

Rund um die Antenne

Praxisorientierte Antennenkunde für Funkamateure

**Teil 1:
Allgemeines, Materialkunde, Zubehör**

Max Rügger, HB9ACC

Allen Freunden des Selbstbaus gewidmet

Rund um die Antenne
Teil 1: Allgemeine Hinweise, Materialkunde, Masten

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1	Rund um die Antenne, Teil 1	
	Vorwort	5
1.1	Allgemeines	7
1.1.1	Lasst Euch nicht entmutigen	7
1.1.2	Die Gesetze der Physik gelten für alle	8
1.1.3	Eine gute Antenne ist der beste HF-Verstärker	9
1.1.4	Jede Antenne ist nur so gut wie ihr Standort	9
1.1.5	Eine nicht optimale Antenne ist besser als gar keine Antenne	11
1.1.6	Kommerziell gefertigte Antennen	11
1.1.7	Verluste im Antennensystem	12
1.1.8	db = Dezibel	14
1.1.9	Der Funkamateurl und seine lieben Nachbarn	15
1.1.10	Umgang mit BCI / TVI	16
1.1.11	Elektrosmog & Cie.	16
1.2	5 goldene Regeln zum Antennenbau	18
1.2.1	Viel Draht	18
1.2.2	Möglichst hoch	18
1.2.3	Strom strahlt	19
1.2.4	Freie Enden = Spannungsbauch	20
1.2.5	Drahtlänge + 5 %	20
1.3	Festigkeit der Konstruktion	21
1.4	Materialkunde	22
1.4.1	Antennendraht	22
1.4.2	Der ohmsche Widerstand des Antennendrahtes	23
1.4.3	Dicke des Antennendrahtes	25
1.4.4	Isolatoren	26
1.4.5	Abspannseile	28
1.4.6	Durchhang	30
1.4.7	Abspannpunkte	30
1.4.8	Abspannung an Bäumen	31
1.4.9	Der Fiberglasmast – der Gehilfe beim Antennenbau	32
1.4.10	Ein praktisches Werkzeug	32
1.4.11	Zugentlastung	33
1.5	Blitzschutz	34
1.6	Safety first	35
1.6.1	Allgemeines	35
1.6.2	Verhalten gegenüber anderen Leitungen	35

Rund um die Antenne
Teil 1: Allgemeine Hinweise, Materialkunde, Masten

1.7		Masten	38
	1.7.1	Eingegrabene Masten	38
	1.7.2	Abgespannte Masten	39
	1.7.3	Aufstellen von Masten	41
	1.7.4	Beton Fundamente von Masten	42
	1.7.5	Rotorbefestigungen	42
	1.7.6	Hilfsmasten für Antennenmontage	44
	1.7.7	Fiberglas-Masten	46
1.8		Antennenbücher	46

Vorwort

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

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

Einige Bemerkungen zum Dokument:

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

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

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

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

Rund um die Antenne

Teil 1: Allgemeine Hinweise, Materialkunde, Masten

Das Dokument ist in 7 Teil-Dokumente aufgegliedert:

- **Teil 1**
 - allgemeine Hinweise
 - Materialkunde
 - Blitzschutz
 - Sicherheit
 - Masten

- **Teil 2**
 - Speisekabel
 - SWR

- **Teil 3**
 - Antennenkoppler
 - SWR-Meter
 - Instrumente
 - Baluns

- **Teil 4**
 - Antennen-Theorie
 - Antennen-Simulation

- **Teil 5**
 - Dipole
 - Windom-Antennen
 - Trap-Antennen
 - Langdraht-Antennen

- **Teil 6**
 - Ganzwellen-Dipol
 - L-Antennen
 - Sloper
 - Schleifenantennen
 - Vertikal-Antennen

- **Teil 7**
 - spannungsgespeiste resonante Antennen
 - verkürzte Antennen
 - Sonderformen verkürzter Antennen

Wichtiger Hinweis:

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

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

März 2007

73 de Max Rügger / HB9ACC

1.1 Allgemeines

1.1.1 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.

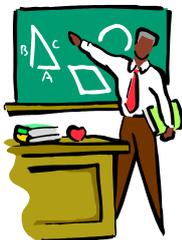
Leider trifft man häufig auf selbsternannte Experten, die das mit viel Enthusiasmus durchgezogene Projekt zerreißen und keinen guten Faden daran lassen. Meistens erzählen einem diese Besserwisser sie hätten auf ihrem PC zu Hause eine Antennen-Symulations-Software und damit können sie halt alles untersuchen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

Lasst Euch von solchen Leuten nicht beeindruckten 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.**

1.1.2 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 der 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.

1.1.3 Eine gute Antenne ist der beste HF-Verstärker

Eine alte Funkerweisheit sagt:



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

Antennen sind Gebilde die, von wenigen Ausnahmen abgesehen, dem Reziprozitätsgesetz 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 Sendenergie verschwindet ja nicht in irgendeinem Nirwana. Was die Antenne an Sendenergie 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.

1.1.4 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 Eisenbahnen, Tram, Trolleybus etc.) weitverbreitet. Vertikale Antennen nehmen im allgemeinen mehr von diesen Störfeldern auf als horizontale Antennen. Da die Störfelder mit der Distanz sehr schnell abnehmen kann man die Situation etwas verbessern indem man die Amateurfunk-Antennen möglichst hoch anordnet. Man „entflieht“ so dem Störnebel.

Rund um die Antenne

Teil 1: Allgemeine Hinweise, Materialkunde, Masten

▪ Standortbedingte Kriterien

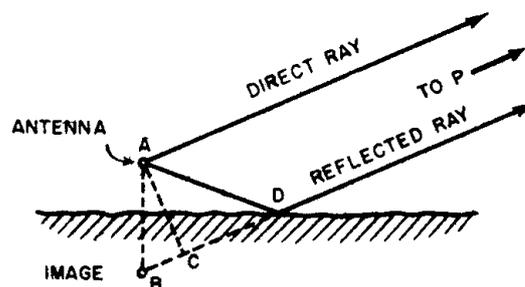
Auch auf der sogenannten „grünen Wiese“ eignen sich nicht alle Standorte gleich gut für eine bestimmte Art von Antenne. Um gute DX-Abstrahlung zu erhalten sollte das Gelände möglichst nach allen Seiten offen sein. Erhebungen mit einem Winkel bis zu etwa 20° behindern im allgemeinen den Funkverkehr nicht.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

- Im Talboden des Kanton's 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. Dieser Talkessel ist allseits von hohen Bergen umgeben und Eingang ist ein schmaler Spalt. 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.

1.1.5 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 erste Priorität.

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.

1.1.6 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:

- 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.

Viele Antennen werden auch durch meteorologische Bedingungen beeinflusst. Die meisten Antennen werden bei trockenem Wetter abgeglichen. Man notiert sich dann die SWR Werte für die verschiedenen Bänder. Nach längeren Regenfällen oder nach Schneefall kontrolliere man die SWR Werte derselben Antenne. Man wird feststellen, dass sich gewisse Verschiebungen der Resonanzfrequenzen eingestellt haben. Man gerate dadurch ja nicht in Panik sondern verwende wenn nötig einen Antennenkoppler um dem Transceiver wieder optimales SWR vorzutauschen. Wenn alles wieder schön trocken ist misst man das SWR nochmals und man wird feststellen, dass wieder alles in bester Ordnung ist. Das heisst, man findet wieder das Original-SWR, wie seinerzeit bei trockenem Wetter gemessen wurde.

Sollte das SWR auf mysteriöse Weise immer besser werden dann freue man sich nicht zu früh. In einem solchen Fall liegt der Verdacht nahe, dass sich das SWR mit freundlicher Mithilfe irgendwelcher Übergangswiderstände verbessert hat. Dann ist eine Überprüfung der Kabel, Stecker, Anschlüsse der Antennendrähte/-elemente etc. angesagt.

1.1.7 Verluste im Antennensystem



Unter Antennensystem verstehe ich alles zwischen Sender-/Transceiverausgang bis zur Antenne. Dazu gehören nebst allen Kabeln, Stecker etc. auch allfällig eingeschlaufte SWR-Meter, Antennenkoppler etc.

Jedes Antennensystem ist verlustbehaftet !

