellbereich des Koppler ab und andererseits vom Erdübergangswiderstand. Ein grosser Erdübergangswiderstand kann den Strombauch, der theoretisch am Erdübergangspunkt vorliegt, soweit

Rund um die Antenne

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

verschieben, dass sich plötzlich auf wundersame Weise auch diese Bänder anpassen lassen. Schon manches „gute“ SWR ist nur dank gütiger Mithilfe von Übergangswiderständen entstanden.

Wer sich einen automatischen Antennenkoppler anschafft, der sollte bei der Evaluation auch auf den Anpassbereich des Koppler achten. Es werden „Auto-Tuner“ angeboten mit magerem Einstellbereich, sagen wir zwischen 15 Ω bis 200 Ω . Andere Hersteller versprechen zwar ihr Koppler könne jede Antenne anpassen. Wenn man dann in der Literatur (z.B. im Internet) nach handfesten Daten sucht, dann findet man schlicht und ergreifend keine Daten die in echten physikalischen Grössen ausgedrückt sind. Wer einen grossen Abstimmbereich anzubieten hat müsste eigentlich auch bereit sein diesen zu nennen.

Wenn man die beiden kritischen Bänder ausklammert, dann dürfte es sogar möglich sein mit einem 1:9 Balun zu arbeiten und den Antennenkoppler in den Shack zu verlegen. Wie wir schon früher gesehen haben geschieht in diesem 1:9 Balun eine Division der Speisepunkimpedanz um den Faktor 9, und ... like magic ... schon sind wir innerhalb des Abstimmbereiches unseres Antennenkopplers.

5.2.2.1.3

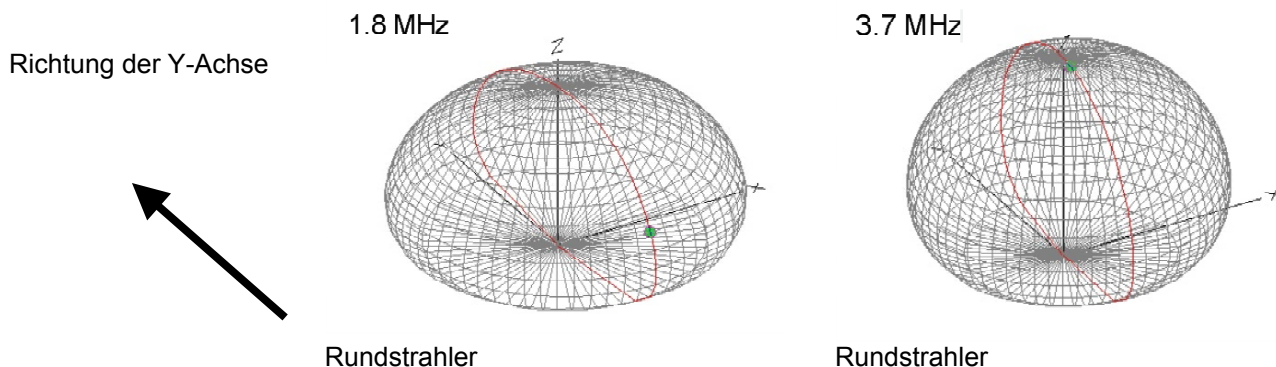
Aus einem unechten Langdraht wird eine echte Langdraht-Antenne

Wir erinnern uns, echte Langdraht-Antennen zeichnen sich dadurch aus, dass die Drahtlänge $> 1 \lambda$ ist. In unserem Beispiel ist diese Bedingung für alle Amateurbander oberhalb des 40 m Bandes erfüllt.

Die Richtwirkungsdiagramme sind nicht so einfach vorhersagbar. Zu viele Einflüsse spielen mit. Die Antenne besteht aus einem horizontalen Teil und einem vertikalen Teil, der sog. Erdleitung. Vom horizontalen Teil kann man annehmen, dass er einigermassen frei in Luft hängt. Vom vertikalen Teil, also der Erdleitung, kann man das nicht so ohne weiteres behaupten. Meistens läuft er parallel zu einer Mauer. Was in der Mauer drin ist, weiss man meistens nicht. Auch weiss man eher selten Bescheid über andere Leitungen oder anderes leitendes Material und seien es nur Armieisen im Beton. All dies kann die Abstrahlung beeinträchtigen.

Die nachstehenden Darstellungen gehen von einer „frei“ im Raum liegenden vertikalen Erdleitung aus.

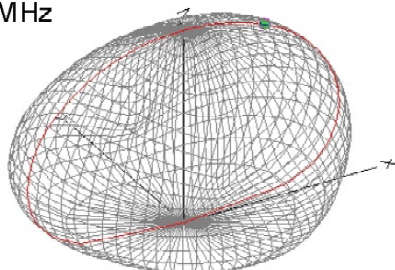
Die Drahtrichtung des horizontalen Teils entspricht der Y-Achse.



Rund um die Antenne

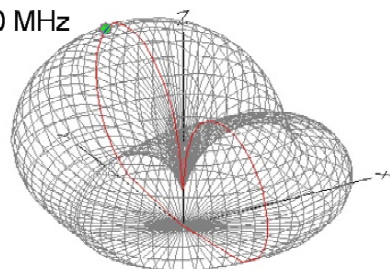
Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

7 MHz



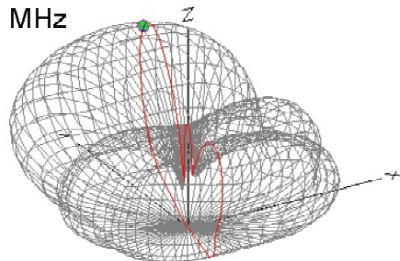
Strahlt in die Breitseite, aber nicht symmetrisch

10 MHz



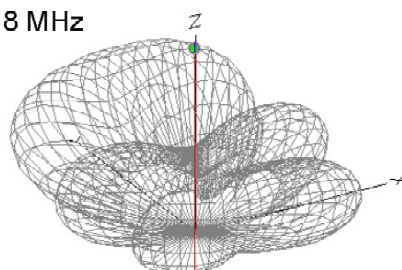
Strahlt in Drahrichtung

14 MHz



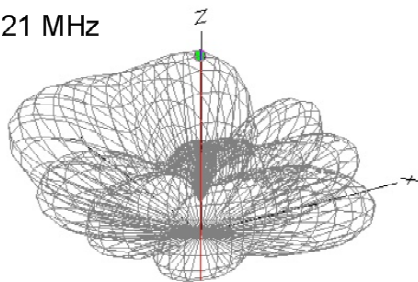
Strahlt ca. 15 ° zur Drahrichtung

18 MHz



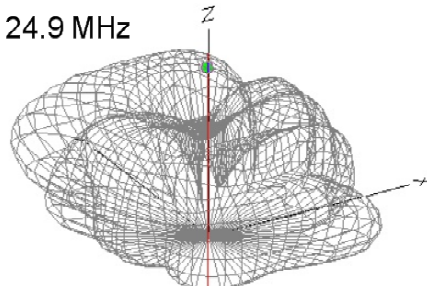
Strahlt ca. 30 ° zur Drahrichtung
Wildes Strahlungsdiagramm

21 MHz



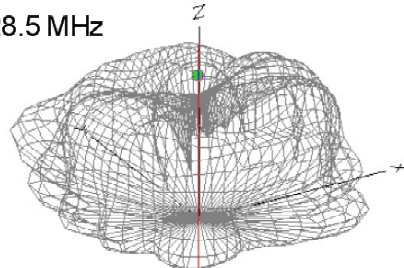
Strahlt ca. 30 ° zur Drahrichtung
Wildes Strahlungsdiagramm

24.9 MHz



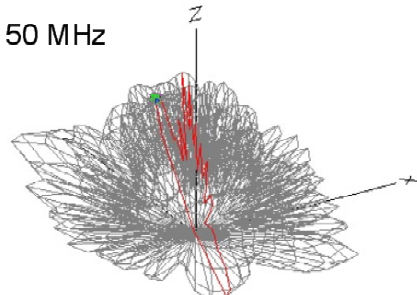
Strahlt ca. 30 ° zur Drahrichtung
Wildes Strahlungsdiagramm

28.5 MHz



Strahlt ca. 30 ° zur Drahrichtung
Wildes Strahlungsdiagramm

50 MHz



Strahlt ca. 30 ° zur Drahrichtung
Wildes Strahlungsdiagramm

Wie man sieht, je höher die Frequenz umso wilder werden die Strahlungsdiagramme. Man lasse sich aber nicht täuschen. Auf gewissen Bändern treten in gewissen Richtungen recht flache Abstrahlwinkel auf, was gute Voraussetzungen für erfolgreichen DX-Verkehr schafft. Trotzdem man 50 MHz nicht mehr unbedingt zu den KW Bändern zählt, hat es mich doch interessiert wie sich die Antenne auf diesem Band verhalten würde. Wenn man das absolut

Rund um die Antenne

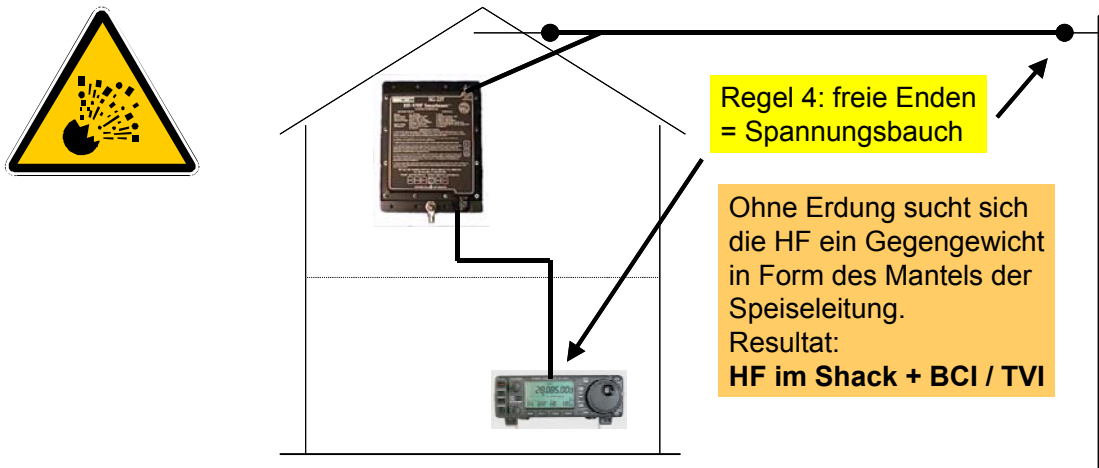
Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

wirre Abstrahlungsdiagramm näher untersucht, dann kommt man zum Schluss dass es sich um eine ganz brauchbare omnidirektionale Antenne mit relativ flachem Abstrahlwinkel handelt. Natürlich verpufft auch etwas der Energie nach oben.

5.2.2.1.4

Was passiert wenn wir vergessen zu Erden ?

Es gibt immer wieder OM's die vergessen, dass man eine solche Antennenanordnung Erden muss. Es kann auch vorkommen, dass die Erdung so schlecht ist, dass man sie als nicht existent betrachten muss.



Wenn keine saubere Erdverbindung vorhanden ist, dann sucht sich die HF-Energie ein Gegengewicht. Unabhängig von der Art der Ankopplung am Speisepunkt (automatischer Antennenkoppler, manueller Antennenkoppler, Balun 1:9, etc.) gibt es ja immer ein Speisekabel zum Transceiver. Der Mantel dieses Speisekabels wird nun von der HF-Energie als Gegengewicht oder als Verlängerung der Antenne angesehen und als Strahler benutzt. An der Stelle wo der Transceiver sitzt ist die Antenne zu Ende.

Nun gilt wieder Regel 4: „freie Enden = Spannungsbauch“.

In und um den Transceiver treten je nach Sendeleistung mehr oder weniger hohe HF-Spannungen auf. Dies erklärt warum „es einem einen schmiert“ wenn man etwas metallisches am Transceiver berührt. Es kann auch sein, dass die Elektronik des Transceivers infolge vagabundierender HF verrückt spielt.

Im allgemeinen führt das Speisekabel von der Antenne zum Transceiver irgendwo durchs Haus. Das Speisegerät des Transceivers ist über den Schutzleiter mit der Netzerde verbunden. Wie bereits an anderer Stelle erwähnt ist eine Netzerde keine HF-Erde. Man glaube also ja nicht die Station sei über die Netzerde „geerdet“. Der Zweck der Netzerde ist „Personenschutz“, d.h. im Falle eines Isolationsdefektes eines elektrischen Gerätes sollen Personen die das Gerät berühren nicht zu Schaden kommen. Eine HF-Erde ist es aber nicht. Die Erddrähte führen in allen möglichen und unmöglichen Schleifen im Haus herum. Es ist anzunehmen, dass sich ein Teil der HF-Energie auch über die Netzerde weiterverbreitet. Man verschleppt so die HF ins Haus und man muss sich nicht wundern

- wenn Hände, Lippen (vom Mikrophon), etc. „heiss“ werden
- der Fernseher und die Stereoanlage verrückt spielen
- etc.

Diese Ausführungen sollen zeigen was für Geheimnisse in einer auf den ersten Blick doch simplen Drahtantenne stecken.

Rund um die Antenne

Praxisorientierte Antennenkunde für Funkamateure

Teil 6:

Ganzwellen-Dipol, L-Antennen, Sloper, Schleifenantennen, Vertikal-Antennen

Max Rüegger, HB9ACC

Allen Freunden des Selbstbaus gewidmet

Rund um die Antenne

Teil 6: Ganzwellen-Dipol, L-Antennen, Sloper, Schleifenantennen, Vertikal-Antennen

Rund um die Antenne

Teil 6: Ganzwellen-Dipol, L-Antennen, Sloper, Schleifenantennen, Vertikal-Antennen

Inhaltsverzeichnis

Seite

6	Rund um die Antenne, Teil 6	
	Vorwort	5
6.1	Ein Ganzwellen-Dipol der besonderen Art	7
6.2	L-Antennen	8
6.3	Sloper	12
6.3.1	Der Viertelwellen-Sloper	12
6.3.2	Der Halbwellen-Sloper	14
6.3.3	Der Halbwellen-Sloper mit Reflektor	15
6.4	Schleifenantennen	17
6.4.1	Stromverteilung auf Schleifenantennen	18
6.4.2	Horizontale Schleifenantennen	19
6.4.3	Vertikale Schleifenantennen	19
6.4.4	Unsichtbare Schleifenantennen	23
6.4.5	Speisung von Schleifenantennen	24
6.4.6	Praxisbeispiel: Mehrband Schleifenantenne	26
6.5	Vertikale Antennen	30
6.5.1	Horizontale Antennen versus vertikale Antennen	30
6.5.2	Allgemeines zu Vertikal-Antennen	31
6.5.3	Die Marconi-Antenne	34
6.5.4	Die Ground-Plane Antenne	35
6.5.4.1	Wie viele Radials benötigt eine Ground-Plane Antenne	36
6.5.5	Die T-Antenne	38
6.5.6	Der vertikale Dipol	40
6.5.7	Der koaxiale Dipol	41
6.5.8	Vertikaler Halbwellenstrahler mit Spannungsspeisung	42

Rund um die Antenne

Teil 6: Ganzwellen-Dipol, L-Antennen, Sloper, Schleifenantennen, Vertikal-Antennen

Vorwort

Die erste Version dieses Dokumentes, damals unter dem Namen „Drahtantennen Praktikum“, ist zu dem Zeitpunkt entstanden als allen YL's und OM's deren Funkverkehr sich bisher auf Frequenzen oberhalb 30 MHz beschränkt hat damals neu den Zugang zur Kurzwelle erhalten haben.

Ich habe das Dokument damals meinen Freunden und Amateurfunger-Kollegen zur Verfügung gestellt. Das grosse Echo, das dadurch ausgelöst wurde hat, hat mich bewogen das Dokument laufend zu überarbeiten und weitere Erfahrungen einfließen zu lassen.

Einige Bemerkungen zum Dokument:

- Dieses Dokument ersetzt kein Antennenbuch und es enthält keine Kochrezepte. Mein Ziel war es die Materie von der praktischen Seite her anzugehen. Überdies ist es ein Ziel von mir das Verständnis für Antennen im allgemeinen und Drahtantennen im speziellen zu wecken. Die dazugehörigen Formeln, die es einem erlauben die Drahtlängen zu berechnen, findet man in jedem Antennenbuch. In jedem Antennenbuch finden sich auch jede Menge Formeln deren Herleitung wohl nur für wenige von uns nachvollziehbar ist. Ich versuche mit Betrachtungen über den Spannungs- und Stromverlauf auf Antennen das Verständnis für Probleme der Anpassung, SWR etc. zu wecken.
- Das Dokument enthält auch Information rund um die Antenne, also Materialkunde, Informationen über Speiseleitungen, Baluns, nützliche Messgeräte etc.
- Das Dokument befasst sich nicht mit Mehrelementantennen, wie Yagis, Mehrelement Quads, etc. Es beschränkt sich weitgehend auf Antennenformen die vom „ganz normalen OM“ im Selbstbau erstellt werden können.
- Dieses Dokument enthält wahrscheinlich nichts was man nicht auch anderswo nachlesen könnte.
- Dieses Dokument hat keinen kommerziellen Hintergrund. Ich habe mir deshalb gestattet für gewisse Darstellungen auf vorhandene Schemas, Zeichnung, Skizzen etc. zurückzugreifen.
- Ich verwende im Text häufig den Ausdruck OM. Damit sind natürlich auch alle YL's und XYL's gemeint. Der Ausdruck OM hat einfach meine Schreibe vereinfacht. Man verzeihe mir das.

Auch wenn dieser Beitrag zum Thema Antennen nicht vor mathematischen Formeln und algebraischen Abhandlungen strotzt, ich persönlich habe als Fernmelde-Ingenieur keine Berührungsängste mit der Theorie und der Mathematik. Ganz im Gegenteil. Ich selbst versuche immer wieder die Aussagen die ich mache mathematisch und von der Theorie her zu unterlegen.

Ich habe aber volles Verständnis für alle OM's die mit der Mathematik nicht unbedingt auf Du und Du sind und die sich lieber mit den praktischen Belangen auseinandersetzen. Wer einmal die grundlegenden Elemente der Antennentechnik verstanden hat, der ist in der Lage irgendwo auf der Welt, ohne grosse Hilfsmittel, lediglich mit einem Metermass in der Hand Antennen zu erstellen die funktionieren.

Es ist mir wichtig Erklärungen und Anregungen zu geben die den Freunden des Selbstbaus weiterhelfen.

Rund um die Antenne

Teil 6: Ganzwellen-Dipol, L-Antennen, Sloper, Schleifenantennen, Vertikal-Antennen

Das Dokument ist in 7 Teil-Dokumente aufgegliedert:

- **Teil 1**
 - allgemeine Hinweise
 - Materialkunde
 - Blitzschutz
 - Sicherheit
 - Masten
- **Teil 2**
 - Speisekabel
 - SWR
- **Teil 3**
 - Antennenkoppler
 - SWR-Meter
 - Instrumente
 - Baluns
- **Teil 4**
 - Antennen-Theorie
 - Antennen-Simulation
- **Teil 5**
 - Dipole
 - Windom-Antennen
 - Trap-Antennen
 - Langdraht-Antennen
- **Teil 6**
 - Ganzwellen-Dipol
 - L-Antennen
 - Sloper
 - Schleifenantennen
 - Vertikal-Antennen
- **Teil 7**
 - spannungsgespeiste resonante Antennen
 - verkürzte Antennen
 - Sonderformen verkürzter Antennen

Wichtiger Hinweis:

Die in dieser Dokumentation gemachten Angaben zu Schaltungen und Verfahren etc. werden ohne Rücksicht auf die Patentlage mitgeteilt. Sie sind ausschliesslich für Amateur- und Lehrzwecke bestimmt und dürfen nicht gewerblich genutzt werden. Der Autor hat die Angaben mit grösster Sorgfalt und nach bestem Wissen und seinen Erfahrungen zusammengestellt. Der Autor weist darauf hin, dass er weder Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für Folgen die auf fehlerhafte Angaben oder Auslegung direkt oder indirekt zurückgehen übernehmen kann.

Ich wünsche allen OM's, YL's und XYL's viel Erfolg und Befriedigung mit unserem weltumspannenden schönen gemeinsamen Hobby Amateurfunk.

März 2007

73 de Max Rüegger / HB9ACC

6.1 Ein Ganzwellen-Dipol der besonderen Art



Wir wissen aus Erfahrung:

- viel Draht hilft
- grosse Höhe hilft

Von einem Dipol nehmen wir immer an, dass die Einspeisung in der Mitte erfolgt. Bei einem Ganzwellendipol erhalten wir bei Speisung in der Mitte immer Spannungskopplung, was bedeutet, dass eine Speisung mit Koax-Kabel nicht in Frage kommt. Wer trotzdem eine ganze Wellenlänge Draht in die Luft bringen will, dem ist es natürlich nicht verboten die Antenne bei 25 % der Gesamtlänge einzuspeisen. Dort finden wir nämlich einen Strombauch und unser Koax-Kabel ist glücklich über die niederohmige Fusspunktimpedanz.

Solche Antenne eignen sich für Low Band DX'ing, z.B. auf dem 80 m Band.

Ein Beispiel soll die Vorzüge dieser Antenneart aufzeigen.

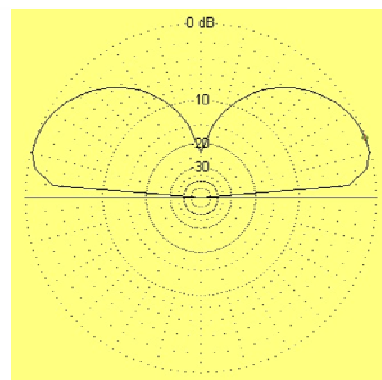
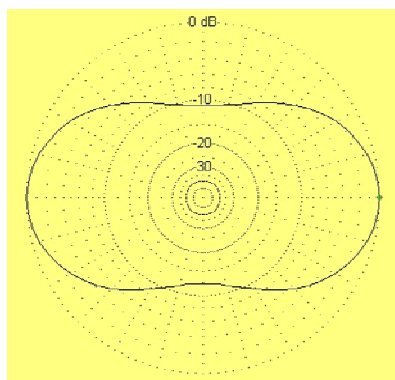
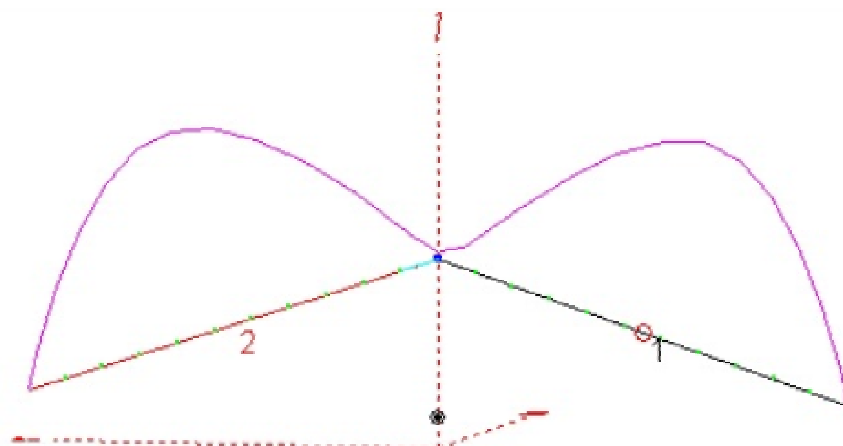
Wir gehen von folgenden Daten aus:

Masthöhe = 15 m

Höhe der Drahtenden über Grund = 2 m

Länge von Draht 1 und 2 = je 41.6 m

Einspeisung in der Mitte von Draht 1



Rund um die Antenne

Teil 6: Ganzwellen-Dipol, L-Antennen, Sloper, Schleifenantennen, Vertikal-Antennen

Vergleichen wir die Daten eines auf 15 m Höhe aufgehängten normalen Dipols mit dieser Art Ganzwellendipol:

Halbwellen-Dipol:

Gain = 7.78 dBi
bei Elevation 90 Grad

Gain = 0.61 dBi
bei Elevation 20 Grad

Grundsätzliches Verhalten:
Rundstrahler mit extremer Steilstrahlung

Ganzwellen-Dipol:

Gain = 4.97 dBi
bei Elevation 20 Grad

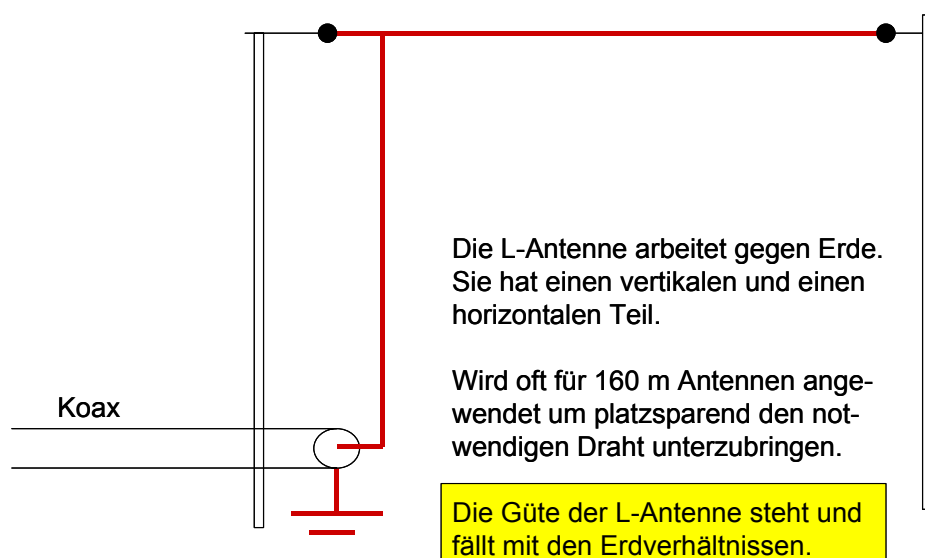
Grundsätzliches Verhalten:
Flachstrahler mit Richtwirkung und Unterdrückung von Steilstrahlsignalen um ca. 20 dB

Was zeigt uns der Vergleich?

Der ganz normale Dipol ist, zum mindestens auf den unter Bändern, fast immer ein vorzüglicher Steilstrahler. Wer viel Europa-Verkehr macht ist damit sehr gut bedient. Wenn es um Flachstrahlung geht, dann sinken die Signale rasch um mindestens 1 S-Stufe ab. Dies heisst aber noch lange nicht, dass man mit dem ganz normalen Dipol keine DX-QSO zustande bringt.

Unser Ganzwellen-Dipol der besonderen Art ist hingegen eine reine DX-Antenne. Die Steilstrahlung von oben wird um ca. 20 dB, oder um mehr als 3 S-Stufen, gedämpft. Der Hauptanteil der Strahlung geht unter einem Winkel in der Nähe von 20 Grad ab. Der zusätzliche Gewinn im Vergleich mit einem normalen Dipol beträgt zwar etwas weniger als eine S-Stufe. Wichtiger aber als das Verhalten beim Senden ist das Verhalten beim Empfang. Die 20 dB Dämpfung der Steilstrahlsignale erleichtern das Leben des Operators ungemein. Der OM leidet weniger unter den starken Steilstrahlsignalen seiner lieben EU-Kollegen und er hat bessere Chancen das Signal der DX Station aufzunehmen.

6.2 L-Antennen

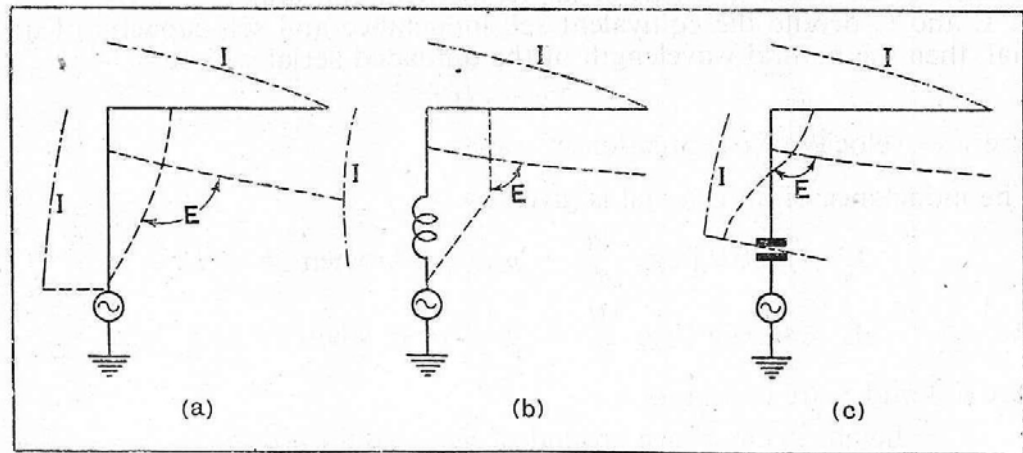


Rund um die Antenne

Teil 6: Ganzwellen-Dipol, L-Antennen, Sloper, Schleifenantennen, Vertikal-Antennen

Die L-Antenne ist eine weitere Form einer erfolgreichen Art von Drahtantenne. Sie wird seit den frühesten Anfängen der Funktechnik angewandt. Unter Funkamateuren ist dies eine populäre Antenne um auf den „langwelligen“ Bändern, z.B. auf dem 160 m Band, QRV zu sein. Wenn man diese Art Antenne mit Koax-Kabel speisen will, was meist der Fall ist, dann sollte die Gesamtlänge des Antennendrahtes irgendwo bei $\lambda/4$ liegen. Bei einer Antenne für das 160 m Band wäre eine Drahtlänge von 40 ... 45 m angebracht. Man kann die Antenne, wenn notwendig, mit einer Spule verlängern oder mit einem Kondensator verkürzen.

Das untenstehende Bild zeigt dieses Prinzip. Das Bild stammt aus einem englischen Lehrbuch für Seefunker aus dem Jahre 1950. Bei den damaligen Hochseedampfern waren L-Antennen gang und gäbe. Die Antenne begann in der Funkkabine, ging von dort auf einen Mast und der horizontale Teil führte zum andern Mast. Für den Funkverkehr auf Mittelwelle 375 ... 515 kHz war die Antenne immer zu kurz und wurde mittels Verlängerungsspule abgestimmt (Variante b). Für den Betrieb auf den Kurzwellen-Seefunkbändern war die Antenne meistens zu lang. Dann kam ein Verkürzungskondensator zum Zug (Variante c).



Current and voltage distribution in "L" shape aeriels

Es gibt OM's die machen ihre L-Antenne bewusst etwas zu lang. Am Speisepunkt fügen sie dann einen Drehkondensator ein. Mittels diesem Drehkondensator lässt sich dann die Resonanzfrequenz der Antenne bequem auf das gewünschte Bandsegment abstimmen. Für CW Freunde wären das auf dem 160 m Band das Segment von 1810 kHz bis ca. 1840 kHz, d.h. wenn wir bei einer Mittenfrequenz ca. 1825 kHz auf bestes SWR einstellen sollte es möglich sein ohne Nachstimmen des Drehkondensators das CW Band zu überstreichen.

Wer die Drahtlänge nicht ganz unterbringen kann der kann es mit einer Verlängerungsspule versuchen. Welche Werte die Komponenten haben müssen ist schwer im voraus zu bestimmen. Zwei Beispiele, die nachstehend aufgeführt werden, zeigen mit welchen Größenordnungen man es zu tun hat.

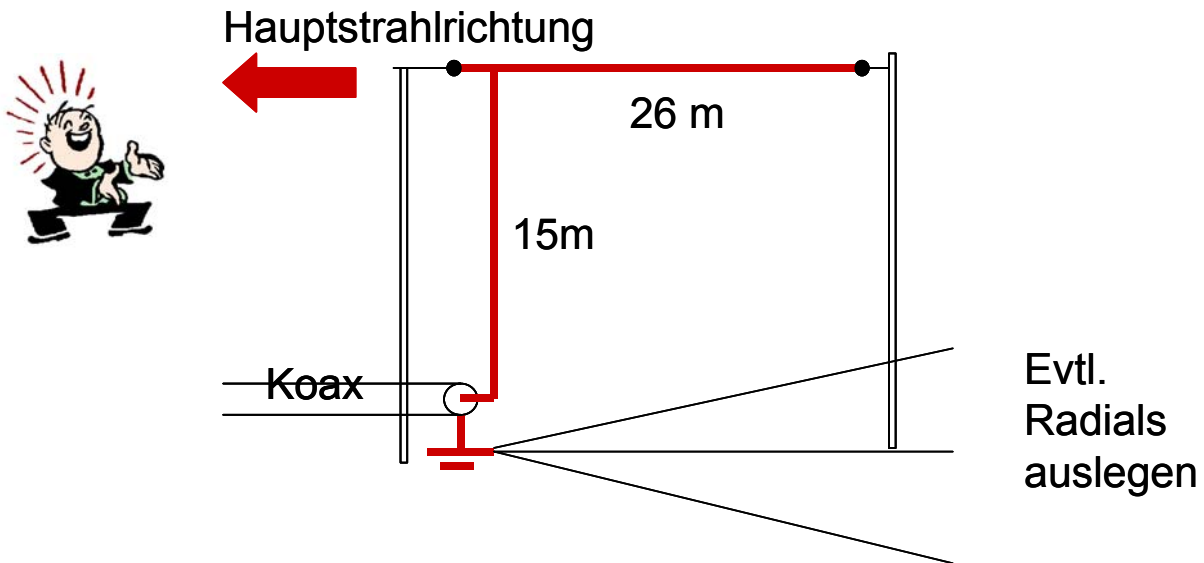
Auch hier gilt:

Probieren geht über studieren.

Ein praktisches Beispiel soll zeigen was von einer L-Antenne zu erwarten ist:

Rund um die Antenne

Teil 6: Ganzwellen-Dipol, L-Antennen, Sloper, Schleifenantennen, Vertikal-Antennen



Ein praktisches Beispiel soll zeigen was von einer L-Antenne zu erwarten ist:

Beispiel: L-Antenne für 1.8 MHz, volle Länge

- Länge vertikaler Teil = 15 m
- Länge horizontaler Teil = 26 m
- Abstrahlwinkel bei 30 Grad
- Wirkt fast wie ein Rundstrahler
- Gewinn 2.1 dBi (über mittlerem Boden)
- Speisepunktimpedanz bei 1840 kHz = $14 + j3.5 \Omega$

Beispiel: L-Antenne für 1.8 MHz, zu kurz, d.h. mit Verlängerungsspule

- Länge vertikaler Teil = 15 m
- Länge horizontaler Teil = 15 m
- Verlängerungsspule eingefügt ca. 75 cm ab Speisepunkt
- Wert der Verlängerungsspule $L = 11 \mu\text{H} / R = 5 \Omega$
- Abstrahlwinkel bei 30 Grad
- Wirkt fast wie ein Rundstrahler
- Gewinn 0.31 dBi (über mittlerem Boden)

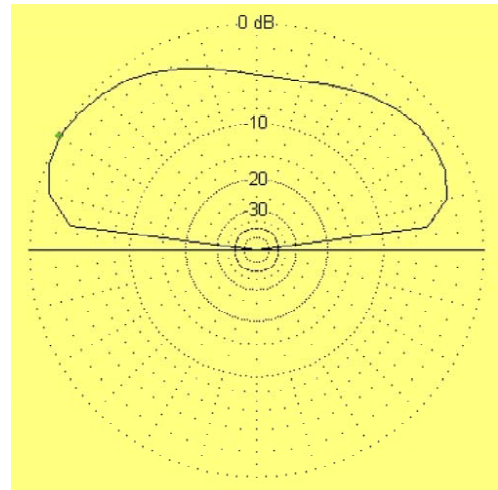
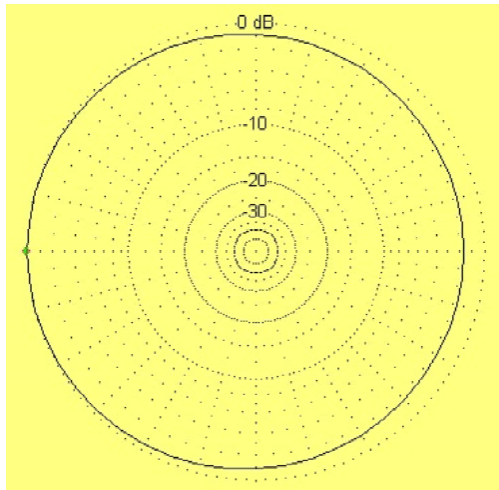
Beispiel: L-Antenne für 1.8 MHz, zu lang, d.h. mit Verkürzungskondensator

- Länge vertikaler Teil = 15 m
- Länge horizontaler Teil = 35 m
- Verkürzungskondensator eingefügt ca. 75 cm ab Speisepunkt
- Wert der Verkürzungskondensators $C = 400 \text{ pF} / R = 2 \Omega$
- Abstrahlwinkel bei 30 Grad
- Wirkt fast wie ein Rundstrahler
- Gewinn 2.08 dBi (über mittlerem Boden)

Die Werte sowohl für die Verlängerungsspule wie auch für den Verkürzungskondensator liegen innerhalb vernünftiger Werte. Man vergesse nicht in die Rechnung einzubringen, dass jede Spule Verluste aufweist (die im allgemeinen höher sind als man glaubt). Ebenso weist jeder Drehkondensator Verluste auf und seien es nur die Verluste im Schleifer. Diese sind im allgemeinen im Vergleich zu einer Spule bedeutend kleiner. Da der Drehkondensator in der Nähe des Strombauchs eingeschlaift wird muss er nicht sonderlich Spannungsfest sein. Für 100 W Leistung reicht ein normaler 500 pF Drehko aus einem alten Röhrenradio allemal aus.

