

# **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

		<b>Seite</b>
	<b>Vorwort</b>	5
<b>1</b>	<b>Allgemeines</b>	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
<b>2</b>	<b>5 goldene Regeln zum Antennenbau</b>	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
<b>3</b>	<b>Festigkeit der Konstruktion</b>	15
<b>4</b>	<b>Materialkunde</b>	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 Fiberglasmast – 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
<b>5</b>	<b>Eigenschaften einer Antenne</b>	34
	5.1 Strom- und Spannungsverteilung auf einer Antenne	34
	5.2 Die Bandbreite einer Antenne	36
	5.3 SWR & Cie.	37
<b>6</b>	<b>Instrumente</b>	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

<b>7</b>		<b>Antennen-Umschalter</b>	<b>49</b>
<b>8</b>		<b>Blitzschutz</b>	<b>51</b>
<b>9</b>		<b>Safety first</b>	<b>52</b>
	9.1	Allgemeines	52
	9.2	Verhalten gegenüber anderen Leitungen	52
<b>10</b>		<b>Antennenbücher</b>	<b>55</b>
<b>11</b>		<b>Masten</b>	<b>56</b>
	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:

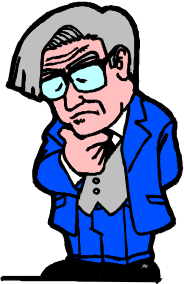
- Dieses Dokument ersetzt kein Antennenbuch und es enthält keine Kochrezepte. Mein Ziel war es die Materie von der praktischen Seite her anzugehen. Überdies ist es ein Ziel von mir das Verständnis für Drahtantennen zu wecken. Die dazugehörigen Formeln, die es einem erlauben die Drahtlängen zu berechnen, 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 Schreibe vereinfacht. Man verzeihe mir das.

Das Dokument ist in 2 Teil aufgliedert:

- **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.

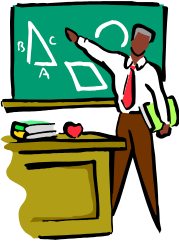
Leider trifft man häufig auf selbsternannte Experten, die das mit viel Enthusiasmus durchgezogene Projekt zerreißen und keinen guten Faden daran lassen. Meistens erzählen einem diese Besserwisser sie hätten auf ihrem PC zu Hause eine Antennen-Symulations-Software und damit können sie halt alles untersuchen 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 Funckerweisheit 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

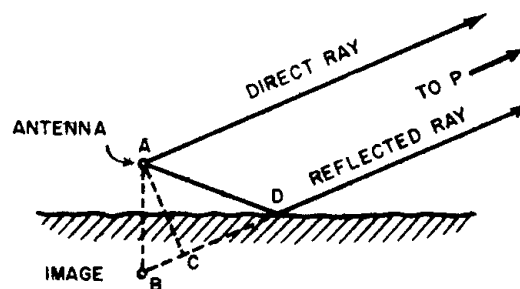
Auch auf der sogenannten „grünen Wiese“ eignen sich nicht alle Standorte gleich gut für eine bestimmte Art von Antenne. Um gute DX-Abstrahlung zu erhalten sollte das Gelände möglichst nach allen Seiten offen sein. Erhebungen mit einem Winkel bis zu etwa  $20^\circ$  behindern im allgemeinen den Funkverkehr 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

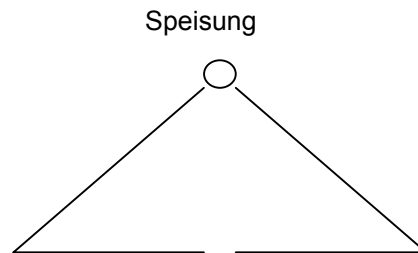
- auch wenn wir glauben eine Antenne „hoch“ aufgehängt zu haben, sie in Wirklichkeit doch immer noch relativ tief hängt. Dies trifft vor allem für die „langwelligeren“ Bänder (160 m und 80 m) zu. Um eine Antenne nur schon in eine Höhe von  $\frac{1}{4} \lambda$  zu bringen braucht man einen Befestigungspunkt 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

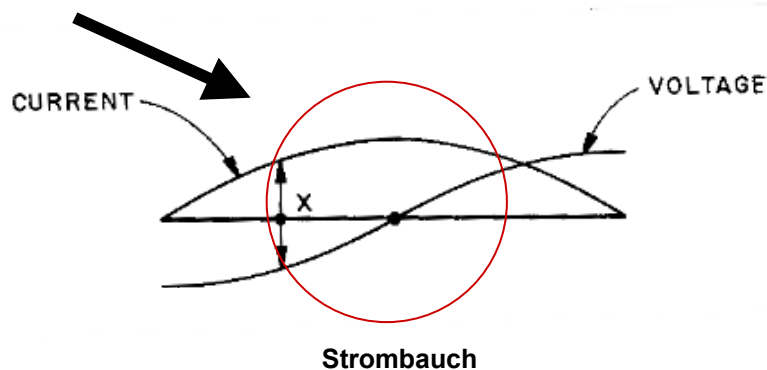


„Strom strahlt“ soll daran erinnern, dass

- 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 zusammenschaltet 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.



Dipolantenne für 1.8 MHz  
Höhe Mittelmast ca. 16 m  
Höhe des horizontalen Teils ca. 3 m

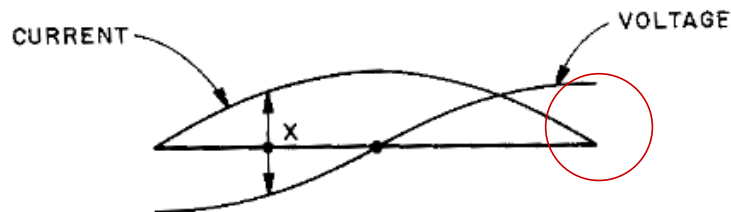


## 2.4 Regel 4: Freie Enden = Spannungsbauch



„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.



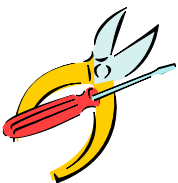
Spannungsbauch



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

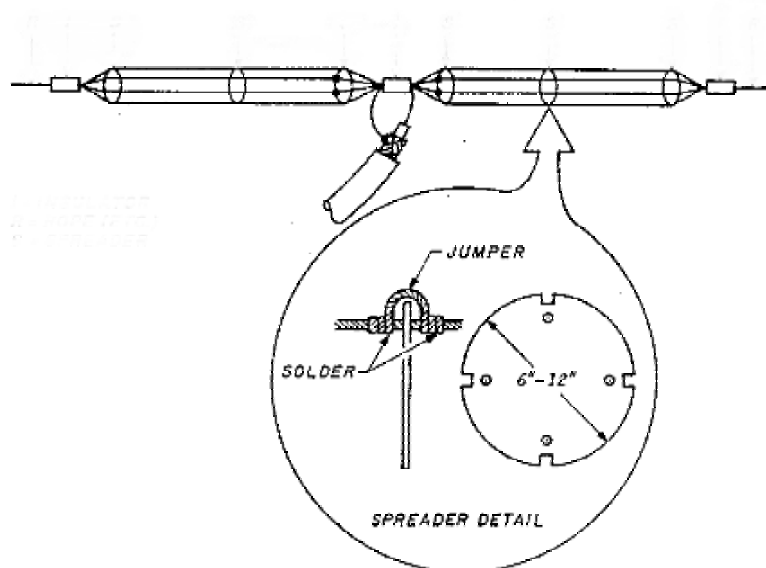
Alle diese Drahtarten haben die Tendenz in die Länge zu gehen. Als Folge hängt die Antenne immer mehr durch und die Resonanzfrequenz der Antenne geht permanent nach unten.