Dies ist eine Tatsache die jeder Profi uneingeschränkt akzeptiert. Funkamateure geben sich aber häufig der Illusion hin alles müsse verlustlos funktionieren. Im Prinzip ist am Gedanken die Energie möglichst verlustlos zur Antenne zu bringen sowie eine Antenne mit einem möglichst hohen Wirkungsgrad zu verwenden nichts auszusetzen. Man sollte bei all diesen Bestrebungen doch immer auf dem Boden der Realität bleiben. Tatsache ist:

- jedes Koaxialkabel weist Verluste auf
- jeder Übergang Stecker/Steckdose weist Verluste auf
- jedes eingeschlaufte Messgerät (SWR-Meter etc.) hat einen Eigenverbrauch der zu den Verlusten beiträgt

Rund um die Antenne

Teil 1: Allgemeine Hinweise, Materialkunde, Masten

- jeder Antennenkoppler, ungeachtet der guten Dienste die er leistet, weist Verluste auf
- jedes Stück Antennendraht stellt einen ohmschen Widerstand dar der zu den Verlusten beiträgt
- etc.

Nicht nur im Amateurfunk sondern in der gesamten Messtechnik werden Gewinne und Verluste in einer logarithmischen Skala dargestellt. Es handelt sich dabei um das berühmte

db = Dezibel

Mehr zum Thema db = Dezibel im nächsten Kapitel.

Jeder der Amateurfunk betreibt kennt das S-Meter an seinem Empfänger / Transceiver. Das S-Meter zeigt an mit welcher Feldstärke die Gegenstation empfangen wird. Die Unterschiede zwischen den einzelnen S-Stufen sind zu 6 db definiert. Unter normalen Umständen wird ein QSO immer noch stattfinden auch wenn die Feldstärke der Gegenstation um 1 bis 2 S-Stufen absinkt.

Wenn es um Antennengewinne oder um Systemverluste geht ist für mich deshalb das Mass aller Dinge immer die S-Stufe. Die db-Spalterei, wie sie von gewissen OM's (vor allem am Stammabend) immer wieder doziert wird, bringt im Grunde genommen nichts. Mit gewissen Verlusten im Antennensystem muss man leben. Der Drang nach Perfektion ist zwar schön, wichtig für den Funkamateurl ist, dass die Funkverbindung trotzdem steht.

Im Leben ist alles eine Kosten / Nutzen Rechnung. Man mache das beste aus der Situation, man vermeide Verluste wenn man sie mit vernünftigem Aufwand vermeiden kann, man lasse aber immer den gesunden Menschenverstand walten. Wenn eine Antenne gute Resultate liefert dann freue ich mich an den schönen QSO's und ich verzichte darauf immer weiter nach der Perfektion zu streben. Ab einem gewissen Punkt liegt der Aufwand, den man treiben muss um eine klitzekleine Verbesserung zu realisieren, in keinem Verhältnis mehr zum zusätzlichen Erfolg den man damit erzielt. Wenn die Gegenstation am S-Meter nichts von der Verbesserung merkt dann kommt der Zeitpunkt wo man, wie der Volksmund so sagt „die Fünf gerade sein lassen soll“.

1.1.8 db = Dezibel



Bei vielen technischen Messungen taucht immer wieder das **Dezibel** auf. Das Dezibel ist für sich allein betrachtet keine Grösse im SI-System, wie Kilogramm, Meter, Liter, Ohm, Volt, Ampere, Watt, Henry, Farad, etc. Zu allen Angaben in Dezibel muss immer definiert werden welche Grösse im SI-System man nun in dB ausdrückt. Zu einer Aussage die in Dezibel ausgedrückt wird gehört also immer ein Hinweis auf den **Bezugspunkt**.

Dezibel (dB) ist ein **Faktor** im **logarithmischen Massstab**.

Überdies ist Dezibel nicht immer Dezibel, d.h. es wird nicht immer nach derselben Formel gerechnet.

In der Kommunikationstechnik unterscheiden wir:

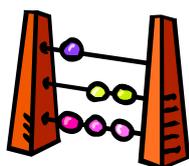
Für Leistungsmessungen (P-Messung):
$$dB = 10 \log \frac{P1}{P2}$$

Die Leistung P kann in Watt, Kilowatt oder Milliwatt etc. ausgedrückt werden.

Für Spannungsmessungen (U-Messung):
$$dB = 20 \log \frac{E1}{E2}$$

Die Spannung E kann in Volt, Kilovolt, Millivolt etc. ausgedrückt werden.

In der Antennentechnik interessiert uns in erster Linie die Definition für die Leistungsmessung (P-Messung).



db	Faktor bei P-Messung	Faktor bei U-Messung
0	1	1
3	2	1.41
6	4	2
10	10	3.16
14	25	5
20	100	10
28	400	20
30	1'000	31.6
40	10'000	100
60	100'000	1'000
80	1'000'000	10'000
100	10'000'000	100'000

Bei Antennenmessungen wird als Referenzpunkt immer der Wert des sogenannten „isotropen Strahlers“ (= Kugelstrahler), der zu 0 db angenommen wird, verwendet.

Das ARRL Antenna Book schreibt zu diesem Thema:

Gewinn und Verlust in Antennensystemen werden der Einfachheit halber üblicherweise in db ausgedrückt. Die Verwendung des Dezibels ist eine ausgezeichnete Methode um Leistungsverhältnisse zu messen weil es in der Praxis besser mit den effektiven Veränderungen der Signalstärke bei der Gegenstation übereinstimmt als das Leistungsverhältnis ausgedrückt im dekadischen System. Ein db entspricht in der Praxis einer gerade wahrnehmbaren Veränderung in der Signalstärke, unabhängig von der effektiven Signalstärke. Ein 20 db Anstieg im Empfangssignal repräsentiert 20 wahrnehmbare Schritte im Anstieg des Empfangssignals. Das Leistungsverhältnis von 100:1 (wie es im dezimalen System ausgedrückt wird) erweckt übertriebene Erwartung an den Anstieg des Empfangssignals. Einer der Vorteile des db-Systems liegt darin, dass sich einzelne Faktoren, deren Werte in db vorliegen, einfach zusammenzählen lassen. Ein Gewinn von 6 db der von einem Gewinn von 3 db gefolgt wird ergibt einen Gesamtgewinn von 9 db. Im normalen dezimalen Zahlensystem müsste man die einzelnen Gewinnfaktoren miteinander multiplizieren um das korrekte Gesamtverhältnis zu erhalten.

Bei einer Reduktion des Gewinns wird ebenso verfahren. Allerdings werden jetzt die Werte voneinander subtrahiert. Eine Leistungsreduktion um den Faktor 2 entspricht einem Wert von -3 db. Wenn wir z.B. in einem Teil des Systems eine Leistungssteigerung vom Faktor 4 haben und in einem anderen Teil des Systems eine Reduktion um $\frac{1}{2}$ dann ergibt dies im dezimalen Zahlensystem $4 \times \frac{1}{2} = 2$. In db ausgedrückt heisst das: **6 db - 3 db = 3 db**. Eine Leistungsreduktion (= Verlust) wird ganz einfach durch ein „Minuszeichen“ vor der entsprechenden Anzahl db ausgedrückt.

1.1.9 Der Funkamateurlandbesitzer und seine lieben Nachbarn

Jeder Funkamateurlandbesitzer, der nicht gerade eine einsame Ranch in Texas besitzt, hat Nachbarn. Ob er will oder nicht, mit seinen Nachbarn muss er leben.



Das für die Nachbarn sichtbare Aushängeschild des Funkamateurlandbesitzers sind seine Antennen. Ob das Hobby „Funkamateurlandbesitzer“ von den Nachbarn besser oder kritischer beurteilt wird hängt vielfach von der Art der verwendeten Antennen ab sowie von der „Professionalität“ in deren Aussehen.

Einige Gedanken dazu:

- in dicht besiedelten Gebieten sollte man sich überlegen welche Antennenformen unauffällig sind oder im besten Falle „fast unsichtbar“ sind. Diese werden von Nachbarn am ehesten ohne Murren akzeptiert oder im besten Falle gar nicht wahrgenommen.
- Drahtantennen für den Funkverkehr auf KW gehören im allgemeinen in diese Kategorie.
- Antennen sollten auch ästhetisch etwas hergeben und einwandfrei konstruiert sein. Nichts zieht soviel Kritik auf sich wie eine offensichtliche Bastelei.
- Wer eine Vertikalantenne auf dem Dach hat der sollte unbedingt dafür besorgt sein, dass die Antenne auch wirklich „vertikal“ steht. Ich weiss, bei gewissen Typen von Vertikalantennen ist dies gar nicht so leicht zu bewerkstelligen. Aus irgendwelchen Gründen hat der Hersteller die Antenne so konstruiert, dass unzählige Teile aneinandergereiht werden müssen. Wer eine Vertikal Antenne auf dem Dach hat die die Wölbung einer Banane aufweist, der muss sich nicht wundern wenn sich seine Nachbarn kritisch äussern.
- Für Beams gilt dasselbe. Es gibt für Nachbarn nichts anstössigeres als ein Beam dessen Elemente nicht ausgerichtet sind oder der abgelenkte Elemente aufweist.