Rund um die Antenne

Teil 6: Ganzwellen-Dipol, L-Antennen, Sloper, Schleifenantennen, Vertikal-Antennen

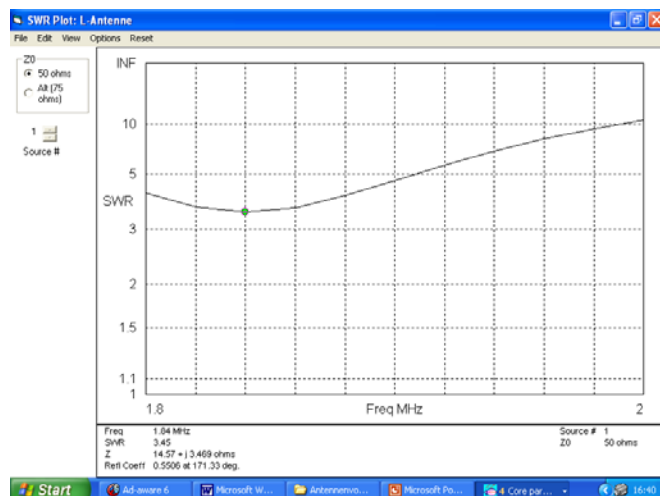


Ob die L-Antenne die volle Länge aufweist oder etwas verlängert oder verkürzt wird hat auf das Abstrahlungsdiagramm keinen nennenswerten Einfluss. Die Antenne verhält sich im grossen und ganzen wie ein Rundstrahler. Interessant ist es den Vorzugsabstrahlwinkel zu betrachten. Hätten wir einen Dipol ebenfalls in ca. 15 m aufgehängt, dann hätten wir einen klassischen Steilstrahler. Der Vorzugsabstrahlwinkel würde 90 Grad betragen. In unserem Beispiel erhalten wir einen Vorzugsabstrahlwinkel von 30 Grad. Wie ist das zu erklären ?

Die L-Antenne besteht aus 2 Teilsegmenten. Wir haben ein vertikales Segment und ein horizontales Segment. Es ist nun der vertikale Teil der Antenne der für den doch relativ flachen Vorzugsabstrahlwinkel verantwortlich ist. Dieser Teil wirkt quasi wie eine Vertikalantenne. Der horizontale Teil ergänzt den Antennendraht und macht ihn zu einem Viertelwellenstrahler.

Ja höher wir den vertikalen Teil machen können desto flacher strahlt die Antenne.

In der Praxis kann man das auch ausnützen indem man einen vorhandenen Mast aus leitendem Material, auf dem z.B. ein Beam thront, als Vertikalantenne für das 80 m Band oder das 160 m Band „missbraucht“. Was dem Mast an Länge fehlt kann durch den Beam, der als Kapazitätshut wirkt, wettgemacht werden. Wenn das noch nicht reicht, dann machen wir doch ganz einfach eine L-Antenne draus und hängen oben am Mast einen Draht an um die fehlende Länge herzustellen. Den Draht ziehen wir schräg nach unten und längen ihn so ab, dass wir auf der gewünschten Frequenz Resonanz erhalten.

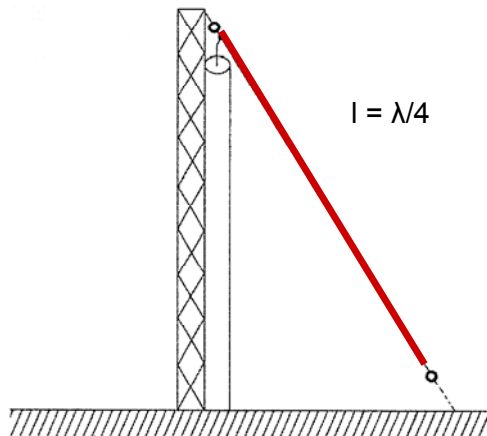


Die SWR Kurve sieht nicht sonderlich berauschend aus. Die Antenne ist relativ niederohmig. Aber immerhin, man darf diese Antenne ohne allzu schlechtes Gewissen mit Koax-Kabel speisen. Ein Antennenkoppler im Shack dürfte aber notwendig sein.

Die Güte dieser Art Antenne im praktischen Betrieb steht und fällt mit der Güte der „Erde“. Wer über Grundwasser wohnt, dem sei diese Art Antenne empfohlen. Wer eine schlechte Bodenleitfähigkeit hat, der wird mit einer symmetrischen Antenne mehr Erfolg haben.

6.3 Sloper

6.3.1 Der Viertelwellen-Sloper



Für diese Art Antenne findet man in der englischsprachigen Literatur oft den Begriff „Half-Sloper“. Als „Slope“ wird im Englischen ein Abhang bezeichnet. Ein „Ski-Slope“ ist ein Abhang zum Skifahren. Auch wenn man die nebenstehende Antenne betrachtet, dann sieht man was mit dem Ausdruck „Sloper“ gemeint ist. Es ist ein Draht der oben eingespeist wird und dann nach unten geht. Die Voraussetzung dass so etwas funktioniert ist ein metallener Mast. Ein Holzmast mit Blitzableiterdraht würde natürlich das Kriterium auch erfüllen. Die Länge des Antennendrahtes sollte $\lambda/4$ auf dem betreffenden Band betragen. Deshalb auch der Ausdruck „Viertelwellen-Sloper“. Die Seele des Koax-Kabels wird am Antennendraht angeschlossen. Der Mantel wird am Speisepunkt mit dem Mast elektrische verbunden.

Unter all den Antenneformen die mir in meiner langjährigen Praxis begegnet sind, sind die Halbwellen-Sloper diejenigen Antennen deren Verhalten man am wenigsten voraussagen kann. Ich bezeichne sie deshalb öfters scherzhaft als die Rumpelstilzchen unter den Antennen. Man kann zwar versuchen mittels Simulation deren Verhalten vorauszusagen. Das ist aber immer „best guess“. Sloper werden praktisch immer an Masten aufgehängt die noch andere Antennen tragen. Dies können Masten sein auf denen ein oder mehrere Beam's thronen. Wenn auf dem Mast ein Beam für 20-15-10 m sitzt dann wird ein Sloper meistens für das 30 m oder 40 m Band bemessen. Beim einen OM funktioniert ein Sloper vorzüglich, beim anderen OM überhaupt nicht. Wenn's prima geht dann freut man sich. Wenn der Sloper gar nicht will, dann kratzt man sich am Kopf und hat keine Ahnung warum.

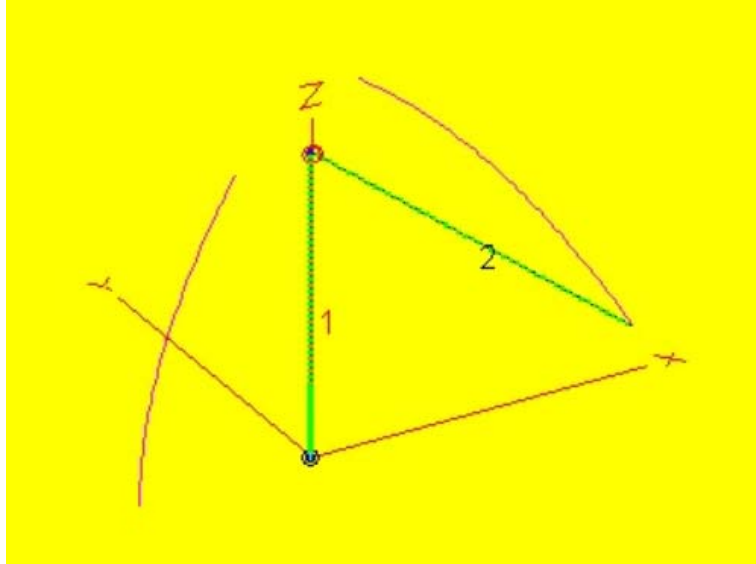
Ein guter Freund von mir hatte während Jahren an seinem Mast unterhalb des Beams einen Viertelwellen-Sloper für das 40 m Band aufgehängt. Die damit erzielten Resultate waren vorzüglich. Jede Station die er auf dem 40 m Band hören konnte hat er damit auch prompt gearbeitet. Sein Metallmast kam nun in die Jahre und im Rahmen anderer Umbauarbeiten an seinem Haus und Grundstück hat er in ca. 8 m Luftlinie einen neuen Mast für den Beam aufgebaut. Selbstverständlich hat er seinen bewährten Viertelwellen-Sloper für das 40 m Band auch wieder aufgehängt. Gross war sein Erstaunen als er mit dieser Antenne Betrieb machen wollte. Nix ging mehr. Abstimmen liess sich das Ding nicht. Auch mit Vergewaltigung mittels Antennenkoppler war nichts zu machen. Die Stationen kamen nicht zurück. Wir

Rund um die Antenne

Teil 6: Ganzwellen-Dipol, L-Antennen, Sloper, Schleifenantennen, Vertikal-Antennen

haben lange überlegt woran das liegen könnte. Antworten haben wir keine gefunden. Wie gesagt, Freud und Leid liegen beim Viertelwellen-Sloper nahe beieinander. Es gibt aber sehr viele Beispiele von vorzüglich funktionierenden Antennen dieser Art. Es lohnt sich also allemal es einmal zu versuchen. Man sollte sich jedoch nicht frustrieren lassen wenn sich der Erfolg einfach nicht einstellen will.

Auch wenn Vorhersagen schwierig sind mache ich trotzdem den Versuch die Sache theoretisch abzuhandeln.



Beispiel:

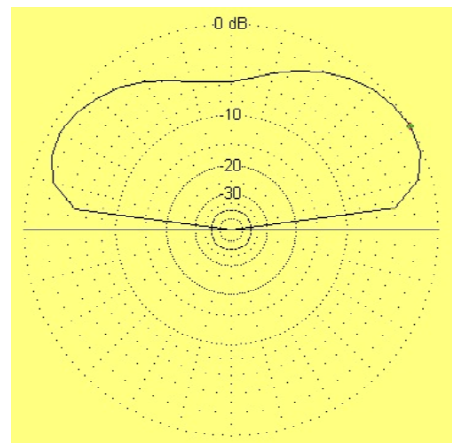
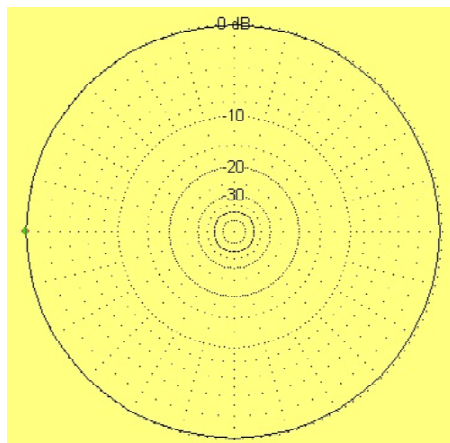
Draht 1 = Mast mit Höhe 15 m

Draht 2 = Antennendraht, Länge 20.6 m (= ca. $\lambda/4$ im 80 m Band)

Das bodennahe Ende vom Mast (1) ist geerdet. Dort liegt ein Strombauch an.

Am Speisepunkt liegt bei $f = 3.5$ MHz eine Impedanz an von $Z = 105 + j1200 \Omega$

Trotz dem $\lambda/4$ Strahler weist die Antenne im 80 m Band keine Resonanz auf. Wenn man einen Resonanzpunkt sucht dann wird man ihn irgendwo in der Gegend von 2 – 2.5 MHz finden. Wenn sich die Antenne mit einem Antennenkoppler laden lässt und gut strahlt, was soll's. Wenn nicht --> Übung abbrechen und eine andere Antennenart suchen.

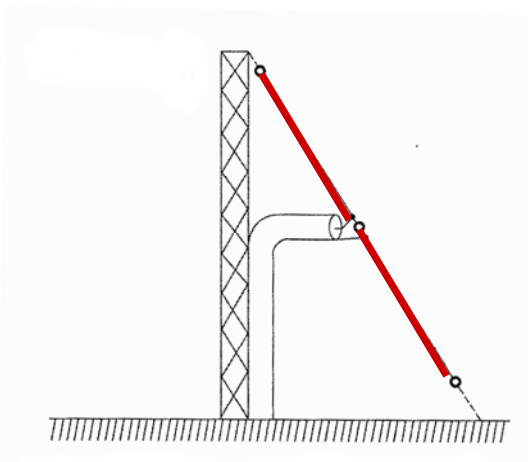


Rund um die Antenne

Teil 6: Ganzwellen-Dipol, L-Antennen, Sloper, Schleifenantennen, Vertikal-Antennen

Wie man sieht erhält man einen Rundstrahler mit einer Vorzugselevation von 30 Grad. Dies sind gute Voraussetzungen für einen erfolgreichen DX-Verkehr. Dazu kommt die Tatsache, dass man im Vergleich mit einem Dipol (oder inverted Vee) mit ungefähr mit dem halben Platzbedarf auskommt. Zudem hört man die lieben Kollegen aus EU (Steilstrahlung) um mindestens 1 S-Stufe leiser.

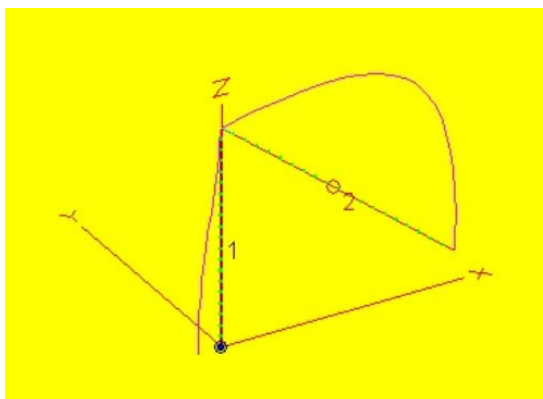
6.3.2 Der Halbwellen-Sloper



Diese Art Antenne wird im englischen Sprachraum auch als Full-Sloper bezeichnet. Wie man sieht handelt es sich um einen schräg aufgehängten Dipol bei dem im Hintergrund ein elektrisch leitender Mast positioniert ist.

Bei dieser Art Antennenkonfiguration lassen sich die Eigenschaften besser vorhersagen als beim Viertelwellen-Sloper.

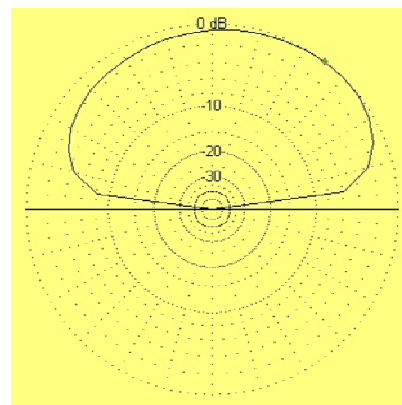
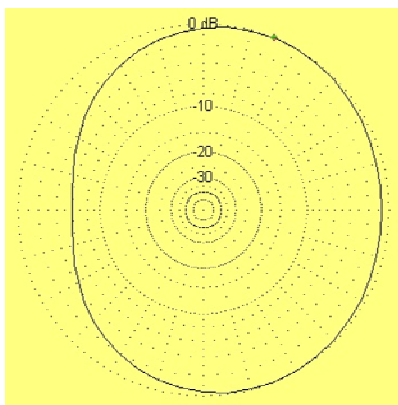
Um die Antenne zu untersuchen benutzen wir wieder dieselben Drahtlängen wie beim Viertelwellen Sloper, jetzt allerdings in Form eines Dipols für das 40 m Band.



Beispiel:

Draht 1 = Mast mit Höhe 15 m
Draht 2 = Antennendraht, Länge 20.6 m, Einspeisung in der Mitte von Draht 2 (= ca. $\lambda/2$ im 40 m Band)
Der Dipol ist vom Mast isoliert aufgehängt. Das bodennahe Ende vom Mast (1) ist geerdet. Dort liegt ein Strombauch an.

Der Dipol ist grundsätzlich auf dem 40 m Band resonant. Infolge des Einflusses des elektrisch leitenden Masts wird man sich mit einem SWR von ca. 1:2 zufrieden geben müssen.



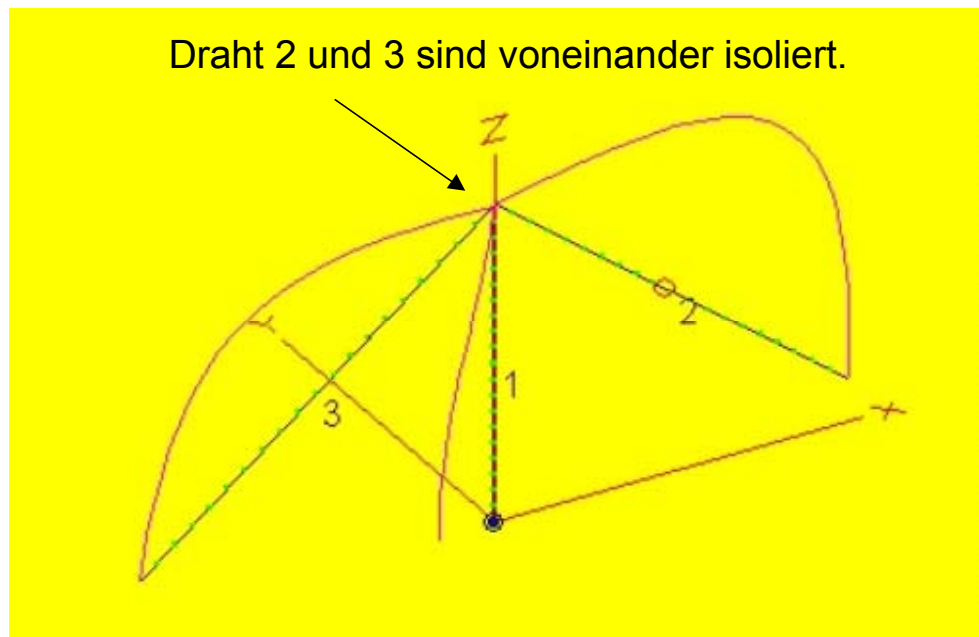
Rund um die Antenne

Teil 6: Ganzwellen-Dipol, L-Antennen, Sloper, Schleifenantennen, Vertikal-Antennen

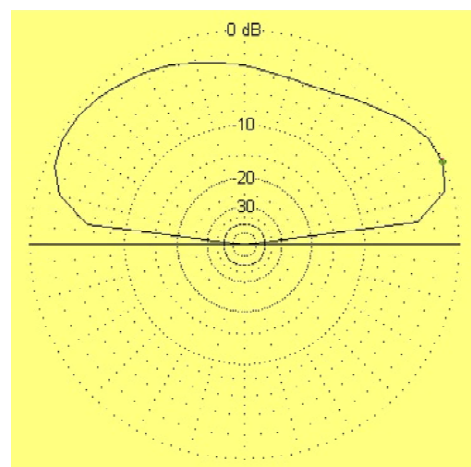
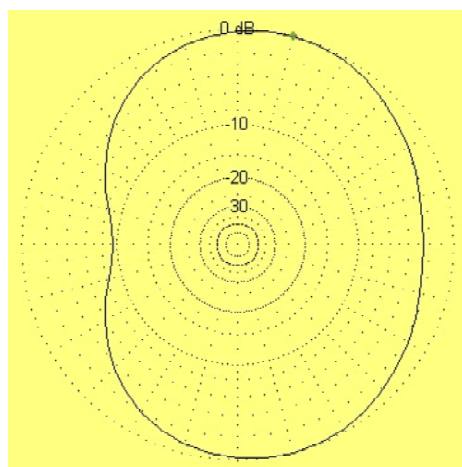
Die Charakteristiken dieser Antenne sind nicht unbedingt berauschend. Man erhält eine Antenne mit einem relativ hohen Vorzugs-Abstrahlwinkel von ca. 50 Grad und einer gewissen Richtwirkung.

6.3.3 Der Halbwellen-Sloper mit Reflektor

Wer über genügend Platz verfügt, der kann seinen Halbwellen-Sloper zu einer echten DX Antenne ausbauen. Man macht etwas was bei Yagi Antennen gang und gäbe ist, man benutzt parasitäre Elemente. In unserem Falle hängen wir auf der anderen Seite des Masts einen Reflektor an. Das präsentiert sich dann so:



Wir sehen:
Sowohl auf dem Dipol wie auch auf dem Mittelmast sowie auf dem neu hinzugefügten Draht 3, der als Reflektor wirkt fließt Strom. Wie sehen nun die Abstrahlverhältnisse aus ?



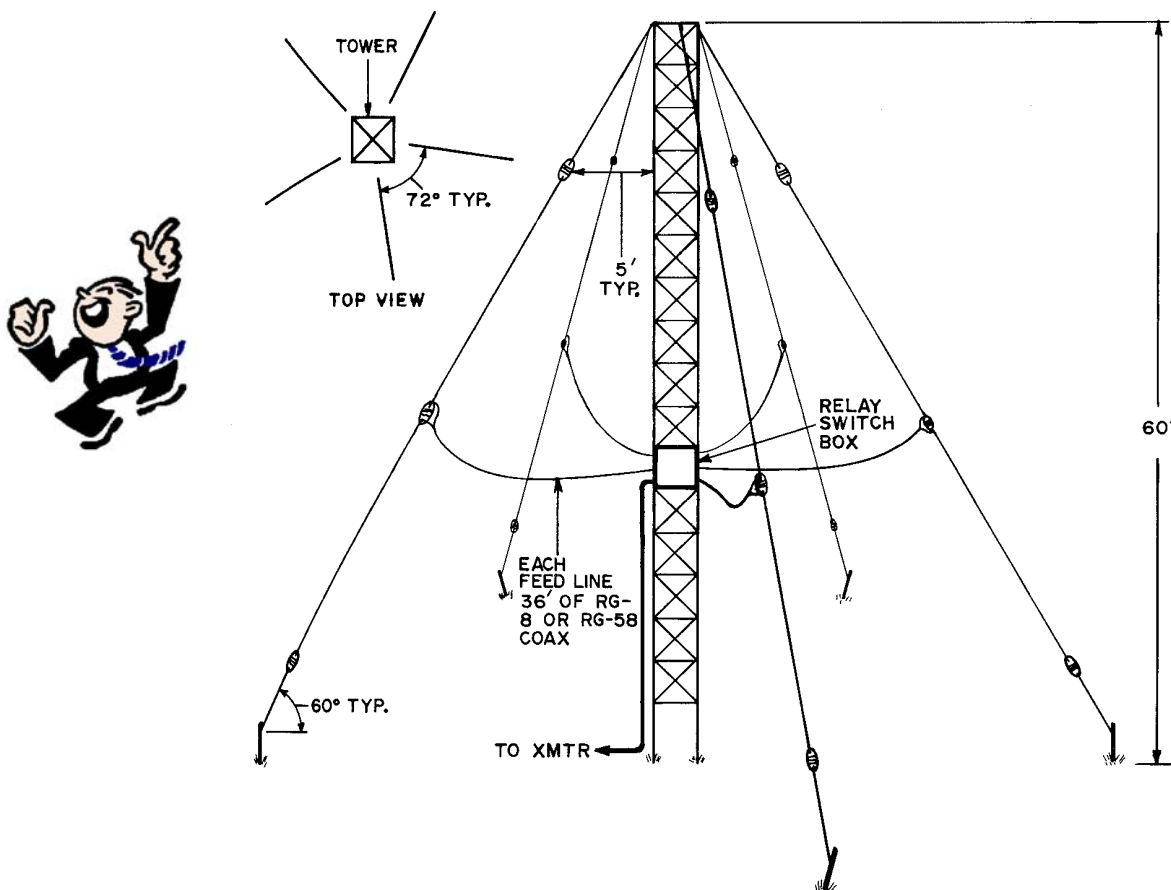
Rund um die Antenne

Teil 6: Ganzwellen-Dipol, L-Antennen, Sloper, Schleifenantennen, Vertikal-Antennen

Man sieht:

Für den DX'er geht nun die Post ab. Der Vorzugsabstrahlwinkel beträgt nun nur noch 22.5 Grad und auch die Richtwirkung hat zugenommen.

Das ist aber noch nicht alles. Es hat nun findige Köpfe gegeben, die haben aus dieser Antennenart einen umschaltbaren Beam gemacht. Dazu benötigt man aber relativ viel Platz, womit diese Art Antenne wohl für die meisten OM's ein Wunschtraum bleibt. Vielleicht lässt sich einmal so etwas an einem Field Day realisieren, wer weiss.



Eine umschaltbare Richtantenne, z.B. für das 30 m oder 40 m Band kann dann etwa so aussehen.

Es ist natürlich nicht verboten den Halbwellen Sloper zu einem „Ganzwellen-Dipol der besonderen Art“ wie unter 6.1 beschrieben auszubauen. In diesem Falle setzt man oben am Mast einen zweiten $\lambda/2$ langen Draht an, den man auf der anderen Seite herunterzieht. Oben sind beide Drähte miteinander verbunden und vom Mast isoliert. Von einer solchen Antenne kann man Eigenschaften erwarten wie unter 6.1 beschrieben.

6.4 Schleifenantennen

Es scheint mir als ob Schleifenantennen von vielen OM's gar nicht in Betracht gezogen werden. Es ist gewissermassen ein Buch mit sieben Siegeln an das man sich gar nicht herantraut. Schleifenantenne können viele Vorzüge haben und sie sind ein Lieblingskind speziell der Low-Band DX'er.

Unter Schleifenantennen verstehen wir geschlossene Drahtschleifen deren Drahtlänge im Vergleich zur Wellenlänge gross ist.

Im Regelfalle gilt: Drahtlänge => 1λ

Schleifenantennen können wie folgt charakterisiert werden:



- Viel Draht hilft
Im Regelfalle bemisst man Drahtlänge einer Schleifenantenne als 1λ . Man hat dann doppelt soviel Draht in der Luft wie bei einem klassischen Halbwellendipol ohne aber die Länge eines Halbwellendipols zu überschreiten.
- Die Schleifenantenne ist eine geschlossene Antennenform. Im Gegensatz zu Dipolen oder anderen Antennenformen hat man bei der Schleifenantenne keine Probleme mit der Symmetrie. Die Gefahr von unsymmetrischen Strömen auf dem Speisekabel (Mantelwellen) wird drastisch reduziert.
- Schleifenantennen lassen sich mit symmetrischen Speiseleitungen auf fast jeder beliebigen Frequenz speisen. Wenn der Schleifenumfang im Vergleich zur Wellenlänge sehr klein wird, dann wird die Impedanz am Einspeisepunkt äusserst niederohmig und der Wirkungsgrad sinkt dramatisch.
- Bei korrekter Dimensionierung (z.B. $l = 1\lambda$) lassen sich Schleifenantennen mit Koax-Kabel speisen. Das SWR im Resonanzfall wird sich irgendwo bei 1:1.5 ansiedeln.

Bei der Auswahl der Schleifenform gilt der Grundsatz:



Diejenige Form die bei gleichem Drahtumfang die grösste Fläche überdeckt ist die Beste.

Bei gleicher Drahtlänge überdeckt der Kreis die grösste Fläche, aber es ist sehr schwer mit Draht einen Kreis zu formen.

Häufig hat man ja gar keine Auswahl, aber wenn man schon die Möglichkeit hat die Drahtschleife auf verschiedene Arten anzuordnen, dann sollte man sich an obigen Grundsatz erinnern. Nicht alle OM's sind in Geometrie und Trigonometrie gleich gut bewandert, deshalb ein kleiner Trick wie man herausfinden kann welche Schleifenform die grösste Fläche überdeckt.

Man greife wieder einmal zum guten alten Zeichnungsblock (4 mm-Papier) und zeichne die verschiedenen möglichen Schleifenformen im gleichen Massstab auf. Dann zähle man bei jeder Form die Anzahl der Häuschen des mm-Papiers die innerhalb der Fläche liegen. Diejenige Form die die meisten Häuschen ergibt hat gewonnen. Diese Form realisiert man dann.

Im übrigen unterscheidet man

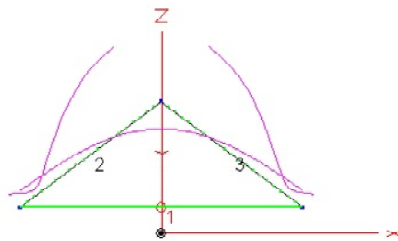
- horizontale Schleifenantennen
und
- vertikale Schleifenantennen.

6.4.1 Stromverteilung auf Schleifenantennen

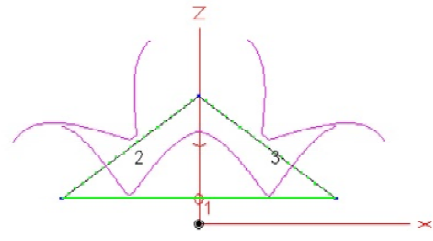
Bevor wir uns den eigentlichen Antennenformen zuwenden sollten wir uns dem Thema der Stromverteilung auf Schleifenantennen zuwenden. Zu diesem Thema gibt es eine klare Regel, die unumstösslich ist.



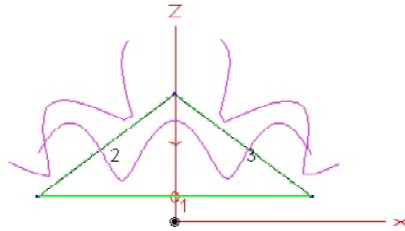
Unabhängig von der Form einer Schleifenantenne und der Frequenz gilt:
Genau in der Hälfte der Drahtschleife, d.h. auf der dem Speisepunkt gegenüberliegenden Seite, befindet sich ein **STROMBAUCH**.
Slogan: **$0.5 \cdot \text{Schleifenlänge} = \text{Strombauch}$**



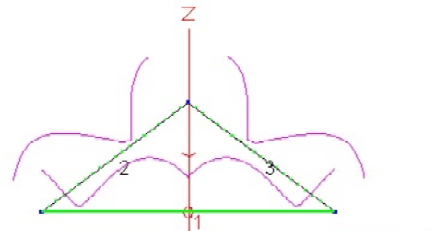
Stromverteilung bei f_{res}



Stromverteilung bei $2 f_{res}$

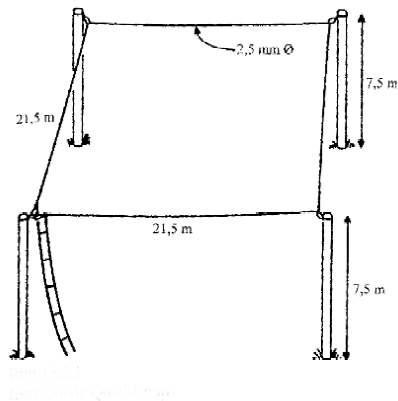


Stromverteilung bei $3 f_{res}$



Stromverteilung bei irgendeiner Frequenz
(keine Resonanz oder Oberwellenresonanz)

6.4.2 Horizontale Schleifenantennen



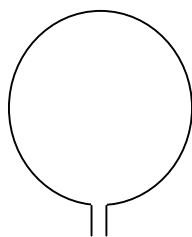
Horizontale Schleifenantennen werden weniger oft verwendet als vertikale Ausführungen. Der Hauptnachteil solcher Antennen liegt darin, dass man sehr viel und frei liegendes Land sowie 4 hohe Aufhängepunkte benötigt.

Solange die Drahtlänge 1λ nicht übersteigt handelt es sich um eine ausgesprochene Steilstrahlantenne. Erst ab einer Drahtlänge von 2λ und mehr wird der Abstrahlwinkel flacher. Diese Antennenform kommt erst dann richtig zum tragen wenn man über sehr viel freien Platz verfügt. Wenn man eine Richtantenne für die oberen Bänder benötigt dann ist eine Yagi Antenne

viel einfacher zu erstellen. Wenn man eine Richtantenne für die unteren Bänder erstellen will, dann erhält man bei horizontalen Schleifen eine Antennenanlage von gigantischen Ausmassen. Solche Antennen hat man früher viel in kommerziellen Funkstellen verwendet. Aber da war ja die Frage des Landbedarfs von eher sekundärer Bedeutung.

6.4.3 Vertikale Schleifenantennen

Schleifenantennen können verschiedenste Formen annehmen. Während man sich bei horizontalen Schleifenantennen meistens an die Form eines Quadrates oder eines Rhombus hält, ist bei vertikalen Schleifenantennen die Auswahl der Schleifenform bedeutend grösser. Eine kleine Auswahl der in der Praxis verwendeten Formen zeigen die untenstehenden Bilder.



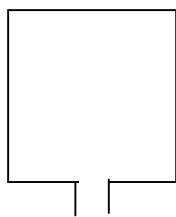
Kreisförmige Schleifenantenne:
(Englisch = Circular)

Dies wäre theoretisch die Antennenform mit dem besten Wirkungsgrad. Kreisförmige Schleifen lassen sich wohl auf VHF/UHF konstruieren. Bei den Dimensionen für die KW-Bänder ist diese Form jedoch praktisch nicht realisierbar.

Aus diesem Grunde verzichte ich darauf diese Antennenform weiter zu diskutieren.

Rund um die Antenne

Teil 6: Ganzwellen-Dipol, L-Antennen, Sloper, Schleifenantennen, Vertikal-Antennen

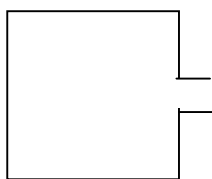
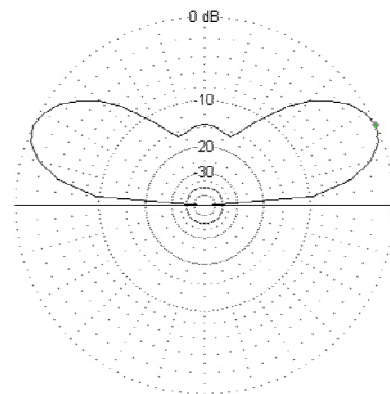
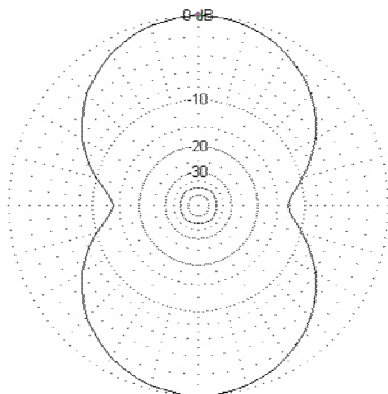


Quadratische Schleifenantenne:

(Englisch = Square)

Einspeisung unten

Dies ist im Prinzip die Urform aller Quad-Antennen. Die Einspeisung unten ergibt gute Flachstrahleigenschaften mit ausgezeichneter Unterdrückung von Steilstrahlsignalen.