## 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 mm<sup>2</sup> oder 1.5 mm<sup>2</sup> vollständig ausreichend. Inklusiv 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 verkräften.

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.

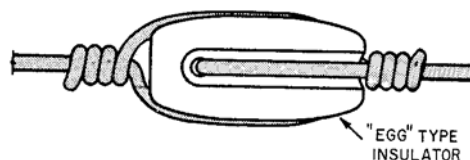
An Stellen an denen Spannungsfestigkeit gefordert ist kann man auch mehrere Isolatoren in Serie schalten (Isolatoren-Kette). Dadurch wird die anliegende Spannung in Teilspannungen unterteilt und jeder Isolator ist nur für seine Teilspannung zuständig.

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.

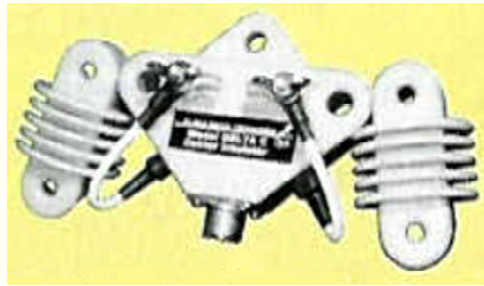
Hier ist auch so eine „Eierkette“ mit 5 grün glasierten Eierisolatoren gezeigt. Die grünen Eierisolatoren „ex Swiss Army“ sind von sehr guter Qualität und dank der grünen Glasur sind sie relativ unauffällig.



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.

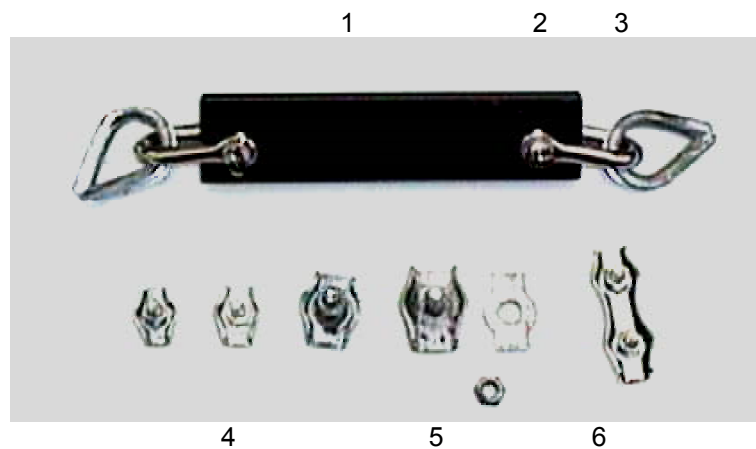
## Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

### 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 = Kastenklammen verschiedener Grösse
- 5 = Einzelteile einer Kastenklemme
- 6 = Duplex-Kastenklemme

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 Kastenklammen verwende, dann verwende ich 2 Stück in einem Abstand von einigen Zentimetern. Bei der Duplex-Kastenklemme 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:

<b>Eigenschaften</b>					
Als Abspannseil geeignet					
Reissfestigkeit					
Elastizität					
Verrottungssicherheit					
UV-Resistenz					
<b>Materialbeschrieb</b>					
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  $\geq 80$  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.

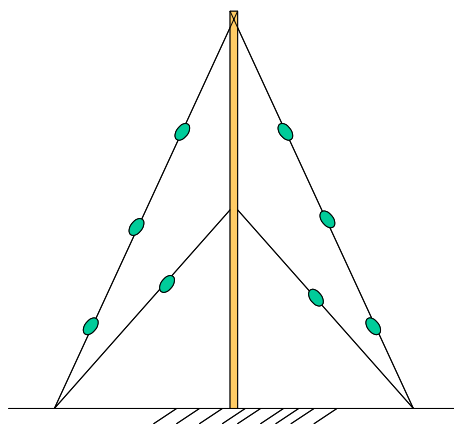
Wenn man **metallische Abspannseile** verwendet, dann sollte man unbedingt

#### 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.

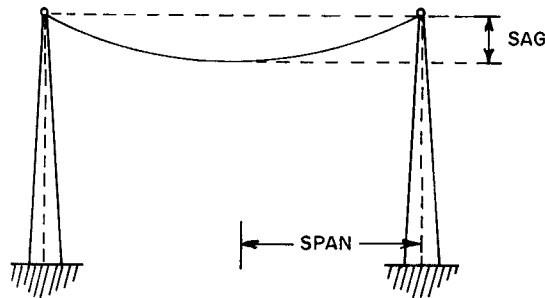
Wenn andere Antennen in der Nähe sind, dann muss man das auch auf die Bänder ausdehnen auf denen die anderen Antennen arbeiten. Andernfalls ist man plötzlich mit unerwünschten Richtwirkungen konfrontiert, weil ein Stück der Abspannung als Reflektor

## Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

### Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör

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

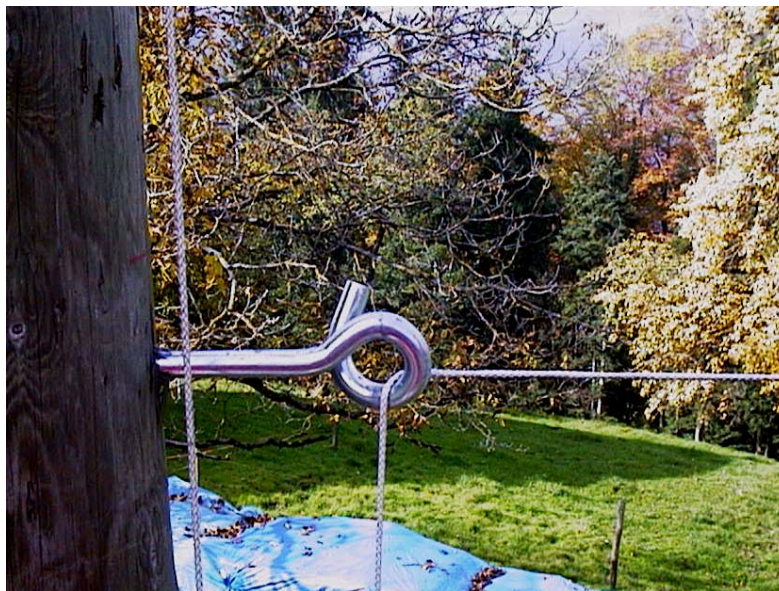
## 4.5 Durchhang



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. „Riitiseili-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

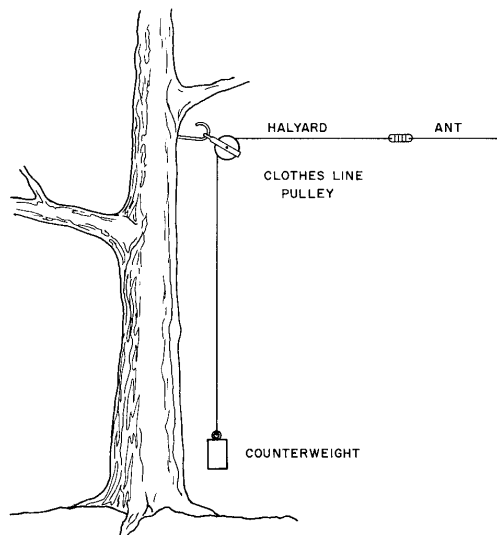
- 2 Alu-Streifen
- 2 dünnen Alu-Röhrchen als Distanzhalter und
- 2 langen Schrauben