Es lohnt sich Antennen so gut und so schön zu bauen wie nur irgendwie möglich. Eine Antenne die von der Ausführung her so aussieht als ob sie von einer professionellen Firma erstellt wurde gerät weniger in Kritik als irgendein hingebastelter Drahtverhau.

1.1.10 Umgang mit BCI / TVI



Fast jeder OM wird in seiner Amateurfunktätigkeit irgendeinmal mit der Vorwurf konfrontiert er störe irgendwelche Geräte seiner Nachbarn.

Bei Störungen in Audioanlagen (Radio, Stereo, Telefon etc.) redet man von BCI (Broadcast Interference). Störungen an Fernsehanlagen bezeichnet man logischerweise als TVI (TV Interference).

Manchmal sind die gemeldeten Störungen echt, manchmal wird der OM von gewissen Leuten für alle Störungen die in ihrem Haushalt auftreten verantwortlich gemacht. Ich hatte vereinzelt auch schon solche Fälle.

Ich erkläre den betreffenden Leuten, dass meine gesamte Funktätigkeit in einem Logbuch festgehalten sei. Ich bitte sie während einer gewissen Zeit, z.B. 1 Monat, alle Störungen die sie feststellen mit Datum und Zeitspanne zu notieren. Anschliessend würden wir dann die Störungen gemeinsam mit den Einträgen in meinem Logbuch vergleichen.

Mit dieser Methode lassen sich ungerechtfertigte Reklamationen rasch ausscheiden. Wenn Störungen zu Zeiten notiert werden in denen ich gar nicht aktiv war oder mich sogar nachweisbar auf Dienstreise im Ausland befand, dann wird für die meisten von Störungen betroffenen Nachbarn klar, dass ich als Funkamateurler nicht die Quelle der Störungen an ihren Geräten sein kann.

Wenn die Störungen echt sind und von meiner Station stammen dann gibt es nur eins, nämlich sofort anbieten die Störungen zu untersuchen und Abhilfe zu schaffen. Wenn die üblichen Hausmittelchen wie Ferritdrosseln in die Zuleitungen zu den Geräten nichts bringen dann empfiehlt es sich die Hilfe der Experten der USKA oder der lokalen Amateurfunkorganisation in Anspruch zu nehmen.

Was überhaupt nichts bringt ist dem gestörten Nachbarn zu erklären seine Anlage sei sowieso Schrott und er solle sich gefälligst etwas besseres anschaffen. Dies mag zwar technisch gesehen stimmen, es trägt aber nicht sonderlich zu den guten nachbarschaftlichen Beziehungen bei. In diesem Falle ist es besser wenn dieses Urteil von einem Spezialisten des BACOM (Aufsichtsbehörde) oder des lokalen Amateurfunkverbandes ausgesprochen wird.

1.1.11 Elektrosmog & Cie



Seit es die Menschheit gibt gibt es auch Gaukler und Wahrsager, die von Ängsten die sie anderen Leuten einreden, gut leben. Im vergangenen Jahrhundert hatten „Experten“, die die Menschheit mit geheimnisvollen Geräten und allerlei Hokuspokus zur „Entstörung von Erdstrahlen“ beglückten, Hochbetrieb. Vor etwa 15 Jahren prägte jemand den Begriff „Elektrosmog“ und siehe da, auch diese Sparte hat sich zu einem lukrativen Betätigungsfeld für allerlei selbsternannte Experten gemauert. Keiner weiss zwar was „Elektrosmog“ eigentlich sein soll, aber der Begriff tönt gut und man kann vielen Leuten damit die Hölle heiss machen. Auch lassen sich zu guten Preise allerlei Gerätschaften zum Nachweis von Elektrosmog sowie Abhilfemittel verkaufen. Bezeichnenderweise haben die Gerätschaften zum Nachweis von „Elektrosmog“ zwar eine Skale, aber keinerlei Hinweise darauf welche physikalische Grösse denn damit eigentlich erfasst werden soll.

Wenn in der Presse wieder einmal ein Artikel erschien in dem Stand „es sei ja wahnsinnig, Leute würden einem Feld von über 300 Mikrovolt ausgesetzt“, dann pflegte ein leider inzwischen verstorbener OM jeweils zur Feder zu greifen. Er schrieb dann der betreffenden

Rund um die Antenne

Teil 1: Allgemeine Hinweise, Materialkunde, Masten

Zeitung, ob sich die Redaktoren eigentlich im klaren seien, dass wenn sie die berühmte Schweizer Militärtaschenlampe anknipsen eine Spannung von 4'500'000 Mikrovolt (für uns eingeweihte = 4.5 V) im Spiel sei. Ob denn schon einmal einer von ihnen dadurch zu Schaden gekommen sei?

Wenn Leute wissen, dass ich Elektroingenieur bin und seinerzeit auf dem Spezialgebiet der Fernmeldetechnik promoviert habe, dann werde ich regelmässig zur Frage von „Elektrosmog“ und zum Thema „was denn eigentlich gefährlich sei und was nicht“ angegangen.

Ich pflege den Leuten dann jeweils als Einstieg eine wahre Geschichte zu erzählen:

Als 16 jähriger, der sich gerade beim vormilitärischen Morseunterricht Telegraphiekenntnisse erworben hat, bin ich 1958 in den EVU (Eidg. Verband der Übermittlungstruppen) eingetreten. Dort erhielten wir Unterricht in Sachen Funkstationen, Funkbetriebstechnik, Telegrammübermittlung etc. In einer der ersten Lektionen zum Thema Funktechnik wurde uns Burschen eingebläut uns nie einer Radarantenne zu nähern, ausser wir erhielten explizit Erlaubnis dazu und wir seien sicher, dass das Radargerät abgeschaltet sei. Der Grund dafür seien die „Centimeterwellen“ die in der Grössenordnung von Körperorganen (Augapfel, Blase, Hoden etc.) seien und die dort Resonanzen hervorrufen können. Wenn man auf diese Art grilliert werde, dann sei das der Gesundheit sicher nicht besonders zuträglich.

Ich pflege dann fortzufahren „dies sei ein Wissen das man schon damals gehabt habe“. Unterdessen seien die für allgemein zugängliche Funkdienste verwendeten Frequenzen immer höher und demzufolge die Wellenlängen immer kleiner geworden. Mit unseren heutigen Mobiltelefonen seien wir nun halt in dieser Grössenordnung und die Gefahr dass gewisse Körperorgane geschädigt werden können sei nicht vollständig auszuschliessen.

Was nun den Amateurfunk angehe so könnten sie unbesorgt sein. Im Kurzwellenfunk würden wir Wellenlängen zwischen 160 m und 10 m verwenden. Diese Wellenlänge seien im Vergleich zu unserem Körper sehr gross und in einem solchen Bereich, dass nichts in unserem Körper darauf reagieren könne. Im übrigen verwende man diese Art Funkwellen schon seit Marconi's Zeiten, also ca. 1900, ohne dass je jemand Schaden genommen hätte, es sei denn er hätte im Innern eines eingeschalteten Gerätes hantiert. Aber das sei ja etwas das auch beim „normalen Strom“ vorkommen könne. Es gebe auch immer wieder Elektriker die unvorsichtigerweise an unter Strom stehenden Anlagen arbeiten ausführen würden und dabei verunfallen. Dem „normalen Bürger“ passiere aber so etwas nicht.

„Normale Leute“ sind dann jeweils beruhigt und gegen die „Fundamentalisten“ ist ohnehin kein Kraut gewachsen. „Fundis“ sind rationalen Überlegungen gegenüber nicht zugänglich. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass nur ihre eigene Meinung zählt.

1.2 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 ?

1.2.1 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, Zeppelin Antennen, endgespeiste Drähte, Lazy-Henry, und viele andere Antennenarten.