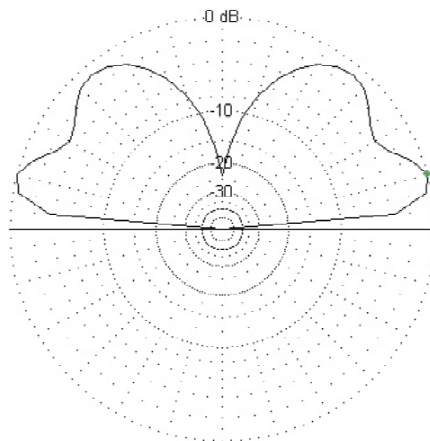
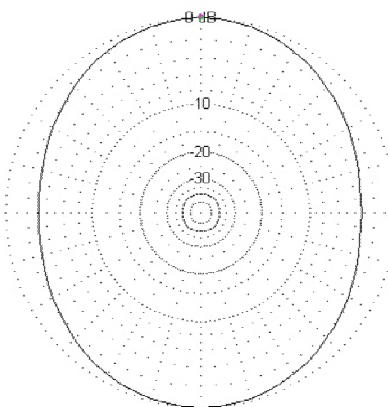


Quadratische Schleifenantenne:

(Englisch = Square)

Einspeisung seitlich

Im Gegensatz zur Einspeisung unten erhalten wir hier zwar auch gute DX Eigenschaften aber Steilstrahlsignale werden je nach Einfallswinkel weniger gut unterdrückt.



Rechteckige Schleifenantenne:

(Englisch = Oblong)

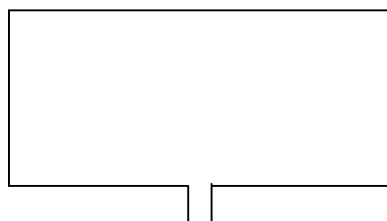
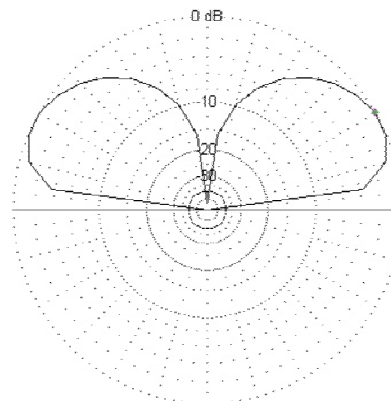
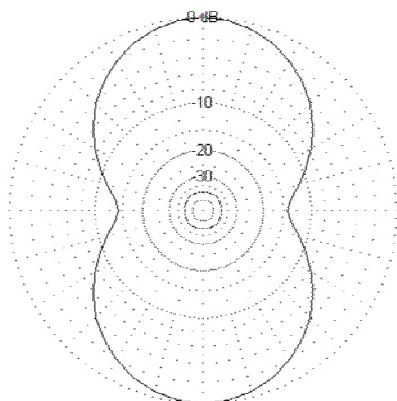
Einspeisung seitlich

Oblongs sind eine Sonderform der Quadschleifen. Beim gerechneten Exemplar handelt es sich um ein Oblong für das 80 m Band wobei der obere horizontale Draht 8 m hoch hängt und der unter horizontale Draht

Rund um die Antenne

Teil 6: Ganzwellen-Dipol, L-Antennen, Sloper, Schleifenantennen, Vertikal-Antennen

auf einer Höhe von 3 m hängt. Dies sind Höhen und Abmessungen die man noch bald einmal unterbringen kann. Ich hatte diese Antenne versuchsweise während eines Winters so aufgebaut. Die DX Eigenschaften waren an und für sich sehr gut. Sie waren durchwegs mit einer am selben Standort bestehenden Delta-Loop Antenne vergleichbar. Da meine Delta-Loop eine Mehrband Antenne ist, die ich mit bestem Erfolg sowohl auf dem 80 m Band wie auch auf dem 40 m und 30 m Band verwende, habe ich das Oblong wieder abgebaut. Das Experiment hat klar gezeigt, dass Oblongs, auch wenn sie nicht sehr hoch hängen und ein „ungünstiges“ Verhältnis zwischen Länge und Höhe haben, ganz ausgezeichnete DX Eigenschaften aufweisen. Für Freunde des Low-Band DX'ing lohnt es sich mit solchen Antennen zu experimentieren.

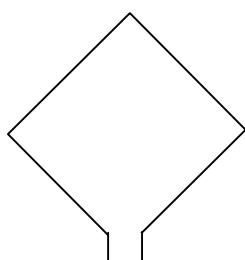
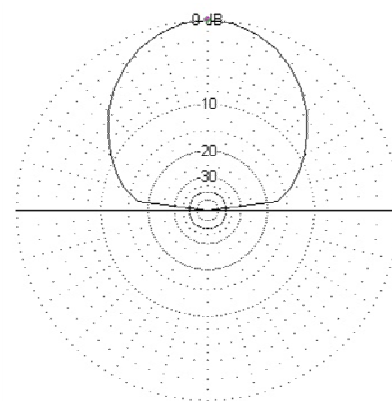
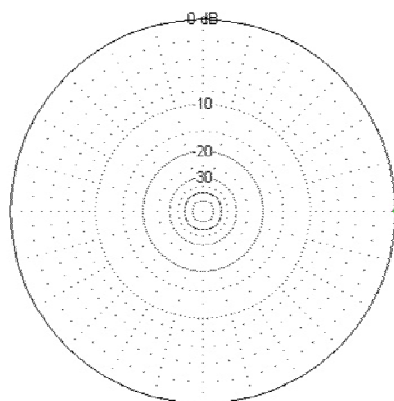


Rechteckige Schleifenantenne:

(Englisch = Oblong)

Einspeisung unten

Ein Oblong kann man natürlich auch unten in der Mitte einspeisen. Man erhält dann einen Rundstrahler mit ausgeprägten Steilstrahlereigenschaften.



Schräg aufgehängte Quad-Schleife

(Englisch = Diamond)

Einspeisung unten

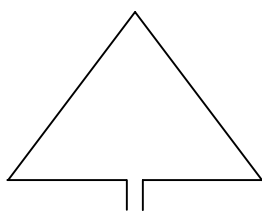
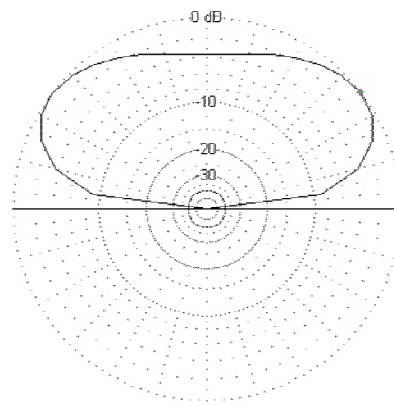
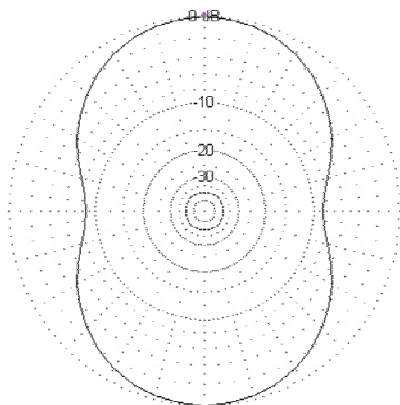
Die Antenne hat ähnliche Eigenschaften wie die Quad-Schleife, allerdings ist die Unterdrückung von Steilstrahlsignalen weniger ausgeprägt.

Rund um die Antenne

Teil 6: Ganzwellen-Dipol, L-Antennen, Sloper, Schleifenantennen, Vertikal-Antennen

Diese Antennenform findet man manchmal bei Quad Antennen, je nach dem wie man die Spinne der Quad Antenne konstruiert. Allerdings wird, im Vergleich zur normalen Quad-Schleife, der Bedarf an Höhe grösser.

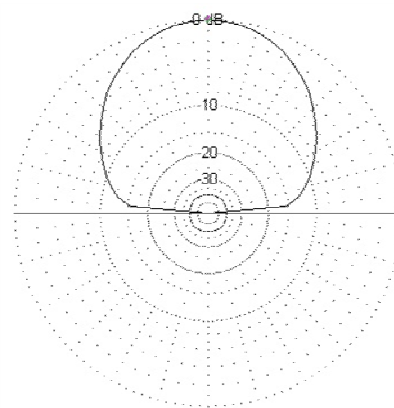
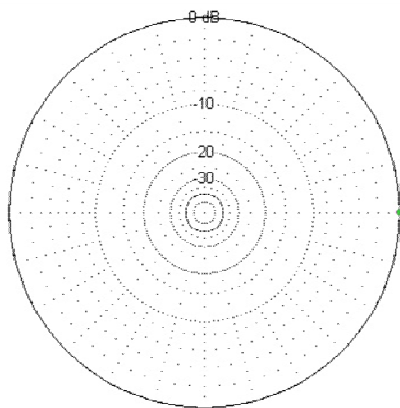
Sofern man sich z.B. für das 30 m Band eine Quad-Schleife bauen will kann es durchaus von Vorteil sein die Diamond-Form zu wählen. Zur Konstruktion der Antenne genügt dann nämlich ein einziger hoher Mast. Die Seiten der Antenne werden dann einfach mittels Abspannseilen in Form gehalten. Auch muss die Antenne nicht zwingend 90 Grad Winkel aufweisen. Wenn etwas an Höhe fehlt kann man das ohne weiteres in die Seite ausgleichen. Man sollte allerdings nicht soweit gehen, dass man einen Faltdipol erhält.



Dreieckschleife mit Speisung unten
(Englisch = Delta Loop, side fed)

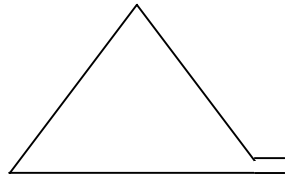
Die Delta Loop ist eine dreieckförmige Schleifenantenne deren grosser Vorteil darin besteht, dass man nur über einen einzigen hohen Aufhängepunkt (Mast, Baum etc) verfügen muss.

Die Speisung der Antenne kann unten in der Mitte des horizontalen Teils erfolgen oder auch oben in der Spitze. Beide Speisungsarten ergeben dieselben Eigenschaften. Grundsätzlich handelt es sich um einen Rundstrahler mit Steilstrahlcharakteristik. Auf den ersten Blick wird jeder seriöse DX'er diese Art Antenne sofort beiseite legen und als unbrauchbar abtun. In der Praxis zeigt es sich aber, dass der Gain bei kleineren Abstrahlwinkeln immer noch beträchtlich ist. Die Differenz zwischen einer solchen Delta Loop und einer Delta Loop mit Speisung auf der Seite ist gar nicht so gross wie man gemeinhin meint. Dazu kommt, dass diese Art Delta Loop mehrbandfähig ist. Dazu später mehr.



Rund um die Antenne

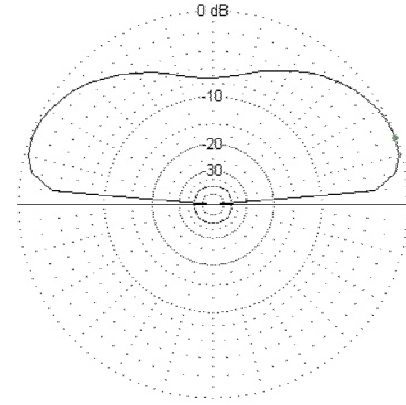
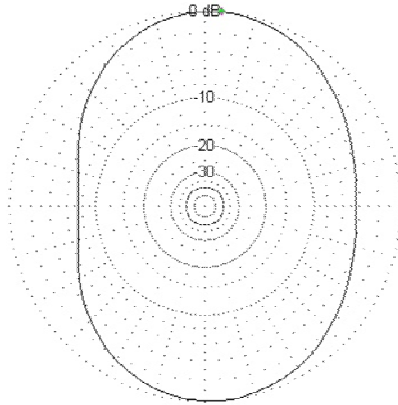
Teil 6: Ganzwellen-Dipol, L-Antennen, Sloper, Schleifenantennen, Vertikal-Antennen



Dreieckschleife mit Speisung seitlich (Englisch = Delta Loop, corner fed)

Bei dieser Art Delta-Loop wird die Speisung auf der Seite in der Ecke vorgenommen. Die Antenne wird nun zu einer echten DX Antenne mit einer gewissen Richtwirkung und einer erwünschten Unterdrückung von Steilstrahlsignalen. Dies ist die Form der Delta-Loop die DX'er bevorzugen. Allerdings ist es eine Ein-Band-Antenne. Bei Erregung auf Oberwellen sind die Abstrahlcharakteristiken unbrauchbar.

signalen. Dies ist die Form der Delta-Loop die DX'er bevorzugen. Allerdings ist es eine Ein-Band-Antenne. Bei Erregung auf Oberwellen sind die Abstrahlcharakteristiken unbrauchbar.



6.4.4 Unsichtbare Schleifenantennen



In zunehmenden Masse leiden wir OM's unter lieben Nachbarn die sich gegen jegliche Ausenantennen stark machen oder sogar unter Kommunalen Antennenverboten die unter irgendwelchen fadenscheinigen Argumenten durchgesetzt werden.

Was bleibt dem OM dann übrig als über Antennen nachzudenken die möglichst unauffällig oder im besten Falle sogar unsichtbar sind. Wenn das Haus über einen Estrich verfügt, dann kommt man noch bald einmal auf die Idee Antennen im Innern des Estrichs zu erstellen. Die erste Wahl fällt dann zwangsläufig auf Dipole. Alle Antennen die im Innern von Gebäuden erstellt werden leiden mehr oder weniger stark an 2 Eigenheiten:

- Die Resonanzfrequenz liegt fast immer tiefer als vorausberechnet
- Dipole und andere Antennen die aus 2 oder mehr Beinen bestehen neigen fast immer zu Unsymmetrie. Dadurch sind Mantelwellen auf dem Koax-Kabel mehr oder weniger vorprogrammiert, mit all den Folgen wie BCI / TVI.

Die beschriebenen Phänomene sind auf die Nähe der Antennendrähte zu leitenden Strukturen zurückzuführen. Dies können elektrische Leitungen aller Art sein, aber auch das Armieren in Bauteilen aus Eisenbeton gehört dazu.



Wenn mir OM's solche Situationen schildern und mich um Rat fragen, dann beginne ich regelmässig von den Vorzügen von Schleifenantennen zu sprechen. Ich versuche dann immer auszuloten wie gross der Estrich ist. Kann man darin wirklich keine Schleifenantenne erstellen? etc.

Schon einige OM's haben es daraufhin mit einer Schleifenantenne versucht. Wenn die Antenne nicht direkt im Shack enden kann, dann empfiehlt sich heute die Verwendung eines automatischen Antennenkopplers.

Bezüglich der Drahtlänge hat man 2 Möglichkeiten:

- Bei einer Einband-Antenne versucht man den Schleifenumfang ca. 1λ lang zu machen. Bei einer 1λ langen Drahtschleife ergibt sich am Speisepunkt ein Strombauch, d.h. eine niederohmige Einspeisung. Dies kontrolliert man mit einem Antennen Analysator, d.h. man schaut wo sich der Resonanzpunkt befindet. Mit grosser Wahrscheinlichkeit wird der Resonanzpunkt etwas zu tief liegen (wegen der Gebäudeinflüsse). Dann schnipselt man sich die Schlaufe so zurecht, dass der Resonanzpunkt am gewünschten Ort innerhalb des betreffenden Bandes liegt. Eine Erregung auf Oberwellen ist möglich. Man muss aber beachten, dass der Resonanzpunkt nicht mathematisch genau der Oberwelle entspricht, sondern dass sich der Resonanzpunkt immer mehr nach oben aus dem nächsthöheren Amateurband heraus verschiebt. Dies ist derselbe Effekt der Auftritt wenn wir einen Dipol auf der 3. – 5. – 7. etc. Oberwelle betreiben.
- Man kann versuchen einen Schleifenumfang zu finden der in keinem der zu verwendenden Amateurfunkbändern bei der Schleife eine allzu hochohmige Fusspunktimpedanz ergibt. Man überlässt es dann dem Antennenkoppler für eine gute Anpassung in Richtung Koax-Kabel zu sorgen.

Bei solchen Antenne ist es der Experimentierfreudigkeit des OM's überlassen eine möglichst optimale Form und Länge zu finden. Es ist natürlich nicht verboten eine Schleife ums Haus herum zu ziehen, z.B. unter den Dachbalken. Auch aus kupfernen Dachkänneln lassen sich Antennen basteln. Nur als Beispiel: Die Dachkännel an den beiden Längsseiten des Hauses werden über die Stirnseiten mittels Drähten miteinander verbunden werden. Diese Verbindungsdrähte führt man direkt unter dem Dach. Auf einer Stirnseite geht der Verbindungsdraht durch, auf der anderen Stirnseite wird er oben beim Firstbalken in den Estrich geführt und dort wird der Antennenkoppler platziert. Nun schaut man ob man das Gebilde abstimmen kann. Eventuell müssen die Fallrohre noch isoliert werden. Für einen 100 W Transceiver sind dazu 2 – 3 Lagen hochwertiges Isolierband ausreichend. Der Phantasie sind keine Grenzen gesetzt.

Wie bereits gesagt, eine Schleifenantenne ist ein elektrisch geschlossenes Gebilde das schon per Definition keine Unsymmetrie aufweisen kann. Trotzdem kann es natürlich vorkommen, dass es zu Störungen an der Lustbarkeitselektronik der Hausbewohner kommt. In solchen Fällen versucht man's mit den üblichen Störschutzmitteln, wie Mantelwellensperre, Ferritdrosseln in allen Leitungen der gestörten Geräte etc. Bei einem ferngesteuerten Antennenkoppler sollte man nicht vergessen ein allfälliges Steuerkabel ebenfalls mittels Ferritkernen zu verdrosseln.

6.4.5 Speisung von Schleifenantennen

Schleifenantennen können sowohl mit symmetrischer Speiseleitung wie auch mit Koax-Kabel gespeist werden.

Dabei ist folgendes zu beachten:



- **symmetrische Speiseleitung**
Mit symmetrischer Speiseleitung ist die Speisung von Schleifenantennen unproblematisch. Man benötigt allerdings einen symmetrischen Antennenkoppler mit einem grossen Abstimmbereich. Man kann es zwar mit einem 1:1 oder 1:4 Balun versuchen, vielleicht geht's. Der Vorteil einer symmetrischen Speiseleitung ist die Tatsache, dass uns das SWR auf der Leitung überhaupt nicht stört, die Verluste sind vernachlässigbar. Die Schleife kann an und für sich eine beliebige Länge haben und auf einer beliebigen Frequenz betrieben werden. Es ist alles eine Frage der Ankopplung. Bei Schleifenlängen von $\lambda/4$ und kleiner sinkt der Wirkungsgrad der Antenne rasch ab. Möglicherweise kann man aber damit trotzdem noch QSO's fahren.

Rund um die Antenne

Teil 6: Ganzwellen-Dipol, L-Antennen, Sloper, Schleifenantennen, Vertikal-Antennen



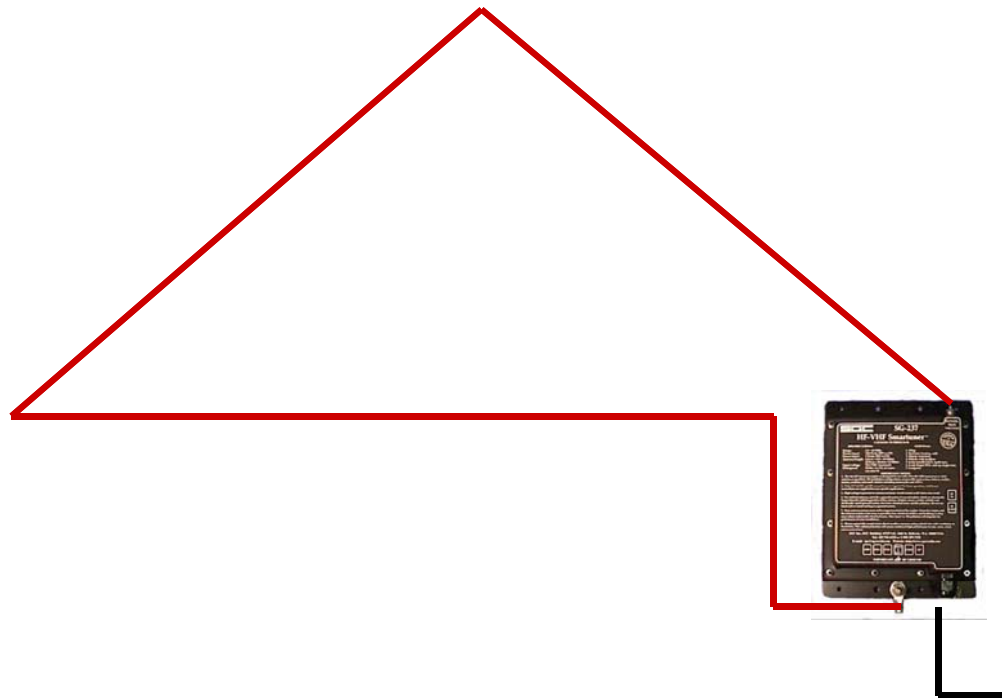
- **Koax-Kabel**

Wenn wir eine Schleifenantenne mit Koax-Kabel speisen wollen und zwar ohne einen Antennenkoppler am Einspeisepunkt, dann sind wir auf einen niederohmigen Einspeisepunkt angewiesen. Diese Bedingung ist erfüllt wenn wir den Schleifenumfang 1 Wellenlänge (1λ) lang machen. Ob sich die Antenne auch auf den Oberwellen vernünftig anpassen lässt muss man herausfinden. Im allgemeinen liegt aber der Resonanzpunkt bei 2λ oder bei 4λ bereits ausserhalb des betreffenden Amateurfunkbandes, und zwar muss man den Resonanzpunkt oberhalb des Bandes suchen. Um bei Erregung auf den Oberwellen trotzdem Resonanz im Band zu erhalten kann man eine Verlängerungsspule einschalten.

- **Speisung mittels einem Antennenkoppler am Einspeisepunkt**

Dies ist eigentlich der Idealfall. Nun wird die Aufgabe der Anpassung dem Antennenkoppler übergeben. Solange man ausschliesslich auf manuelle Antennenkoppler angewiesen war war es nur in Sonderfällen möglich den Antennenkoppler zu bedienen. Das war z.B. der Fall wenn der Shack im Estrich gelegen war und man die Antenne direkt im Shack enden lassen konnte. Seit es preisgünstige automatische Antennenkoppler gibt hat sich dieses Problem entschärft. Das untenstehende Bild zeigt den Anschluss eines automatischen Antennenkopplers an eine Schleifenantenne. Das eine Bein der Schleife geht zum Antennenanschluss, das andere Bein wird an der Erdschraube angeklemmt. Den Antennenkoppler betreibt man „floatend“, also von der Erde hochgelegt.

Bei Schleifenantennen in der freien Natur empfiehlt es sich bei Nichtgebrauch die Schleife zu erden. Ich selbst würde, wie bereits früher beschrieben, dazu einen oder zwei Starkstromschütze verwenden, die im „erregten“ Zustand die beiden Antennen-drähte auf den Koppler schalten. Im „abgefallenen“ Zustand der Schütze, also bei Nichtgebrauch, werden beide Enden der Schleife an Erde gelegt. Dies ist der beste Schutz für den teuren Antennenkoppler.

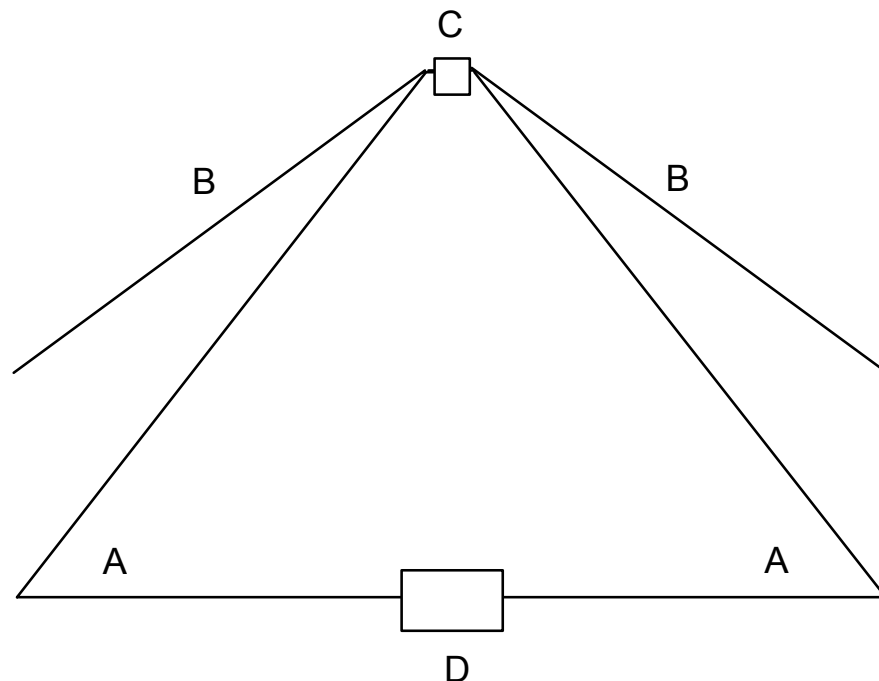


6.4.6 Praxisbeispiel: Mehrband Schleifenantenne

Anhand eines Praxisbeispiel soll erläutert werden welche Möglichkeiten in einer Schleifenantenne schlummern. Die beschriebene Antenne steht bei mir in meinem 2. QTH und erlaubt mir Betrieb auf folgenden Bändern: 160 m – 80 m – 40 m – 30 m. Die beschriebene Antennenform soll vor vielen Jahren erstmals von W2EGH veröffentlicht worden sein.

Viele OM's haben einen Dipol für das 80 m Band aufgebaut. Dafür benötigt man nach Adam Riese eine Länge in der Grössenordnung von ca. 40 – 44 m. Auch wenn man den Dipol in Form einer Inverted-Vee aufbaut verringert sich der Platzbedarf nicht nennenswert. Mit der Mehrband Schleifenantenne lässt sich bei etwa gleichem Platzbedarf eine Mehrband Antenne realisieren die Dipolen überlegen ist und erst noch Betrieb auf dem 160 m Band erlaubt.

Das untenstehend Bild zeigt das Prinzipschema der Antenne. Die Höhe des mittleren Stütz-masts beträgt ca. 15 m, die Höhen der seitlichen Abspannungen für den mit B bezeichneten Dipol sind ca. 5 - 7 m hoch, während der horizontale Teil des Loop's (A) an denselben Masten in ca. 3 m Höhe abgespannt wird. Die Antenne wird oben im Spitz (C) mit Koax-Kabel eingespeist. In der Mitte des horizontalen unteren Teils der Loop befindet sich eine Umschaltbox.



A = Loop (Länge ca. 2 x ca. 42 m), fres auf 80 m CW

B = parallel geschalteter Zusatzdipol (Länge ca. 2 x ca. 20 m, fres auf 80 m SSB)

C = Einspeisung mit 50 Ω Koax-Kabel

D = Umschaltbox, mit folgender Funktion:

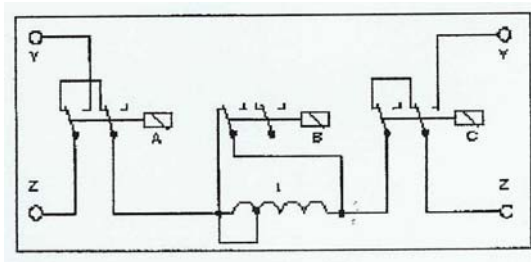
1.8 MHz und 3.7 MHz SSB → Loop geöffnet

3.5 MHz CW → Loop geschlossen

7 MHz und 10 MHz → Verlängerungsspule eingeschaltet

Rund um die Antenne

Teil 6: Ganzwellen-Dipol, L-Antennen, Sloper, Schleifenantennen, Vertikal-Antennen



Hier ein Schema der Umschaltbox (D)

Z / Z sind die Anschlüsse für die Loop
Y / Y sind die Anschlüsse für die Verlängerungsdrähte für das 160 m Band

Wie funktioniert nun diese Antenne:

- **160 m Band**

In der Umschaltbox sind die beiden Relais A und C erregt. Sie trennen die Schleife auf und die Antenne wirkt als Dipol. Die beiden Dipol-Hälften sind unten umgebogen und kommen in der Umschaltbox nahe zusammen. Auf dem 160 m Band liegt in der Umschaltbox ein Spannungsbauch an, deshalb die aufwendige Abschaltung über je 2 in Serie geschaltete Kontaktsätze. Zugleich werden die Dipolenden auf die Ausgänge Y / Y geschaltet. Die Resonanzfrequenz liegt im 160 m Band für CW etwas zu hoch, deshalb erfolgt die Feinabstimmung auf $f_{res} = \text{ca. } 1830 \text{ kHz}$ mittels Zusatzdrähten die an die Klemmen Y / Y angeschlossen werden. Es handelt sich bei mir um jeweils ca. 70 cm Draht.

- **80 m Band CW**

Alle 3 Relais befinden sich im abgefallenen Zustand. Die Schleife ist geschlossen und ist auf eine f_{res} von ca. 3560 kHz abgelängt. Der Bereich SWR 1:2 und besser erstreckt sich von 3500 – 3650 kHz.

- **80 m Band SSB**

Hier wird wieder die Stellung 160 m geschaltet, d.h. die beiden Relais A und C sind erregt. Die Schleife ist geöffnet. Nun tritt der aus den Drähten B / B gebildet Dipol, der am Speisepunkt der Schleife parallelgeschaltet ist in Aktion. Dieser Dipol ist auf $f_{res} = 3730 \text{ kHz}$ abgelängt. Der Bereich SWR 1:2 und besser erstreckt sich von 3650 - 3800 kHz

- **40 m Band**

In dieser Stellung sind Relais A und C abgefallen, d.h. die Schleife ist geschlossen. Allerdings ist nun Relais B angezogen. Dadurch wird eine Verlängerungsspule eingeschaltet die auf dem 40 m Band Resonanz herstellt.

- **30 m Band**

Das 30 m Band betreibe ich auf der Stellung des 40 m Bandes. Wie schon an anderer Stelle erwähnt handelt es sich ja beim 30 m Band um die 3. Oberwelle von 80 m CW. Mit derselben Verlängerungsspule wie sie für das 40 m Band verwendet wird erhalte ich auf dem 30 m Band ein SWR von 1:3 ... 1:4. Das sieht zwar auf den ersten Blick nicht sonderlich schön aus, funktioniert aber in der Praxis prima. Ein Antennenkoppler bzw. eine Röhrenendstufe mit Pi-Filter werden damit gut fertig.

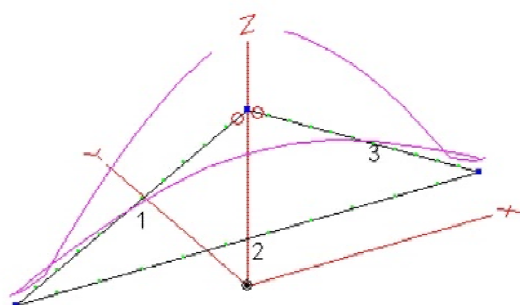
- **andere Frequenzbänder**

Eine zeitlang, als noch kein Beam zur Verfügung stand habe ich mittels Antennenkoppler die Schleife auch auf den höheren Amateurfunkbändern betrieben. Zugegeben, der Beam ist leistungsfähiger, aber auch mit der Schleifenantenne liessen sich viele schöne DX-QSO's fahren.

Mit welchen Abstrahlcharakteristiken ist zu rechnen:

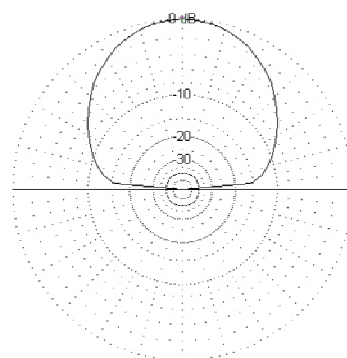
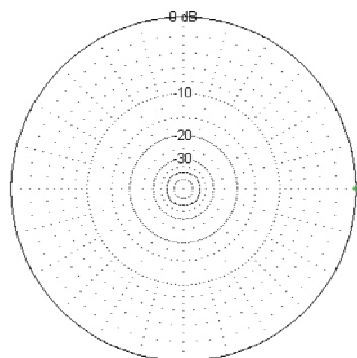
Rund um die Antenne

Teil 6: Ganzwellen-Dipol, L-Antennen, Sloper, Schleifenantennen, Vertikal-Antennen

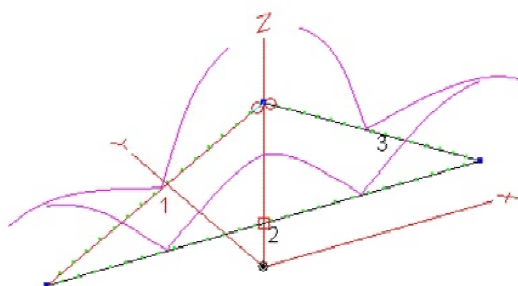


Delta Loop für 80 m CW

Höhe Mast	=	15 m
Höhe horizontaler Teil	=	4 m
Draht 1	=	22.56 m
Draht 3	=	22.56 m
Draht 2	=	39.40 m
Drahtlänge total	=	ca. 84.5 m
Gain bei 90 Grad	=	8.12 dBi
Gain bei 25 Grad	=	- 0.75 dBi

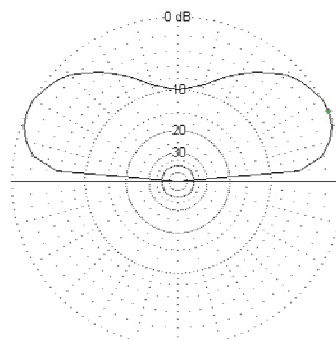
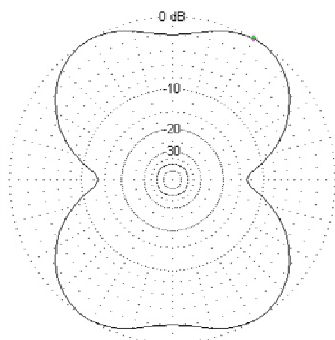


Das theoretische Abstrahldiagramm für das 80 m Band sieht nicht gerade berauschend aus. Allerdings haben die letzten 10 Jahre Erfahrung mit dieser Antenne gezeigt, dass ich sowohl in Europa wie auch in Übersee überdurchschnittlich laut gehört werde. Rapport von S9 aus USA Ostküste sind üblich, einige Stationen mit denen ich immer wieder Kontakt habe attestieren sogar bis S9 + 20 dB. Das sind ungeschönte Rapporte die sich in ganz normalen Rag-Chew QSO's ergeben. Die Praxis zeigt, dass ich auf 80 m CW jede Station die ich hören kann auch arbeiten kann. Möglicherweise hängt dies auch mit dem Standort der Antenne zusammen. Sie steht nämlich auf einer trockenen Krete und das Gelände ist über ca. 270 Grad im Umkreis sanft abfallend. Vermutlich steht die Antenne elektrisch höher als es sich aus der eigentlichen Höhe der Masten ergeben würde.



Delta Loop für 40 m

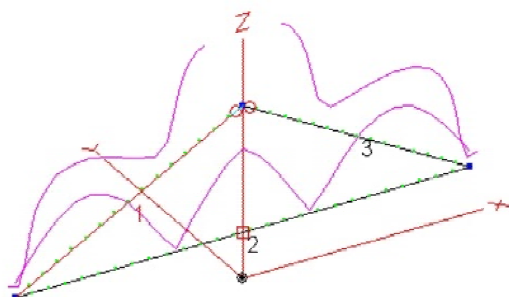
Höhe Mast	=	15 m
Höhe horizontaler Teil	=	4 m
Draht 1	=	22.56 m
Draht 3	=	22.56 m
Draht 2	=	39.40 m
Drahtlänge total	=	ca. 84.5 m
Verlängerungsspule für Resonanz auf 40 m		
Gain bei 25 Grad	=	4.2 dBi



Rund um die Antenne

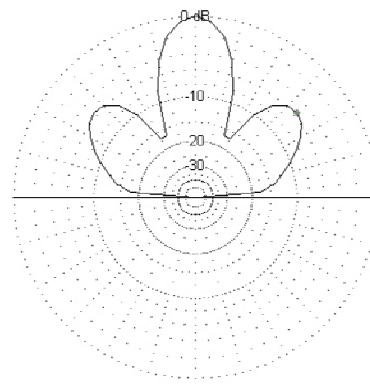
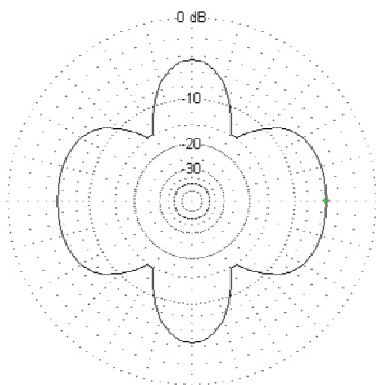
Teil 6: Ganzwellen-Dipol, L-Antennen, Sloper, Schleifenantennen, Vertikal-Antennen

Die Diagramme zeigen es ganz klar. Auf dem 40 m Band, mit 2 Wellenlängen Draht in der Luft ergibt sich ausgeprägte Flachstrahlung mit einer gewissen Unterdrückung von Steilstrahlungssignalen. Die Antenne bewährt sich auch auf diesem Band hervorragend. Von der im Azimuth-Diagramm gezeigte Richtwirkung ist in der Praxis nicht viel zu spüren. Auch hier gilt, jede Station die ich hören kann, kann ich auch arbeiten.