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

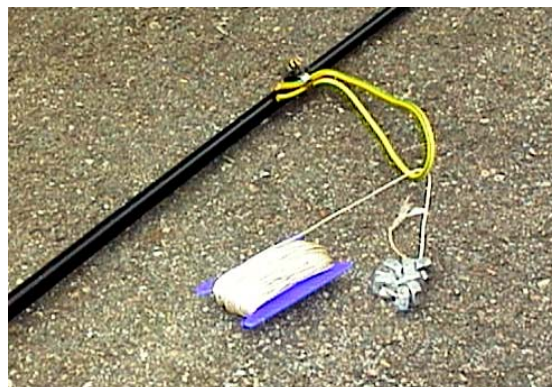
- Wie grosse Schwankungen ein Baum ausführt sieht man nur an einem stürmischen Tag !
- Bei der Umlenkrolle ist ein grosser Durchmesser von Vorteil. Das läuft besser.
- Die Rillengrösse der Umlenkrolle muss dem Durchmesser des Abspannseils entsprechen.

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 vorhandene 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

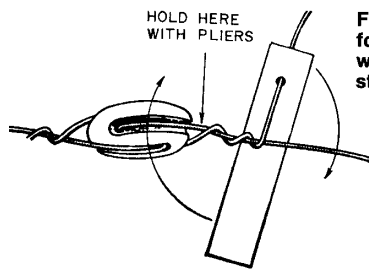
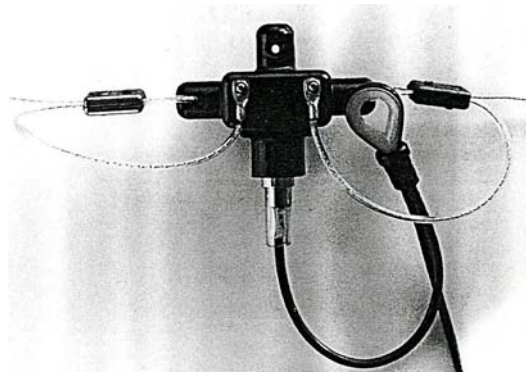


Fig 9—Simple lever for twisting solid guy wires when attaching strain insulators.

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 aufzuschumpfen. 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

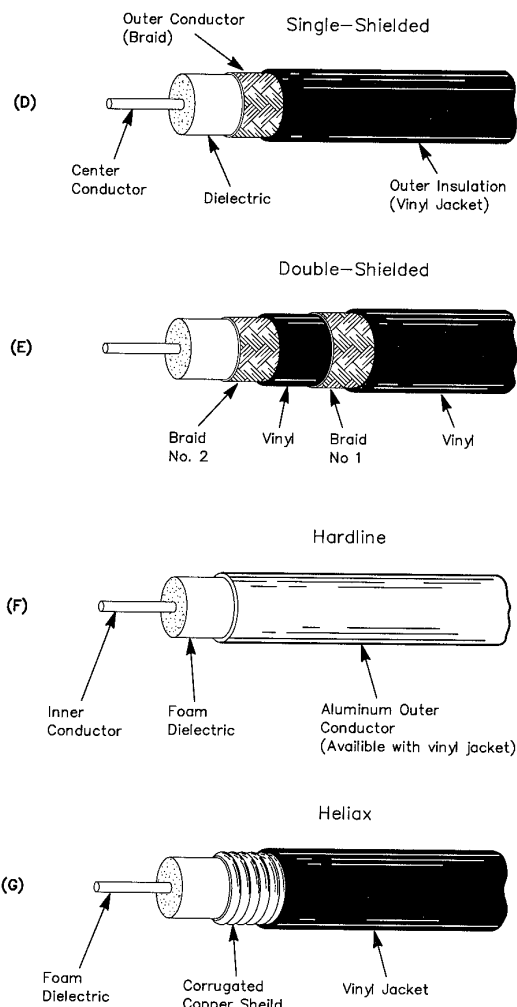
Wer sich bisher fast exklusiv mit VHF und UHF befasst hat für den ist eine der kritischen und wichtigen Frage „was für ein Koaxialkabel“ er verwendet. Die Güte und Verlustfreiheit des Speisekabels kann für den Erfolg entscheidend sein.

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-fersehgesellschaften verwendet werden. Trotzdem solche Kabel üblicherweise eine Impedanz von  $75 \Omega$  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

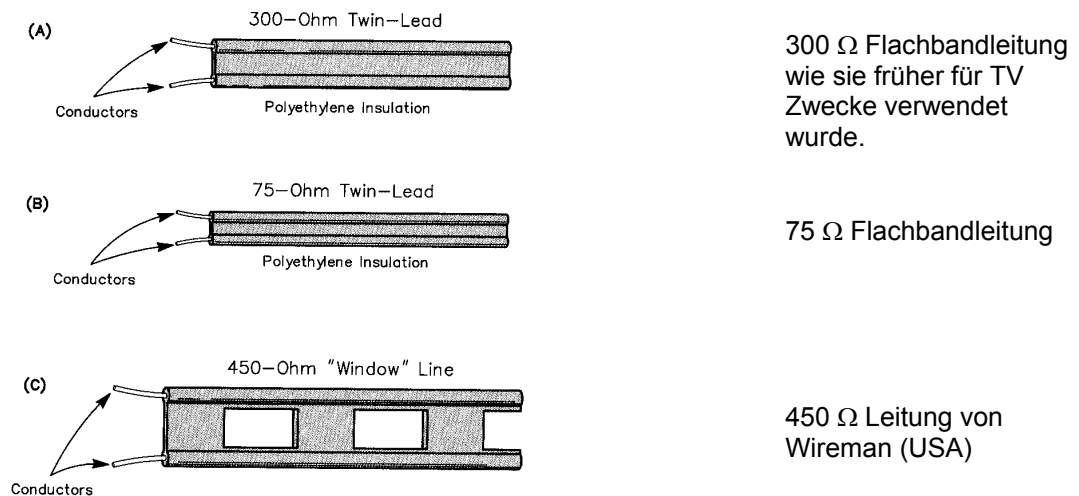
Ausser Koaxialkabeln verwendet man in der Kurzwellentechnik auch noch

### symmetrische Speiseleitungen.

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

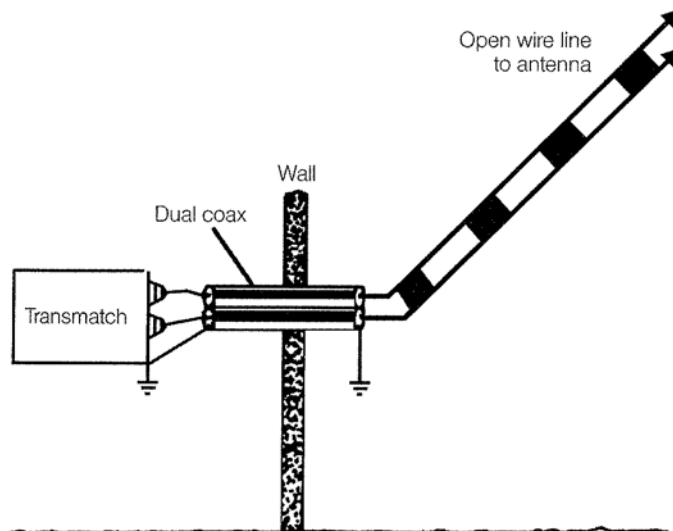
- **300  $\Omega$  Flachbandleitung**  
praktisch nicht mehr auffindbar. Wenn noch irgendwo Restposten auftauchen, dann liegt das Herstellungsdatum meistens so weit zurück, dass man solche Leitungen mit Vorsicht geniessen muss. Dieser Typ Leitung ist nur sehr bedingt wetterfest, Nach einigen Jahren steigen die Verluste stark an und das Kabel muss ausgetauscht werden.
- **75  $\Omega$  Flachbandleitung**  
soll es zwar geben, ich selbst bin diesem Leitungstyp noch nie begegnet. Was ebenfalls eine Impedanz in der Grössenordnung von 75  $\Omega$  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  $\Omega$  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  $\Omega$  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  $\Omega$ .