1.2.2 Regel 2: Möglichst hoch



„Möglichst hoch“ soll daran erinnern, dass

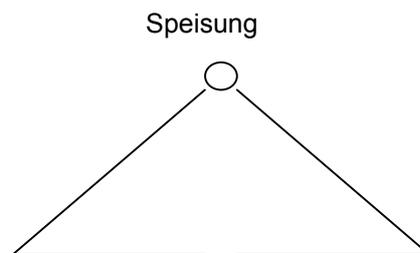
- auch wenn wir glauben eine Antenne „hoch“ aufgehängt zu haben, sie in Wirklichkeit doch immer noch relativ tief hängt. Dies trifft vor allem für die „langwelligeren“ Bänder (160 m und 80 m) zu. Um eine Antenne nur schon in eine Höhe von $\frac{1}{4} \lambda$ zu bringen braucht man einen Befestigungspunkt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

1.2.3 Regel 3: Strom strahlt

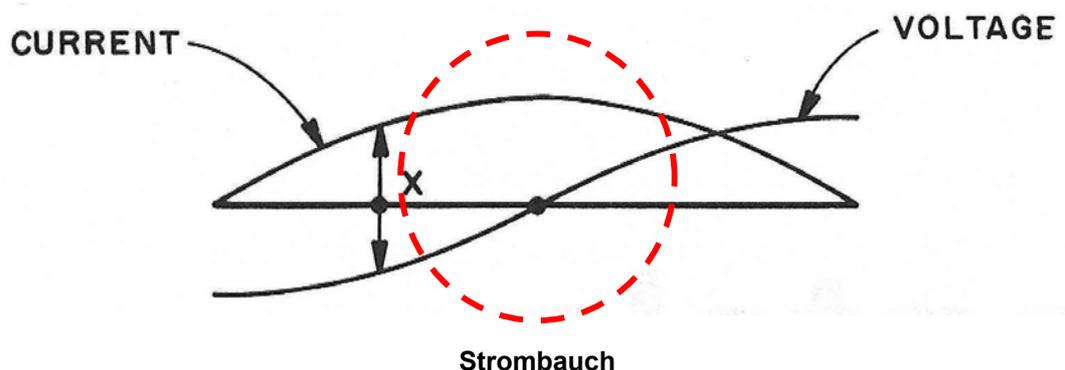


„Strom strahlt“ soll daran erinnern, dass

- 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“ (Inverted Vee). Dieselbe Antenne wird übrigens für 80 m unten in der Mitte zusammengeschaltet und arbeitet dann als Ganzwellenschleife auf 3.5 MHz CW. Auf beiden Bändern macht DX Verkehr in CW viel Spass.
- wenn wir eine Antenne elektrisch verlängern müssen, dann sollten wir die „verlängernde Elemente“ (z.B. Verlängerungs-Spulen) nicht gerade dort einfügen wo am meisten Strom fließt.



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

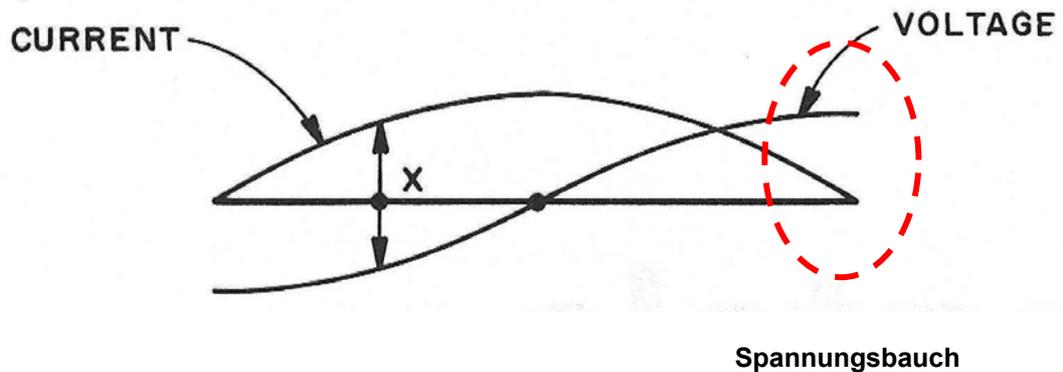


1.2.4 Regel 4: Freie Enden = Spannungsbauch



„freie Enden = Spannungsbauch“ soll daran erinnern, dass

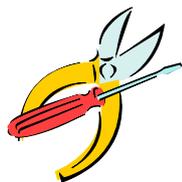
- freie Enden einer Antenne (also Enden die nichts mit der Speisung zu tun haben) per Definition immer im Maximum eines Spannungsbauches liegen.
- für die Impedanz einer Antenne immer der Speisepunkt zuständig ist. Wenn man die Länge einer Antenne vom freien Ende her zum Speisepunkt kennt, dann kann 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.



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.

1.2.5 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.

1.3 Festigkeit der Konstruktion

Für mich gibt es grundsätzlich nur 2 Arten von Antennen

- ganz leichte Antennen
- oder
-
- ganz schwere Antennen
- 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 oder max. 100 W 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 bereits 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 (= INOX)

Diese Dinge kosten zwar im Ankauf etwas mehr. Gerade als Funkamateure, der ja im Regelfall von lieben oder weniger lieben Nachbarn umgeben ist, sollte man Wert darauf legen, dass Konstruktionen die für jedermann sichtbar sind einen guten Eindruck machen. Überdies ist man sich später selber dankbar, wenn man sich nicht mit verrosteten Schrauben etc. herumärgern muss.

1.4 Materialkunde

1.4.1 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 vorhandenem 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: Amateurfunk-Händler, Flohmärkte etc.
 - **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 Telefönlner 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 etwas grösser als bei Cu- oder Bronzedraht. Wenn es sich nicht gerade um Schleifenantennen mit gigantischen Ausmassen handelt sind diese Verluste meist verkraftbar.
Eine Besonderheit hat der Felddraht:
Es handelt sich um 2 ineinander verdrehte Drähte. Zweckmässigerweise verwendet man diesen Draht so wie er ist, als Doppeldraht. Man schaltet einfach beide Drähte parallel und erhält so einen etwas grösseren Querschnitt.
Wenn man nun z.B. einen Dipol genau auf Länge abschneidet, dann wundert man sich, dass die Resonanzfrequenz des Dipols zu tief liegt, und zwar nach meinen eigenen Beobachtungen um bis zu 7 %. Man kratzt sich am Kopf und fragt sich woher das kommt. Die Antwort ist ganz einfach. Durch das Verdrehen ist jeder einzelne Draht etwas länger als die Distanz die man abgemessen hat. Dadurch sinkt die Resonanzfrequenz. Voilà, auch dieses Geheimnis ist gelöst. Nun heisst es nur noch abschneiden bis die Länge stimmt.
Bezugsquelle: z.B. Swiss Army Liquidations Shops.
Man findet dort auch noch allerlei anderes Übermittlungsmaterial, sowie Messinstrumente etc. Ein Besuch lohnt sich.
 - **rostfreie Stahlseile**
(und zwar in rostfreier Stahldraht und niemals nur die verzinkte 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.

Bezugsquellen für rostfreie Stahlseile sind Yacht-Shops, Bootsbauer etc.

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.

1.4.2 Der ohmsche Widerstand des Antennendrahtes

Es leuchtet jedermann ein, dass Stahldraht einen höheren ohmschen Widerstand aufweist als Kupferdraht.

Der elektrische Widerstand von Leiter wird wie folgt ausgedrückt:

$$\text{spezifischer elektrischer Widerstand} \rightarrow \rho \left[\frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \right]$$

Typische Werte sind

	ρ
Kupfer weich	0.0172
Kupfer hart	0.0174
Aluminiumdraht (rein)	0.028
Messingdraht	0.065 ... 0.085
Broncedraht	0.067
Eisendraht	0.1
Stahldraht	0.14

Wenn man die Unterschiede im spezifischen elektrischen Widerstand der verschiedenen Materialien betrachtet dann liegt der Schluss nahe, dass man unter keinen Umständen Stahldraht oder Stahlseil als Antennendraht verwenden soll.

Wie sieht nun die Realität aus:

Einige Berechnungen mit dem Antennensimulationsprogramm EZNEC geben darüber Aufschluss:

Rund um die Antenne

Teil 1: Allgemeine Hinweise, Materialkunde, Masten

Antenne:

Typ	Dipol
Drahtlänge	2 x 20.0 m
Aufbauhöhe	10.0 m
Resonanzfrequenz	3600 kHz
Leistung Pout	100 W

Die gewählte Antennenform repräsentiert eine typische Amateurfunkantenne wie man sie in der real existierenden Welt häufig vorfindet. Die Antenne hängt im Verhältnis zur Wellenlänge sehr tief, es ist also ein klassischer Steilstrahler. Dies erklärt auch die hohen dBi-Werte die nachstehend gezeigt werden. Die dBi-Werte stellen die maximale Strahlung (Steilstrahlung nach oben) dar, ausgedrückt im Vergleich zum Isotropen Strahler.

Antennendraht		Durchmesser 1 mm	2 mm
verlustfrei	$\rho = 0$	8.67 dBi	8.67 dBi
Kupfer hart	$\rho = 0.0174$	8.2 dBi	8.43 dBi
Stahldraht	$\rho = 0.14$	7.49 dBi	8.07 dBi

Der spezifische elektrische Widerstand [ρ] jedes Antennendrahtes den wir in der Praxis verwenden liegt irgendwo zwischen „Kupfer hart“ und „Stahldraht“. Bei einem Drahtdurchmesser von 1 mm finden wir zwischen den beiden Extremwerten eine Differenz von 0.7 dBi und bei einem Drahtdurchmesser von 2 mm sinkt der Unterschied sogar auf ca. 0.4 dBi ab. Das Signal auf der Empfangsseite wird dadurch praktisch nicht verändert.