Dieselbe Delta Loop bei 30 m

Höhe Mast	=	15 m
Höhe horizontaler Teil	=	4 m
Draht 1	=	22.56 m
Draht 3	=	22.56 m
Draht 2	=	39.40 m
Drahtlänge total	=	ca. 84.5 m
Verlängerungsspule für Resonanz auf 40 m		
Gain bei 90 Grad	=	9.95 dBi
Gain bei 40 Grad	=	4.50 dBi
Gain bei 25 Grad	=	1.60 dBi

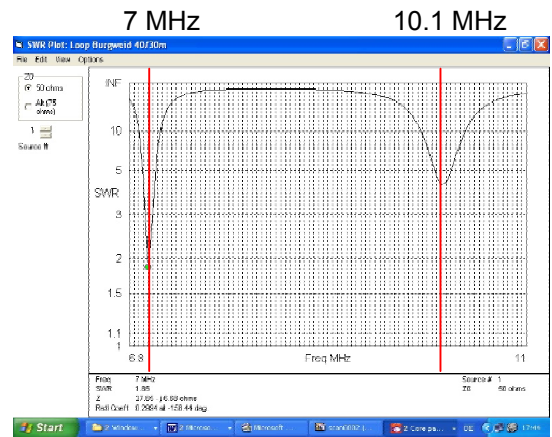
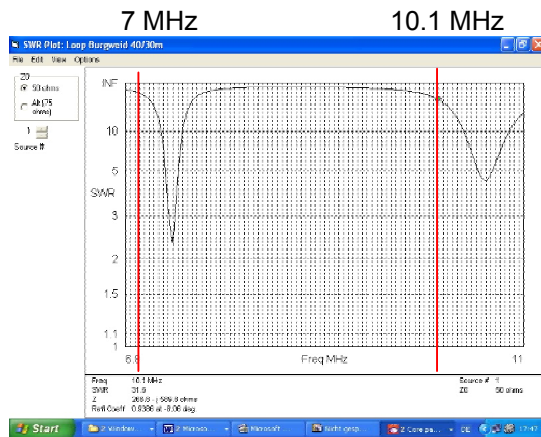


Die Antenne wird auf dem 30 m Band in Stellung 40 m betrieben, d.h. mit derselben Verlängerungsspule. Das Richtwirkungsdiagramm wird etwas wirr und eine gewisse Richtwirkung ist nicht auszuschliessen. Die Praxis zeigt auch auf diesem Band: Jede Station die ich hören kann, kann ich auch arbeiten.

Interessant ist auch der Einfluss der Verlängerungsspulen auf die Anpassung, d.h. auf das SWR. Die roten Linien im SWR Diagramm zeigen jeweils die Frequenzen 7.0 MHz und 10.1 MHz. Ohne Verlängerungsspule ist das SWR auf der Speiseleitung miserabel. Mit der Verlängerungsspule lässt sich das SWR auf dem 40 m Band auf unter SWR 1:2 bringen. Auf dem 30 m Band zeigt die SWR Kurve ganz klar, dass sich die Antenne eigentlich in Resonanz befindet, dass sich aber das SWR auf dem Speisekabel kaum unter SWR 1:3 ... bis 1:5 bringen lässt. Wenn' man im Shack ein besseres SWR findet, dann war es die lange Speiseleitung die mitgeholfen hat das SWR zu bändigen.

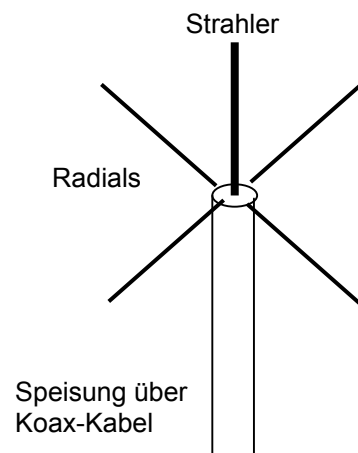
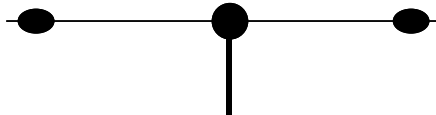
Rund um die Antenne

Teil 6: Ganzwellen-Dipol, L-Antennen, Sloper, Schleifenantennen, Vertikal-Antennen



6.5 Vertikale Antennen

6.5.1 Horizontale Antennen versus vertikale Antennen



Ab und zu kommt immer wieder die Frage:

- Was sind denn die Unterschiede zwischen einer vertikalen und einer horizontalen Antenne ?

oder

- Welche Polarisation soll ich wählen ?

Die Antwort kann man etwa so zusammenfassen:

- **Polarisation:**
Die Polarisation der Antennen spielt auf KW keine grosse Rolle. Man arbeitet ja, von Orts-QSO's abgesehen, immer mit Raumwelle. Bei der Reflektion der Wellen in der

Rund um die Antenne

Teil 6: Ganzwellen-Dipol, L-Antennen, Sloper, Schleifenantennen, Vertikal-Antennen

Ionosphäre wird die Polarisierung ohnehin ein oder mehrmals geändert.

- **Abstrahlwinkel:**

Vertikale Antennen haben im allgemeinen einen flacheren Abstrahlwinkel als horizontale Antennen. Dies ist für DX-Verkehr erwünscht. Wie wir bereits gesehen haben, gibt es aber auch unter den horizontalen Drahtantennen gute „Flachstrahler“, zum mindesten haben sie auf gewissen Frequenzbändern diese Eigenschaft.

- **Bodenleitfähigkeit:**

Die meisten vertikalen Antennen, vor allem solche die mit Gegengewichtsdrähten oder Radials arbeiten, reagieren sehr sensitiv auf die Bodenleitfähigkeit. Je besser die Bodenleitfähigkeit desto besser ist der Wirkungsgrad der Antenne. Über feuchtem Boden mit viel Grundwasser sind „Verticals“ exzellente Antennen. Über trockenem Grund sind sie eher problematisch.

- **Empfangsgeräusche:**

Es ist eine Tatsache die nicht weggeleugnet werden kann:

Auf horizontalen Antennen hört sich's ruhiger.

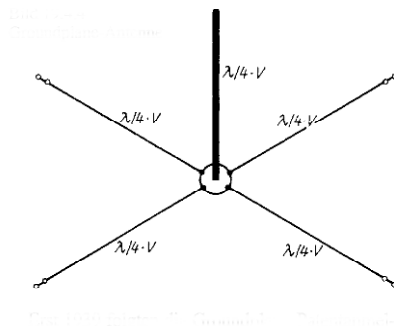
Vertikale Antennen bringen mehr Empfangsgeräusche. Dabei handelt es sich weniger um echte Signale auf den Bändern, als um all die Geräusche aus dem Nahfeld, d.h. um den „Man-made-noise“. Wenn wir darauf angewiesen sind an einer Vertikal-Antenne zu hören, dann lohnt sich jeder Meter „Höhengewinn“. Je höher wir die Antenne im Freien und über dem Störnebel anordnen können, desto angenehmer ist sie beim Empfang. Wer eine gute Vertikalantenne hat, die beim Senden gute Resultate liefert, der aber chronisch beim Empfang unter „Man-made-noise“ leidet, dem sei eine separate Empfangsantenne empfohlen, die mit horizontaler Polarisierung arbeitet. Leider haben bei den heutigen Transceivern nur die teuren Spitzengeräte einen Eingang für eine separate Empfangsantenne.

6.5.2 Allgemeines zu Vertikal-Antennen



Bei den Vertikal-Antennen unterscheidet man 2 Typen:

- **Antennen mit „Grundberührung“ oder mit Radials.**
- **Antennen die ohne „Grundberührung“ oder Radials auskommen.**



Antennen mit „Grundberührung“ oder mit Radials:

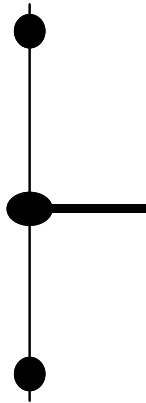
Der klassische Vertreter dieser Art ist die

Groundplane-Antenne.

Sie ist eine **unsymmetrische Antenne** und benötigt entweder eine gute Erdung oder Radials als Gegengewichte. Da die Erdübergangswiderstände bei uns eher ungünstig sind verwendet man bei uns meistens Radials. Je nach Anordnung der Radials (horizontal, schräg nach unten, etc.) ist der Abstrahlwinkel mehr oder weniger flach.

Rund um die Antenne

Teil 6: Ganzwellen-Dipol, L-Antennen, Sloper, Schleifenantennen, Vertikal-Antennen



Antennen die ohne „Grundberührung“ oder Radials auskommen.

Der **vertikale Dipol** und alle anderen Antennen die ohne „Grundberührung“ und ohne Radials auskommen sind **symmetrische Antennen** und benötigen kein Gegengewicht. Bei freier Anordnung ist der Abstrahlwinkel sehr flach.

Solche Antenne arbeiten auch über Boden mit schlechter Leitfähigkeit ausgezeichnet. Der einzige Wermutstropfen ist die Tatsache, dass eine „Halbwellen Vertikal“ die doppelte Länge (sprich Höhe) einer „Viertelwellen Vertikal“ (Ground Plane) aufweist.

Grundsätzlich gilt:

Umgebungseinflüsse und Bodenleitfähigkeit:

Vertikal-Antennen reagieren sehr sensitiv auf Umgebungseinflüsse sowie auf die Bodenleitfähigkeit. Über feuchtem Grund zeigen Vertikal-Antennen ihr wahre Stärke. Allerdings darf man die Umgebungseinflüsse nicht unterschätzen. Um ihre volle Wirkung zu erzielen muss das Umfeld von Vertikal-Antennen über eine Distanz von 5 – 10 Wellenlängen frei von störenden Objekten sein.

Nur um ein Beispiel zu nennen:

Wird eine Vertikal-Antenne im kleinen Gärtchen eines Reiheneinfamilienhauses aufgestellt, dann ist damit zu rechnen, dass die Abstrahlung der Antenne durch benachbarte Gebäude stark beeinträchtigt wird. Dasselbe gilt für Vertikal-Antennen die in einem engen Bergtal aufgestellt werden. Die Vertikal-Antenne ist ein Flachstrahler. Diese Funktion kann aber nur erfüllt werden wenn sich keine Hindernisse in den Weg stellen, die die Flachstrahlung verunmöglichen. Ist man dagegen in der Lage eine Vertikal-Antenne auf dem Dach eines Hochhauses zu montieren, dann sieht die Sache sofort ganz anders aus. In einem solchen Falle ist üblicherweise die Umgebung der Antenne frei von Hindernissen und die Sendeenergie kann tatsächlich abgestrahlt werden.

Auch wird eine Vertikal-Antenne, die irgendwo schräg aus einem Balkon heraus betrieben wird, nur in den seltensten Fällen zufriedenstellend arbeiten.

Erregung auf Oberwellen:

Die Erregung von Vertikal-Antennen auf den Oberwellen ist zu vermeiden. Dies führt lediglich zu steilen Abstrahlwinkeln und das ist ja nicht das was wir mit einer Vertikal-Antenne bezwecken.

Mehrbandtaugliche Vertikal-Antennen:

Sollen Vertikal-Antennen mehrbandtauglich sein, dann lässt sich das durch Einfügen von Traps bewerkstelligen. Dank der Traps verhält sich eine Viertelwellen Vertikal-Antenne gewissermassen wie die eine Hälfte eines resonanten Dipols und die flache Abstrahlcharakteristik bleibt erhalten.

„Koaxiale Dipole“ wie sie noch beschrieben werden können allerdings nicht mit Traps ausgerüstet werden. Dies sind dann reine Einband-Antennen.

Kommerzielle gefertigte Vertikal-Antennen:

Heute hat fast jeder Antennenhersteller eine ganze Reihe von Vertikal-Antennen in seinem Sortiment. Viele dieser Antennen sind sowohl mechanisch wie auch elektrisch einwandfrei ausgeführt. Allerdings gibt es unter den angebotenen Vertikal-Antennen auch solche die eher zweifelhafte Eigenschaften aufweisen. Wenn Antennen angeboten werden die viele Amateurfunk-Bänder abdecken und die erst noch auf jedem Band über die gesamte Breite des Bandes ein SWR von max. 1: 1.2 aufweisen sollen, dann ist Vorsicht am Platz. Man kann zwar mit geschicktem Design allerlei möglich machen, aber wie sagt doch der Volksmund:



Wir machen Unmögliches möglich, Wunder dauern aber etwas länger !

Bei solchen Antennen sind dann häufig irgendwelche bewusst eingefügten Verluste für das ach so schöne SWR verantwortlich. Das kann im Extremfalle soweit gehen, dass die wundersame Anpassbox am Antenneneinspeisepunkt sogar einen 50 Ω Widerstand enthält. Natürlich kann man auch mit einer solchen Antenne QSO's bewerkstelligen, eine Hochleistungsantenne wird dies aber nie.

Bevor man eine kommerziell gefertigte Vertikal-Antenne kauft sollte man sich auch Klarheit darüber verschaffen wie die Antenne im aufgebauten Zustand tatsächlich aussieht. Ich erinnere mich an den Fall eines OM's der mich um Rat gefragt hat. Er hat in einem Inserat eine Vertikal-Antenne angeboten gefunden die

- kurz war
- alle KW Bänder abdeckt
- ohne Radials auskommen soll.

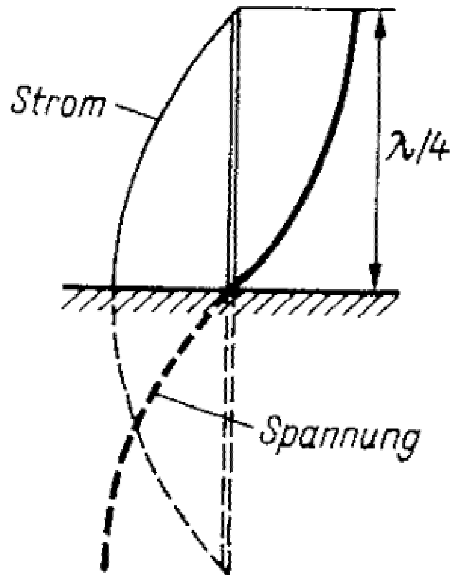
Das war genau das was er suchte und er wollte die Antenne sofort bestellen.

Ich hab mich dann im Internet schlau gemacht. Zu seinem Erstaunen musste ich ihm mitteilen, dass er sich da ein Stachelschwein angelacht hat. Die Antenne bestand eigentlich nur aus einer Kombination von Verlängerungsspulen und kapazitiven Verkürzungselementen in Form von Radialstäbchen die überall aus der Antenne herausragten. Also nicht gerade etwas das die lieben Antennen-kritischen Nachbarn goutieren.

Der Selbstbau von Vertikal-Antennen lohnt sich eigentlich selten. Trotzdem, seit es kostengünstige Fiberglasmasten zu kaufen gibt, kann es sich aber durchaus lohnen mit Vertikalantennen zu experimentieren. Mit einem 10 m hohen Fiberglastmast kann man ohne grossen Aufwand „Viertelwellen-Vertikals“ bauen, z.B. für das 40 m Band. Ab dem 20 m Band und höher kann man auch „Halbwellen Vertikals“ bauen oder zumindest mit diesen Typen experimentieren

Als ich noch kein 2.QTH mit „grossen“ Antennen besass bin ich öfters in ein nahe gelegenes breites Flusstal gefahren und habe dort „portabel“ mit solchen Vertikal-Antennen DX Verbindungen realisiert, die vom Home-QTH aus einfach nicht möglich waren. Der Grundwasserspiegel verbunden mit einer absolut „freien“ Natur (d.h. ohne jegliche störenden Objekte im Umkreis von mehreren hundert Metern) wirkte jeweils Wunder.

6.5.3 Die Marconi-Antenne



Die Marconi-Antenne ist die Urform aller Vertikal-Antennen. Sie ist bereits seit den ersten Anfängen der Funktechnik bekannt und wurde wie der Name sagt vom Urvater der Funktechnik, von Guglielmo Marconi, erfunden.

Die Idee ist folgende:

Man betreibt einen $\lambda/4$ -Leiter gegen Erde. Man geht davon aus, dass sich im Erdreich eine weiterer $\lambda/4$ -Stab spiegelt.

Bei gut leitender Erde, z.B. am Meer, mag dieses Prinzip sogar funktioniert haben. In unseren Gefilden mit den doch eher mediokren Erdverhältnissen würde ich davon abraten mit dieser Antennenform zu experimentieren. Sollte das SWR gut sein, dann handelt es sich mit Sicherheit um die gütige Mithilfe des Erdübergangswiderstandes.

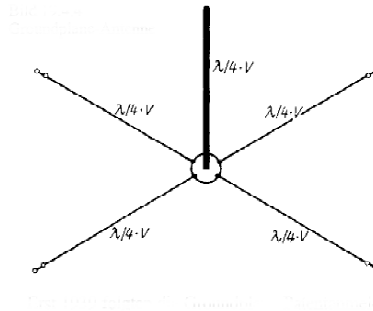
Es darf sogar bezweifelt werden ob die Marconi Antenne je in reiner Form erfolgreich angewandt wurde. Da die Bodenleitfähigkeit selten so gut ist, dass das Einschlagen eines Erdpfahls eine ausreichende Erdverbindung herstellt, hat man nach „Verbesserungspotential“ gesucht. Man fand, dass der Wirkungsgrad ansteigt wenn man eine solche Antenne mit einem Netz von Drähten umgibt, die entweder auf dem Boden ausgelegt sind oder die ca. 10 cm tief in den Boden vergraben werden. Diese Drähte nennt man Gegengewichte.

Hier gilt die Regel: **Viel ist gut, noch mehr ist besser!**

In Kreisen kommerzieller Senderbauer gilt die Faustregel, dass man etwa 120 Gegengewichtsdrähte auslegt. Die Länge der Gegengewichtsdrähte sollte in der Gegend von $\lambda/4$ liegen, die exakte Länge von Drähten, die entweder auf dem Boden liegen oder im Boden vergraben, sind scheint jedoch eher von untergeordneter Bedeutung sein.

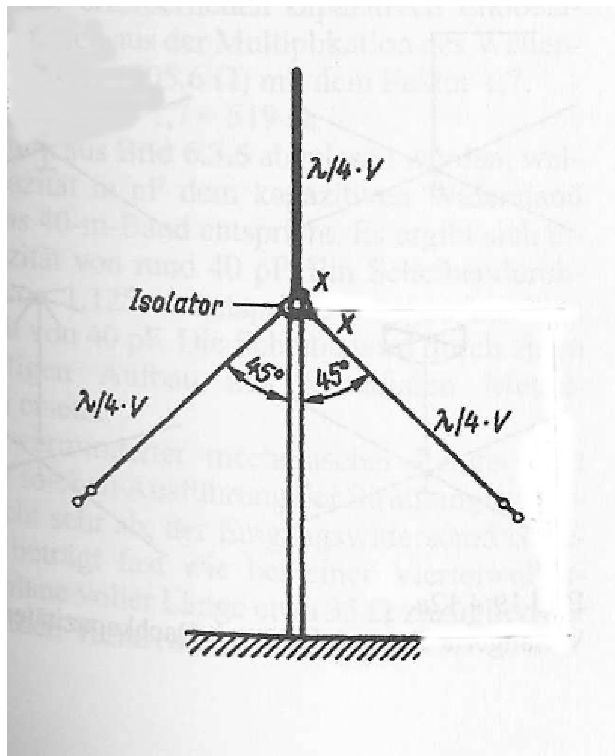
Sobald wir aber eine Marconi-Antenne mit Gegengewichtsdrähten (= Radials) betreiben, dann ist es eigentlich keine Marconi-Antenne mehr im ursprünglichen Sinne, sondern eine sog. Ground-Plane Antenne. (siehe nächstes Kapitel)

6.5.4 Die Ground-Plane Antenne



Die Ground-Plane Antenne ist im Amateurfunk der Klassiker unter den Vertikal-Antennen.

Die Eingangsimpedanz am Speisepunkt beträgt ca. 36 Ω. **ACHTUNG:** Wenn die Eingangsimpedanz höher liegt z.B. in der Nähe von 50 Ω dann sollte man nachdenklich werden. Von selbst stellen sich nämlich keine 50 Ω ein. Die fehlenden 14 Ω werden in einem solchen Fall in Form von Verlusten verbraten.



Eine andere Version der Ground-Plane Antenne verwendet schräg nach unten gespannte Radials. Der Eingangswiderstand soll sich gemäss der einschlägigen Literatur wie folgt verhalten:

Bei 3 Radials ca. 50 ... 53 Ω

Bei 4 Radials ca. 44 Ω

Durch verändern des Winkels der Radials soll sich das SWR exakt auf 1:1 = 50 Ω einstellen lassen.

Ich hab's zwar noch nie selbst versucht, aber Kollegen bestätigen, dass das funktioniert.

Bei Ground-Plane Antennen mit Radials die frei in der Luft hängen sind die Radials im Regelfalle abgestimmt, d.h. sie weisen eine Länge von $\lambda/4$ auf. Üblicherweise sind die Radials isoliert. Am Ende der Radials ist gemäss Regel 4, „freie Enden = Spannungsbauch“, mit HF-Spannung zu rechnen, so dass man die Enden isolieren sollte.

Mehrbandbetrieb:

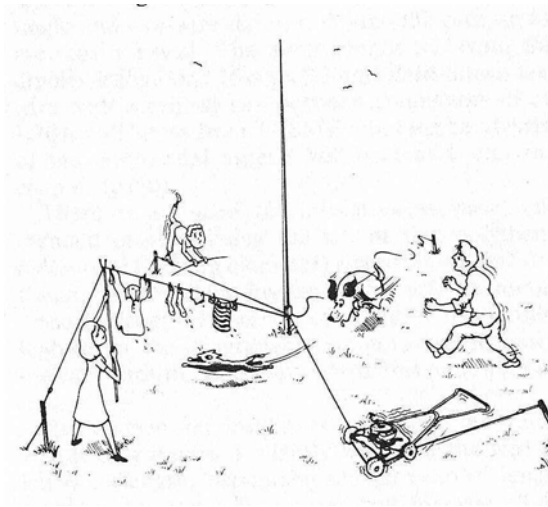
Ground-Plane Antennen lassen sich durch Einfügen von Traps „mehrbandtauglich“ machen. Auf jeden Fall müssen Traps im Strahler eingefügt werden. Bei den Radials hat man die Wahl

- Traps (in identischer Weise wie beim Strahler) in die Radials einzufügen, oder
- für jedes Band einen eigenen Satz abgestimmte Radials (z.B. 2 Radials pro Band) vorzusehen. Dies gibt dann einen ganz netten Drahtverhau.

Rund um die Antenne

Teil 6: Ganzwellen-Dipol, L-Antennen, Sloper, Schleifenantennen, Vertikal-Antennen

6.5.4. 1 Wie viele Radials benötigt eine Ground-Plane Antenne



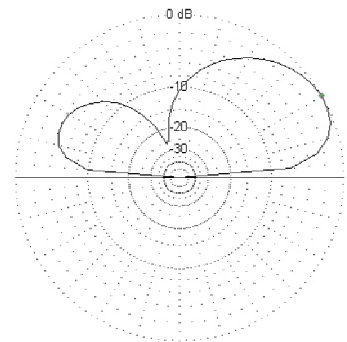
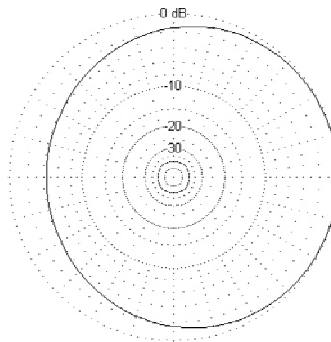
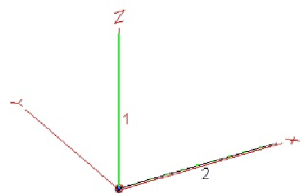
Über die Frage wie viele Radials bei einer Ground-Plane Antenne notwendig sind um einen einigermaßen vernünftigen Wirkungsgrad zu erzielen kann man unendlich lange diskutieren. Die allgemeine Ansicht ist:

„Viel hilft viel“

oder

„Je mehr desto besser“

Muss man aber wirklich 64 oder 128 Radials auslegen um einen vernünftigen Wirkungsgrad zu erzielen? Die Zahlen 64 oder 128 Radials stammen aus der kommerziellen Sendetechnik. Diese Anzahl Radials wird tatsächlich verlegt, z.B. bei MW Rundfunksendern die mit einem vertikalen Sendemast arbeiten. Bei diesen Anlagen steht sehr viel Geld auf dem Spiel. Man will den Hörern im Einzugsgebiet des Senders einen guten Empfang bieten und die Kosten der paar tausend Meter Kupferdraht, der vergraben wird, ist im Vergleich zu den übrigen Kosten nebensächlich. Bei uns Funkamateuren sieht die Sache doch etwas anders aus. Nicht nur müssen wir den Draht selbst berappen, nein, im Regelfalle müssen wir ihn auch noch selbst auslegen und in den Boden eingraben. Wie sieht die Realität aus ?

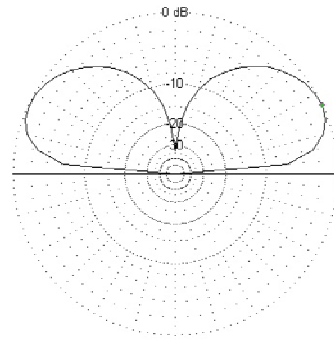
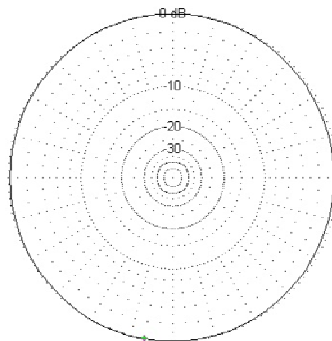
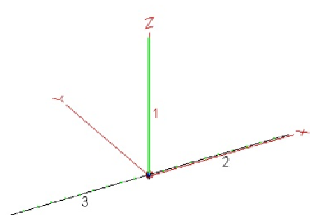


Vertikal Antenne mit 1 Radial: bei normalem Boden Gain – 1.81 dBi bei 30 Grad
bei feuchtem Boden Gain – 1.14 dBi bei 30 Grad

Im Grunde genommen handelt es sich um einen umgelegten Dipol, dessen eines Bein am Boden ausgelegt ist.

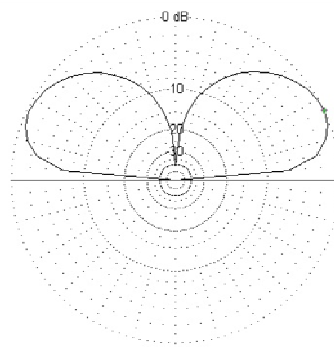
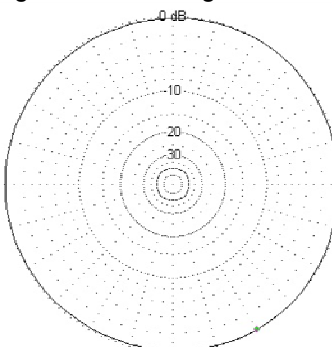
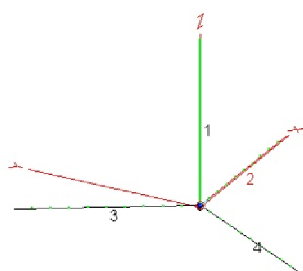
Rund um die Antenne

Teil 6: Ganzwellen-Dipol, L-Antennen, Sloper, Schleifenantennen, Vertikal-Antennen



Vertikal Antenne mit 2 Radials: bei normalem Boden Gain – 1.51 dBi bei 25 Grad
bei feuchtem Boden Gain 0.01 dBi bei 25 Grad

Diese Antenne zeigt bereits richtige Rundstrahleigenschaften.



Vertikal Antenne mit 3 Radials: bei normalem Boden Gain – 0.65 dBi bei 25 Grad
bei feuchtem Boden Gain 0.98 dBi bei 30 Grad

Ab 3 Radials verändert sich am Abstrahldiagramm nichts mehr.

Wenn wir noch mehr Radials vorsehen, dann ergibt sich etwa folgendes Bild:

	normaler Boden	feuchter Boden
Vertikal Antenne mit 4 Radials:	Gain - 0.35 dBi	1.45 dBi bei 25 Grad
Vertikal Antenne mit 8 Radials:	Gain 0.11 dBi	2.29 dBi bei 25 Grad
Vertikal Antenne mit 16 Radials:	Gain 0.19 dBi	2.48 dBi bei 25 Grad

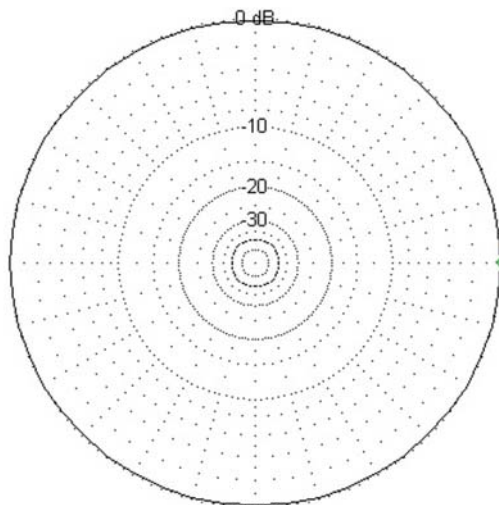
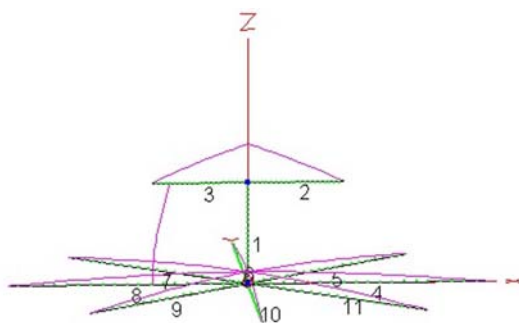
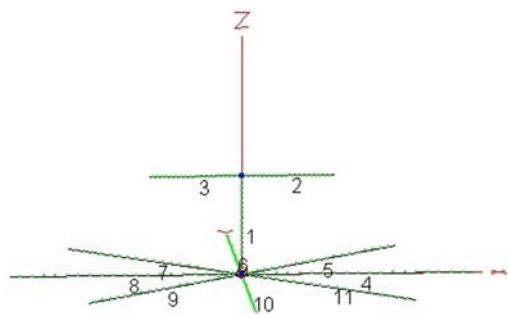
Noch mehr Radials bringen keine nennenswerte Verbesserung mehr.

Wenn man das Ganze von der praktischen Seite her betrachtet, dann ist der Aufwand bis zu einer Zahl von 8 Radials gerechtfertigt. Die Verdoppelung auf 16 Radials bringt sicher noch etwas. Was darüber hinausgeht mag zwar dem OM eine gewisse Befriedigung bereiten. Ob allerdings die Verbesserung in der Grössenordnung von 0.1 – 0.2 dB von der Gegenstation wahrgenommen wird ist mehr als fraglich.

Man kann es auch etwas salopp ausdrücken:

- Wer auf Grundwasser sitzt, bei dem sollten 8 Radials bereits ausreichen.
- Wer auf dem trockenen sitzt, der sollte sich überlegen ob er nicht eine andere Antennenform wählt die weniger sensitiv auf die Bodenbeschaffenheit reagiert.

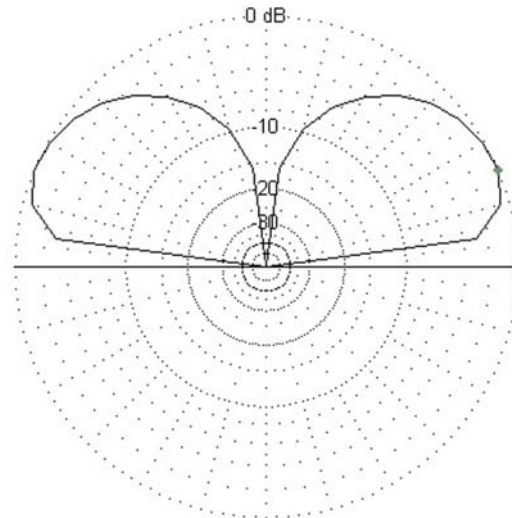
6.5.5 Die T-Antenne



Eine spezielle Form von Vertikalantenne, die in Amateurfunk-Kreisen eher wenig bekannt ist, ist die T-Antenne.

Die Antenne besteht aus einem vertikalen Antennendraht und einem horizontalen Antennendraht der oben am vertikalen Teil symmetrisch nach beiden Seiten gezogen wird. Die Antenne arbeitet gegen Erde, deshalb das Radialnetz. Die Speisung erfolgt wie bei einer normalen Ground-Plane Antenne unten da wo der vertikale Teil der Antenne in die Erde bzw. in die Radials übergeht.

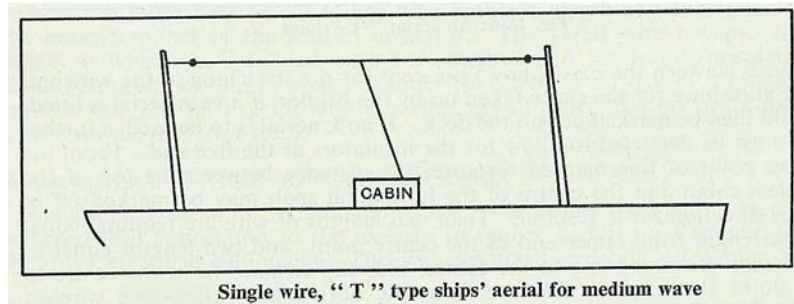
Technisch gesehen ist die T-Antenne eine verkürzte Vertikalantenne. Der eigentlich Strahler ist der vertikale Teil der Antenne, da fließt der höchste Strom. Der horizontale Draht stellt eine Dachkapazität dar, die die Resonanzfrequenz der Antenne nach unten bringt. Es ist also eine typische Antenne für die langwelligeren Bänder.



Trotzdem der horizontale Draht vermuten liesse, dass die Antenne eine gewisse Richtwirkung aufweisen würde, wie das bei der L-Antenne der Fall ist, handelt es sich bei der T-Antenne um einen reinen Rundstrahler. Bemerkenswert ist die tiefe Unterdrückung von Steilstrahlsignalen.

Rund um die Antenne

Teil 6: Ganzwellen-Dipol, L-Antennen, Sloper, Schleifenantennen, Vertikal-Antennen



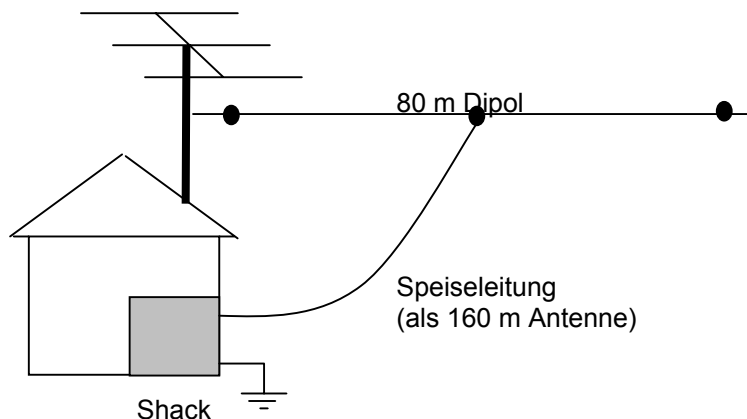
Wie bereits erwähnt ist die T-Antenne im Amateurfunk eher selten vertreten. Die klassische Anwendung dieser Antenneform war auf Ozeandampfern, vor allem auf Frachtschiffen. Dort wurde die Antenne für den Funkverkehr auf Mittelwelle (375 – 515 kHz) eingesetzt. Ein möglichst langer horizontaler Teil hat zur Verbesserung des Wirkungsgrades beigetragen.