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  $\Omega$ -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

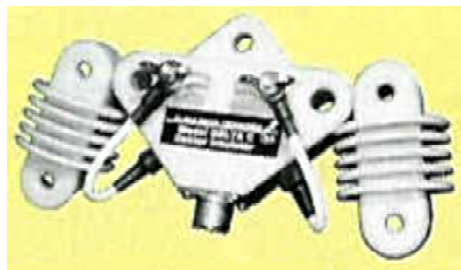
Eine weitere Frage die sich immer wieder stellt:

### 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.

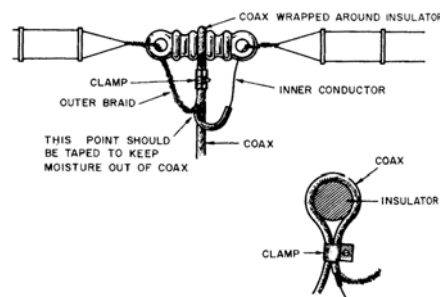
## 4.13 Anschluss des Speisekabels an die Antenne

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.

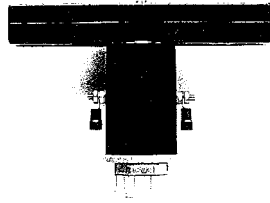
Allerdings ist diese Art nicht unbedingt wetterfest. Für eine Field-Day Antenne mag das gehen. Für permanenten Einsatz würde ich eher davon abraten.

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  $\Omega$
- 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.

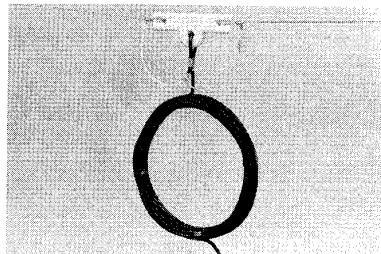
## 4.15 Die Mantelwellensperre

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)

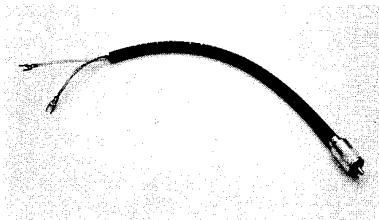


Die einfachste Mantelwellensperre (Typ A) besteht aus einem Ring aus Koaxial-Kabel den man möglichst nahe am Speisepunkt aufhängt.

#### Kochrezept:

Zur Unterdrückung von Mantelwellen im Frequenzbereich 3.5 – 30 MHz nimmt man 3 – 3.5 m Koaxkabel. Dieses wird so zu einem Ring aufwickelt, 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“

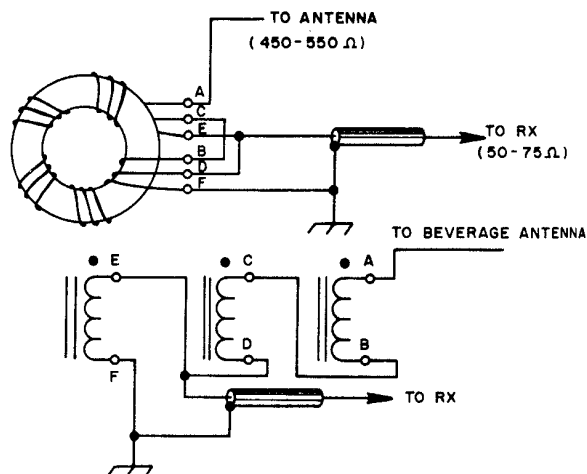
Eine Sonderform der Baluns ist der 1:9 Balun, auch magnetischer Balun genannt. Er dient dazu „hochohmige“ Antennen anzuschliessen.

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:  
Eine 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.

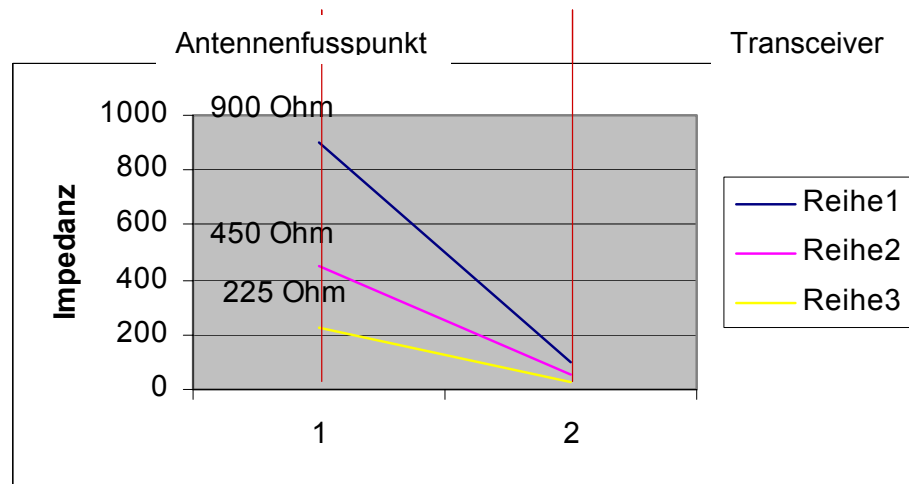
Bei einigen Artikeln zu diesem Thema werden immer nur die Längen des Antennendrahtes angeführt. Von der Länge und Anordnung der Erdleitung wird nichts ausgesagt. Ob eine bestimmte Drahtlänge geht oder nicht hängt auch noch von der Länge der Erdleitung ab, denn diese stellt einen Teil der Antenne dar 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 vorhandene 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  $90^\circ$  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 Achte 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.

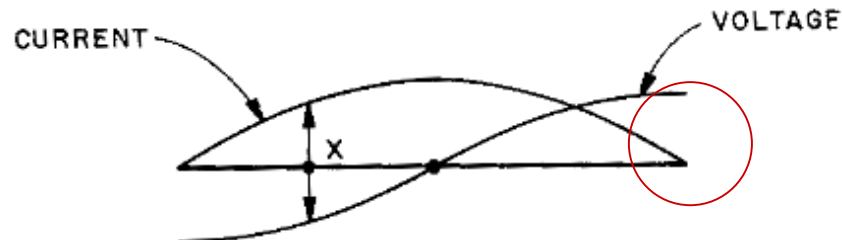
Wie können wir voraussagen was am Einspeisepunkt passiert und mit welcher Impedanz dort gerechnet werden muss?