Es ist sicher nicht schlecht immer den besten Antennendraht zu verwenden.

Der OM gibt allerdings sich bezüglich der Materialeigenschaften und der Verluste häufig Illusionen hin. Ein hochwertiger Antennendraht der speziell als Antennendraht verkauft wird ist nie ein Draht aus reinem Kupfer. Reines Kupfer ist zu weich und zu wenig reissfest. „Professioneller“ Antennendraht ist meistens ganz ähnlich aufgebaut wie der „Swiss Army Felddraht“, d.h. es sind Kupferlitzen-Drähtchen und Stahldrähtchen miteinander verseilt. Dies ergibt dann einen guten Kompromiss zwischen den elektrischen und den mechanischen Eigenschaften.

Das obige Beispiel zeigt, dass man ohne weiteres auch reinen Stahldraht als Antennendraht einsetzen darf. In gewissen Anwendungen, z.B. überall da wo es gilt eine Antenne so solide und reissfest zu konstruieren, dass ein Absturz des Antennendrahtes ausgeschlossen werden kann, ist rostfreier Stahldraht das geeignete Material. Man wählt den Drahtdurchmesser etwas grösser und nimmt die Verluste zugunsten der höheren Reisskraft in Kauf.

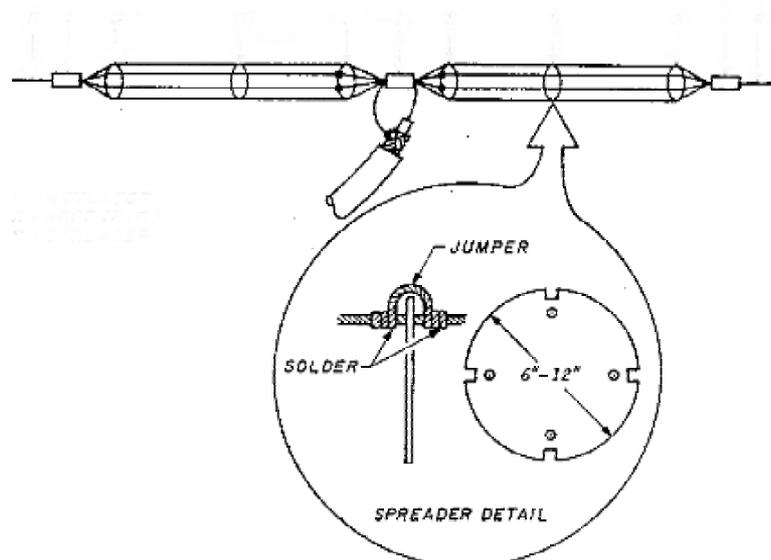
1.4.3 Dicke des Antennendrahtes

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

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

In der Praxis ist eine Dicke des Antennenleiters von 1 mm² oder 1.5 mm² vollständig ausreichend.

Inklusive 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.

1.4.4 Isolatoren

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

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

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

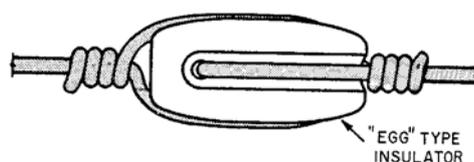
An Stellen an denen Spannungsfestigkeit gefordert ist kann man auch mehrere Isolatoren in Serie schalten (Isolatoren-Kette). Dadurch wird die anliegende Spannung in Teilspannungen unterteilt und jeder Isolator ist nur für seine Teilspannung zuständig.

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



Hier eine Auswahl aus HB9ACC's Isolatorenkiste.

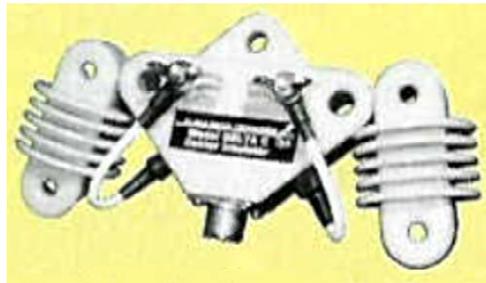
Hier ist auch so eine „Eierkette“ mit 5 grün glasierten Eierisolatoren gezeigt. Die grünen Eierisolatoren „ex Swiss Army“ sind von sehr guter Qualität und dank der grünen Glasur sind sie relativ unauffällig.



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

Rund um die Antenne

Teil 1: Allgemeine Hinweise, Materialkunde, Masten



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 = Schäkkel
- 3 = Kausche
- 4 = Kastenklammern 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 ab-längen. Als Länge wähle ich etwa 8 – 10 cm. Dann wird auf jeder Seite ein Loch passender Grösse durchgebohrt. Dort hänge ich dann den Schäkkel 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 Antennendrahtes und des Abspannseils erhalten.

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

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

1.4.5 Abspannseile

Bei Abspannseilen unterscheidet man zwischen

- nicht leitenden Abspannseilen (d.h. Kunststoffseile)
- leitenden Abspannseilen (d.h. Stahlseile)

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

Hier eine Kurzübersicht über die häufigsten Materialien:

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

Rund um die Antenne

Teil 1: Allgemeine Hinweise, Materialkunde, Masten

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

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

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

Weiter ist bei Kunststoffseilen zu beachten:

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

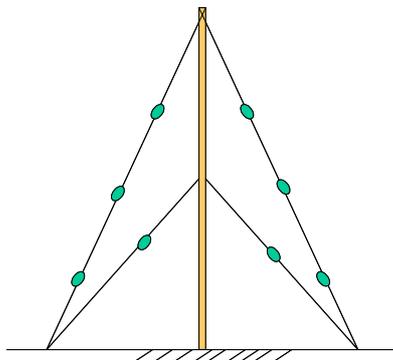
Wenn man **metallische Abspannseile** verwendet, dann sollte man unbedingt

rostfreie Stahlseile

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

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

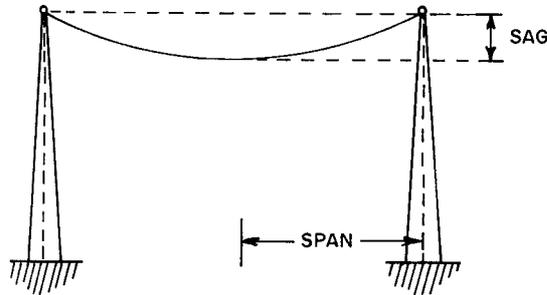
Bei Abspannseilen aus leitendem Material ist ausserdem zu beachten, dass sich die Resonanzfrequenz der Antenne verändern kann. Dies infolge der kapazitiven Belastung der Enden.



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

Wenn andere Antennen in der Nähe sind, dann muss man das auch auf die Bänder ausdehnen auf denen die anderen Antennen arbeiten. Andernfalls ist man plötzlich mit unerwünschten Richtwirkungen konfrontiert, weil ein Stück der Abspannung als Reflektor oder Direktor auf einem bestimmten Band wirkt und eine sich in der Nähe befindliche Antenne beeinflusst.

1.4.6 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.

1.4.7 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. „Riitiseil-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 Faserlasmast. Das Seil wird dann nach unten gezogen und mit der nachstehend gezeigt Vorrichtung fixiert:



Die Aufwickelvorrichtung besteht lediglich aus jeweils

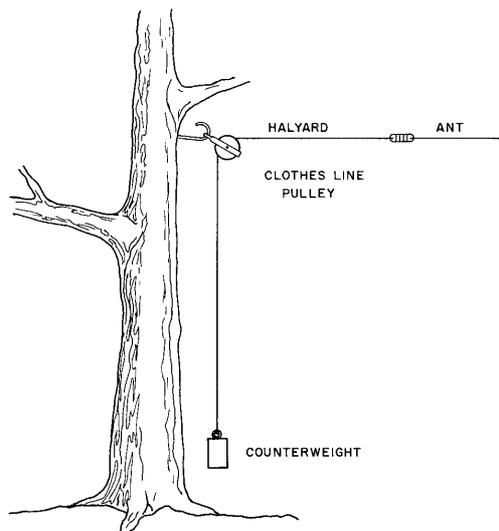
- 2 Alu-Streifen
- 2 dünnen Alu-Röhrchen als Distanzhalter und
- 2 langen Schrauben

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.