Im Amateurfunk gibt es aber OM's die auf dem 160 m Band eine T-Antenne benützen ohne sich dieser Tatsache bewusst zu sein.

Wer auf dem 160 m Band aktiv sein will hat in der Regel das Problem, dass die Antennen für dieses Band Dimensionen annehmen die üblicherweise innerhalb eines normalen Grundstücks nicht unterzubringen sind.

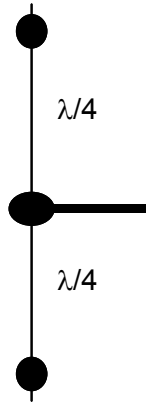
Die meisten OM's verfügen aber über eine Antenne für das 80 m Band, sei es ein Dipol voller Länge oder eine verkürzte Version z.B. in der Form einer Trap Antenne.

Ein altbekannter Trick besteht nun darin, dass man für den Betrieb auf dem 160 m Band im Shack die Seele und den Mantel des Koax-Kabels das zur 80 m Antenne führt zusammenschliesst (also kurz schliesst). Mit diesem Draht geht man nun auf den Antennenkoppler und betreibt die Antenne gegen Erde. Der Resonanzpunkt der ganzen Geschichte muss überhaupt nicht im 160 m Band liegen, das spielt keine Rolle. Mit dem Antennenkoppler sorgt man ja für eine korrekte Anpassung.



Diese Antenneform kann natürlich nur angewandt werden wenn das Koax-Kabel das die 80 m Antenne speist den Shack sofort und relativ gradlinig verlässt. Man muss sich dabei immer vor Augen halten, dass die Antenne vom Antennenkoppler weg sofort strahlt. Es ist ja nicht mehr ein Koax-Kabel sondern der Mantel des Koax-Kabels ist Teil des Antennensystems. Überall dort wo das Koax-Kabel für die 80 m Antenne im Haus drin noch diverse Umwege machen muss lässt man besser die Finger von dieser Antennenart. In der Praxis, unter Berücksichtigung aller Randbedingungen, funktionieren solche T-Antennen eigentlich recht gut. Sicher, es sind selten Hochleistungs-Antennen. Aber als Einstieg auf das 160 m Band ist dies alleweil eine Lösung die man ausloten sollte. Wenn sich BCI / TVI allzu stark bemerkbar machen, dann lässt man sich halt etwas „stubenreineres“ einfallen.

6.5.6 Der vertikale Dipol



Der vertikale Dipol ist unter den Amateurfunkern eine eher wenig gebräuchliche Antennenform. Wer jedoch schon damit gearbeitet hat ist davon begeistert.

Die Eigenschaften:

- Er liefert eine flache Abstrahlung.
- Er benötigt keine Gegengewichte (Radials).
- Er bringt auch bei mediokren Erdverhältnissen gute Ergebnisse.
- Er wird doppelt so lang wie der $\lambda/4$ -Strahler der Ground-Plane Antenne (was zwar nicht gerade ein Vorteil ist, dafür aber Symmetrie herstellt).
- Die Speiseleitung sollte horizontal weggeführt werden, was häufig konstruktive Probleme ergibt. Es gibt jedoch Methoden der Speisung an einem Ende. Diese werden unter dem Thema „koaxiale Dipole“ sowie unter „Spannungsspeisung“ behandelt.

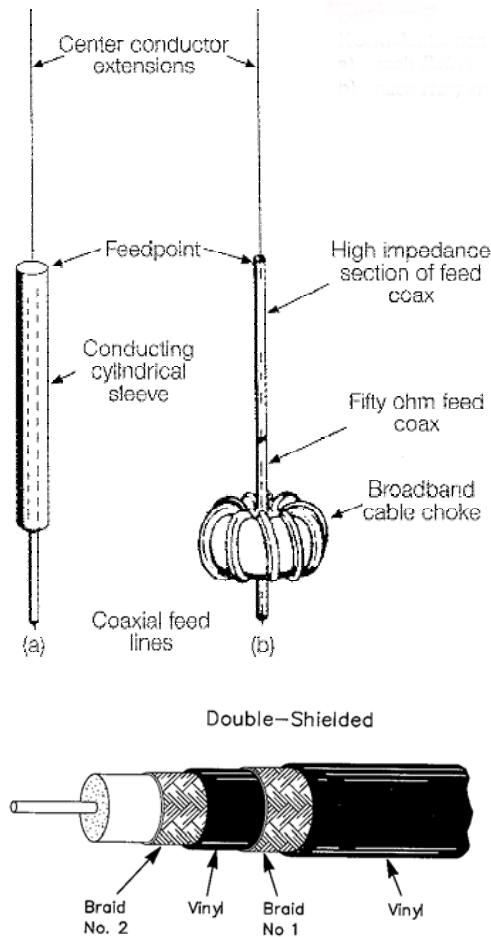
Beim praktischen Aufbau einer solchen Antenne sollte man einen Punkt nicht vergessen:

- Das bodennahe Ende der unteren Dipolhälfte liegt in einem Spannungsbauch. Je nach Leistung kann dort eine ansehnliche Spannung anliegen. Auch wenn HF im allgemeinen nicht gerade tödlich wirkt, unangenehm ist es doch. Ich habe mir einmal vor Jahren mit einem 15-Watt Sender eine Fingerkuppe leicht angeschmort. Gespürt habe ich gar nichts, es hat einfach plötzlich nach verbranntem Fleisch gerochen. Es ist also auf jeden Fall empfehlenswert auf gute Isolation zu achten. Wenn die Antenne im Garten oder auf einer Weide steht, dann wäre ein kleiner aber solider Zaun von 1.5 x 1.5 m und 1 m Höhe darum herum sicher angebracht.

Mehrbandbetrieb:

Auch der vertikale Dipol lässt sich durch Einfügen von Traps „mehrbandtauglich“ machen. Wie beim Dipol werden die Traps symmetrisch in jeder Dipolhälfte eingefügt. Da Traps bekanntlich auf dem langwelligeren Band einen Verkürzungseffekt aufweisen wird die Antenne über alles gesehen kürzer. Man kommt also mit einem niedrigeren Aufhängepunkt aus.

6.5.7 Der koaxiale Dipol



Der koaxiale Dipol ist eine Sonderform des vertikalen Dipols.

Die konstruktive Erschwerung beim vertikalen Dipol, wonach die Speiseleitung von der Mitte aus horizontal weggeführt werden sollte, wird hier auf eine raffinierte Weise umgangen.

Zwei Versionen, die beide praktisch erprobt sind, stehen zur Auswahl:

Ausführung a)

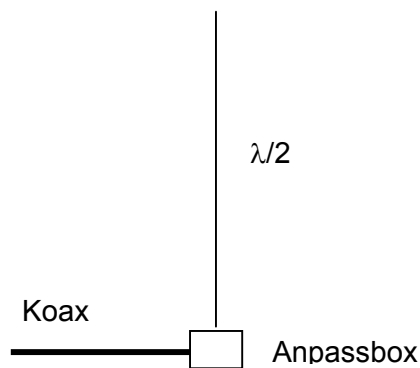
Hier wird ein spezielles Koaxialkabel eingesetzt, das 2 voneinander isolierte Mäntel besitzt. Die Seele dieses Kabels wird mit einem Draht um $\lambda/4$ verlängert. Der äussere der beiden Koaxkabel-Mäntel wird in einer Distanz von $\lambda/4$ vom Speisepunkt aus gesehen über eine Länge von 2 – 3 cm aufgetrennt und vom Rest isoliert. Dann wird ein Schrumpfschlauch über die aufgetrennte Stelle gezogen um das Kabel wieder wasserdicht zu machen. Die untere Strahlerhälfte hat bei dieser Antenne eine Doppelfunktion. Sie ist strahlende Dipolhälfte und bildet zugleich zusammen mit dem durchlaufenden Teil des Koaxialkabels einen Viertelwellen-Sperrtopf. Der nach unten elektrisch offene Sperrtopf wirkt als Mantelwellensperre und entkoppelt dadurch die Speiseleitung.

Ausführung b)

Hier wird ein normales Koaxialkabel verwendet. Die Seele dieses Kabels wird mit einem Draht um $\lambda/4$ verlängert. Die untere Strahlerhälfte besteht aus dem Koaxialkabel. In einem Abstand von $\lambda/4 \cdot v$ wird eine Breitband-Kabeldrossel eingefügt. Diese besteht aus einigen Windungen des Koaxialkabels auf einem Ferrit-Ringkern. Diese Version soll etwas breitbandiger sein als die Version a).

Ich selbst habe die Version a) einmal getestet und festgestellt „es funktioniert“. Das ganze ist mechanisch eine gewisse Fummelei und es dürfte auch nicht so einfach sein die Einschnittstelle im äusseren Kabelmantel über längere Zeit einwandfrei wasserdicht zu kriegen. Koaxiale Dipole sind meiner Meinung nach Ein-Band-Antennen. Ob man sie auch mehrbandtauglich machen kann entzieht sich meiner Kenntnis.

6.5.8 Vertikaler Halbwellenstrahler mit Spannungsspeisung



Die Speisung eines vertikalen Dipols mit Koax-Kabel, das man in der Mitte der Antenne waagrecht wegführen sollte ist in vielen Fällen konstruktiv fast nicht zu bewerkstelligen. Ein Ausweg besteht darin, dass man einen $\lambda/2$ langen Antennendraht vertikal anbringt. Am unteren Ende speist man ein. Da der Antennendraht eine Länge von $\lambda/2$ aufweist liegt am unteren Ende per Definition ein Spannungsbauch.

Die Anpassung spannungsgespeister Antennen ist im Abschnitt „spannungsgespeiste Antennen“ detailliert erklärt. Man kann jede der dort beschriebenen Methoden der Ankopplung verwenden.

Wie bereits erwähnt, eine solche Antenne ist sehr viel toleranter bezüglich nicht optimaler Bodenleitfähigkeit. Sie funktioniert auch unter mediokren Bodenverhältnissen sehr gut. Ein guter Freund von mir, ein DX-Crack, der sich auch erfolgreich mit low-band DX'ing befasst, hat schon temporär während 160 m Contest's einen ca 80 m langen Draht mit Hilfe eines Helium-gefüllten Wetterballons in die Höhe gebracht. Dies alles in seinem Home-QTH wo er bezüglich Bodenleitfähigkeit nicht gerade verwöhnt wird. In der Anpassbox befand sich in seinem Fall ein 160 m Fuchskreis. Er hat mit dieser Antennenform Spitzenresultate erzielt, denn es dürfte weltweit nur wenige OM's geben die tatsächlich eine $\lambda/2$ lange Vertikalantenne für 160 m in Betrieb haben.

Rund um die Antenne

Praxisorientierte Antennenkunde für Funkamateure

Teil 7:
spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen

Max Rüegger, HB9ACC

Allen Freunden des Selbstbaus gewidmet

Rund um die Antenne

Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen

Inhaltsverzeichnis

		Seite
7	Rund um die Antenne, Teil 7	
	Vorwort	5
7.1	Resonante spannungsgespeiste Antennen	7
7.1.1	Ankopplung über einen geerdeten Schwingkreis	9
7.1.2	Die Zeppelin-Antenne oder Ankopplung über eine $\lambda/4$ Leitung	10
7.1.3	Ankopplung mittels einer koaxialen Stichleitung	11
7.1.4	Die Fuchs-Antenne	13
7.1.5	Drahtlängen spannungsgekoppelter Antennen	16
7.1.6	Spannungsgekoppelte Vertikal-Antennen	17
7.1.7	Multiband Anpassgerät 3.5 – 28 MHz	17
7.2	Antennen verkürzen	20
7.2.1	Verkürzung mittels Spulen	21
7.2.3	Wendelantennen	26
7.2.4	Verkürzung mittels kapazitiver Belastung	27
7.2.5	Verkürzung durch Umbiegen der Enden	30
7.2.6	Verkürzung mittels Umwegleitungen	33
7.3	Spezialformen verkürzter Antennen	34
7.3.1	Die magnetische Antenne	35
7.3.2	Die ISOTRON-Antenne	39
7.3.3	Antennen mit Widerstands-Abschluss	40
7.3.4	EH-Antennen	42

Rund um die Antenne

Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen

Vorwort

Die erste Version dieses Dokumentes, damals unter dem Namen „Drahtantennen Praktikum“, ist zu dem Zeitpunkt entstanden als allen YL's und OM's deren Funkverkehr sich bisher auf Frequenzen oberhalb 30 MHz beschränkt hat damals neu den Zugang zur Kurzwelle erhalten haben.

Ich habe das Dokument damals meinen Freunden und Amateurfunger-Kollegen zur Verfügung gestellt. Das grosse Echo, das dadurch ausgelöst wurde hat, hat mich bewogen das Dokument laufend zu überarbeiten und weitere Erfahrungen einfließen zu lassen.

Einige Bemerkungen zum Dokument:

- Dieses Dokument ersetzt kein Antennenbuch und es enthält keine Kochrezepte. Mein Ziel war es die Materie von der praktischen Seite her anzugehen. Überdies ist es ein Ziel von mir das Verständnis für Antennen im allgemeinen und Drahtantennen im speziellen zu wecken. Die dazugehörigen Formeln, die es einem erlauben die Drahtlängen zu berechnen, findet man in jedem Antennenbuch. In jedem Antennenbuch finden sich auch jede Menge Formeln deren Herleitung wohl nur für wenige von uns nachvollziehbar ist. Ich versuche mit Betrachtungen über den Spannungs- und Stromverlauf auf Antennen das Verständnis für Probleme der Anpassung, SWR etc. zu wecken.
- Das Dokument enthält auch Information rund um die Antenne, also Materialkunde, Informationen über Speiseleitungen, Baluns, nützliche Messgeräte etc.
- Das Dokument befasst sich nicht mit Mehrelementantennen, wie Yagis, Mehrelement Quads, etc. Es beschränkt sich weitgehend auf Antennenformen die vom „ganz normalen OM“ im Selbstbau erstellt werden können.
- Dieses Dokument enthält wahrscheinlich nichts was man nicht auch anderswo nachlesen könnte.
- Dieses Dokument hat keinen kommerziellen Hintergrund. Ich habe mir deshalb gestattet für gewisse Darstellungen auf vorhandene Schemas, Zeichnung, Skizzen etc. zurückzugreifen.
- Ich verwende im Text häufig den Ausdruck OM. Damit sind natürlich auch alle YL's und XYL's gemeint. Der Ausdruck OM hat einfach meine Schreibe vereinfacht. Man verzeihe mir das.

Auch wenn dieser Beitrag zum Thema Antennen nicht vor mathematischen Formeln und algebraischen Abhandlungen strotzt, ich persönlich habe als Fernmelde-Ingenieur keine Berührungssängste mit der Theorie und der Mathematik. Ganz im Gegenteil. Ich selbst versuche immer wieder die Aussagen die ich mache mathematisch und von der Theorie her zu unterlegen.

Ich habe aber volles Verständnis für alle OM's die mit der Mathematik nicht unbedingt auf Du und Du sind und die sich lieber mit den praktischen Belangen auseinandersetzen. Wer einmal die grundlegenden Elemente der Antennentechnik verstanden hat, der ist in der Lage irgendwo auf der Welt, ohne grosse Hilfsmittel, lediglich mit einem Metermass in der Hand Antennen zu erstellen die funktionieren.

Es ist mir wichtig Erklärungen und Anregungen zu geben die den Freunden des Selbstbaus weiterhelfen.

Rund um die Antenne

Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen

Das Dokument ist in 7 Teil-Dokumente aufgegliedert:

- **Teil 1**
 - allgemeine Hinweise
 - Materialkunde
 - Blitzschutz
 - Sicherheit
 - Masten
- **Teil 2**
 - Speisekabel
 - SWR
- **Teil 3**
 - Antennenkoppler
 - SWR-Meter
 - Instrumente
 - Baluns
- **Teil 4**
 - Antennen-Theorie
 - Antennen-Simulation
- **Teil 5**
 - Dipole
 - Windom-Antennen
 - Trap-Antennen
 - Langdraht-Antennen
- **Teil 6**
 - Ganzwellen-Dipol
 - L-Antennen
 - Sloper
 - Schleifenantennen
 - Vertikal-Antennen
- **Teil 7**
 - spannungsgespeiste resonante Antennen
 - verkürzte Antennen
 - Sonderformen verkürzter Antennen

Wichtiger Hinweis:

Die in dieser Dokumentation gemachten Angaben zu Schaltungen und Verfahren etc. werden ohne Rücksicht auf die Patentlage mitgeteilt. Sie sind ausschliesslich für Amateur- und Lehrzwecke bestimmt und dürfen nicht gewerblich genutzt werden. Der Autor hat die Angaben mit grösster Sorgfalt und nach bestem Wissen und seinen Erfahrungen zusammengestellt. Der Autor weist darauf hin, dass er weder Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für Folgen die auf fehlerhafte Angaben oder Auslegung direkt oder indirekt zurückgehen übernehmen kann.

Ich wünsche allen OM's, YL's und XYL's viel Erfolg und Befriedigung mit unserem weltumspannenden schönen gemeinsamen Hobby Amateurfunk.

März 2007

73 de Max Rüegger / HB9ACC

7.1 Resonante spannungsgespeiste Antennen

Antennen werden üblicherweise, wenn es sich um einen Dipol handelt, in der Mitte eingespeist. Bei einer Windom Antenne erfolgt die Einspeisung bei ca. 1/3 der Drahtlänge. Mancher OM wird sich schon überlegt haben wie einfach es doch wäre wenn man den Antennendraht einfach an einem Ende speisen könnte, ohne dass man sich noch lange Gedanken machen muss wegen Erdleitungen die mitstrahlen etc.

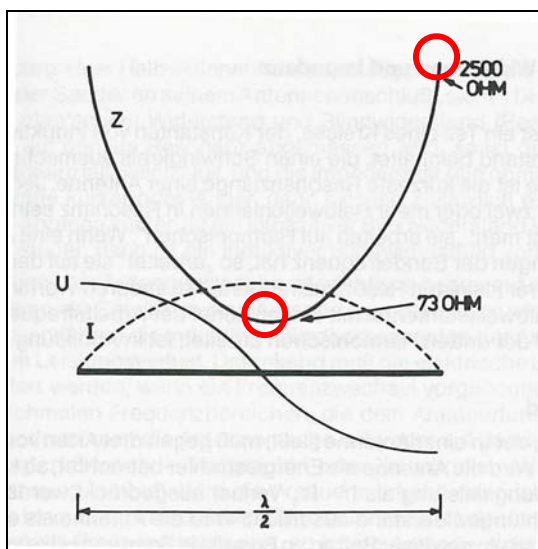


Wie schon anderweitig ausgeführt:

Antennen lassen sich an einer beliebigen Stelle speisen, alles ist lediglich eine Frage der Anpassung.

hochohmige
Speisung

niederohmige
Speisung



Wenn wir bei einem resonanten Dipol die Speisestelle von der Mitte an das Ende des Antennendrahtes verlegen, dann haben wir immer noch dasselbe schwingungsfähige Gebilde. Allerdings hat sich nun die Impedanz am Antennenspeisepunkt von „niederohmig“ bei Speisung in der Mitte auf „hochohmig“ bei Speisung an einem Ende verändert.

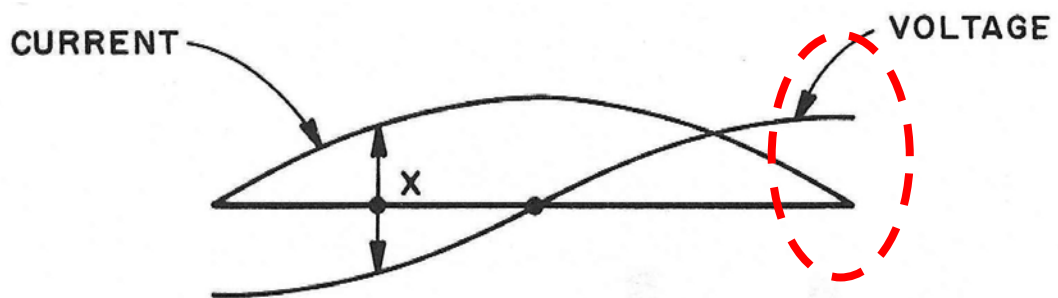
Das Verhalten der Antenne im praktischen Betrieb ist mit dem eines normalen Dipols identisch. Resonante spannungsgespeiste Antennen verhalten sich also genau gleich wie resonante stromgespeiste Antennen.

Man darf also von der Art der Speisung keine Wunder erwarten.



Definition:

Unter einer resonanten spannungsgespeisten Antenne versteht man eine Antenne die eine **Länge von $\lambda/2$ oder Vielfache** davon aufweist und die in einem Spannungsbauch eingespeist wird.



Ein klassischer Spannungsbauch tritt jeweils an einem der Enden auf.

Rund um die Antenne

Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen

Spannungsgespeiste Antennen wurden im Amateurfunk bis etwa 1960 ... 1970 gerne eingesetzt. Mit der zunehmenden Verwendung von Koaxialkabel als Speiseleitung sind die spannungsgespeisten Antennen (auch spannungsgekoppelte Antennen genannt) etwas in Vergessenheit geraten. Unsorgfältige Auslegungen, z.B. mit strahlenden Feederleitungen etc. haben ab und zu zu BCI und vor allem zu TVI geführt. Ab ca. 1970 tauchte in Antennenbüchern immer wieder der Kommentar auf: „Spannungsgespeiste Antennen führen zu BCI/TVI“.

Spannungsgespeiste Antennen sind typische Antennen, die man immer dann verwendet wenn man unauffällig Funkverkehr abwickeln will. Die Antenne besteht aus einem einzigen Draht, den man sehr dünn und unauffällig wählen kann. Man hängt den Draht zum Fenster raus und befestigt das andere Ende an einem passenden Aufhängepunkt. Wenn man z.B. von einem Hotelzimmer aus funken will, dann ist das die geeignete Antenne. Solange sich ein Fenster auch nur einen Spalt breit öffnen lässt kann man den Draht raushängen. Die Anpassmimik bleibt im Innern, gleich neben dem Fensterrahmen. Den Draht klemmt man einfach im Fensterrahmen ein. Wenn jemand fragt: „Was gibt denn das?“ ... dann erzählt man „man habe einen Kurzwellen-Weltempfänger“ dabei und man wolle die Nachrichten aus der Heimat hören. Der Frager nickt verständnisvoll und die Sache ist erledigt. Wie wir später sehen, wenn man die Antenne richtig konzipiert und speist, dann ist die Antenne „resonant“ und strahlt die volle Energie ab. Im Gegensatz zur „unechten Langdrahtantenne“ braucht es hier keine Erdverbindung und es gibt keine vagabundierende HF.

Wer sich mit spannungsgespeisten Antennen befasst läuft leider in Gefahr von seinen Kollegen als „Spinner“ abgetan zu werden. Wer an einem Funker Stamm davon erzählt der wird jeweils jede Menge selbsternannter Experten finden die ihm erklären,

- so etwas gehe sowieso nicht
- das erzeuge nur BCI und TVI
- die Ankopplungsmethode sei ohnehin ineffizient
- ohne Erdung gehe es doch nicht
- etc. ... etc. ... etc.

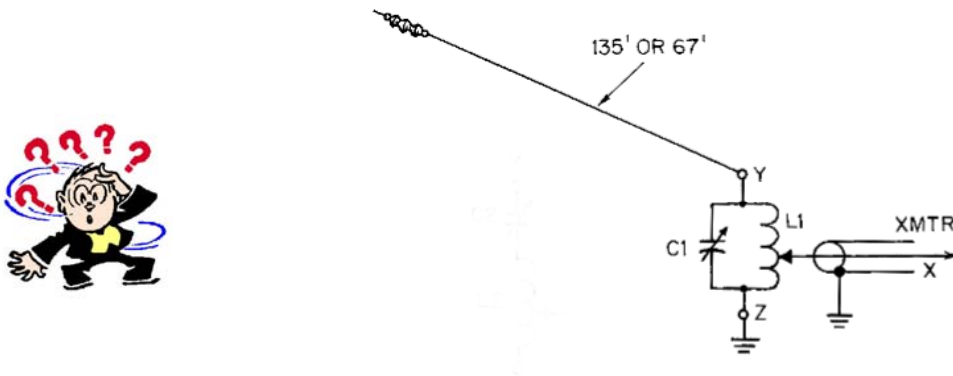
Lasst diese Experten ruhig ihren Sermon von sich geben und vergesst anschliessend alles was sie gesagt haben. Wenn man diesen Herren nämlich auf die Finger klopft und wissen will woher sie denn ihre Weisheiten haben und ob sie schon praktische Erfahrung mit solchen Antennen gesammelt haben usw. dann folgt meist betroffenes Schweigen. Die beste Antwort die man kriegt lautet etwa: „Das weiss man doch!“. Keiner dieser OM's hat je selbst mit einer spannungsgekoppelten Antenne gearbeitet. Ihre Weisheiten beruhen alle auf „hören sagen“.

Amateurfunk ist ja ein Experimental-Funkdienst. Also dürfen wir OM's auch ruhig mal etwas ausprobieren von dem andere sagen „es geht nicht“.

Ich selbst habe seit Beginn meiner Amateurfunker-Karriere (Jan 1962) mit wenigen Jahren Unterbruch immer spannungsgespeiste Antennen in Betrieb gehabt. Auch heute verwende ich in meinem Home-QTH immer noch eine endgespeiste 40 m Drahtantenne, die auf allen Bändern von 80 – 10 m, inkl. den WARC-Bändern, mit Spannungskopplung arbeitet. Auf dem 160 m Band wird derselbe Draht als $\lambda/4$ -Strahler verwendet. Hier natürlich mit Stromspeisung. Als Gegengewicht für das 160 m Band verwende ich alle Kupferkragen einer ganzen Zeile von Reihenhäusern.

Da ich mit dieser etwas verfeimten und nicht immer richtig verstandenen Antennenform immer gute Erfahrungen gemacht habe gestatte man mir, dass ich etwas näher auf dieses Thema eingehe.

7.1.1 Ankopplung über einen geerdeten Schwingkreis



Dies ist eine der klassischen Arten der Anpassung einer spannungsgespeisten Antenne. Das Bild stammt aus dem ARRL Antenna Book.

Dazu wird bemerkt:

- Der Schwingkreis muss auf die Sendefrequenz abgestimmt sein.
- Da der Schwingkreis ein hochohmiges Gebilde ist kann die Antenne auch an einer „schlechten Erde“ betrieben werden, ohne dass übermässige Erdverluste auftreten.

Allerdings ist das gezeigte Bild idealisiert. Ausser an einem Field Day QTH wird es wohl kaum einmal vorkommen, dass der Schwingkreis gleich neben dem „Erdpfahl“ steht. Unter Erdpfahl verstehe ich die Erdverbindung, wie sie auch immer gemacht ist. Es kann sich auch um eine Netz von Radials handeln, die auf dem Boden ausgelegt sind. Bei der „physikalischen“ Betrachtung der Anordnung müsste man noch einen Widerstand in Serie zur Erdleitung zeichnen, den **Erdübergangswiderstand**.

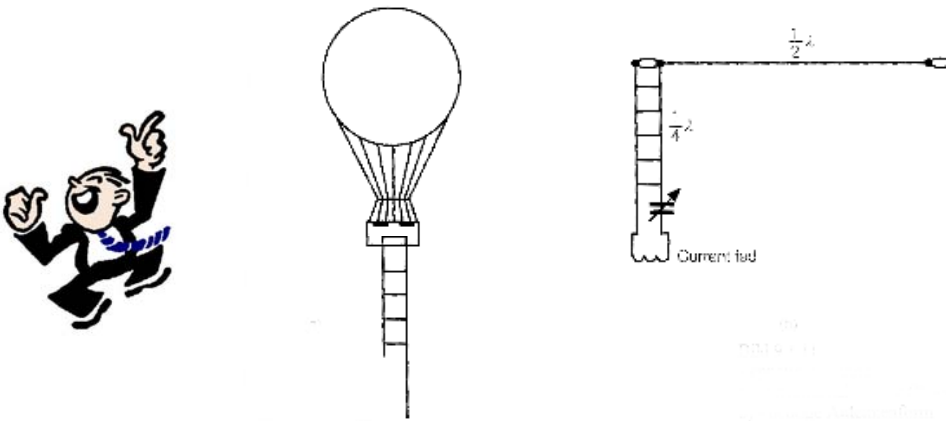
Im praktischen Betrieb wird die „Erdleitung“ zwischen dem Schwingkreis und der Erde immer eine gewisse Länge aufweisen. Wenn wir die Antenne am Dachgiebel abspannen und den Schwingkreis in der Nähe platzieren, dann kann es sich um mehrere Meter Draht handeln. 7 ... 10 m „Erdleitung“ hat man noch bald einmal beisammen.

Die gezeigte Form der Ankopplung über einen geerdeten Parallelschwingkreis funktioniert eigentlich nur sauber wenn das kalte Ende des Schwingkreises wirklich direkt geerdet ist. Sobald einige Meter Draht zur „Erde“ führen, dann strahlt dieser Draht und bildet einen Teil der Antenne. Am Übergang zur Erde tritt ein Strombauch auf. Der Draht bildet schon wieder eine merkliche Impedanz. Der Parallelschwingkreis liegt mit seinem „kalten Ende“ nicht mehr auf Erdpotential und die ganze Ankopplung stimmt nicht mehr. Auch der Mantel des Speisekabels der ja am Schwingkreis selbst mit dem „kalten Ende“ verbunden wird liegt nicht mehr auf Erdpotential und das Speisekabel hat deshalb eine Strahlungs-Tendenz. Dies dürften Gründe sein, warum spannungsgekoppelte Antennen in Verruf geraten sind.

Ist diese Anordnung wirklich die einzige Art wie man eine Antenne in einem Spannungsbauch einspeisen kann ?

Wie wir sehen gibt es noch andere Arten der Speisung.

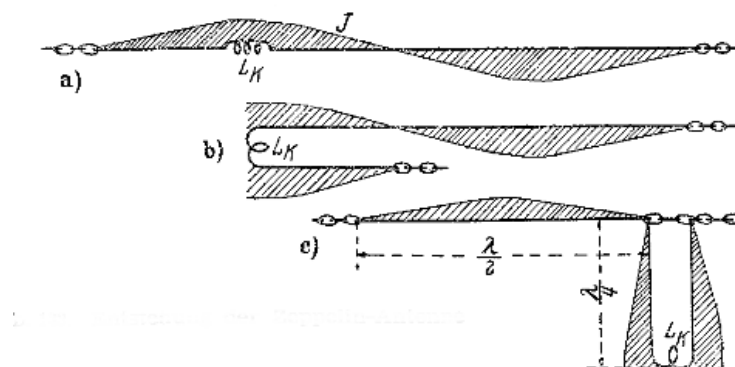
7.1.2 Die Zeppelin-Antenne oder Ankopplung über eine $\lambda/4$ Leitung



Was heute kaum noch jemand weiss, die Zeppelin-Antenne stammt tatsächlich vom Luftschiff „Zeppelin“ ab. Als man die ersten Funkstationen von Ballonen oder Zeppelinen aus betreiben wollte hatte man ein Problem. Deutschland hatte damals keinen Zugang zum unbrennbaren Helium-Gas, sodass Ballone und Zeppeline mit dem hochexplosiven Wasserstoff-Gas gefüllt wurden. Die Sender konnte man zwar in gasdichte Gehäuse einbauen, die Antenne musste aber irgendwie angeschlossen werden. An dieser Stelle wollte man ja keine hohen Spannungen die allfällig austretendes Gas zur Explosion bringen konnten.

Also kam ein findiger Kopf auf die Idee mit der Impedanztransformation über eine $\lambda/4$ -Leitung.

Ich fand in einem der ersten Bücher die ich mir zum Thema „Ham-Radio“ gekauft habe („Der Kurzwellenamateur“ von Karl Schultheiss DL1QK, Ausgabe 1960) eine sehr anschauliche Erklärung der Zeppelin-Antenne:



Man sieht hier ganz klar den Stromverlauf und man sieht auch ganz klar wieso diese Art der Einspeisung funktioniert.

Auf der $\lambda/4$ -Leitung geschieht die Transformation von niederohmig zu hochohmig. Die $\lambda/4$ -

Rund um die Antenne

Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen

Leitung ist eine symmetrische Speiseleitung die selbst nicht strahlt. Der einzige Zweck besteht darin, die Impedanztransformation vorzunehmen und den $\lambda/2$ -langen Antennendraht zu erregen.



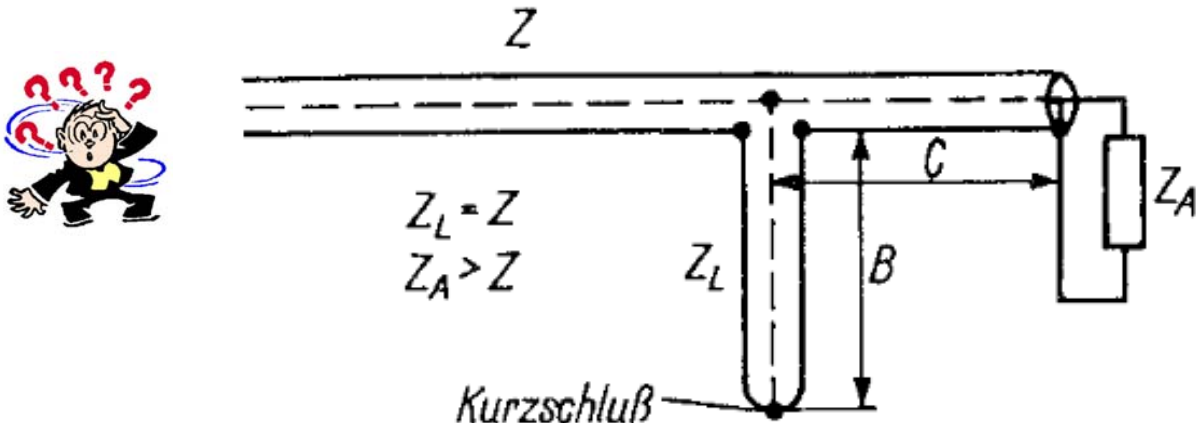
Ich denke es ist jedem Leser aufgefallen:

Hier ist nirgends eine „Erde“ im Spiel !

Der Antennendraht mit einer Länge von $\lambda/2$ ist ja ein in sich resonantes d.h. schwingungsfähiges Gebilde. Er braucht nicht zwingend eine Erdverbindung um seinen Zweck zu erfüllen. Alles was er braucht ist etwas das ihn in Schwingung versetzt. Im Falle der Zeppelin-Antenne ist dies eine $\lambda/4$ -lange Anpassleitung, die zwar schwingt aber selbst nicht abstrahlt, sondern nur am antennenseitigen Ende die Energie in hochohmiger Form zur Verfügung stellt und so den Antennendraht zur Schwingung auf der Resonanzfrequenz anregt.

7.1.3 Ankopplung mittels einer koaxialen Stichleitung

Eine weitere Art wie man eine spannungsgekoppelte Antenne einspeisen kann ist die Verwendung einer koaxialen Stichleitung. Diese Art der Ankopplung wird in den meisten Antennenbüchern kurz erwähnt. Leider findet man ganz selten in einem Antennenbuch wirklich brauchbare Erklärungen wie diese Art der Ankopplung denn überhaupt funktioniert.