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:

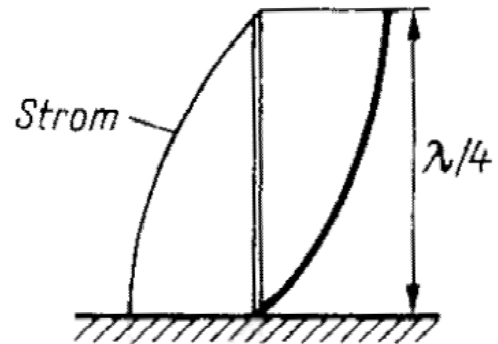
- **Freies Ende = Spannungsbauch**

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.



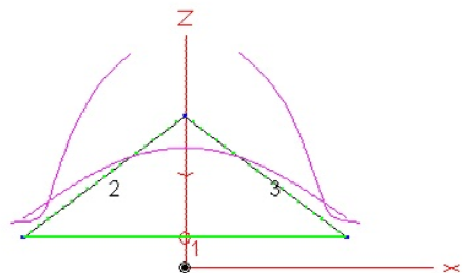
- **Geerdetes Ende = Strombauch**

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.

## Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

### Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör

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

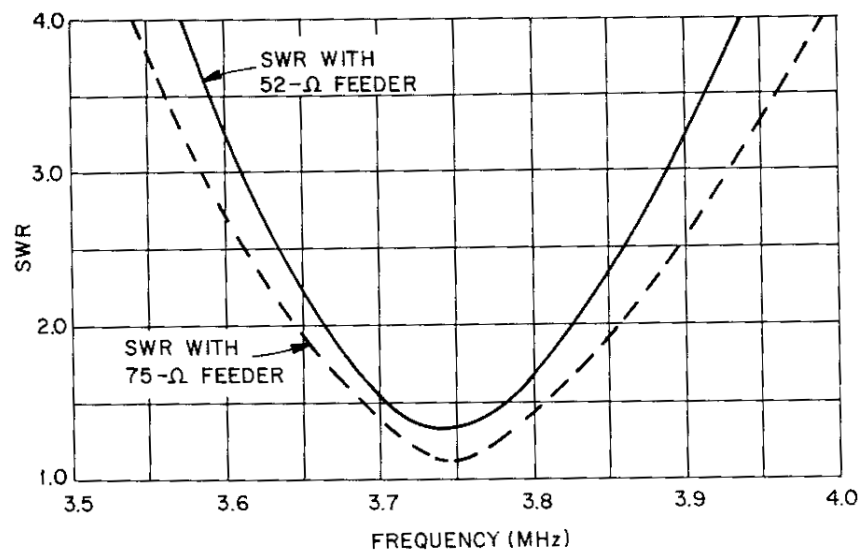
Rein theoretisch betrachtet hat eine Antenne eigentlich keine Bandbreite. Jede beliebige Antenne lässt sich unter Verwendung von Koppelnetzwerken auf jeder beliebigen Frequenz verwenden.

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 f<sub>res</sub>**

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 berufenerer 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 Antennenkoppler 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 Antennenkoppler:**  
Durch Verwendung eines Antennenkopplers machen wir die PA glauben es liege  $50 \Omega$  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 Antennenkabel 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 „Moder“ 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 (fres = 1830 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 Antennekoppler drin einen „rüudigen 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 !**

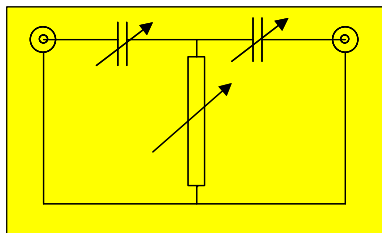
**Ein guter Antennekoppler hilft über vieles hinweg !**

## 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 Antennekoppler 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 zu wenig 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.

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



Ein simpler, heute oft verwendeter Antennekoppler 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 Antennekoppler typischerweise aussehen. Hier eine Version für die Bänder 80 – 10 m.

#### **ACHTUNG:**

**Diese Art Antennekoppler 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 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.**

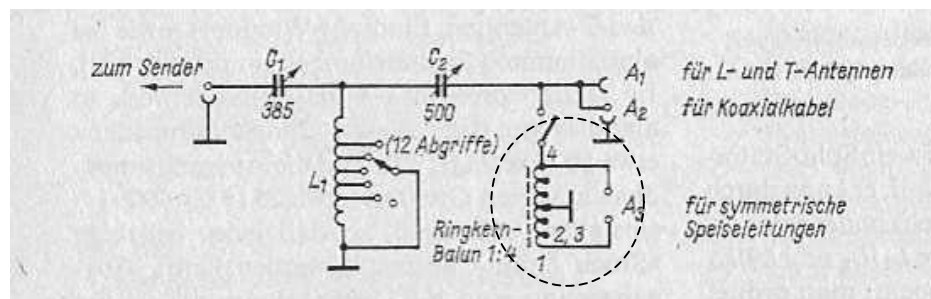
## 6.2 Antennenkoppler für symmetrische Speiseleitungen

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  $\infty$  anpassen. Aber ... wer hat schon eine solche „Matchbox“ ... und wer eine hat gibt sie nicht her. Bekannt sind auch die symmetrischen Tuner von Anneck (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 $\Omega$ )

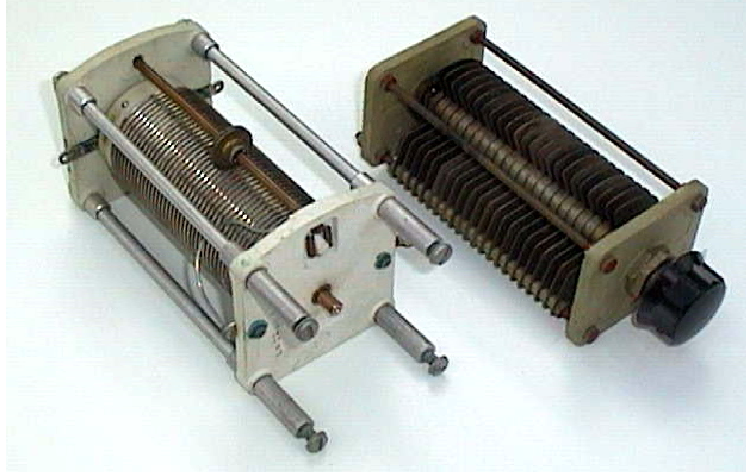
Der 1:4 Balun ist zwar nicht ideal und er hat einen eingeschränkten Abstimmbereich. Stromkopplung geht gut, bis mittlere Impedanzen geht es auch gut. Bei hohen Impedanzen beginnen sich Probleme einzustellen und mit einer reinen Spannungskopplung wird der 1:4 Balun nicht fertig. Bei stark reaktiven Impedanzen 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.



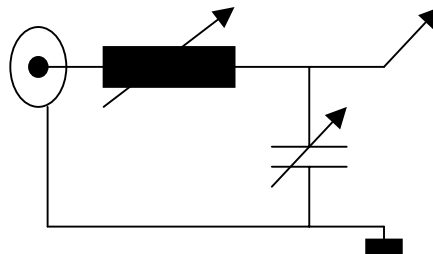
Das obige Bild zeigt einen Antennenkoppler der mit einem 1:4 Balun ausgerüstet ist und die Ankopplung von symmetrischen Speiseleitungen erlaubt.