1.4.8 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 Gegengewichts 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 bitte die Gummistrippen schön spannen, denn die Gummistrippen müssen schon bei Windstille eine gewisse Vorspannung aufweisen.

Noch einige Tips:

- 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.

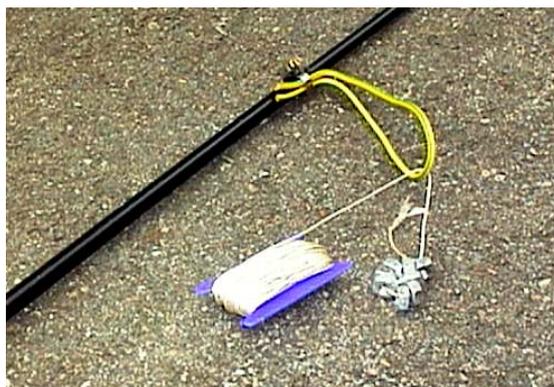
- Die Rillengrösse der Umlenkrolle muss dem Durchmesser des Abspannseils entsprechen.

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.

1.4.9 Der Fiberglasmast – der Gehilfe beim Antennenbau



Beim portablen Einsatz verwendet man häufig als Stützpunkt für Antennen die leichten und praktischen Fiberglasmasten. Der bei mir vorhandenen Fiberglasmast besteht aus:

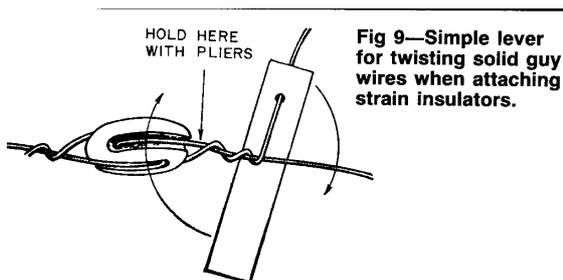


Hauptmast = 8 m
Verlängerungsstück = 2 m

Die Totallänge beträgt 10 m, davon sind die obersten 2 Sektionen allerdings 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. Dort schlaufe 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.

1.4.10 Ein praktisches Werkzeug

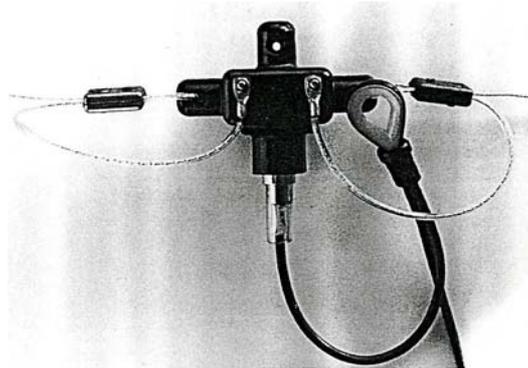


Ab und zu muss jeder starren Draht umbiegen. Man kann sich mit dicken Arbeitshandschuhen und Zangen abmühen.

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.

1.4.11 Zugentlastungen



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

Man hat, wie hier gezeigt, ein wunderschönes kommerziell gefertigtes Dipolmittelstück mit Koaxialbuchse samt Tropfnase etc. Was will man mehr. Man schliesst das Koax-Kabel an. Man denkt vielleicht sogar noch daran ein Stück Schrumpfschlauch über den Stecker zu stülpen und mit dem Heissluftgebläse aufzuschrumpfen. Dann zieht man die Antenne hoch. Die Antenne funktioniert prima und man freut sich über die schönen Verbindungen. Nach einiger Zeit stellt man plötzlich einen Mögel-Dellinger Effekt fest, d.h. der Empfänger ist tot und zwar auf allen Bändern. Wenn man einen Sendeversuch 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.

1.5 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 Wyrsch, 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 von einer Fachfirma 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.

1.6 Safety first

1.6.1 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.

1.6.2 Verhalten gegenüber anderen Leitungen

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

das Verhalten gegenüber anderen Leitungen.

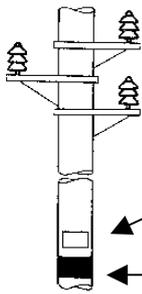
Grundsätzlich sollten man beim Antennenbau anderen Leitungen fernbleiben. Wenn's geht, dann so weit so gut. Ab und zu geht's halt nicht anders und wir haben andere Leitungen in der Nähe. Bevor man sich leichtfertig irgendwelchen Freileitungen nähert sollte man sich unbedingt Klarheit darüber verschaffen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



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

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

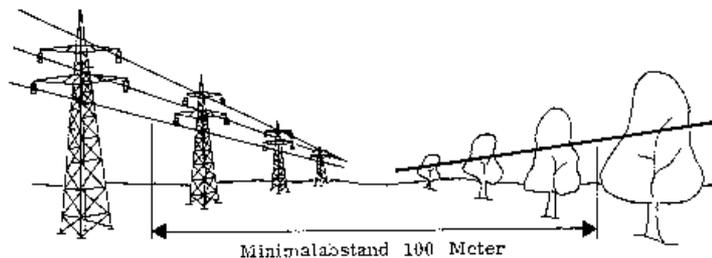
Hochspannungsleitungen = höchste Lebensgefahr



Merkmale:

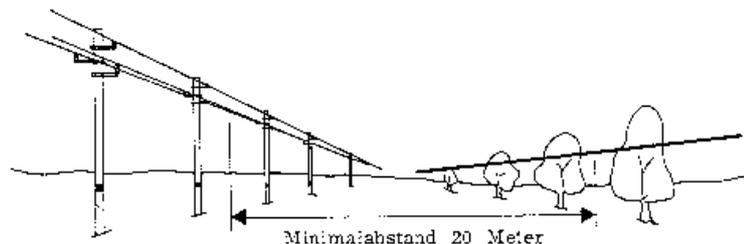
- Jumbo-Isolatoren, die auf beiden Seiten des Masts **stufenförmig versetzt** sind.
- Meistens ein **Täfelchen** mit der Aufschrift „**Lebensgefahr beim Berühren der Leitung**“
- **Roter Ring** am Mast (findet man jedoch nicht bei allen Hochspannungsleitungen)

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



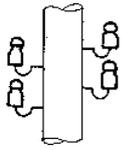
Der **Sicherheitsabstand von minimal 100 m** ist unbedingt einzuhalten. Es empfiehlt sich ohnehin solchen Leitungen grossräumig aus dem Weg zu gehen. Die Korona-Entladungen einer solchen Leitung machen einen vernünftigen Empfang im Umkreis von mehreren 100 m nahezu unmöglich. Die Leitung wirkt als breitbandiger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

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



Der **Sicherheitsabstand von minimal 20 Metern** ist unbedingt einzuhalten.

Überdies gilt: **Hochspannungsleitungen dürfen nie unterkreuzt werden.**

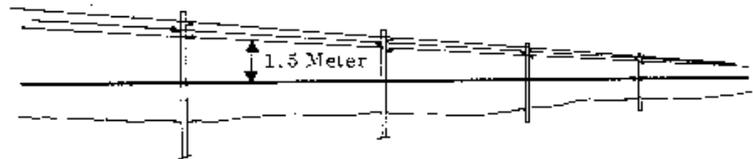


Stromleitungen 230/400 V = Lebensgefahr dies sind normale Freileitungen die z.B. Häuser versorgen.

Merkmale:

- Isolatoren, die auf beiden Seiten des Masts **stufenförmig versetzt** sind.
- Die Isolatoren sind nicht sehr gross (Porzellankörper = ca. 12 cm hoch)

Sicherheitsabstände bei Stromleitungen 230/400V

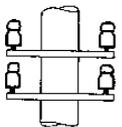


Eigentlich sollte man sich auch von einer 230/400 V Leitung fernhalten. Es gibt jedoch in der Praxis immer wieder Fälle wo ein „Strommast“ so schön in der Gegend steht und eigentlich einen ganz guten Abspannpunkt ergeben würde. In einem solchen Fall empfiehlt es sich die folgenden Regeln strikte zu beachten:

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 ca. 70 V AC und es kann ein bisschen kitzeln.

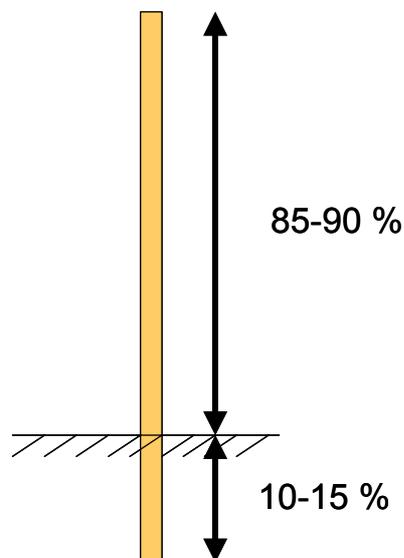
Wenn man mit Antennen den Telefonleitungen zu nahe kommt, dann besteht das Risiko, dass unsere Sendungen im Telefon in mehr oder weniger verständlicher Form mitgehört werden können. In einem solchen Fall helfen spezielle Telefon-Störschutzfilter.