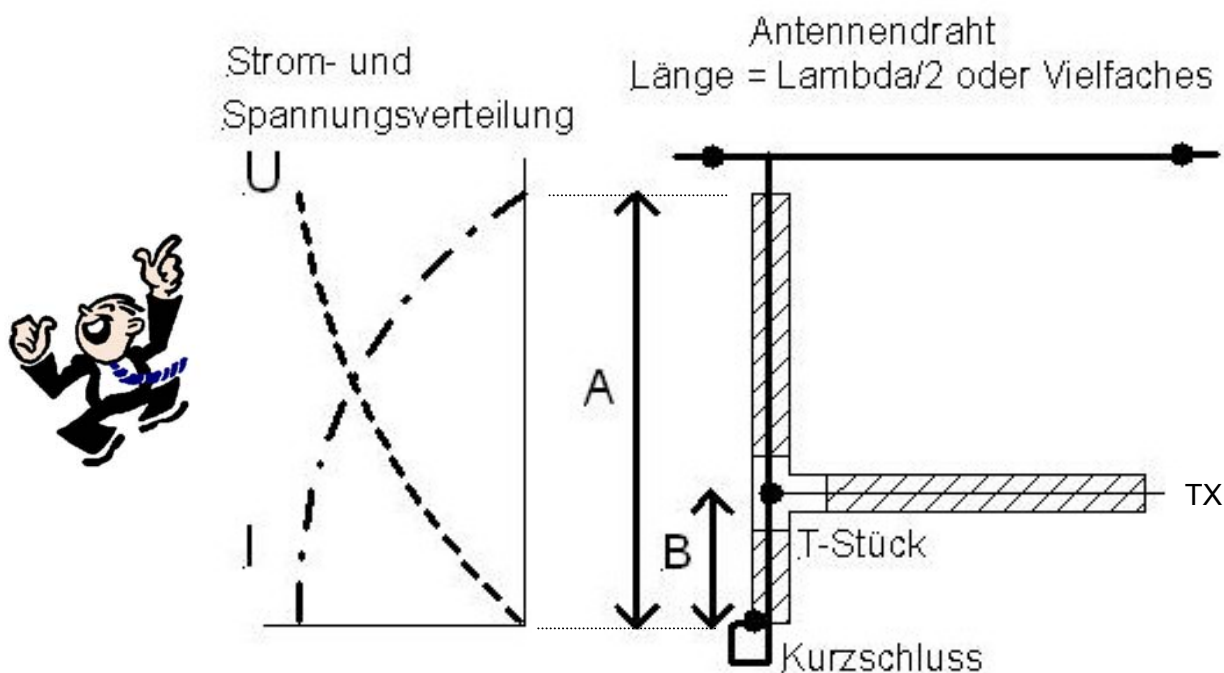


Dies ist die typische Art wie die „koaxiale Stichleitung“ in fast allen Antennenbüchern dargestellt wird. Das ganze sieht ungeheuer wissenschaftlich und kompliziert aus. Leider ist nicht für jeden OM sofort ersichtlich was hier eigentlich vorgeht.

Rund um die Antenne

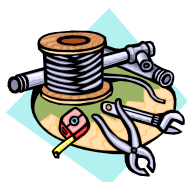
Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen

Darum eine von mir umgezeichnete Version, die vermutlich etwas verständlicher ist.



Es handelt sich nämlich um nichts anderes als eine $\lambda/4$ Leitung die als Impedanz-Transformator wirkt. Der Anschluss des Kabels zum Transceiver erfolgt geometrisch an dem Ort an dem eine Impedanz von ca. 50Ω auftritt.

Wer nun den Eindruck hat das ganze sei doch ganz ähnlich aufgebaut wie die Zeppelin-Antenne, der liegt absolut richtig. Es handelt sich nämlich um gar nichts anderes als um die gute alte Zeppelin-Antenne. Bei der klassischen Zeppelin-Antenne besteht der $\lambda/4$ -Anpasseteil aus einem Stück Hühnerleiter. Hier ist dieses Stück Hühnerleiter durch ein funktionell identisches Gebilde aus Koax-Kabel ersetzt. Die Länge A des Koaxialkabels ist also nicht einfach ein Stück Koax-Kabel das zum Transport von Energie benützt wird, es ist in diesem Falle ein Schwingkreis dessen Resonanzfrequenz durch die Länge des Koax-Kabels bestimmt ist. Erst das Koax-Kabel das vom T-Stück in Richtung Transceiver geht ist eine reine Speiseleitung.



Die Längen berechnen sich wie folgt:

$$A = \lambda/4 \times V$$

$$B = 0.034 \lambda \times V$$

oder

$$B = 13.6 \% \text{ von } A$$

Der Faktor V ist der Verkürzungsfaktor des Koaxialkabels. Bei den meisten gebräuchlichen Kabeln ist $V = 0.666$, es gibt aber auch andere Werte. Jede Liste mit technischen Daten der Koaxialkabel gibt darüber Auskunft.

Am Antennenseitigen Ende des elektrisch $\lambda/4$ langen Koaxialkabels finden wir einen Spannungsbauch. Dort schliessen wir den Antennendraht an, der bei einer Länge von $\lambda/2$ (oder einem Vielfachen davon) an seinem Endpunkt ebenfalls einen Spannungsbauch aufweist.

Natürlich bedingt diese Art der Anpassung für jedes Band eine eigene Anpassleitung mit der korrekten Länge A und der Anzapfung am Punkt B. Die Leitung A kann man aus 2 Stücken

Rund um die Antenne

Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen

Koaxialkabel herstellen die mit Koaxialsteckern versehen sind. Nach der Länge B, vom Kurzschluss aus gesehen, fügt man ein T-Stück ein. Am unteren „kalten Ende“ schraubt man eine Koax-Buchse ein, bei der man zwischen Seele und Mantel einen Kurzschluss eingefügt hat.

Das Koaxial-Kabel A, das den $\lambda/4$ Resonator darstellt, kann irgendeine Impedanz aufweisen. Es muss also nicht zwingend $50\ \Omega$ Kabel verwendet werden, ein $75\ \Omega$ Kabel geht genau so gut. Das Kabel zum Transceiver muss natürlich schon ein $50\ \Omega$ Kabel sein, sonst stimmt die Formel zur Berechnung des Anschlusspunktes (T-Stück) nicht mehr. Etliche OM's haben auch schon herausgefunden, dass bei dem von ihnen verwendeten Koax-Kabel der Anschlusspunkt leicht verschoben werden musste um eine optimale Anpassung mit SWR 1:1 auf dem Speisekabel zu erzielen. Auch dazu gibt es eine logische Erklärung. Koax-Kabel sind industriell hergestellte Produkte. Wie alle industriell hergestellten Produkte sind auch Koax-Kabel bei der Herstellung gewissen Toleranzen unterworfen sind. Auch wenn die Datentabelle behauptet es handle sich um ein $50\ \Omega$ Kabel kann es doch in der Realität vorkommen, dass die korrekte Impedanz des vorhandenen Kabels um ein wenig von $50\ \Omega$ abweicht. Dann ist schon der Moment da, wo das SWR Meter „ein wenig SWR“ anzeigt.

Etwas muss noch erwähnt werden:

Bei der Zeppelin-Antenne mit der Speisung über eine $\lambda/4$ lange Hühnerleiter müssen wir die Hühnerleiter sorgfältig auslegen. Wir müssen sie auch von allem fernhalten was die Symmetrie der Leitung stören würde.

Bei der Anpassung mittels einem abgestimmten Koaxialkabel, das eine elektrische Länge von $\lambda/4$ aufweist, spielt dies gar keine Rolle. Die gesamte Anpassung spielt sich im Innern des Koaxialkabels mit der Länge A ab. Strahlung dringt keine nach draussen. Deshalb kann dieses Stück Koaxialkabel in irgendeiner Form verlegt werden. Im Extremfall kann man es ganz einfach aufrollen. Das am T-Stück abzweigende Kabel zum Transceiver kann eine beliebige Länge haben, es ist ja auf $50\ \Omega$ angepasst.

Auch bei dieser Art der Ankopplung einer spannungsgekoppelten Antenne braucht es

keine Erdung.

Das Ganze ist in sich resonant und es besteht für die HF-Energie kein Anlass sich irgendwo auf wilde Weise einen Ausgleich zu suchen.

7.1.4 Die Fuchs-Antenne

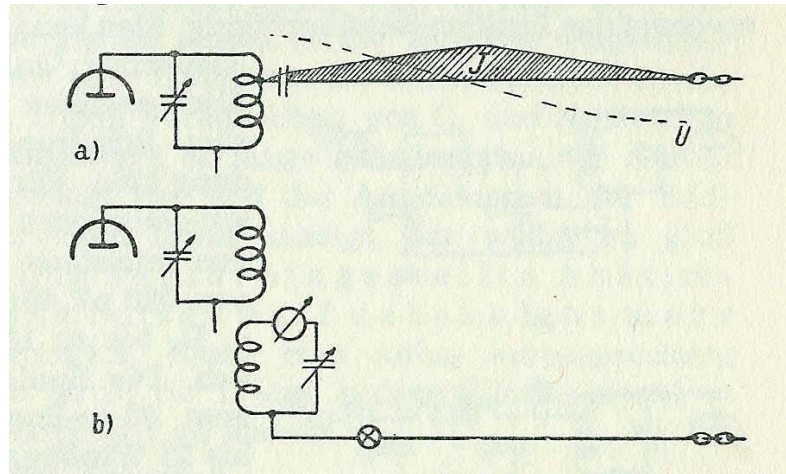
Die Fuchs-Antenne wurde im Jahre 1927 von Dr. J. Fuchs, OE1JF, zu ersten Mal beschrieben und zum Patent angemeldet.

Anstelle einer $\lambda/4$ -Anpassleitung wird ein Parallelschwingkreis zur Erregung des $\lambda/2$ langen Antennendrahtes verwendet. Es spielt ja keine Rolle wie wir die Anpassung auf „hochohmig“ realisieren, der Parallelschwingkreis tut das ebenso gut wie eine abgestimmte $\lambda/4$ -Leitung.

Der Parallelschwingkreis soll, der ursprünglichen Beschreibung nach, über ein hohes LC-Verhältnis (kleines C, grosses L) verfügen. Nach meinen eigenen praktischen Erfahrungen kann man hier etwas grosszügig sein, es funktioniert trotzdem.

Rund um die Antenne

Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen



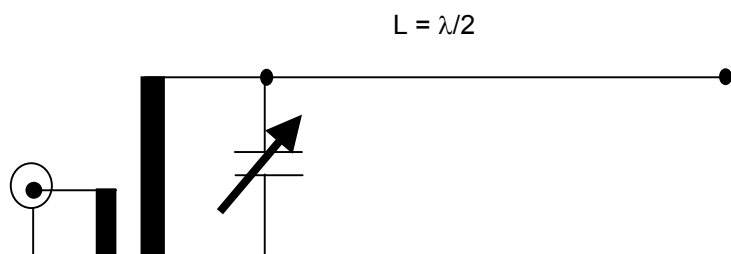
Das obige Bild zeigt 2 verschiedene Möglichkeiten der Ankopplung von spannungsgekoppelten Antennen.

Die **Variante a)** funktionierte mit Röhrensendern mit einem Parallelschwingkreis in der Endstufe. Wenn man an der Spule genügend Anzapfungen anbringt, dann findet man unabhängig von der Länge des Antennendrahtes immer eine Anzapfung, wo die Impedanz auf der Spule mit der Impedanz der Antenne in etwa übereinstimmt. Diese Art der Ankopplung würde ich nicht unbedingt empfehlen. Es ist etwas das man macht wenn ein ausgeprägter Bauteilemangel herrscht und man trotzdem in die Luft gehen muss. Überdies, der Koppelkondensator muss hochspannungsfest sein, sonst führt der Antennendraht die volle Anodenspannung der Endröhre und das kann je nach Sendeleistung einige tausend Volt sein.

Die **Variante b)** ist die Erfindung des OM's Fuchs, und zwar die Originalschaltung wie sie in seinem Patent beschrieben wird.

Er arbeitet also mit einem Zwischenkreis der induktiv an die Endstufe angekoppelt ist. Es ist natürlich nicht zwingend den Zwischenkreis direkt an der Endstufe anzubringen. Das Patent stammt aus dem Jahre 1927, also lange bevor die ersten Koaxialkabel Verwendung fanden. Diese kamen erst gegen Ende der 1930'er Jahre für militärische Anwendungen in Gebrauch. Für zivile Anwendungen kannte man bis zum Ende des 2. Weltkrieges kaum etwas anderes als „Hühnerleitern“. Dann wurden aus Surplus-Beständen Koaxialkabel zu günstigen Preise auf den Markt geworfen und auch die Funkamateure fanden bald gefallen an diesen neuartigen Kabeln.

Wenn man den Fuchskreis mit Koaxialkabel speist, dann benützt man eine kleine Koppelspule. Das sieht dann wie folgt aus:



Die Abstimmung des sog. Fuchs-Kreises erfolgt wie bei der **Variante b)** gezeigt entweder mittels einem HF-Amperemeter im Schwingkreis oder eines Glühlämpchens im Antennendraht. Auch das SWR-Meter im Antennenkabel zeigt uns wann wir den Fuchs-Kreis auf Resonanz abgestimmt haben. Mit der Windungszahl der Koppelspule muss man etwas expe-

Rund um die Antenne

Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen

rimentieren. Es findet sich immer eine Windungszahl die zu einem SWR besser als 1:1.5 führt.

Auch hier: **KEINE ERDUNG !**



Den Fuchs-Kreis kann man in Form eines Drehkondensators und einer Luftspule aufbauen oder man kann als Spule ein Toroid verwenden. Wenn man ein Toroid verwendet, dann sollte man unbedingt einen Kern nehmen der 1 – 2 Nummern grösser ist als man vermutet. Im Fuchs-Kreis fliessen recht grosse Ströme und ich habe mich auch schon verschätzt. Wenn der Kern warm wird, dann muss man einen grösseren Kern einsetzen. Das nebenstehende Bild zeigt einen Fuchskreis den ich mit einem selbstgebauten 10 Watt Transceiver für das 40 Meter Band verwende.

In neueren Antennenbüchern wird der Fuchskreis häufig so gezeichnet, dass das kalte Ende an Erde gelegt wird. Leider wurde auch in den neueren Ausgaben von Rothammels Antennenbuch dieser Quatsch übernommen. In den Originalen „Rothammel“ Büchern, die noch vom Militärverlag der DDR gedruckt wurden, ist der Fuchs-Kreis korrekt und ohne Erdung dargestellt, denn OM Rothammel, Y21BK / DM2ABK, kannte den korrekten Sachverhalt.

Wenn wir den Fuchs-Kreis erden, dann haben wir keinen Fuchs-Kreis mehr, sondern wir haben eine Ankopplung über einen „geerdeten“ Parallelschwingkreis, wie er im ARRL Antenna Book gezeigt wird.

Wir haben dann zwar dem guten alten OM Fuchs ein Schnippchen geschlagen, aber zugleich haben wir uns eine strahlende Erdverbindung eingehandelt, mit allem was dazu gehört → TVI, BCI, „heisse Hände“ am Transceiver (muss nicht sein, kann aber sehr wohl sein), etc.

Bei den von mir betriebenen spannungsgekoppelten Antennen haben jedes Mal dann die Probleme begonnen, wenn ich einmal versuchsweise den guten alten „Fuchs-Kreis“ geerdet habe. Ich habe jedes Mal rasch wieder den „ungeerdeten“ Zustand hergestellt.

7.1.5 Drahtlängen spannungsgekoppelter Antennen

- Bei spannungsgekoppelten Antennen müssen die Drahtlängen zwingend auf den zu verwendenden Bändern „Halbwellenresonanz“ aufweisen. Dies bedeutet, dass auf dem Antennendraht eine oder mehrere Halbwellen Platz haben.
- Die Länge des Antennendrahtes ist also auf dem untersten Band mit der Länge eines Dipols für dieses Band identisch. Im Gegensatz zum Dipol der zusätzlich zur Grundfrequenz nur auf ungeraden Oberwellen erregt werden kann spielt dies bei einer spannungsgekoppelten Antenne keine Rolle. Sie kann sowohl auf geraden wie auch auf ungeraden Oberwellen erregt werden.
- Eine sympathische Eigenschaft spannungsgekoppelter Antennen ist die Tatsache, dass sie bezüglich der exakten Drahtlänge relativ tolerant sind. Abweichungen innerhalb +/- 5 % des Sollwertes spielen überhaupt keine Rolle. Die Impedanz am Ende des Antennendrahtes ist immer noch hochohmig genug um Energie zu transferieren. Wer z.B. eine ca. 40 m lange spannungsgekoppelte Antenne für das 80 m Band verwendet und mittels einem Fuchskreis ankoppelt, der kann Betrieb auf der vollen Bandbreite von 3.5 – 3.8 MHz machen. Das einzige was er tun muss ist den Fuchskreis etwas nachstimmen wenn er vom CW Teil in den SSB Teil wechselt und umgekehrt.

Welches sind nun vernünftige Drahtlängen ?

- **Für Einbandbetrieb:** Länge wie für einen Halbwellendipol
- **40 m Drahtlänge** (Toleranzbereich ca. 38 – 43 m)
Mit dieser Drahtlänge ist die Bedingung der „Resonanz“ auf allen Amateurfunkbändern zwischen 80 m und 10 m gegeben, inkl. der WARC Bänder.

80 m Band	Grundwelle
40 m Band	2. Oberwelle
30 m Band	3. Oberwelle
20 m Band	4. Oberwelle
17 m Band	5. Oberwelle
15 m Band	6. Oberwelle
12 m Band	7. Oberwelle
10 m Band	8. Oberwelle

Als weiteren Bonus kann man mit dieser Drahtlänge auch das 160 m Band abdecken. Man muss dann allerdings die Antenne am Speisepunkt erden. Man erhält dann einen halben Dipol, den man gegen Erde betreibt.

- **20 m Drahtlänge** (Toleranzbereich ca. 19.5 – 21.5 m)

40 m Band	Grundwelle
20 m Band	2. Oberwelle
15 m Band	3. Oberwelle
10 m Band	4. Oberwelle
- **10 m Drahtlänge** (Toleranzbereich ca. 10 - 11 m)

20 m Band	Grundwelle
10 m Band	2. Oberwelle

Wie man sieht, wer Mehrband-Betrieb machen will der verwendet am besten eine Drahtlänge in der Gegend von 40 m. Damit können alle heute zugelassenen KW-Amateurfunkbänder betrieben werden.

7.1.6 Spannungsgekoppelte Vertikal-Antennen

Wie bereits unter dem Thema „Vertikal-Antennen“ erwähnt ist es natürlich nicht verboten vertikale Antennen mit einer Länge von $\lambda/2$ am unteren Ende mittels Spannungskopplung zu speisen. Welche Art der Einspeisung man wählt bleibt dem einzelnen OM überlassen. Funktionieren tun alle Speisungsarten etwa gleich gut.

Bei Verwendung der Ankopplung mittels einer coaxialen Stichleitung hat man den Vorteil, dass man nicht einmal ein „Anpass-Kästchen“ benötigt.

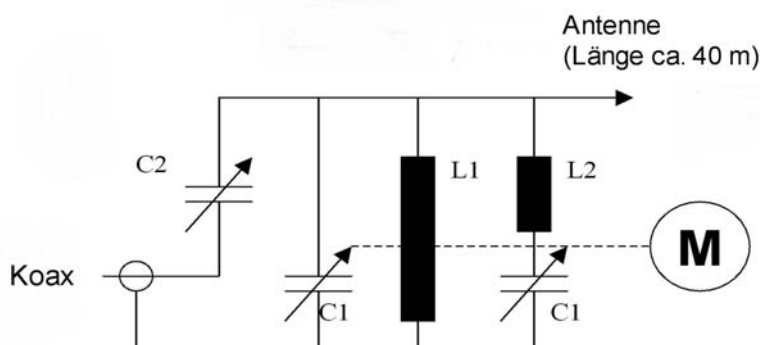
Häufig wird bei solchen Antennen ein Fuchskreis eingesetzt. Vor allem auf den langwelligen Bändern 160 m und 80 m hat dies den Vorteil, dass man den Fuchskreis auf das gewünscht Bandsegment abstimmen kann. Wenn ein CW-Contest ansteht, dann stimmt man den Fuchskreis auf den CW Teil des Bandes ab. Wenn ein SSB-Contest stattfindet, dann stimmt man den Fuchskreis auf die SSB Frequenzen ab. Natürlich nehmen Halbwellen-Strahler für diese Bänder Längen an für die man kaum einen passenden Baum findet, geschweige denn über einen so hohen Mast verfügt. Die ganz erfolgreichen low-band-DX'er ziehen dann den Antennendraht an einem Wetterballon in die Höhe. Dieser wirkt dann als Fesselballon und hält den Antennendraht mehr oder weniger in der Vertikalen. Nach dem Contest Weekend wird der Ballon wieder eingeholt.

Keine Regel ohne Ausnahme:

Wer einen Fuchskreis verwendet und die Box mit dem Fuchskreis wirklich auf den Erdboden stellt, der kann das „kalte Ende“ des Fuchskreises erden. Achtung: kurze Erdleitung ! Vertikalantennen sind im Vergleich mit horizontalen Antennen ohnehin anfälliger auf „Man-Made-Noise“ und „statische Aufladungen“. Durch „Erdung“ wird zum mindestens die statische Aufladung abgeleitet. Die Antenne wird dadurch etwas ruhiger.

7.1.7 Multiband Anpassgerät 3.5 – 28 MHz

Als praktisches Beispiel einer in der Realität existierenden Antennenanlage, die auf 8 Bändern mit Spannungsspeisung betrieben wird, beschreibe ich die in meinem Home-QTH verwendete Antennenanlage sowie die dazugehörige Ankopplungs-Schaltung.



Wie bereits anderweitig bemerkt, mit Ausnahme weniger Jahre habe ich seit meiner Lizenzierung im Jahre 1962 in meinen HB9'er QTH's immer eine ca. 40 - 42 m lange resonante

Rund um die Antenne

Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen

endgespeiste Antenne in Betrieb. Diese Antennenform ist unauffällig und wird von Besuchern und Nachbarn nicht als störend empfunden. Die praktischen Erfahrungen sind durchwegs gut. BCI/TVI waren bisher nie ein Thema. Ein ca. 40 – 42 m langer Draht ist auf allen klassischen Amateurbändern von 3.5 – 28 MHz resonant. Um diesen Antennendraht an einem Ende einzuspeisen benötigen wir einen Parallelschwingkreis den man auf allen Bändern von 3.5 – 28 MHz auf Resonanz abgleichen kann.

Gibt es einen solchen Schwingkreis ?

In einem damaligen ARRL Antenna Book (Ausgabe 1960) habe ich eine solche Schaltung gefunden die auf der Basis eines Doppeldrehkos und 2 Spulen tatsächlich den Bereich von 3.5 – 28 MHz stufenlos abdeckt.

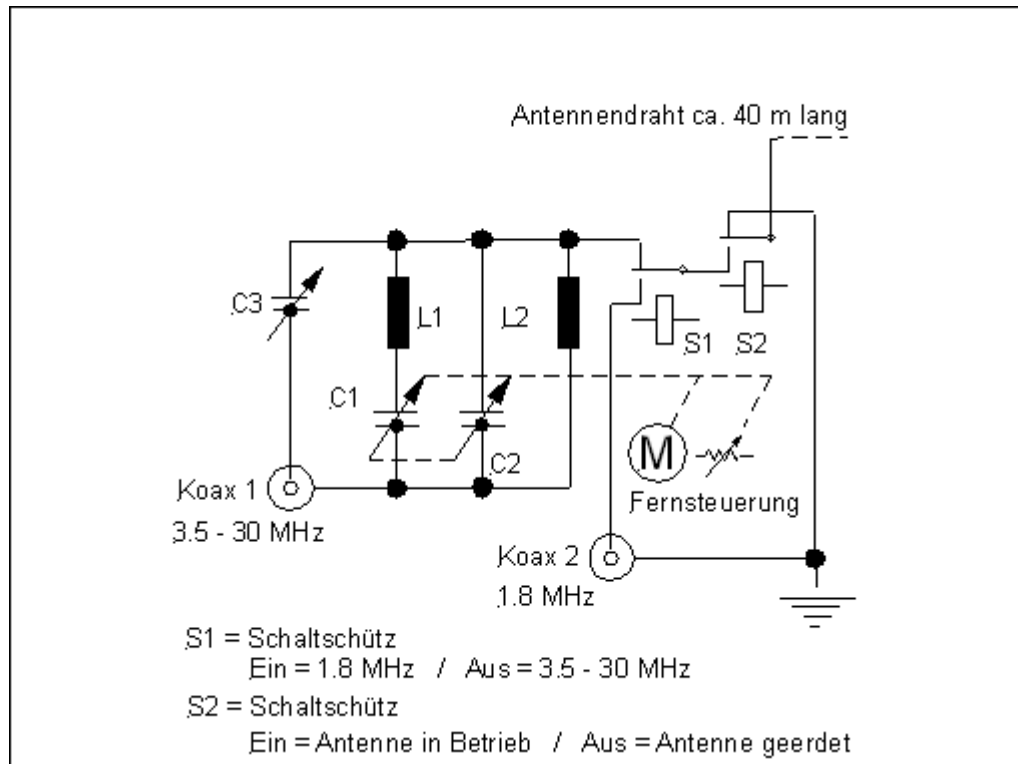
Das obige Bild zeigt die entsprechende Schaltung. C1/C2 ist ein Mehrfachdrehko aus einem alten Röhrenradio. C3 ist der Koppelkondensator an das Koax-Kabel, also ein kapazitiver Spannungsteiler. L1 und L2 sind die beiden Spulen deren Werte ich empirisch bestimmt habe. Die Box mit der ganzen Mimik befindet sich auf dem Dach. Ein kleiner Motor dient als Fernabstimmung des Mehrfachdrehkos C1/C2. Ein Potentiometer, das mit der Achse des Doppeldrehko's verbunden ist, liefert eine Information bezüglich der Stellung des Drehkos. Eine Fernsteuerung des Drehko's C3 war nicht zwingend notwendig. Für den Drehko C3 habe ich eine Stellung gefunden die von 7 bis 28 MHz eine vorzüglich Anpassung erlaubt ($SWR < 1:1.5$). Auf 3.5 MHz ist das SWR relativ hoch, auf diesem Band benötige ich einen Antennenkoppler. Mit einer Fernsteuerung von C3 liesse sich das vermeiden. Als vor Jahren die WARC Bänder eingeführt wurden habe ich mit kleiner Leistung versucht herauszufinden ob man auch auf den neuen Bändern mit dieser Anordnung Energie transferieren kann. Mein Erstaunen war gross, als sich beim Durchdrehen von C1/C2 für jedes der WARC Bänder (10 – 18 – 24 MHz) eine Stellung finden liess die ein ansprechendes SWR auf dem Speisekabel ergab. Zugleich meldete ein auf dem Dach angebrachter Feldstärkezeiger dass wirklich Energie abgestrahlt wird. Wenn man die Oberwellen-Situation eines 42 m langen Drahtes etwas näher untersucht kommt man dem Geheimnis auf die Spur. Auf der 3. Oberwelle liegt die Resonanz bei 10.65 MHz, auf der 5. Oberwelle ist man bei 17.75 MHz und bei der 7. Oberwelle kommt man auf 24.8 MHz. Diese Resonanzfrequenzen liegen gar nicht so weit von den Bändern 10 MHz (10.1 – 10.15 MHz), 18 MHz (18.068 – 18.168 MHz) und 24 MHz (24.89 – 24.99 MHz) entfernt und der durchstimbare Schwingkreis ist immer noch in der Lage genügend Energie auf den Antennendraht zu transferieren. Die vielen QSO's auf allen Bändern, inkl. der WARC Bänder, sind der beste Beweis dafür, dass diese Art Ankopplung einwandfrei funktioniert.

Wer das oben gezeigte Schema etwas näher betrachtet kommt zum Schluss, dass es sich bei dieser Schaltung um nichts anderes als die Schaltung eines vielfach bewährten Antennenkopplers handelt, den man heute als **Z-Match** bezeichnet. Bei diesem Antennenkoppler wird die Energie üblicherweise über eine Koppelspule auf ein Koax-Kabel oder auf eine symmetrische Speiseleitung ausgekoppelt. Bei der Spannungskopplung, wie ich sie verwende, wird die Energie ganz einfach am „heissen Ende“ des Schwingkreises ausgekoppelt.

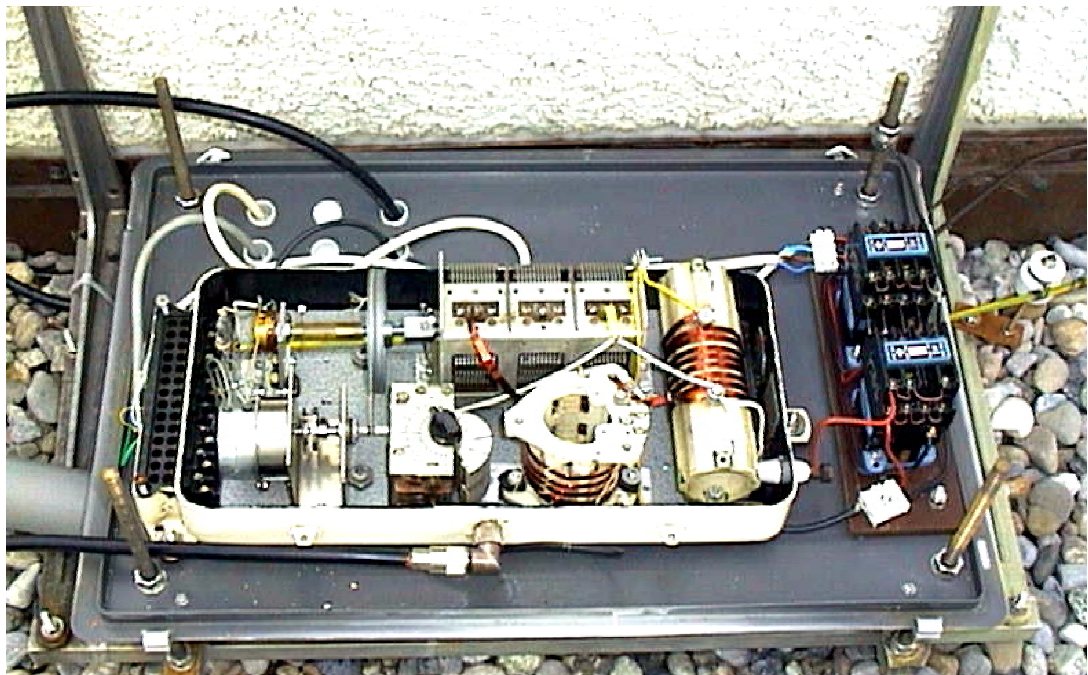
Die gesamte Antennenanpassvorrichtung ist im Betrieb nicht geerdet. Von der Antennenabstimmung weg in Richtung Antenne sind bei mir noch 2 kräftige Starkstromschütze eingebaut. Der eine Schaltschütz dient dazu den Antennendraht bei Nichtgebrauch über einen Ruhekontakt an Erde zu legen. Der zweite Schaltschütz dient dazu den Antennendraht auf die Seele eines zweiten Koax-Kabels umzuschalten. Der Mantel dieses separaten Koax-Kabels ist mit den Kupferkragen des Flachdachs des Wohnhauses verbunden. 40 m Draht stellen bekanntlich auf dem 160 m Band einen „ $\lambda/4$ -Strahler“ dar. Dies ergibt Stromkopplung auf dem 160 m Band. Diese Vorrichtung erlaubt mir auch auf dem 160 m Band QRV zu sein. Solche Anpassgeräte für resonante endgespeiste Antennen sind natürlich reine Selbstbauprojekte, kein Hersteller hat sich ihrer bisher angenommen.

Rund um die Antenne

Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen



Das Schema des unten gezeigten Antennenanpassgerätes.



Der Antennenkoppler selbst ist im Gehäuse eines ausgedienten Elektrizitätszählers eingebaut. Zusätzlich ist die ganze Anordnung in einem umgestülpten Kunststoff-Container aus dem Baumarkt eingebaut. Die Anlage betreibe ich mit Sendeleistungen zwischen 100 und 200 Watt. Probleme sind in all den Jahren bisher keine aufgetreten.

7.2 Antennen verkürzen

Wir leben alle in einem Umfeld und häufig ist unser Umfeld „etwas beengt“. Dies ist eines der grössten Probleme aus der Sicht des Funkamateurs. Jeder hätte am liebsten eine Ranch in Texas, um darauf nach Herzenslust Antennen errichten zu können.

Nun, wie es so geht. Wir werden alle von der Realität eingeholt. Es fehlt uns an allen Ecken und Enden an Platz um Antennen aufzuspannen. Aus dieser Situation heraus erklärt sich der Wunsch alle Funkamateure (und vor allem der XYL's), dass Antennen klitzeklein zu sein haben.

Von diesem Wunsch nach Miniaturisierung lebt heute ein ganzer Geschäftszweig mit recht gutem Erfolg. Man verkauft dem geplagten OM alle möglichen und auch viele unmöglichen Antennen in verkleinerter Bauart. Jede dieser Antennen wird in hellsten Tönen gelobt.

Es gilt da den gesunden Menschenverstand einzusetzen und das Mögliche vom Unmöglichen zu separieren.

Welche Methoden gibt es um eine Antenne elektrisch zu verkürzen:



1. Verlängerungs-Spulen
2. Kapazitive Belastung (Endkapazitäten)
3. Die Enden abbiegen
4. Umwegleitungen

Dies sind die gebräuchlichen Methoden auf die man zurückgreift wenn es darum geht eine Antenne elektrisch zu verkürzen. Leider gibt es keine Rosen ohne Dornen. Auch bei Antennen ist dies nicht anders. Wenn man in Bezug auf Länge etwas tun will, dann handelt man sich mit jeder Massnahme auch etwas ein.

Jede elektrische Verkürzung einer Antenne hat folgende Auswirkungen:



- **Absinken der Speisepunktimpedanz**
Bei einem moderat verkürzten Dipol liegt der Realanteil bald einmal bei 25 Ω und weniger, der Imaginäranteil liegt bei der Resonanzfrequenz recht tief. Sobald man die Resonanzfrequenz verlässt steigt der Realanteil moderat an, während der Imaginäranteil rasant ansteigt.
- **Verminderung der Bandbreite**
Dies ergibt sich aus dem Absinken der Speisepunktimpedanz.
- **Zusätzliche Verluste**
Keines der Mittel die zur Verkürzung einer Antenne angewendet werden arbeitet verlustlos. In der Praxis geht es immer darum, diejenige Art der Verkürzung zu finden, die bei den gegebenen Verhältnissen realisierbar ist und dabei die kleinsten Verluste ergibt.
- **Weniger Strom der strahlt**
Regel 3 besagt „Strom strahlt“. Dies gilt auch hier. Bei einer Verkürzung der Antennenlänge reduzieren wir zwangsläufig einen Teil der Antennenlänge und

Rund um die Antenne

Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen

deren Stromanteil. Dieser steht nicht mehr zur Abstrahlung zur Verfügung.

- **vermindertem Wirkungsgrad**

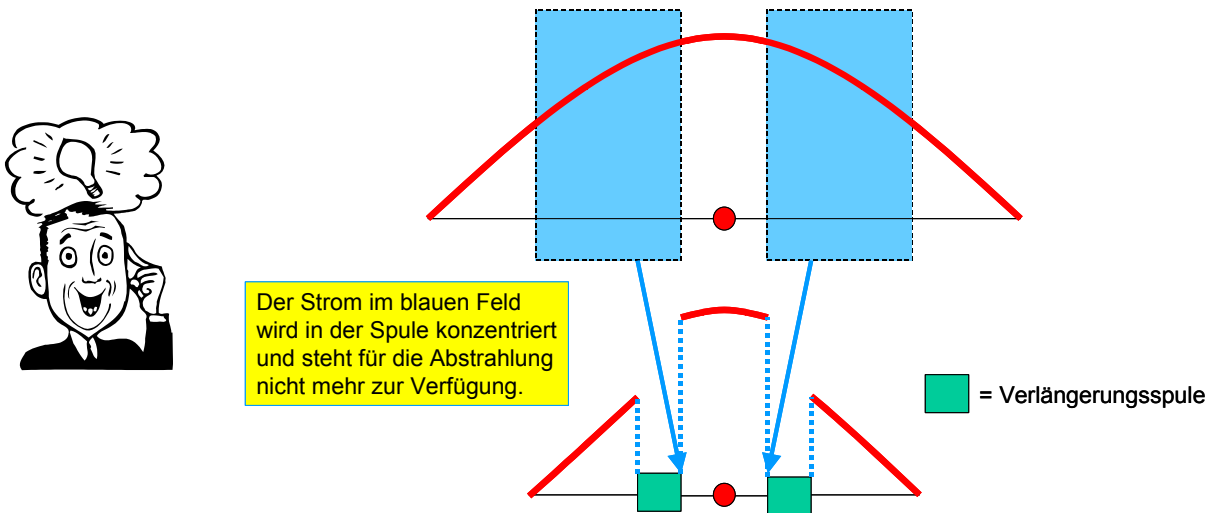
All die oben angeführten Nachteile führen zu einer Verminderung des Wirkungsgrades der Antenne.