## 6.3 Selbstbauprojekt: Antennenkoppler

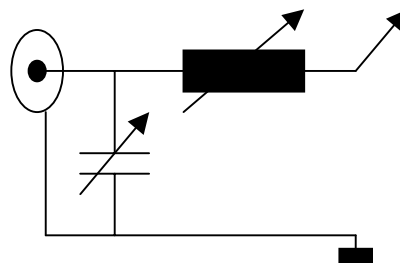
Antennenkoppler sind lohnende Selbstbauprojekte. Im einfachsten Fall werden lediglich ein einziger Drehkondensator sowie eine Spule mit Anzapfungen, oder besser eine Rollspule benötigt.



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 plaziert 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 !**

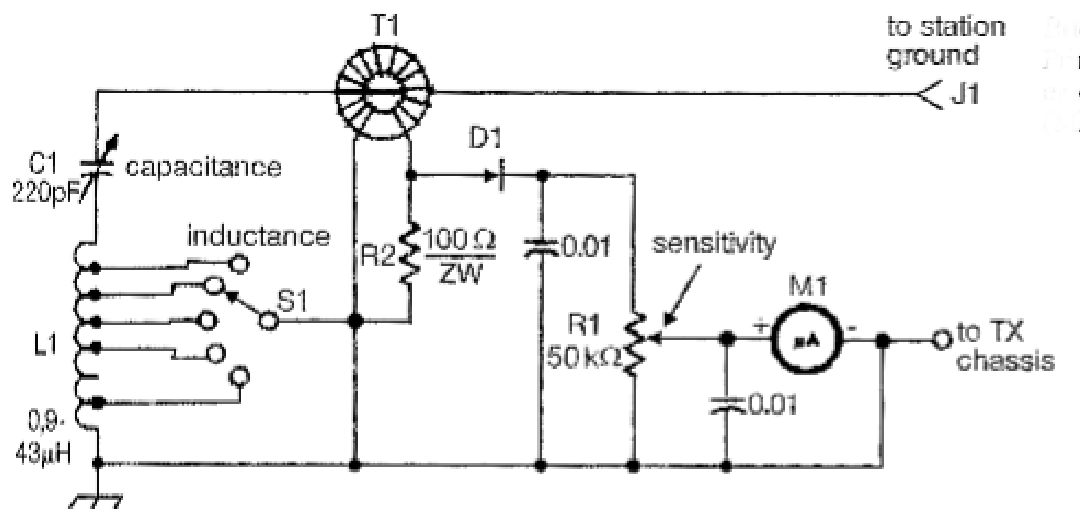
d.h. die Drahtlänge der Antenne darf auf keinem Band  $\lambda/2$  oder ein Vielfaches davon betragen.

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 Erdpfad 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.

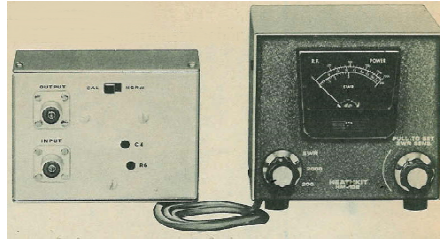
Mit dem Erdleitungs-Koppler kann man nun ein Stück Draht beliebiger Länge oder eine Verbindung zu einer entfernten Erde (Wasserleitung, Zentralheizung oder Hilfserder) auf Resonanz (Serienresonanz) abstimmen. Dazu wird die Masse des Erdleitungskopplers mit der Masse des Transceivers bzw. mit der Masse 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.

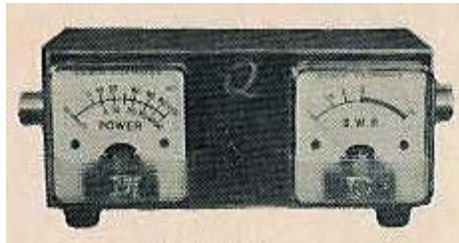
In der Praxis wird der Drehkondensator C1 in die Mittelstellung gebracht. Dann wird eine kleine Leistung auf den Sender gegeben und es werden die Spulenanzapfungen durchgeführt bis man die Stellung findet die am Instrument M1 den grössten Ausschlag erzeugt. Dann dreht man den Drehkondensator C1 in die 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

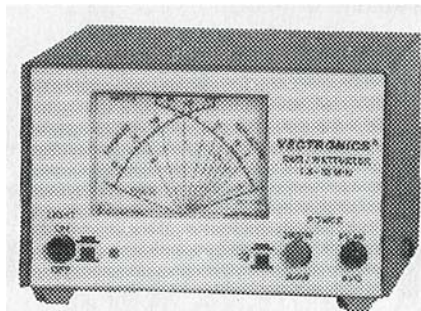
Jeder OM kennt sie, die SWR Meter. Sie zeigen das Stehwellenverhältnis (SWR = standing wave ratio) an. SWR Meter gibt es in den verschiedensten Ausführungen:



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)

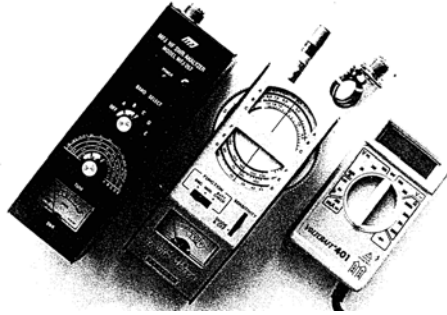
## 6.7 Messinstrumente für den Antennenbau

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 was 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**

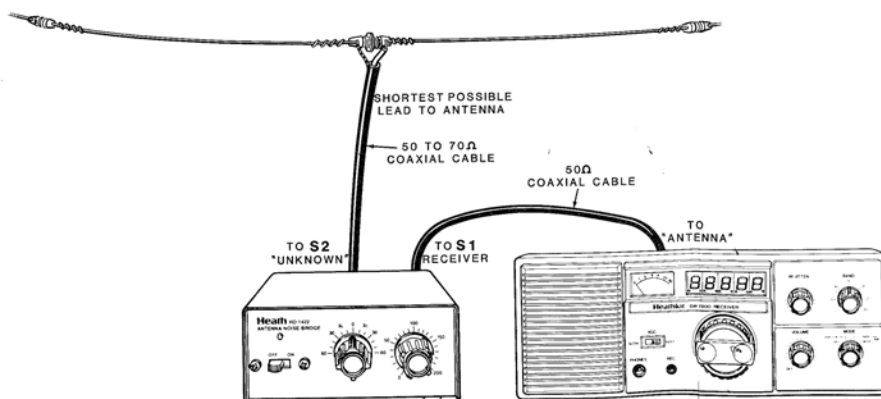
Was soll denn ein Vielfach-Instrument beim Antennenbau? Die Erfahrung zeigt, dass ab und zu mysteriöse Zustände eintreten die weit weg sind von dem was man eigentlich erwartet. Es ist in solchen Fällen nicht schlecht zuerst einmal einige simple Plausibilitätsprüfungen vorzunehmen, z.B. hat das Antennenkabel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



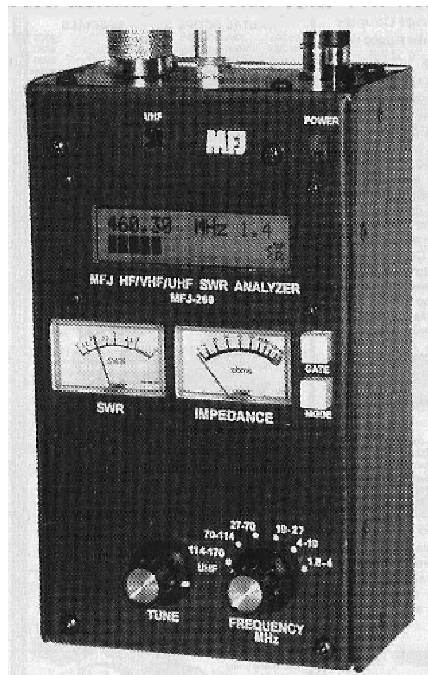
- **SWR Analysator**

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 Instrumente 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“ benützt werden und erspart einem so gleich noch die Anschaffung eines weiteren teuren Messgerätes.