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

1.7 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.

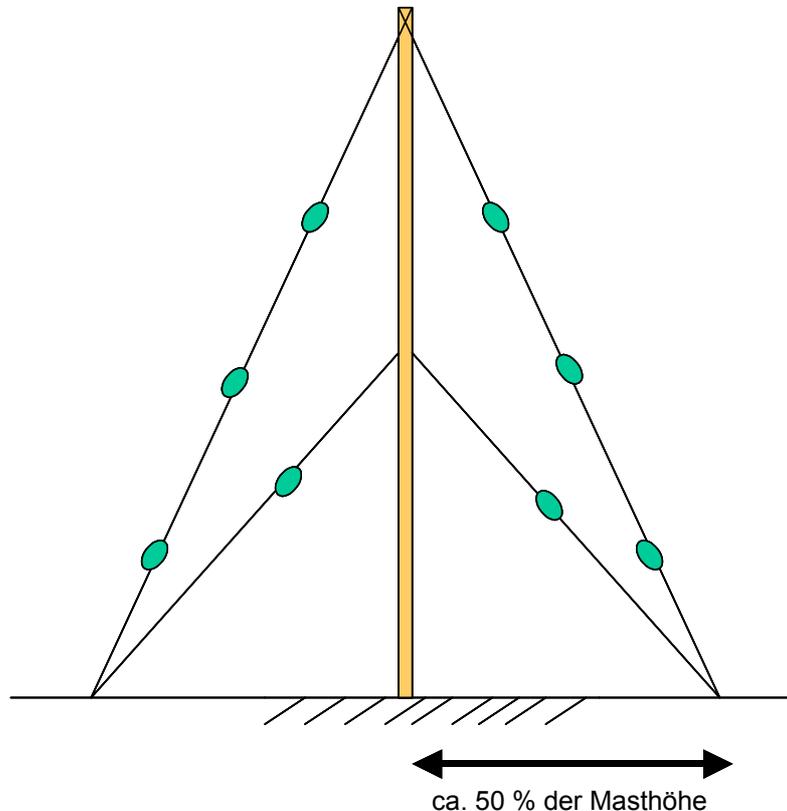
1.7.1 Eingegrabene Masten



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 %. Nach einer Norm von Elektrizitätswerken in den USA sollten sogar 18 % der Mastlänge eingegraben werden. Das Loch darf nicht zu gross sein, denn der Mast sollte in „gewachsenem Boden“ stehen und nicht in Auffüllmaterial. Im Loch drin wird der Mast sorgfältig mit grossen Fluss-Steinen (z.B. Emmen-Böllen) umgeben. Diese werden gegeneinander verkeilt. Erst wenn alles solide hält wird oben zugeschüttet.

Vermutlich sind nur wenige Funkamateure in der Lage diese Arbeit korrekt auszuführen. Auch wenn man theoretisch weiss wie das geht, es fehlt einem doch das Werkzeug, d.h. die speziellen Spaten und Locheisen 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 meines freundlichen lokalen Elektrizitätswerkes gesetzt.

1.7.2 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 Höhen-Meter 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. $\frac{1}{2}$ bis $\frac{2}{3}$ der Masthöhe zu verankern. Weiter nach aussen sollte man nicht gehen. Die Abspannseile werden dann zu lang und hängen durch. Der Mast wird dann nicht mehr sauber gehalten und kann trotz den Abspannseilen Schwingungen ausführen.
- Bei leitenden Abspannseilen müssen Isolatoren in solchen Abständen eingefügt werden, dass auf keiner der vorgesehenen Sendefrequenzen eine $\frac{1}{2} \lambda$ -Resonanz (oder ein Mehrfaches davon) auftreten kann. Dabei auch benachbarte Antennen beachten. Die unterteilten Sektionen sollten auch für benachbarte Antennen nicht als ungewollte Reflektoren oder Direktoren wirken.

Dem Fundament für den Mastfuss sowie für die Abspannseile ist besondere Beachtung zu schenken. Das Fundament für den Mastfuss muss so geartet sein, dass der Mast nicht im Boden versinken kann. Das Minimum für eine permanente Installation ist sicher ein 50 x 50 cm grosse und 5 cm dicke Betonplatte (Gehwegplatte).

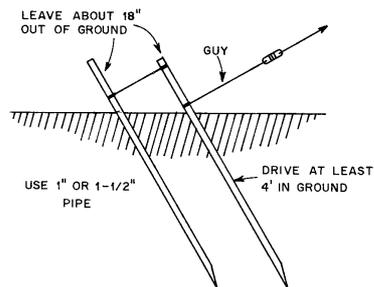
Rund um die Antenne

Teil 1: Allgemeine Hinweise, Materialkunde, Masten

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 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:



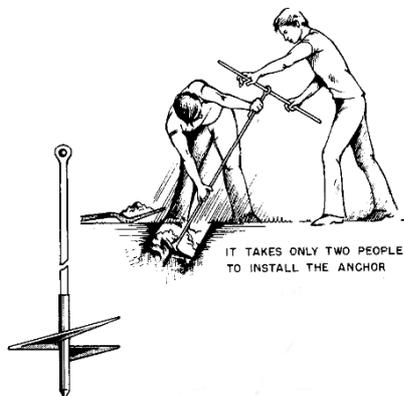
Wenn schon Winkelleisen oder Stahlrohre, z.B. Wasserleitungsrohr (1" – 1 1/2" verwendet werden sollen, dann bitte sicherheitshalber diesen Trick anwenden.

Das Motto:

Doppelt genäht hält besser !



Hier werden Betonschwellen oder eventuell ein massiver Eichenbalken eingegraben.

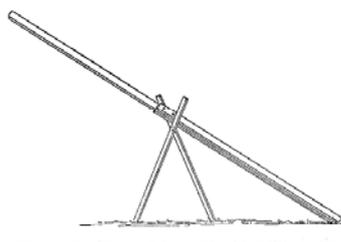


Dies ist die De-Luxe Version:

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, abschmorren.

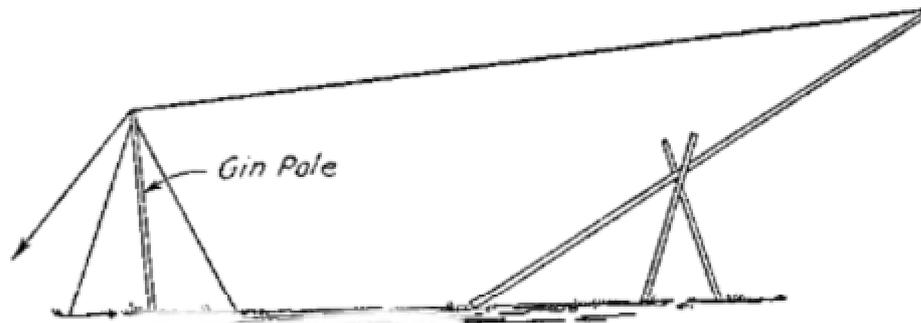
1.7.3 **Aufstellen von Masten**



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.

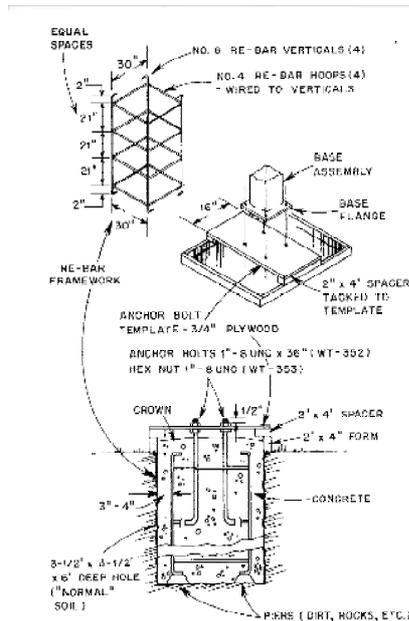
Das einfachste Hilfsmittel ist die oben gezeigte Schere aus zwei Latten, die miteinander sicher verbunden sein müssen. Damit kann man den Mast ein Stück weit anheben. Möglicherweise kann man dann zu zweit oder zu dritt aus dieser Position heraus den Mast in die Vertikale hieven.



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.