Wie bereits erwähnt geht es in der Praxis darum diejenige Lösung zu finden die man an einem gegebenen Standort realisieren kann und die am wenigsten Nachteile aufweist.

7.2.1 Verkürzung mittels Spulen

Die Verkürzung von Antennen mittels „Verlängerungsspulen“ ist wohl die bekannteste und populärste Massnahme. Leider ist es auch die „verlustreichste“ Methode.

Das nachstehende Bild zeigt das Prinzip der Verkürzung mittels Spulen:

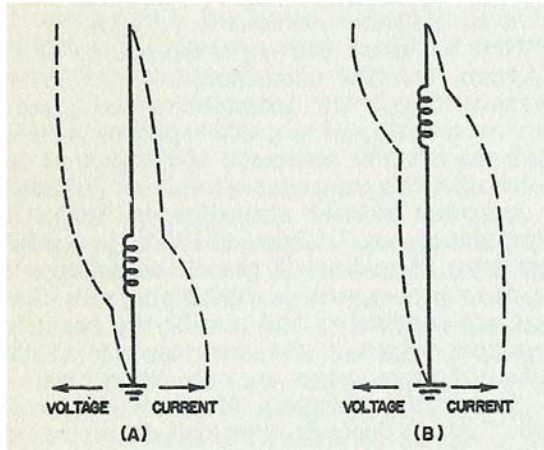


Die wichtigste Erkenntnis der obigen Darstellung ist:

Derjenige Teil des Stromes den wir in den Spulen konzentrieren steht uns für die Abstrahlung nicht mehr zur Verfügung.

Rund um die Antenne

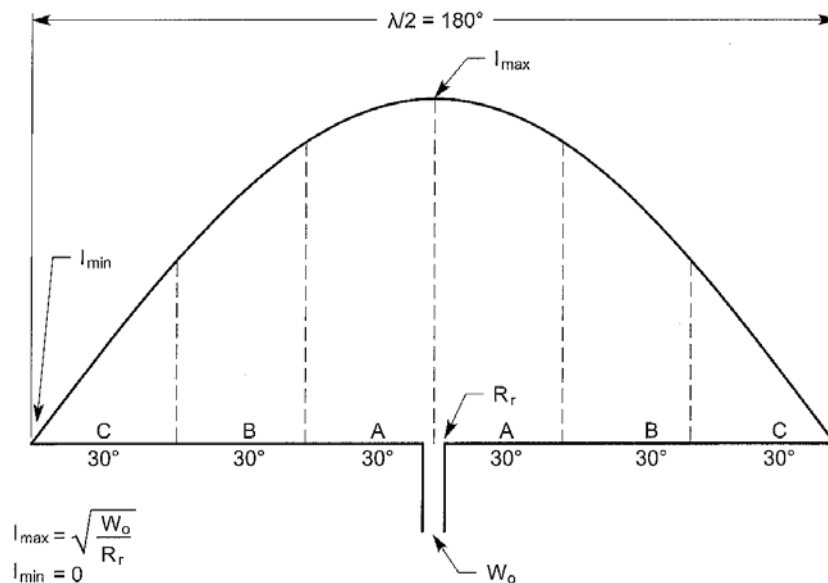
Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen



Wenn wir uns mit längenverkürzenden Massnahmen befassen müssen wir uns unbedingt an die Regel 3 erinnern, die besagt „Strom strahlt“. Wenn wir schon Verlängerungsspulen einfügen, dann nach Möglichkeit nicht gerade im Strombauch. Der Einfluss der Position der Verlängerungsspule ist in nebenstehendem Bild gut sichtbar. Manchmal geht es nicht anders, z.B. bei Mobilantennen. Bei einem Dipol liegt der Strombauch in der Mitte, beim Speisepunkt. Wenn es irgendwie anders geht, dann sollten wir es unbedingt vermeiden eine Verlängerungsspule genau dort einzufügen wo der höchste Strom fliesst.

Auch hier, alles ist ein Kompromiss. Eine Spule die weiter aussen liegt hat eine höhere Induktivität und wird demzufolge grösser und schwerer. Eine Spule ganz aussen, also im Spannungsbauch ist nicht realisierbar, sie müsste eine unendlich hohe Induktivität aufweisen.

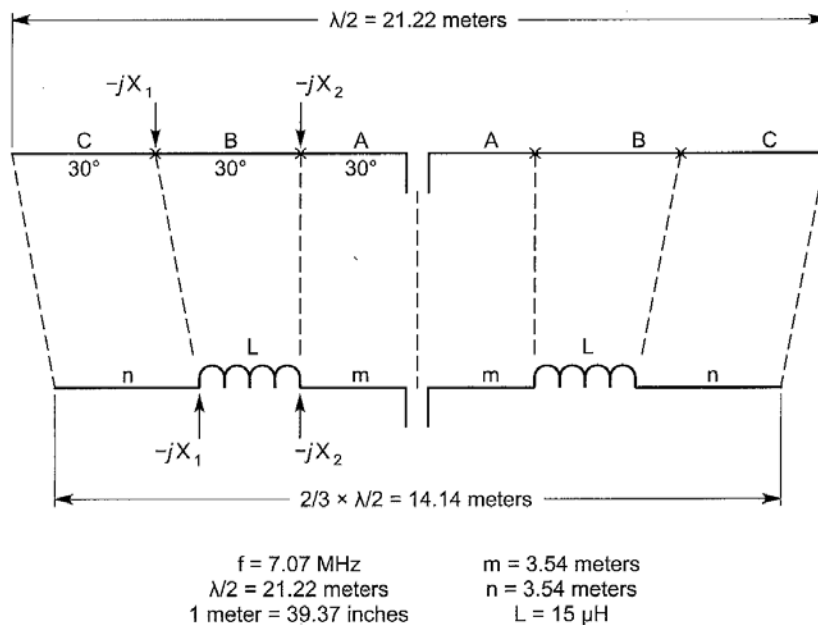
In der Oktober 2003 Ausgabe der Zeitschrift QST der ARRL ist ein Beitrag von OM Luiz Duarte Lopes, CT1EOJ, veröffentlicht, der sich mit der Konzeption verkürzter Antennen befasst. Er hat den Problemkreis übersichtlich dargestellt und ich möchte gerne auf einige Auszüge aus seinem Artikel zurückgreifen:



Hier sehen wir die Stromverteilung auf einem Dipol, wobei CT1EOJ die beiden Dipolhälften in je 3 Sektoren à 30° eingeteilt hat. Dies zur besseren Übersicht bei den nachfolgenden Betrachtungen.

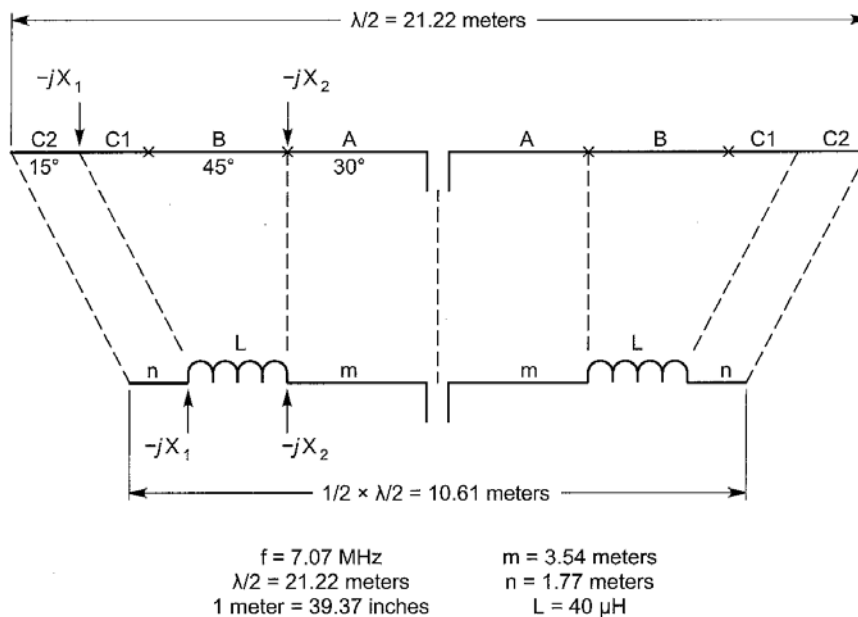
Rund um die Antenne

Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen



Version A:

Hier werden in jeder Dipolhälfte Verlängerungsspulen eingefügt, die präzise den Sektor B verkürzen. Die Full-Size-Antennenlänge eines 40 m Dipols beträgt 21.2 m. Dank Einfügen von Verlängerungsspulen von je 15 μH reduziert sich die Länge auf 14.14 m. Der Sektor A, also der Sektor in dem der grösste Strom fliesst, ist unangetastet geblieben. Er trägt zur guten Abstrahlung bei.

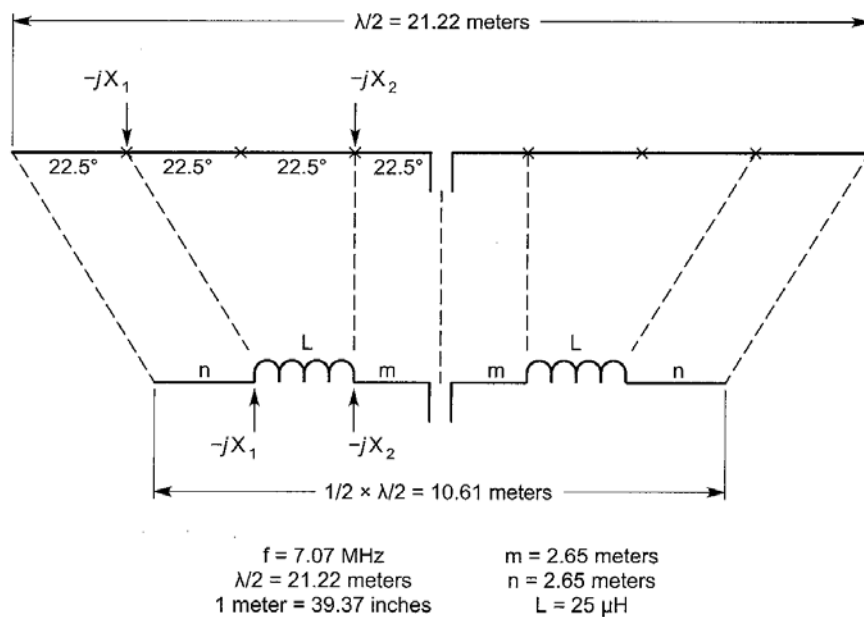


Version B:

Hier wurden bei der gleichen Antenne die Verlängerungsspulen vergrössert. Ihr Wert beträgt nun je 40 μH . Die Länge derselben Antenne reduziert sich nun auf 10.6 m. Die Verlängerungsspulen tun ihre Wirkung weiter ausser, also dort wo ohnehin der Strom abnimmt, was auf die Abstrahlung und den Wirkungsgrad dieser Antenne wenig Einfluss hat. Der Sektor A mit dem grössten Strom bleibt unangetastet. Der Wirkungsgrad dieser Version nimmt gegenüber der Version A nur wenig ab.

Rund um die Antenne

Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen

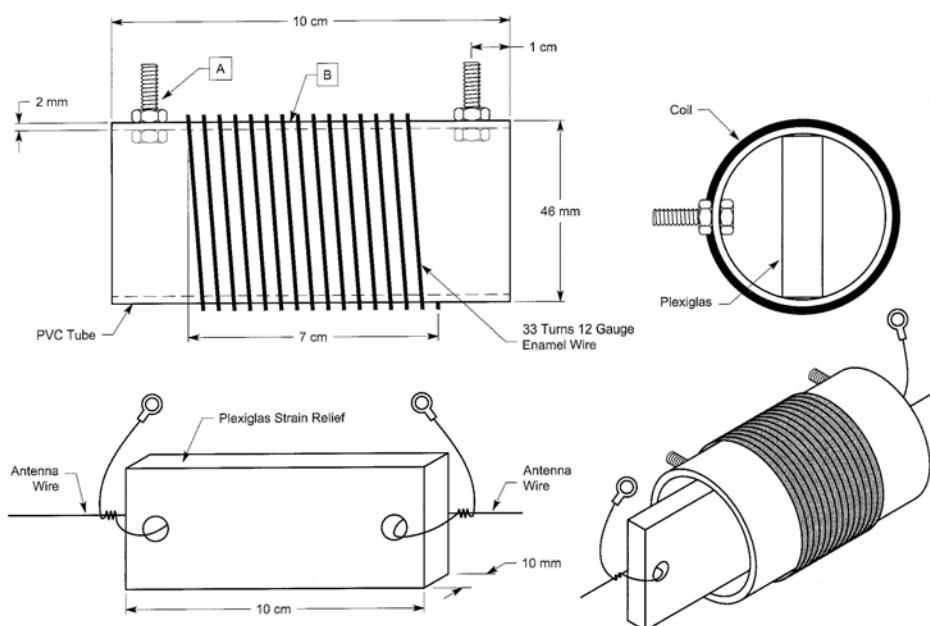


Version C:

Bei dieser Variante werden Verlängerungsspulen von je 25 μH verwendet. Die Länge der Antenne beträgt wie beim vorherigen Beispiel 10.6 m. Allerdings wurde jetzt der Sektor A, der den grössten Strom führt, von 30° auf 22.5° reduziert. Der Sektor C, der ohnehin wenig Strom führt wurde vergrössert. Trotz gleicher Antennenlänge hat die Version B gegenüber der Version C einen höheren Wirkungsgrad. Version B hat mit der Sektion A, die volle 30° überstreicht, mehr Draht in der Luft der wirklich strahlt. Bei gleicher Gesamtlänge wäre also der Version B den Vorzug zu geben.

Im übrigen gilt es noch zu beachten:

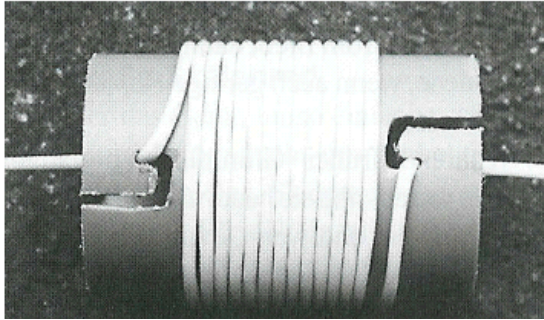
Je grösser die Reduktion der Antennenlänge, d.h. je kürzer die Antenne wird, desto schmalbandiger wird sie. Bei extremer Verkürzung darf man sich nicht wundern wenn man, vor allem auf den langwelligeren Bändern, nur noch nutzbare Bandbreiten von 5 ... 15 kHz erreicht. Man kann zwar einen Antennenkoppler verwenden, aber man ist dann dauernd am nachstimmen.



Rund um die Antenne

Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen

Oben sehen wir noch einen Vorschlag für die praktische Konstruktion einer Verlängerungsspule. Am elegantesten ist es die Spule mit demselben Draht wie man ihn für die Antenne benützt zu „konstruieren“. Wenn man dann die genaue Windungszahl auf einem bestimmten Wickelkörper kennt, dann „opfert“ man noch einmal eine Ladung des teuren Antennendrahtes. Man fertigt dann den Antennendraht inklusive der Windung auf der oder den Verlängerungsspulen aus einem Stück. Man kann so die Übergangswiderstände, die sich beim Anschluss der Spulen ergeben, eliminieren. Man darf nicht vergessen, der Antennendraht sowie die Verlängerungsspulen hängen ja im Freien und sind Wind und Regen ausgesetzt.



Als Spulenkörper eignet sich z.B. dünnes Abflussrohr aus dem Baumarkt. Man sollte aber darauf achten das „graue“ Abflussrohr zu nehmen und nicht das „schwarze“ Abflussrohr, das eine dickere Wandstärke aufweist. Das schwarze Abflussrohr hat schlechte dielektrische Eigenschaften.

Das nebenstehende Bild zeigt eine weitere Art wie man eine Verlängerungsspule herstellen kann ohne den Antennendraht aufzutrennen.

Wer mit Spulen verkürzte Antennen mittels einem Antennensimulationsprogramm rechnet, der ist erstaunt wie wenig die Verlängerungsspule den Wirkungsgrad (Gain) der Antenne beeinträchtigt.

Wenn man Antennensimulationsprogramme verwendet, dann rechnet man häufig der Bequemlichkeit halber mit sog. Default-Einstellungen. Man rechnet so unter Umständen mit einem verlustfreien Draht, man rechnet mit verlustfreien Verlängerungsspulen etc.. Hier muss man schon aufpassen, dass man der Realität irgendwie in die Nähe kommt. Verlängerungsspulen sind in der Praxis keinesfalls verlustfrei und deren Q (Güte) ist in der Praxis niemals auch nur annäherungsweise so hoch wie der OM glaubt. Also hier immer den gesunden Menschenverstand walten lassen und sich keinen Illusionen hingeben.



Tatsache ist aber auch, dass man in der Praxis mit Antennen deren Länge man mittels Verlängerungsspulen verkürzt hat, durchwegs QSO's fahren kann.

Beste Beispiele sind Mobilantennen für die unteren Bänder. Dort hat man in der Praxis ja gar keine andere Wahl als die Antenne mittels Verlängerungsspule auf Resonanz zu bringen.

Die beiden nebenstehenden Bilder zeigen Hersteller von Mobilantennen die Verlängerungsspulen anordnen.

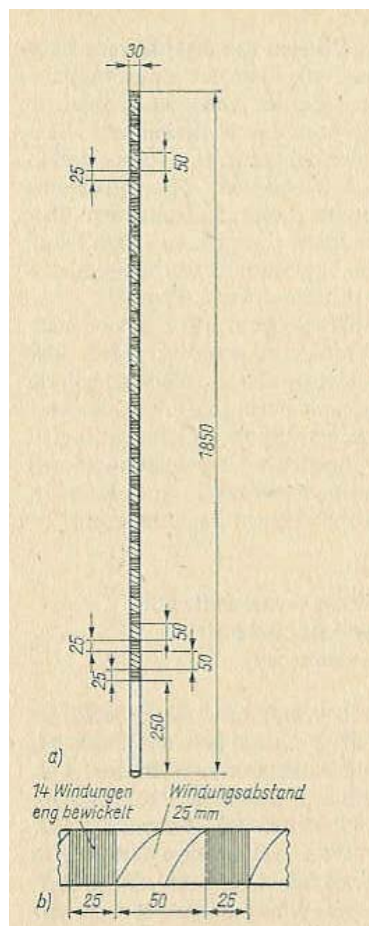
Üblicherweise sitzt die Verlängerungsspule an der Basis der Antenne. Dies ist aus konstruktiven Gründen notwendig, denn eine Verlängerungsspule irgendwo oben in der Antenne ist bei Mobilantennen eine etwas gefährliche Angelegenheit, da das Gewicht der Verlängerungsspule die Antenne gewaltig belastet.

Rund um die Antenne

Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen



7.2.3 Wendelantennen



Die „Wendelantenne“ ist eine Sonderform der mittels Spulen verkürzten Antennen. Ich weiss, es gibt auch in der UHF-Technik eine Wendelantenne. Der Ausdruck Wendelantenne ist für HF-Antennen eigentlich falsch, die präzise Bezeichnung lautet nämlich „verkürzte Vertikalantenne mit verteilter Induktivität“. Im Volksmund hat man diesem Ding aber seit jeher Wendelantenne gesagt.

Rothammels Antennenbuch sagt zu dieser Antennenform:

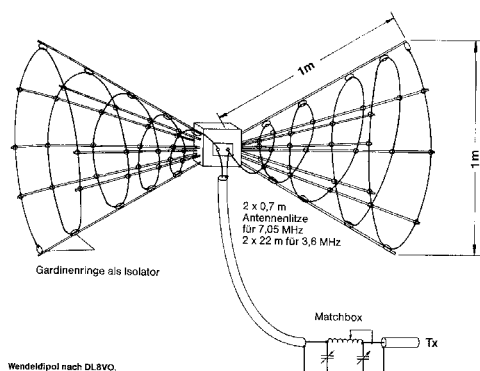
Eine eng bewickelte und damit extrem kurze Spulenantenne hat sehr schlechte Strahlungseigenschaften. Wird die Spule aber so weit auseinandergezogen, dass ihre mechanische Länge in die Grössenordnung einer verkürzten Vertikalantenne kommt, sind ihre Strahlungseigenschaften denen einer gleich langen Vertikalantennen mit Verlängerungsspule mindestens ebenbürtig.

Solche Spulenantennen stellen oftmals die brauchbarste Lösung für einen Fahrzeugstrahler dar.

Bei Antennen für die langwelligeren Bänder (z.B. 80 m) hat sich die gezeigte Bewicklungsart bewährt. Eng bewickelte und weit bewickelte Zonen wechseln sich ab.

Rund um die Antenne

Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen

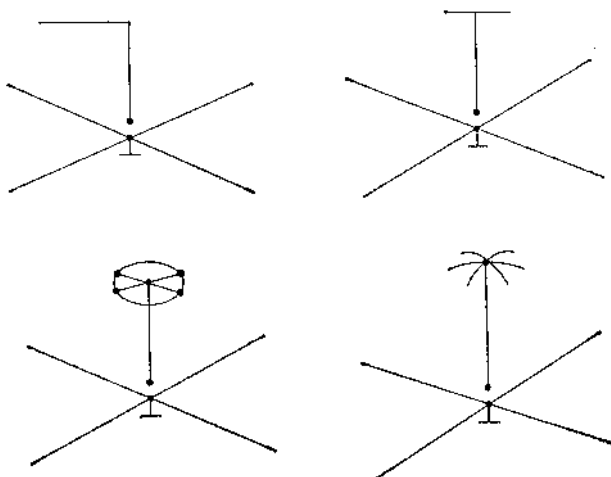


Auch solche Gebilde, die ebenfalls im weitesten Sinne zur Familie der Wendelantennen gehören, wurden schon versucht.

Funktioniert hat's, aber der konstruktive Aufwand hat wahrscheinlich die meisten OM's vom Nachbau solcher Gebilde abgehalten.

So etwas könnte ich mir noch ehestens als Estrichantenne vorstellen wo das Ganze versteckt ist. Der konstruktive Aufbau muss in einem solchen Falle auch keinen Schönheitswettbewerb gewinnen.

7.2.4 Verkürzung mittels kapazitiver Belastung



Die Verkürzung einer Antenne mittels kapazitiver Belastung ist eine beliebte Art Vertikalstrahler (speziell für das 80 m oder 160 m Band) zu verkürzen. Weniger bekannt ist, dass sich diese Art der Verkürzung auch bei horizontalen Antennen anwenden lässt.

Grundsätzlich gilt:

Die Verkürzung mittels kapazitiver Belastung bringt bedeutend weniger Verluste als das Einfügen von Verlängerungsspulen.

Theorie:

Die kapazitive Belastung im Spannungsmaximum bildet eine zusätzliche Kapazität gegen Erde. Wie bei einem Schwingkreis, dessen Resonanzfrequenz durch das Hinzufügen einer Zusatzkapazität niedriger wird, tritt auch bei einer Antenne durch das Anfügen einer Endkapazität eine Verkleinerung der Resonanzfrequenz auf.

Rothammels Antennenbuch schreibt dazu:

Solange die Grösse der Endkapazität in bestimmten Grenzen bleibt, kann eine kapazitiv

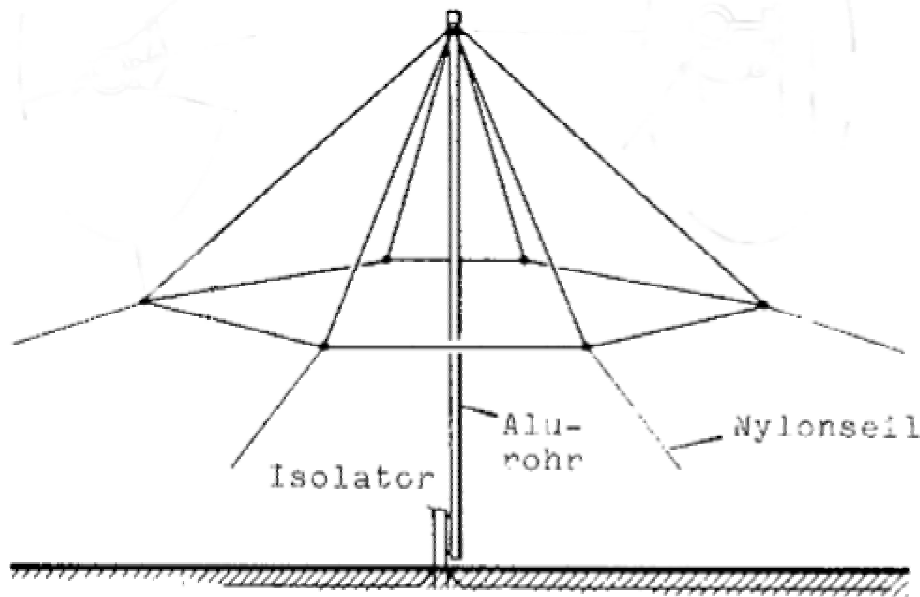
Rund um die Antenne

Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen

belastete Antenne keineswegs als Kompromisslösung betrachtet werden. Solche Antennen haben durch die konstante Stromverteilung sogar einen grösseren Strahlungswiderstand als unbelastete Vertikalantennen gleicher Länge und damit auch einen besseren Wirkungsgrad.

In der Praxis stellt meistens die Herstellung der Dachkapazität die grösste Schwierigkeit dar. Das obige Bild gibt einige Hinweise auf mögliche Ausführungsformen.

Speziell 80 m und 160 m DX'er greifen gerne zu dieser Antennenform. Die Verwendung einer Vertikalantenne bringt die gewünschte flache Abstrahlung und vermindert gleichzeitig den Steilstrahlanteil.



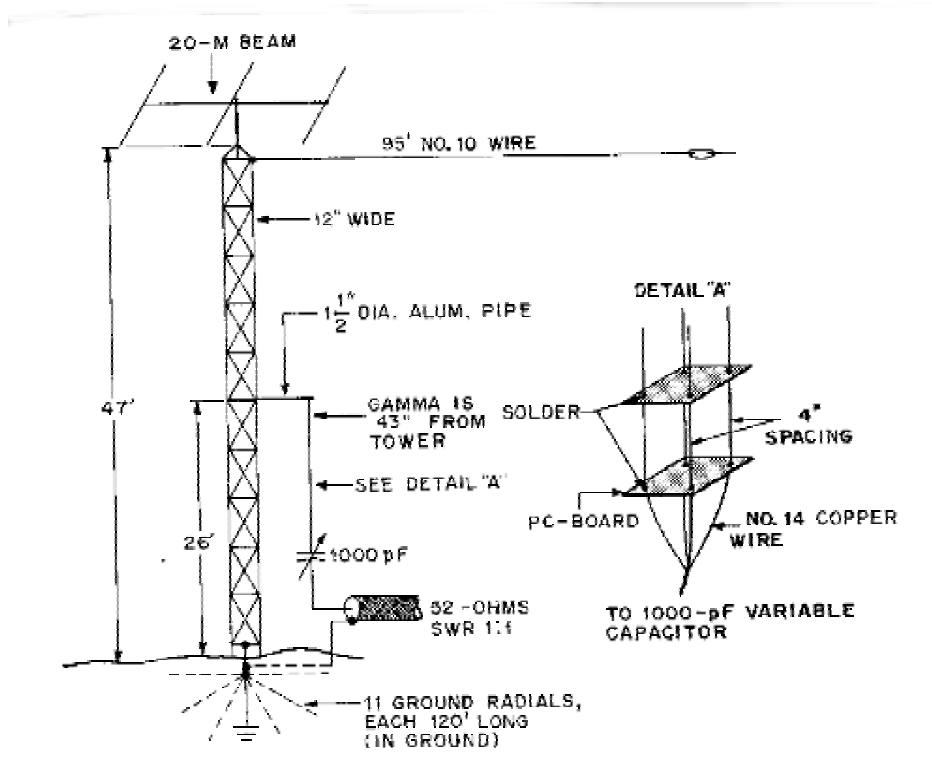
Die obige Skizze zeigt eine 1.8 MHz Vertikal-Antenne nach G3TXQ. Die Mastlänge beträgt 13.5 m, die Dachkapazität besteht aus 6 Stck. 10 m langen Leitern die untereinander verbunden sind. Sie dienen zugleich als Teil der Abspannseile für den Mast. Natürlich ist bei dieser Art Antenne ein effizientes Radialnetz notwendig. Ebenso benötigt man einen Mastfuss-Isolator. Da kommerzielle Mastfuss-Isolatoren nicht mehr so leicht erhältlich sind bietet sich als Ersatz eine Champagner-Flasche an. Man muss dann einfach die „Siegesfeier“ etwas vorverlegen.

Die nächste Skizze zeigt eine andere populäre Art eine Vertikal-Antenne mit kapazitiver Belastung zu realisieren. Die Voraussetzungen sind bei jedem OM gegeben der über einen Metallmast mit aufgesetztem Beam verfügt. Die Metallkonstruktion des Beam's stellt nämlich einen idealen Kapazitäts-Hut dar.

Da der Mast a) bereits steht und b) geerdet ist (Blitzschutz) kann in solchen Fällen kaum ein Mastfuss-Isolator eingebaut werden. Deshalb greift man auf eine andere Art der Anpassung zurück, nämlich auf den Gamma-Match. Je nach Mastlänge und gewünschtem Frequenzbereich der Vertikal-Antenne ergeben sich verschiedene Kombinationen der Anpassschaltung. Wer sich dafür interessiert findet die entsprechenden Angaben in allen guten Antennenbüchern. Das Bild stammt übrigens aus dem ARRL Antenna Book.

Rund um die Antenne

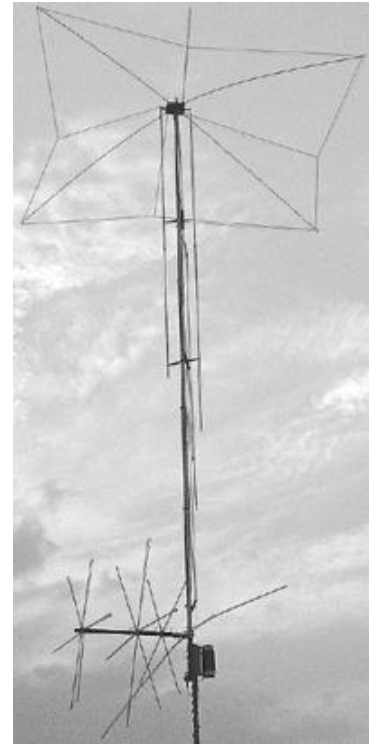
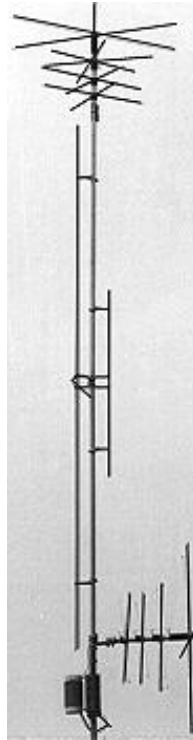
Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen



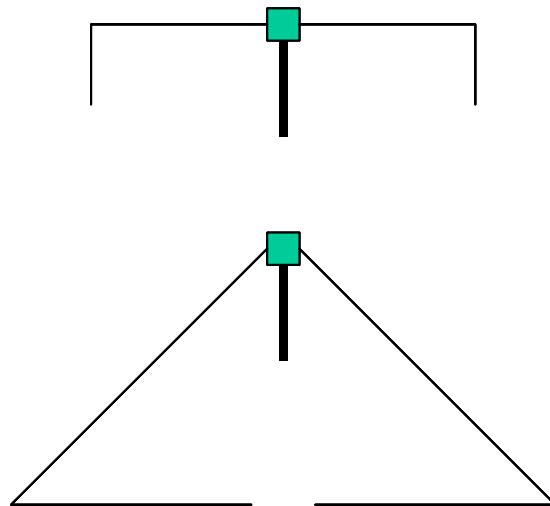
Natürlich benötigen solche Vertikal-Antennen immer ein effizientes Netz von Radials. In der Praxis stellt das Erstellen eines Radial-Netzes fast immer das grössere Problem dar als der Mast und die Anpassung. Wer hat schon so viel Platz um eine grosse Anzahl z.B. 16 Stück (oder mehr) Drähte von $\lambda/4$ Länge, bezogen auf die tiefste Betriebsfrequenz, entweder auf der Erde auszulegen oder zu vergraben. Die Dinger zu vergraben bedingt einen grossen Aufwand. Wenn man die Radials lediglich auf dem Boden auslegt und in Abständen von einigen Metern jeweils mit Draht-Aggraffen am Boden sichert, dann hat man Stolperdrähte. Unter Draht-Aggraffen verstehe ich dünne Armieisen, ca. 50 – 60 cm lang, die man in der Mitte zu einer Art Aggraffe umbiegt. Diese schlägt man dann in den Boden um die Drähte zu befestigen. Auf dem Boden spriesst dann Gras. Das Gras zu mähen wird zum Problem. Mäher irgendwelcher Art kann man nicht einsetzen, sonst hat man Radial-Ragout. Meinen Erfahrungen zufolge (mit Installationen kommerzieller und militärischer Funkdienste) gibt es nur eine Lösung, nämlich Schafe weiden zu lassen. Schafe weiden solche mit Drahtverhau versehenen Flächen perfekt ab und lassen die Drähte, Kabel, Erdpfähle, Verteilkästen etc. in Ruhe. Dies ist der Grund warum ich bei meinen Amateurfunk-Installationen kein grosser Fan von Antennen bin die ein Radial-Netz bedingen.

Hier noch 3 Bilder die zeigen wie kommerzielle Antennenhersteller von kapazitiver Belastung Gebrauch machen um ihre Antennen zu kürzen.

Ob man diese Dinger schön findet sei jedem einzelnen überlassen. Für uns Funkamateure ist es meistens jedoch wichtiger, dass auch die lieben Nachbarn gefallen (oder zumindest Toleranz) für unsere Antennen empfinden. So ein Ding zuoberst auf einem Hochhaus mag ja unauffällig sein, in den Garten eines Reihenhäuschens würde ich so etwas nicht stellen ohne mich vorher mit den Nachbarn abgesprochen zu haben.



7.2.5 Verkürzung durch Umbiegen der Enden



Eine weitere Art wie man Antennen bei relativ bescheidenen Verlusten verkürzen kann ist das Umbiegen der Enden.