My  
Favourite



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

## 6.8 Antennenstrom-Messung

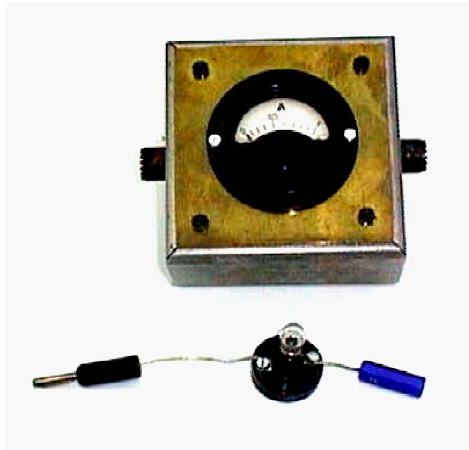
Speziell wenn man sich der Hilfe von Antennenkopplern bedient besteht die Gefahr, dass man einer „Kamikaze“-Einstellung des Antennenkopplers auf den Leim geht. Das sind Einstellungen, die zwar in Richtung Transceiver ein perfektes SWR vortäuschen, aber in Richtung Antenne ist nichts los. Die gesamte 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**



## Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

### Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör



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

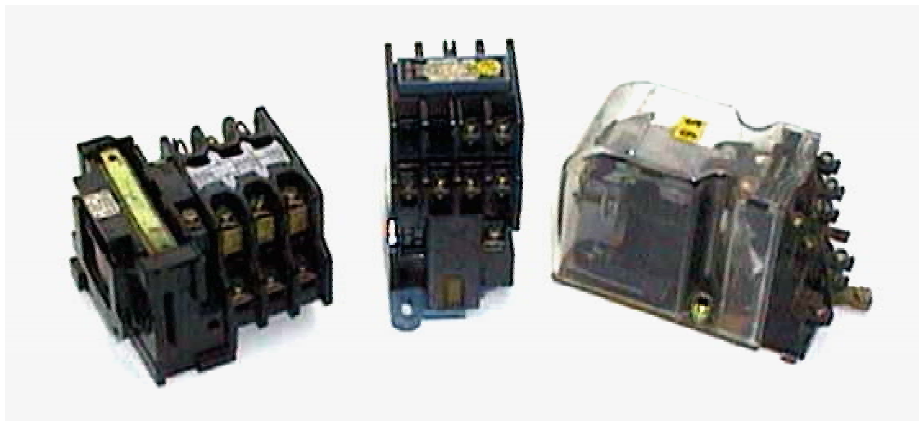
### Teil 1: Materialkunde, Messgeräte, Zubehör



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 Blitzschutzerde 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:

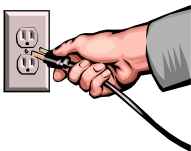
### **Blitzschutz ist von Gesetzes wegen für Aussenantennen ein MUSS.**

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

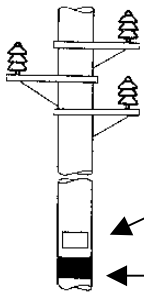
#### **das Verhalten gegenüber anderen Leitungen.**

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 ?

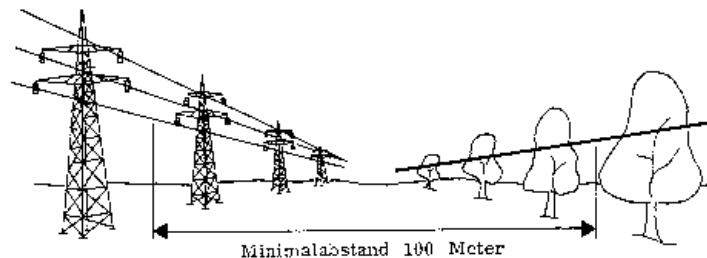
## Hochspannungsleitungen = höchste Lebensgefahr



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)

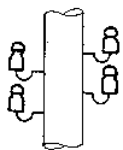


Der **Sicherheitsabstand von minimal 100 m** ist unbedingt einzuhalten. Es empfiehlt sich ohnehin solchen Leitungen grossräumig aus dem Weg zu gehen. Die Korona-Entladungen einer solchen Leitung machen einen vernünftigen Empfang im Umkreis von mehreren 100 m nahezu unmöglich. Die Leitung wirkt als breitbandiger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

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



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

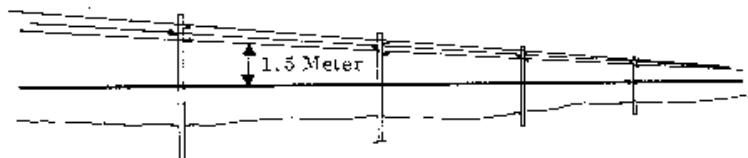


### **Stromleitungen 230/400 V = Lebensgefahr dies sind normale Freileitungen die z.B. Häuser versorgen.**

Merkmale:

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

### **Sicherheitsabstände bei Stromleitungen 230/400V**

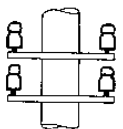


Eigentlich sollte man sich auch von einer 230/400 V Leitung fernhalten. Es gibt jedoch in der Praxis immer wieder Fälle wo ein „Strommast“ so schön in der Gegend steht und eigentlich einen ganz guten Abspannpunkt ergeben würde. In einem solchen Fall empfiehlt es sich die folgenden Regeln strikte zu beachten:

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.

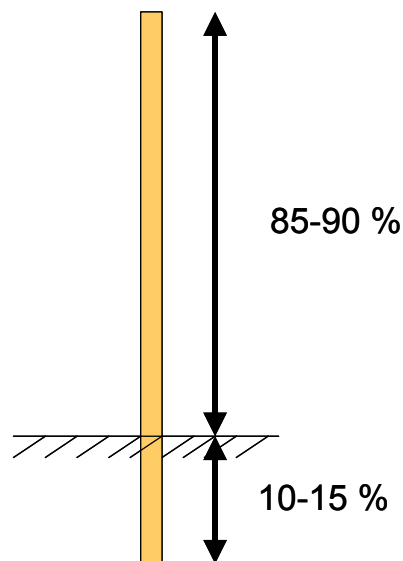
Meine persönlichen Erfahrungen mit Antennenbüchern und Veröffentlichungen zum Thema Antennen sind folgende:

- 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

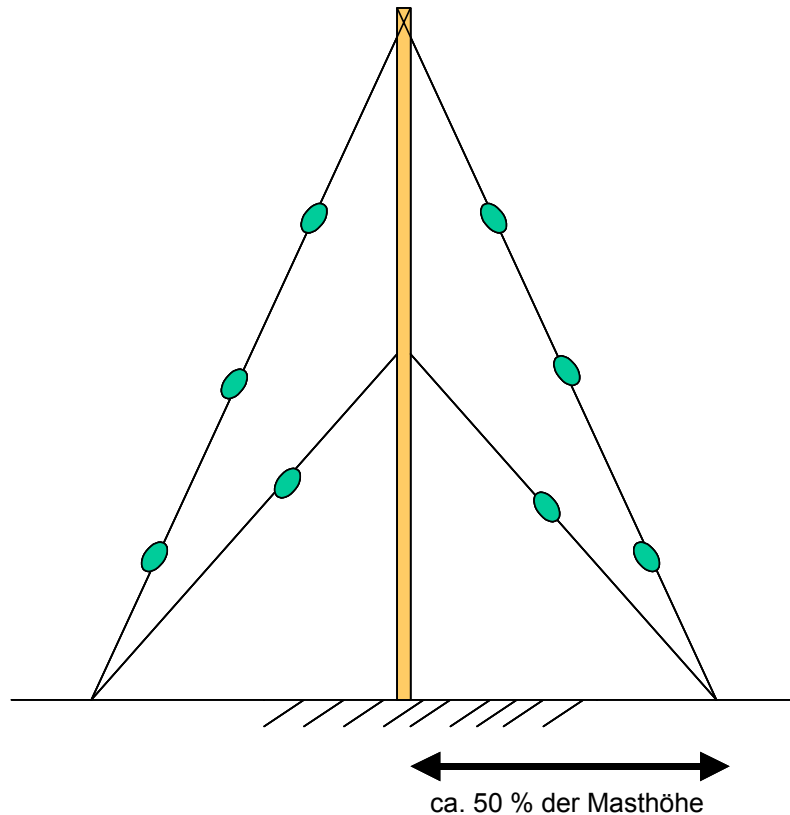


Wenn man einen Mast eingräbt, dann handelt es sich meistens um einen Holzmasten. Wie die obige Skizze zeigt gehören mindestens 10 % der Mastlänge eingegraben, besser sind ca. 15 %. Das Loch darf nicht zu gross sein, denn der Mast sollte in „gewachsenem Boden“ stehen und nicht in Auffüllmaterial. Im Loch drin wird der Mast sorgfältig mit grossen Flusssteinen (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 Abspanndrähte 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 x 5 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

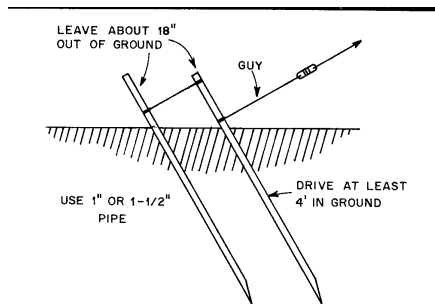
## Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

### 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 „Winkelleisen“, das man in den Boden schlägt, mag zwar einen Field-Day durchstehen, für permanente Installationen taugt es in der Regel nicht.

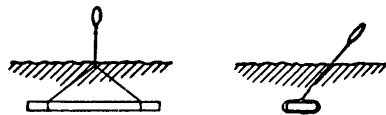
Deshalb hier einige Vorschläge die sich in der Praxis bewährt haben:



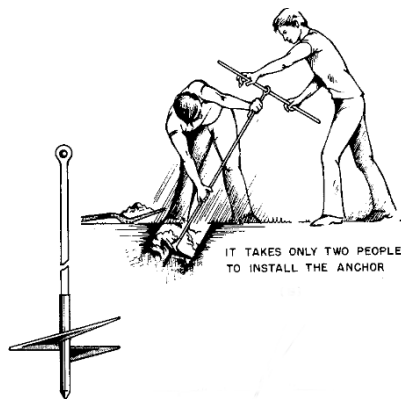
Wenn schon Winkelleisen oder Stahlrohre, z.B. Wasserleitungsrohr (1" – 1 1/2" verwendet werden sollen, dann bitte sicherheitshalber diesen Trick anwenden.

Das Motto:

Doppelt genäht hält besser !



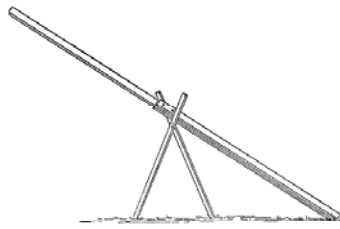
Hier werden Betonschwellen oder eventuell ein massiver Eichenbalken eingegraben.



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.

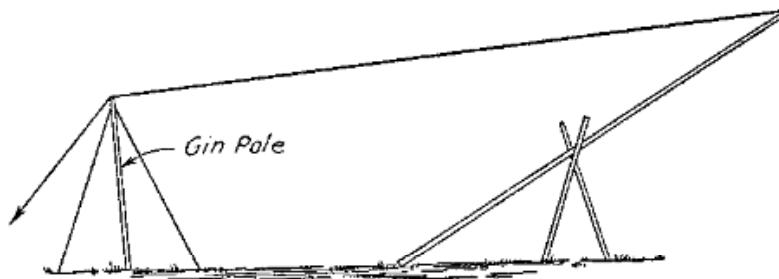
## 11.3 Aufstellen von Masten



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.

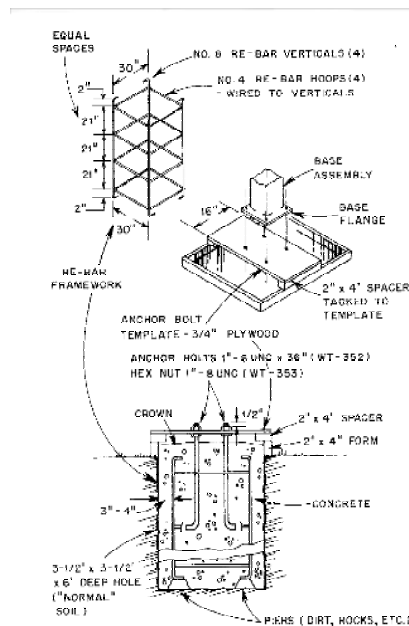
Das einfachste Hilfsmittel ist die oben gezeigt Schere aus zwei Latten, die miteinander sicher verbunden sein müssen. Damit kann man den Mast ein Stück weit anheben. Möglicherweise kann man dann zu zweit oder zu dritt aus dieser Position heraus den Mast in die Vertikale hieven.



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 zurück 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.

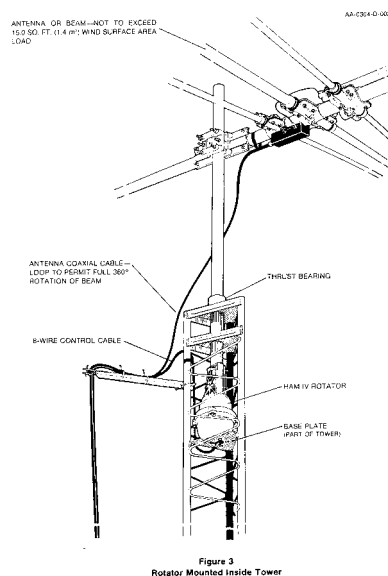
Mein Rat:

- 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)

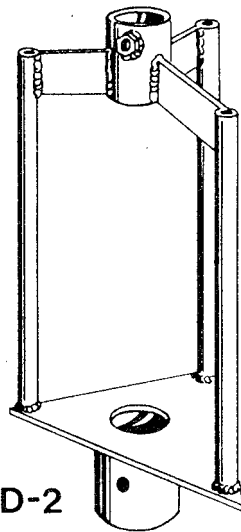
Links die Empfehlung eines Rotorherstellers zu diesem Thema.

## 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“!



UHD-2

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 nebenstehendem 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**