1.7.4 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

1.7.5 Rotorbefestigungen

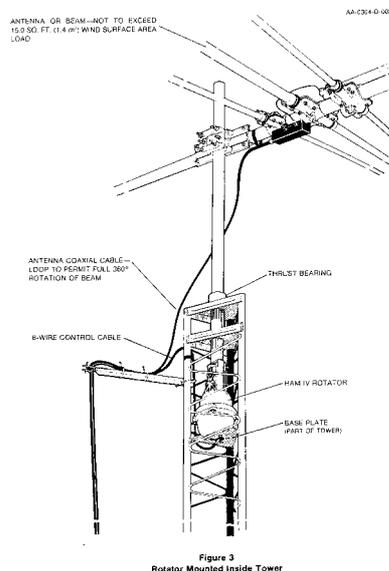


Figure 3
Rotator Mounted Inside Tower

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)

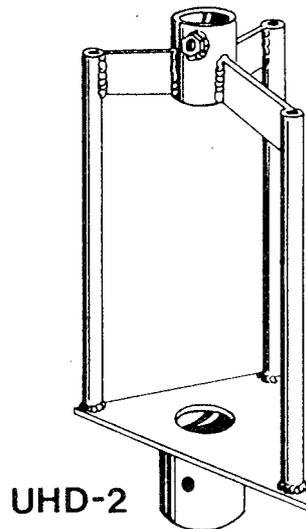
Links die Empfehlung eines Rotorherstellers zu diesem Thema.

Rund um die Antenne

Teil 1: Allgemeine Hinweise, Materialkunde, Masten



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



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

Bei relativ dünnen Masten empfiehlt es sich einen Rotorkäfig, gemäss 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 erlaubt es 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.

1.7.6 **Hilfsmasten für die Antennenmontage**



Amateurfunkantennen sind im allgemeinen so leicht wie nur irgendwie vertretbar gebaut. Wenn sich die Antenne am Boden befindet und man sie so schön im Schwerpunkt anfasst und hochhebt dann hat man noch bald einmal das Gefühl die Montage dieser Antenne sei keine Problem. Man kann die Antenne einfach halten und über das Befestigungsrohr, auch Standrohr genannt, schieben.

Also nix wie los auf's Dach oder auf den Mast und schwupps ... die Antenne ist montiert.

Wer das glaubt irrt gewaltig. Unter Umständen setzt er bei einer solchen Übung sogar sein Leben aufs Spiel. Die Kräfte die auf die Antenne wirken werden regelmässig unterschätzt. Selbst das Aufstellen und montieren einer lediglich 6 – 8 m langen Vertikal Antenne auf einem glitschigen Dach oder bei den beengten Platzverhältnissen auf einem Mast kann äusserst trickreich und gefährlich sein. Wenn es um ausgewachsene Richtantennen geht dann vervielfachen sich die wirkenden Kräfte.

Zugegeben, die oben gezeigte Antenne mit 8 m Boom-Länge und ca. 12 m längster Elementlänge gehört bereits zur Kategorie der Jumbos. Es handelt sich um eine Draht-Logger DLP-15 von TITANEX die innerhalb 13 ... 33 MHz als Logger arbeitet und daneben noch Dipol-Elemente für das 7 MHz und das 10 MHz Band enthält.

Die Antenne hat lediglich ein Gewicht von ca. 25 kg und wenn man sie am Boden im Schwerpunkt anfasst, dann kann man sie ohne Schwierigkeiten herumtragen und drehen etc. Man glaube aber ja nicht man könne einen Beam (welcher Art auch immer) einfach in die Hand nehmen, mit ihm den Mast hochklettern und das Ding über das Standrohr stülpen. Wenn bei einer solchen Übung lediglich die Antenne herunterfällt und kaputt geht, dann kann der OM noch von Glück reden. Es sind einige Fälle nachgewiesen bei denen der OM

Rund um die Antenne

Teil 1: Allgemeine Hinweise, Materialkunde, Masten

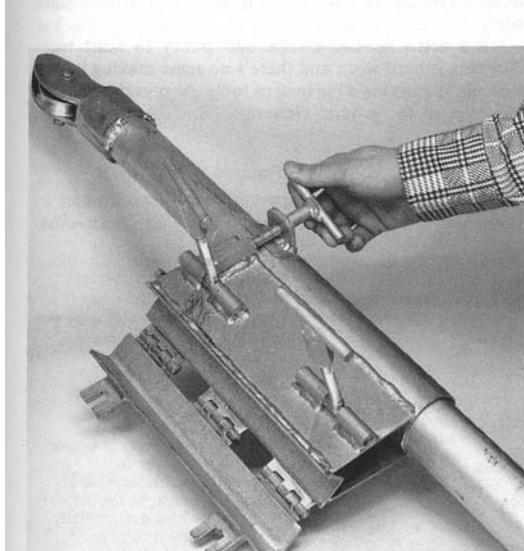
sogar zu Tode kam.

Für die Montage einer grösseren Antenne wie Beam, Logper, Quad etc. benötigt man immer eine genügend grosse Hilfsmannschaft. Unter 5 – 6 Personen geht es kaum, 7 – 8 Personen sind optimal. Dabei sollte man immer beachten:

- Einer ist der Chef und er sagt wie und was gemacht wird
- Auch wenn man selbst etwas anders machen würde, seine Anordnungen werden strikte befolgt
- Plötzlich eigene Ideen zu entwickeln (auch wenn sie noch so gut gemeint sind) ohne dass dies vorher mit dem ganzen Team abgesprochen und beschlossen worden ist führt zu grosser Gefahr für das ganze Team. Wenn dabei lediglich eine Antenne zu Bruch geht kann man noch für Glück reden.

Es dürfte selbstverständlich sein, dass jeder der auf dem Mast arbeitet dies nur „gesichert“ tut. Als Minimum ist jeder mit einem „Feuerwehrgurt“ und einer Seilschleufe mit Karabinerhaken am Mast gesichert. Eine andere ausgezeichnete Art der Sicherung ist die Verwendung von Kletterhosen oder Kletter-Gschtältli (wie sie von Extrem-Bergsteigern verwendet werden). Mit Werkzeug das man noch oben mitnimmt muss man äusserst sorgfältig umgehen. Schwereres Werkzeug, z.B. grosse Schraubenschlüssel oder eine Akku-Bohrmaschine sollte immer mit einer Reepschnur gesichert werden. Überdies ist es Aufgabe des Chefs darauf zu achten dass sich niemand direkt unter dem Mast aufhält. Ein herunterfallendes Werkzeug kann einem anderen OM schwerste Verletzungen zufügen.

Zum Antennenaufzug benötigt man immer einen provisorischen Hilfsmast (Englisch = Gin Pole) der dazu dient die Antenne hochzuziehen und zu halten bis die Antenne am Standrohr einwandfrei befestigt und festgezogen ist. Das Aufziehen der Antenne geschieht zweckmässigerweise mittels einem Flaschenzug. Das verringert die Kraft auf dem Aufzug-Seil und lässt ein präziseres Arbeiten zu. Überdies ist es zweckmässig an den Extremitäten der Antenne Hilfsseile zu befestigen damit 4 OM's aus der Hilfsmannschaft die Antenne auch bei leichtem Wind schön in der Balance halten können. Zwei dieser Hilfsseile sind im gezeigten Bild gut zu sehen. Die Hilfsseile müssen an der Antenne so befestigt werden, dass sie nach getaner Arbeit auch wieder gelöst werden können. Das ist manchmal gar nicht so einfach. Der Hilfsmast im gezeigten Bild besteht aus Stahlrohr. Oben in der Nähe des Rotors ist eine speziell angefertigte Halterung angebracht die den Hilfsmast aufnimmt. Das Gewicht des Hilfsmastes ist so, dass ihn der montierende OM am Schluss der Montage ohne Schwierigkeiten von Hand aus der Halterung nehmen und per Leine nach unten geben kann.



Die beiden obigen Bilder stammen aus dem ARRL Antenna Book und zeigen eine in den USA gebräuchliche und käufliche Art Gin Pole wie man ihn für Metallgittermaste (z.B. Versa Tower) einsetzt. Der Gin Pole lässt sich an einem der vertikalen Mastrohre anklemmen und beliebig positionieren.

1.7.7 **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.

1.8 **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.

Rund um die Antenne

Teil 1: Allgemeine Hinweise, Materialkunde, Masten

- **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.
- **Bücher von Gerd Janzen, DF6SJ**
Die verschiedenen vorzüglichen Bücher dieses Author's seien vor allem jenen OM's empfohlen die sich für den mathematischen Hintergrund unseres Hobby's interessieren. Ich selbst lese seine Bücher und Veröffentlichungen immer mit grossem Interesse und grosser Freude.
- **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.

Eine alte aber wahre Regel sagt: **Abschneiden geht einfacher als ansetzen !**