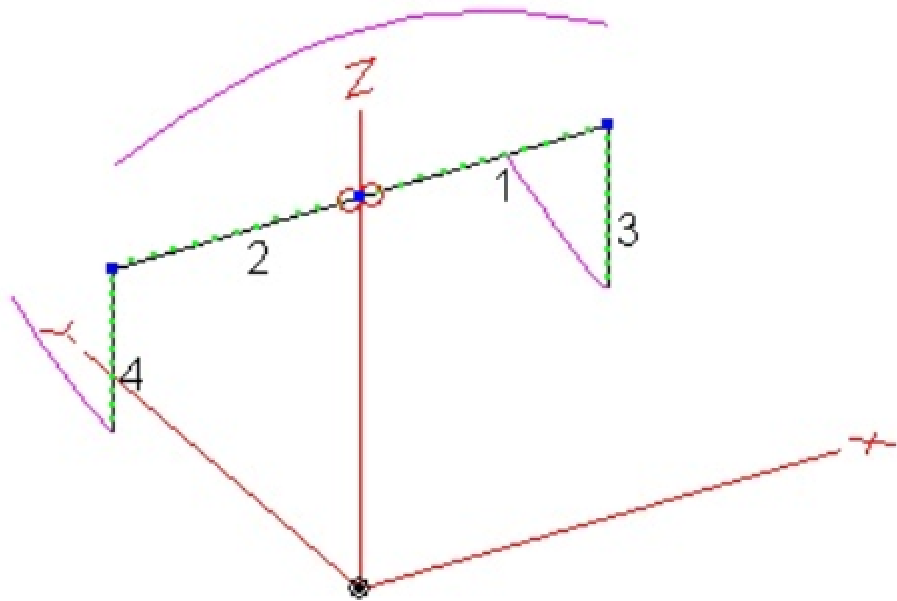
Ab ca. 50 % der Länge einer Dipolhälfte darf man die Antennendrähte umbiegen ohne dass ein nennenswerter Wirkungsgradverlust eintritt. Regel 3, die besagt „Strom strahlt“, ist hier erfüllt. Mit den Enden der Antenne wird die Resonanz abgeglichen. Die umgebogenen Enden tragen jedoch fast nichts mehr zur Abstrahlung bei.

Wie man den Antennendraht abbiegt spielt keine grosse Rolle. Man richtet sich nach den örtlichen Gegebenheiten. Man kann die Enden herunterhängen lassen. Man kann sie auch schräg und wenn nötig seitwärts nach unten ziehen und abspannen. Man kann sie sogar, z.B. im Falle einer „Inverted Vee“, horizontal wieder nach innen ziehen.

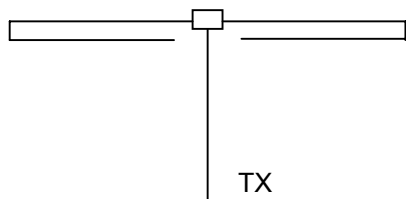
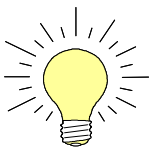
Rund um die Antenne

Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen

Ich selbst verwende in meinem 2. QTH eine Antenne für das 160 m Band, bei der wie oben im unteren Bild gezeigt, die Enden nach Innen zum Mittelmast geführt sind. Sie führen in der Mitte sogar in eine Relais Box. Auf 80 m schliesst ein Relais die beiden Enden des 160 m Dipols kurz und derselbe Antennendraht wird zu einer Ganzwellenschleife. Auf 160 m habe ich mit dieser Anordnung bisher mit Ausnahme von Südamerika alle Kontinente, inkl. Australien, gearbeitet. In Richtung USA komme ich mit dieser Antenne bis in eine Linie von den „Great Lakes“ bis Texas. Ich habe bisher ca. 15 States sowie eine ganze Anzahl kanadischer Provinzen bestätigt. Wie dieses Beispiel zeigt kann der Wirkungsgradabfall wegen des Umbiegens der Enden wirklich keinen grossen Einfluss gegenüber einem full-size Dipol haben.



Das obige Bild zeigt einen Dipol mit umgebogenen, bzw. herunterhängenden Ende. Wie man sieht steht der grösste Teil des Stromes zur ungetrübten Abstrahlung zur Verfügung. Der an den Ende noch zur Verfügung stehenden Strom trägt ebenfalls noch etwas zur Abstrahlung bei. Der hauptsächliche Zweck der an den Enden herunterhängenden Drähte besteht jedoch darin die Resonanz herzustellen.

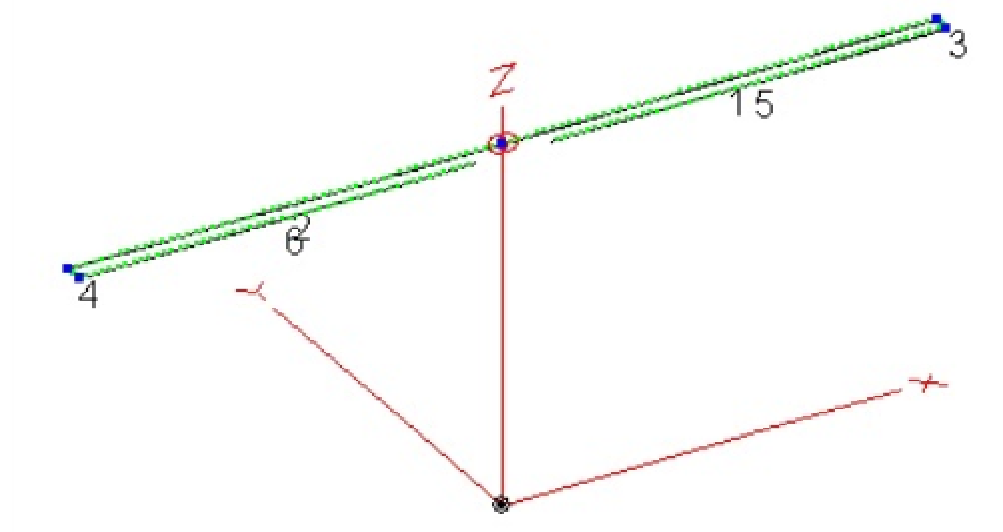


Eine ganz extreme Methode des Umbiegens der Enden besteht darin die Enden eines Dipols relativ nahe zueinander zurückzufalten. Auch dieses Prinzip funktioniert und wird in der Praxis angewandt.

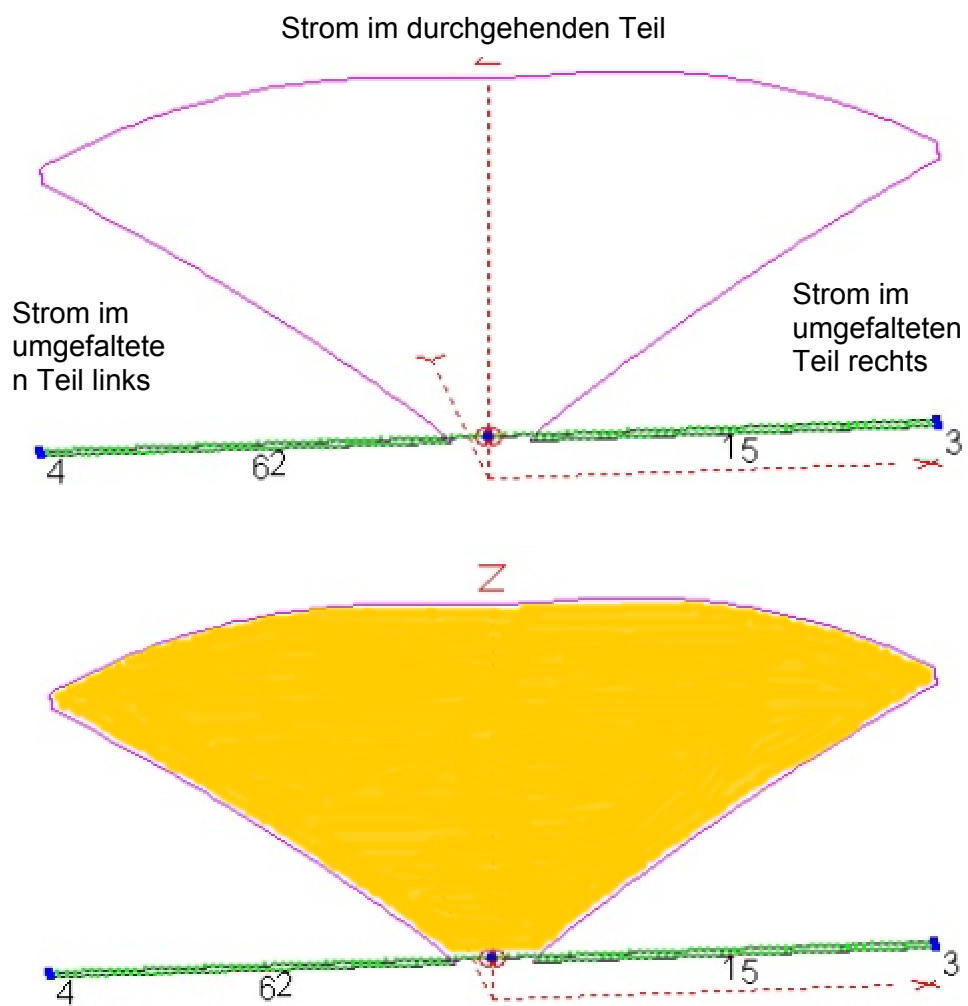
Um diese Prinzip näher zu erläutern, nachstehend ein Beispiel eines 80 m Dipols, dessen Länge dank Zurückfalten der Drähte auf total 24 m verkürzt wurde.

Rund um die Antenne

Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen



Dies die Ansicht des Draht-Layout's.



gelbe Fläche = resultierender und für die Abstrahlung wirksamer Strom

Rund um die Antenne

Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen

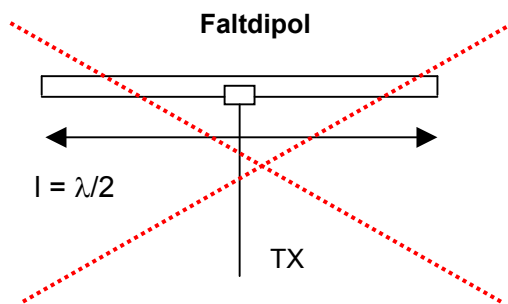
Was geschieht in einer solchen Extremsituation ?

Da wir einen grossen Teil des Dipols zurückgefaltet haben teilt sich nun in jeder Dipolhälfte der Strom auf

- in einen Strom der im durchgehenden Teil der Dipolhälfte erzeugt wird und
- in einen Strom der vom zurückgefalteten Teil der Dipolhälfte erzeugt wird.
- Diese beiden Ströme kompensieren sich nach Massgabe ihrer Grösse
- Da der Strom in der durchgehenden Dipolhälfte schon per Definition höher ist als in der zurückgefalteten Dipolhälfte resultiert in jedem Fall ein „positiver“ Strom der effektiv zur Abstrahlung zur Verfügung steht.

Dies geht ganz klar aus der Skizze hervor bei der die Fläche die der resultierende Strom einnimmt eingefärbt ist.

ACHTUNG:

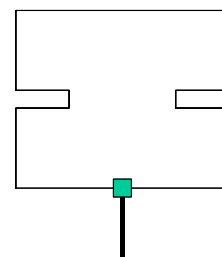
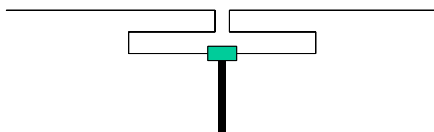


Die Art des zurückgefalteten Dipols darf nicht mit einem Faltdipol verwechselt werden.

Der Faltdipol ist ein „ausgewachsener“ Dipol mit einer Länge von $\lambda/2$ dessen einer Leiter in der Mitte den Anschluss trägt und dessen zweiter Leiter über die ganze Dipollänge durchgeht. Die Speisepunktimpedanz eines Faltdipols liegt bei ca. 300Ω .

Faltdipole werden im Amateurfunk auf KW nur sehr selten verwendet.

7.2.6 Verkürzung mittels Umwegleitungen



Eine weitere Art wie man Antennen relativ verlustfrei elektrisch verkürzen kann ist die Umwegleitung. Antennen mit Umwegleitungen haben, verglichen mit gleich langen Antennen die mit Spule verkürzt wurden, immer eine grössere nutzbare Bandbreite. Überdies ist eine Umwegleitung immer mit weniger Verlusten behaftet als eine Spule.

Umwegleitungen realisiert man wie folgt:

- Selbstbau: Man verwendet Kunststoff-Spreizer die die Drähte in ca. 10 cm Abstand parallel halten.

Rund um die Antenne

Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen

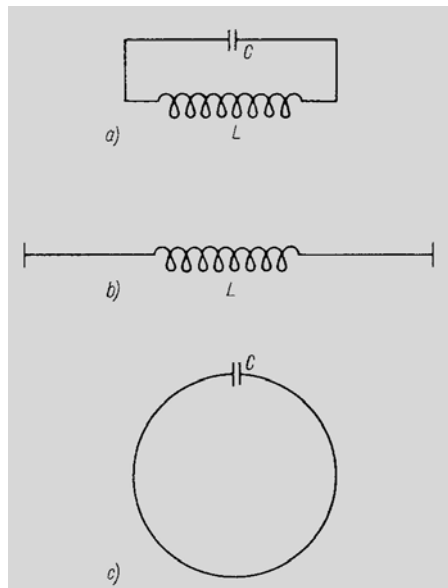
- Man verwendet als Umwegleitung ein Stück symmetrische 450 Ω Leitung von Wireman.

Eine selbstgebaute Umwegleitung hat meines Erachtens weniger Verluste als die Verwendung von symmetrischer 450 Ω Leitung. Diese hat bereits wieder ein Dielektrikum zwischen den Drähten. Die Praxis zeigt aber, dass die 450 Ω Leitung ohne weiteres eingesetzt werden kann. Der Konstruktionsaufwand ist auf jeden Fall geringer als beim Selbstbau, überdies sieht es weniger auffällig aus.

Umwegleitungen können prinzipiell für alle Antennenformen verwendet werden, also auch für Schleifenantennen, Vertikalantennen etc.

Wer sich für diese Art elektrischer Verlängerung speziell interessiert, dem empfehle ich das Buch „Die Cubical-Quad und ihre Sonderformen“ von OM K. Weiner, DJ9HO. In seinem Buch ist diese Technik ausführlich beschrieben.

7.3 Spezialformen verkürzter Antennen



Es ist eine bekannte Tatsache:

Ein geschlossener Schwingkreis strahlt nicht.

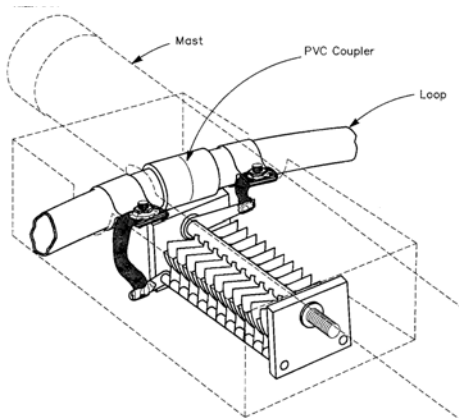
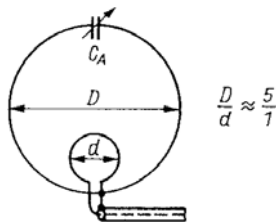
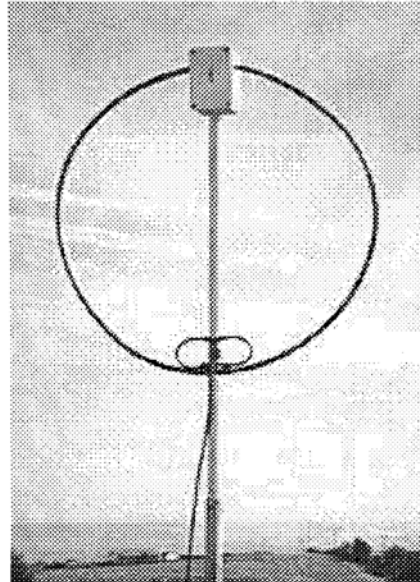
Eine weniger bekannte Tatsache ist:

Jede Zwischenform die vom geschlossenen Schwingkreis abweicht bis zum Dipol hat Potential zu strahlen.

Von dieser Tatsache wird bei zwei Spezialformen von verkürzten Antennen Gebrauch gemacht, nämlich bei

- der magnetischen Antenne
- der ISOTRON-Antenne

7.3.1 Die magnetische Antenne



Die magnetische Antenne ist im Prinzip ein

Einwindungs-Schwingkreis

Das elektrische Feld bleibt im Kondensator konzentriert, während ein ausgedehntes magnetisches Feld aus der grossen Ringschleife austritt.

Der Schwingkreis wird auf der gewünschten Frequenz auf Resonanz gebracht. Dies geschieht mittels einem Drehkondensator, der meistens mit einer Fernsteuerung versehen ist. Das untenstehende Bild zeigt das elektrische Schema der Antenne. Der Drehkondensator wird an dem der Speisung entgegengesetzten Ende angeordnet. Er sitzt im oberen Bild im Kästchen zuoberst an der Antenne. Die Ankopplung erfolgt über eine kleine Koppelspule aus Koaxialkabel. Zur exakten SWR Anpassung kann man die Koppelspule etwas verbiegen. Das ist auf dem Bild der Antenne ganz gut ersichtlich. Es gibt auch noch andere Formen der Ankopplung die aber alle aufwendiger sind.

Bei der Konstruktion einer solchen Antenne sind folgende Problemkreise zu beachten:

- das Beherrschen der mechanischen Konstruktion
- die hohen Ströme bzw. der kleine Strahlungswiderstand, sowie die Verlustwiderstände der Einwindungsspule.
- der Anschluss des Drehkondensators. Mit solch hohen Strömen ist der Schleifer des Drehkondensators bald überfordert. (Kommerzielle Ausführungen verwenden deshalb einen Schmetterlings-Drehko, der ohne Schleifer auskommt)

Rund um die Antenne

Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen

Die Praxiserfahrungen mit dieser Antennenform sind gemischt. Ich selbst habe noch nie Gelegenheit gehabt mit einer solchen Antenne zu funken. Ich kenne jedoch einige Kollegen die sich magnetische Antennen selbst gebaut haben. Die Praxiserfahrung lief jedes Mal etwa nach folgendem Schema ab:

- **Phase 1: Die Antenne ist fertig und wird getestet.:**
Kommentar:
Die Antenne funktioniert prima, wirklich etwas ganz interessantes.
Das muss ich unbedingt weiterverfolgen.
- **Phase 2: Die Antenne ist 3 Monate in Betrieb.**
Kommentar:
Ja, die Antenne ist ja ganz interessant. Aber weisst Du,
die Drahtantennen sind meistens eben doch besser.
- **Phase 3: Nach ca. 6 Monaten.**
Kommentar:
Ich werde die magnetische Antenne demnächst wieder abbauen
und für Ferien-Einsätze etc. auf die Seite stellen. Die Drahtantennen
sind doch einfacher zu handhaben und liefern halt doch die besseren
Signale.

Ich bin der Meinung, dass magnetische Antennen absolut ihre Daseinsberechtigung haben. Für diejenigen der gar keine Aussenantenne erstellen kann ist es oft die einzige Möglichkeit QRV zu sein. Ebenso könnte ich mir vorstellen, dass das die ideale Antenne ist wenn man mit einem Wohnmobil unterwegs ist. Wenn es darum geht eine Antenne unsichtbar zu machen ist es auch eine gute Lösung. Ich habe einmal einen Bericht gelesen und Bilder einer magnetischen Antenne gesehen, deren „Windung“ aus Aluminiumfolie (Küchenfolie) bestand, die auf die vergipste Wand geklebt wurde. Nachher wurde das ganze mit Tapete überklebt. Der Drehkondensator und die Koppelspule wurden in Möbeln versteckt.

Interessant ist auch die Geschichte der magnetischen Antennen:

Abgestimmte Schwingkreise, sog. Rahmenantennen wurden seit den ersten Tagen der Funktechnik verwendet. Sie liefern zwar nur kleine Empfangsspannungen aber deren Richtwirkung erlaubt es Störer auszublenden und das Nutzsignal hervorzuheben.

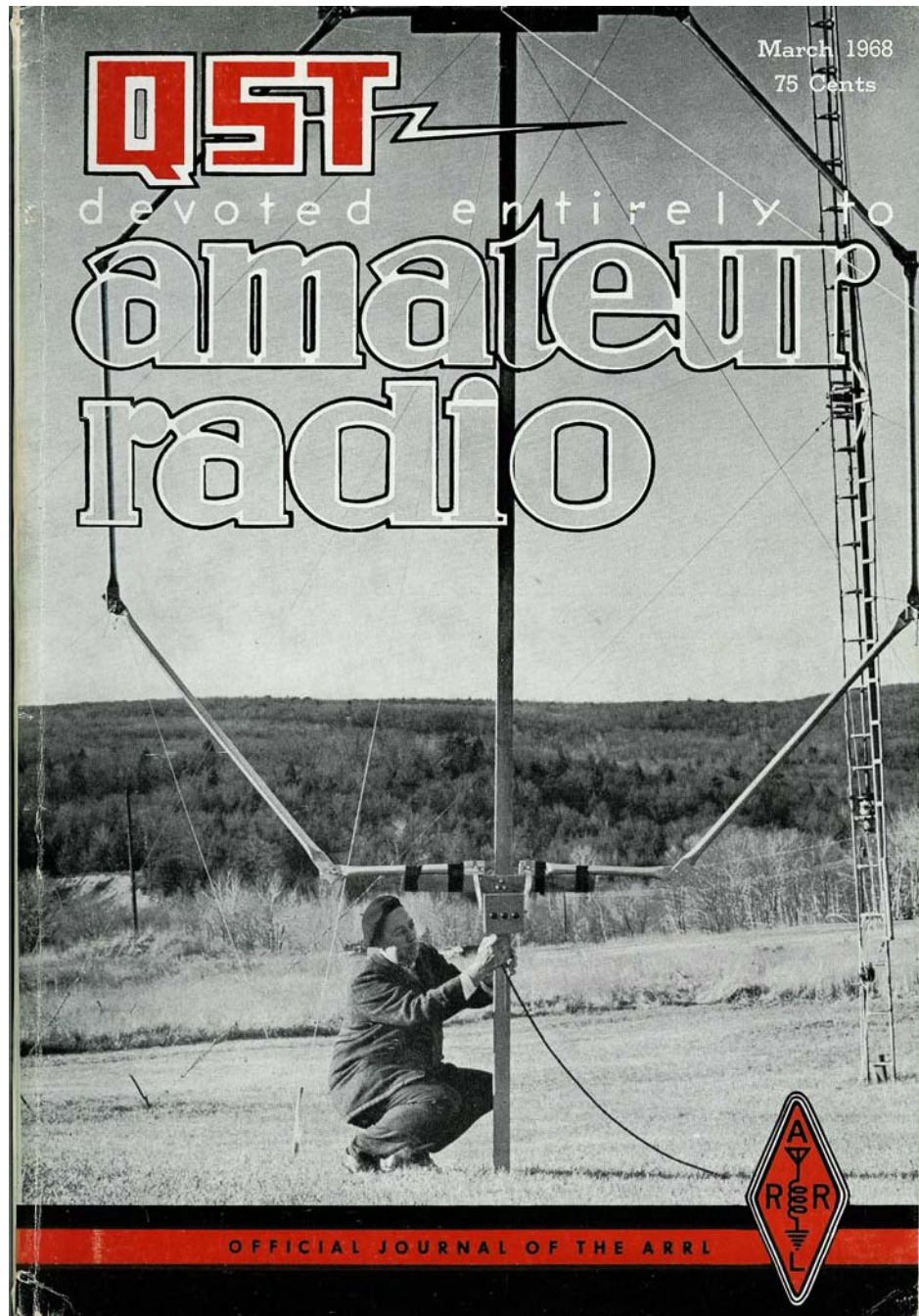
In den 1960'er Jahren sind dann findige Köpfe auf die Idee gekommen es mit einem abgestimmten Schwingkreis in Form einer Einwindungsspule für Sendezwecke zu versuchen. Theoretische Überlegungen sagten dieser Antenne ein gutes „Preis/Leistungsverhältnis“ voraus. Unter „Preis“ muss man dabei nicht den „Herstellungspreis“ verstehen sondern die Tatsache, dass man eine Antenne in Miniaturausführung erhält die trotzdem einen guten Wirkungsgrad verspricht.

Versuche mit dieser Antennenform wurden mehr oder weniger gleichzeitig an zwei Orten durchgeführt:

- In den USA durch das US Army Signal Corps
- In der Schweiz durch die Swiss Army in Zusammenarbeit mit der Firma Zellweger, Uster

Rund um die Antenne

Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen



Der Auslöser für diese Versuche waren gleich gelagerte Probleme im militärischen Funkverkehr, nämlich

- der Funkverkehr aus tiefen Tälern heraus, was Steilstrahlantennen nötig macht, und
- Funklinien über relativ kurze Distanzen (50 ... 200 km), was die Verwendung tiefer Frequenzen (1.7 – max. 4 MHz) nötig macht.

Bei der Swiss Army ist der Fall klar, beide Argumente treffen in der Schweiz zu. Bei der US Army muss man berücksichtigen, dass damals der Vietnam Krieg tobte. Im Dschungel Vietnams war eben das Aufstellen von Funkmasten und das Aufziehen langer Drahtantennen noch ungleich schwieriger als in der Schweiz.

Rund um die Antenne

Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen

Das Titelbild der Ausgabe März 1968 der ARRL Publikation QST zeigt eine solche Antenne, die von der ARRL gemäss den Angaben die über die „militärische“ Magnet-Antenne vorlagen, nachgebaut wurde. Die Versuche waren nicht sehr erfolgreich. Man hatte einfach die militärische Version 1:1 kopiert. Die militärische Antenne musste für den vorgesehenen Verwendungszweck leicht und in handliche Stücke zerlegbar sein. Deshalb hat man anstatt der Kreisform die Form eines Oktagons gewählt. Das Bild zeigt auch, dass die einzelnen Seiten des Oktagons zusammengeklemt waren und genau da lag der Pferdefuss dieser Antennenentwicklung. Die Militärs hatten der Story zufolge zu „gold plating“ gegriffen um die Übergangswiderstände in den Griff zu kriegen. In der Praxis zeigte aber die militärische Ausführung der Antenne trotz „gold-plating“ keine so überzeugenden Vorteile, dass diese Antennenform in der Praxis echt eingesetzt wurde. Man hat es einfach nicht fertiggebracht die Übergangswiderstände so zu reduzieren, dass die Antenne einen anständigen Wirkungsgrad hatte. Die Antenne war also sowohl bei der Swiss Army wie auch bei den Amis ein Flop und ist nicht über das Experimentierstadium herausgekommen.

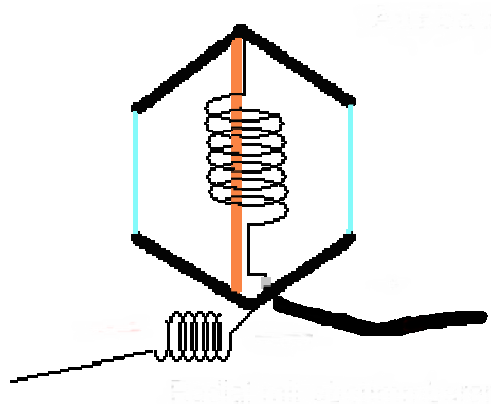


Später haben sich dann die Funkamateure der Idee angenommen und daraus brauchbare magnetische Antennen entwickelt. Die sind zwar nicht in handliche Stücke zerlegbar aber sie funktionieren.

Das Bild zeigt eine käufliche Version einer Magnetantenne hergestellt von MFJ.

Ich habe schon diverse QSO's mit OM's gehabt die Magnetantennen verwendet haben. Deren Signale waren jedes Mal im Rahmen des üblichen, d.h. Mittelmass.

7.3.2 Die ISOTRON-Antenne



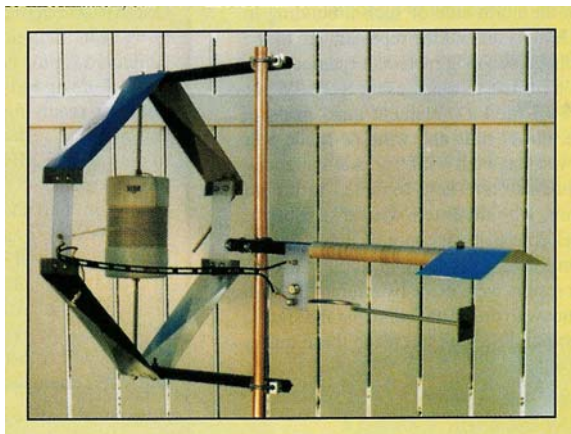
Die ISOTRON-Antenne ist die Umkehrung des bei den magnetischen Antennen angewendeten Prinzips.

Das magnetische Feld bleibt in der Spule konzentriert, während ein ausgeprägtes elektrisches Feld aus dem geöffneten Kondensator austritt.

Diese Antennenart wird von der US-Firma ISOTRON hergestellt und vertrieben. Es dürfte aber auch möglich sein diese Antennenart selbst herzustellen.

Es liegt in der Natur der Sache, dass es sich bei dieser Antennenform um reine Ein-Band-Antennen handelt. ISOTRON stellt für jedes Band zwischen 160 m und 10 m solche Antennen her.

Die Praxiserfahrungen sind gemischt. Es gibt aber diverse glaubhafte Berichte die bestätigen, dass man mit ISOTRON-Antennen tatsächlich QSO abwickeln kann.

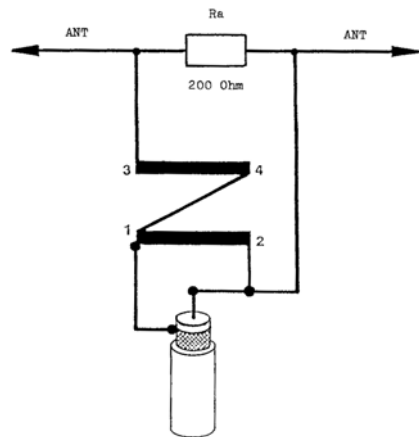


Das nebenstehende Bild zeigt zwei ISOTRON Antennen im Multipack
links = 40 m Ausführung
rechts = 20 m Ausführung

ISOTRON ist übrigens der Name des Herstellers solcher Antenne. Meines Wissens hat sich sonst noch kein anderer Hersteller dieses Antennenprinzips angenommen.

Ich denke für experimentierfreudige OM's dürfte auch ein Selbstbau möglich sein.

7.3.3 Antennen mit Widerstands-Abschluss



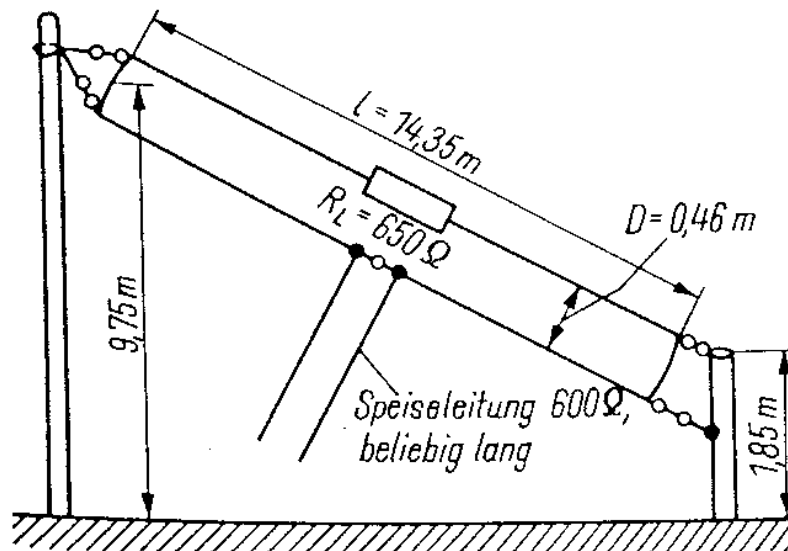
Antennen mit Widerstands-Abschluss funktionieren tatsächlich.

Der Widerstand muss für

ca. 35 - 40 % der Sendeleistung

ausgelegt sein.

Im nebenstehenden Beispiel hat der Widerstand einen Wert von $200\ \Omega$ und man kann seitlich eine beliebige Länge Draht benützen. Im untenstehenden Beispiel hat der Widerstand einen Wert von $650\ \Omega$ und die Länge der Antenne wird mit 14,35 m angegeben.



Diese Art Antennen weisen alle generell folgende Vor- und Nachteile auf:

- **Vorteile:**
 - Breitbandigkeit, d.h. innerhalb einem Frequenzverhältnis von etwa 5:1 erhält man eine relativ flache SWR Kurve.
- **Nachteile:**
 - ein Teil der Leistung wird verbraten
 - der Wirkungsgrad verschlechtert sich bei tiefen Frequenzen dramatisch, dies infolge zu kurzer Drahtlänge im Vergleich zur Wellenlänge

Antennen mit Widerstandsabschluss sind sehr populär bei kommerziellen Funkdiensten. Die Senderausgänge sind ohnehin alle auf $50\ \Omega$ ausgelegt. Das Personal besteht kaum mehr aus qualifizierten Funkern. Deshalb muss man diesen Leuten eine Antenne in die Hand geben, die sie einfach einstecken können und dann geht's.

Kommerzielle Ausführungen solcher Antennen stammen häufig aus Australien. Überall dort wo das Handy sagt „keine Verbindung“ beginnt in Australien der Outback. Wenn man dort

Rund um die Antenne

Teil 7: spannungsgespeiste Antennen, verkürzte Antennen, Sonderformen

mit jemandem Verbindung aufnehmen will hilft nur noch Short-Wave. Man hat dann z.B. im Auto einen kleinen HF-Transceiver und eben eine solche Drahtantenne mit Widerstandsabschluss. Das ist dann „Funken für Dummies“, aber es funktioniert ganz prima. Man will ja kein DX erzielen, man will lediglich mit einer der im ganzen Land verteilten kommerziellen Funkstationen Verbindung aufnehmen, die einem auf das Telefonnetz weiterschalten.

Auch im Amateurfunk kann es ab und zu Situationen geben wo eine solche Antenne Sinn macht.

Bei einem lieben Bekannten hatten wir folgende Situation:

- Mehrfamilienhaus mit Eigentumswohnungen.
- keine Chance ein Bewilligung zum Anbringen einer Aussenantenne zu erwirken.
- Balkon ist vorhanden, allerdings wohnt eine Etage darüber noch ein anderer Eigentümer.

Mein Bekannter, der OM, hat sich dann mit dem über ihm wohnenden Nachbarn geeinigt, dass er zum Zwecke des Funkens einen Fiberglas mast aus seinem Balkon schräg nach aussen anbringen darf. Der Nachbar im oberen Stock hat dies akzeptiert. Wenn nicht gefunkt wird, dann wird der Fiberglas mast wieder eingezogen.

Soweit so gut. Versuche mit dem Fiberglas mast, ca. 10 m lang, und Gegengewichten im Balkon haben mit verschiedenen Ankopplungsmethoden zu keinen vernünftigen Resultaten geführt. Das SWR war nicht zu bändigen und es trat BCI / TVI auf. Ich habe dann als letztes Mittel mal versuchsweise eine Box nach der zuerst gezeigten Schaltung mitgebracht. Darin befinden sich ein Balun 1:4 (sog. $50\ \Omega/200\ \Omega$) sowie auf der $200\ \Omega$ ein Ballastwiderstand $200\ \Omega$ der eine Leistung von ca. 40 ... 50 Watt vernichten kann. Mit dieser Box, einem 10 m langen Draht am Fiberglas mast sowie einem ca. 10 m langen Gegengewichts draht, der sehr zur Freude seiner Lebenspartnerin durch ihre Geranienkistchen verlegt wurde, liess sich nun Funkbetrieb durchführen. Das SWR hielt sich in Grenzen und BCI / TVI tritt auch nicht mehr auf. Zweck erreicht, der OM kann funken.

Solche Antennen sind zwar niemals Hochleistungsantennen und ich empfehle immer zuerst alle anderen Möglichkeiten auszuloten. Aber, wenn's nicht anders geht, dann sind solche „Heizöfel“-Schaltungen immer noch besser als „nicht funken“.

7.3.4 EH-Antennen



Es handelt sich dabei um eine neue Form stark verkürzter Antennen. Die ersten Publikationen dazu erschienen Ende der 1990'er Jahre. Den Publikationen zufolge geben die Erfinder und Hersteller solcher Antennen bekannt diese Antenneform sei mit einem Dipol vergleichbar.

Im Internet findet man relativ viel Information zu dieser Art Antenne. Die Kommentar aus der Praxis sind gemischt. Es gibt OM's die die Antenne nachgebaut haben die aussagen:

„Man kann zwar damit QSO's fahren, aber jeder Dipol ist weit wirkungsvoller.“

Hier der Vollständigkeit halber noch das elektrische Schaltbild einer EH Antenne.

Ich selbst habe leider noch nie Gelegenheit gehabt eine solche Antenne zu sehen oder damit zu Arbeiten.

Aus diese Grunde bin ich nicht in der Lage dazu einen weitergehenden Kommentar abzugeben.

