

Kurzwellen Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

Max Rüegger, HB9ACC

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

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum
Teil 2: Antennen-Praxis

Inhaltsverzeichnis

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

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum
Teil 2: Antennen-Praxis

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

Vorwort

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

Dazu ganz herzliche Gratulation !

Ich hoffe Ihr habt Spass am Funkbetrieb auf Kurzwelle.

Einige Bemerkungen zum Dokument:

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

Das Dokument ist in 2 Teil aufgegliedert:

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

12 5 goldene Regeln zum Antennenbau

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

- 1) Viel Draht
- 2) Möglichst hoch
- 3) Strom strahlt
- 4) Freie Enden = Spannungsbauch
- 5) Drahtlänge + 5 %

Was meine ich damit ?

12.1 Regel 1: Viel Draht



„Viel Draht“ soll daran erinnern, dass

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

12.2 Regel 2: Möglichst hoch



„Möglichst hoch“ soll daran erinnern, dass

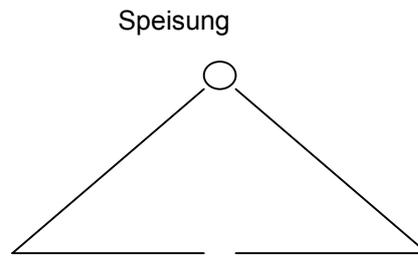
- auch wenn wir glauben eine Antenne „hoch“ aufgehängt zu haben, sie in Wirklichkeit doch immer noch relativ tief hängt. Dies trifft vor allem für die „langwelligeren“ Bänder (160 m und 80 m) zu. Um eine Antenne nur schon in eine Höhe von $\frac{1}{4} \lambda$ zu bringen braucht man einen Befestigungspunkt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

12.3 Regel 3: Strom strahlt

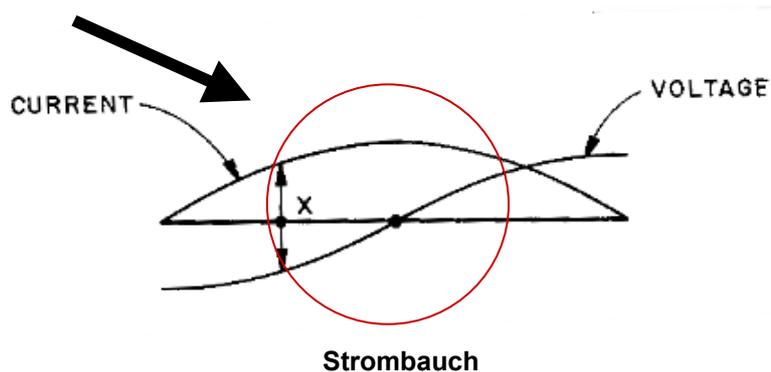


„Strom strahlt“ soll daran erinnern, dass

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



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

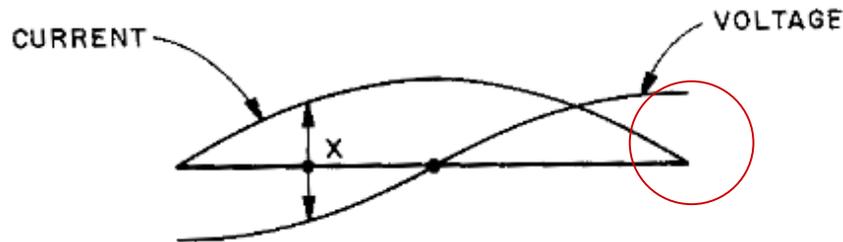


12.4 Regel 4: Freie Enden = Spannungsbauch



„freie Enden = Spannungsbauch“ soll daran erinnern, dass

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

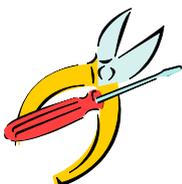


Spannungsbauch

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

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

12.5 Regel 5: Drahtlänge + 5 %



„Drahtlänge + 5 %“ soll daran erinnern, dass

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

13 Graphische Darstellung der Strom- und Spannungsverteilung auf einer Antenne

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

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

Fazit:

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

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

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

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

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

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

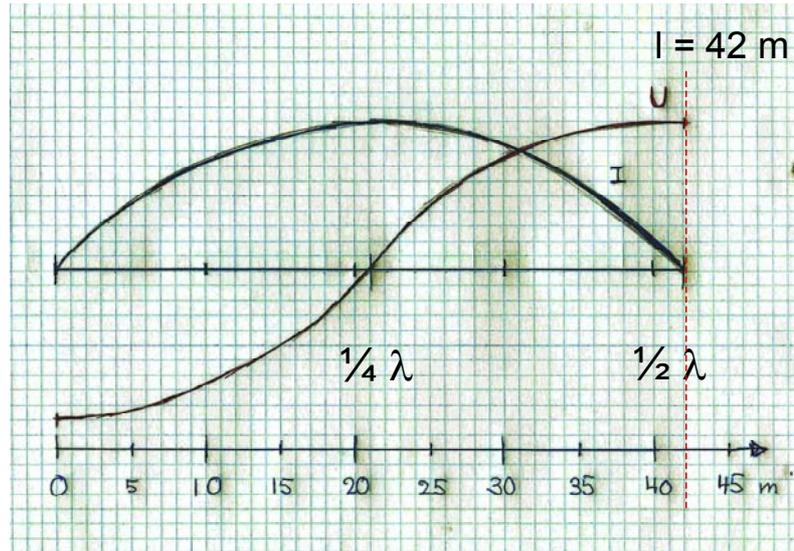
Um mir ein Bild von den Vorgängen auf dem Antennendraht zu machen verwende ich eine Primitiv-Methode:

- Man nehme einen Zeichenblock, z.B. 4 mm kariert
- Man zeichne einen Massstab ein, z.B. in m
- Man zeichne massstäblich eine halbe Wellenlänge ($\lambda/2$) ein
- Man zeichne nun innerhalb des Bereiches von $\lambda/2$ den Stromverlauf ein
- Man zeichne nun innerhalb des Bereiches von $\lambda/2$ den Spannungsverlauf ein

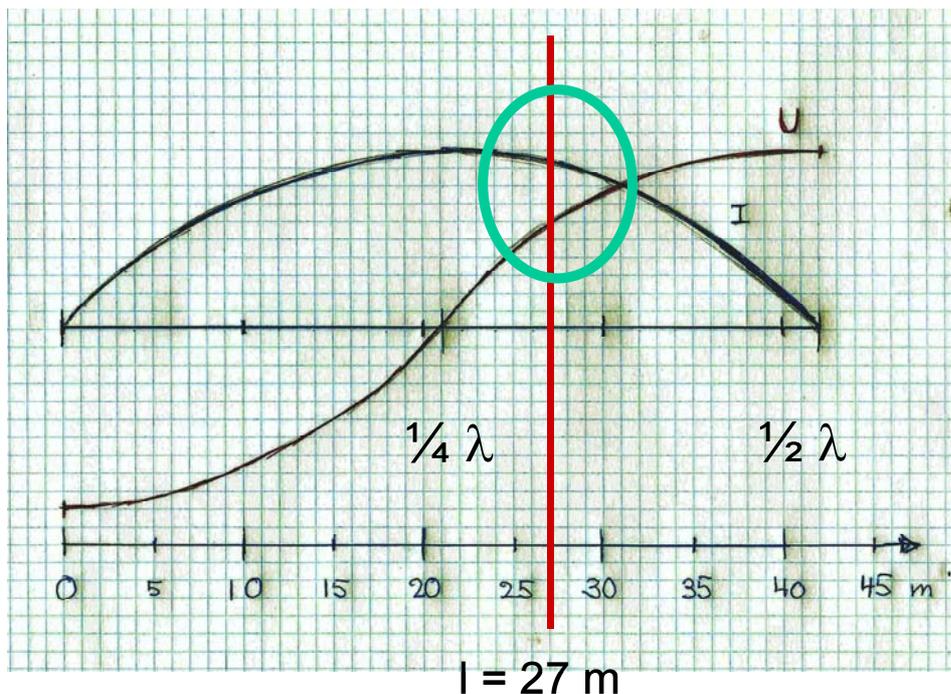
- Bei Antennenlängen von $> \lambda/2$ zeichnet man einfach die gesamte Antennenlänge und verlängert die Sinuskurven für Strom und Spannung entsprechend.

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

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum
Teil 2: Antennen-Praxis



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



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

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

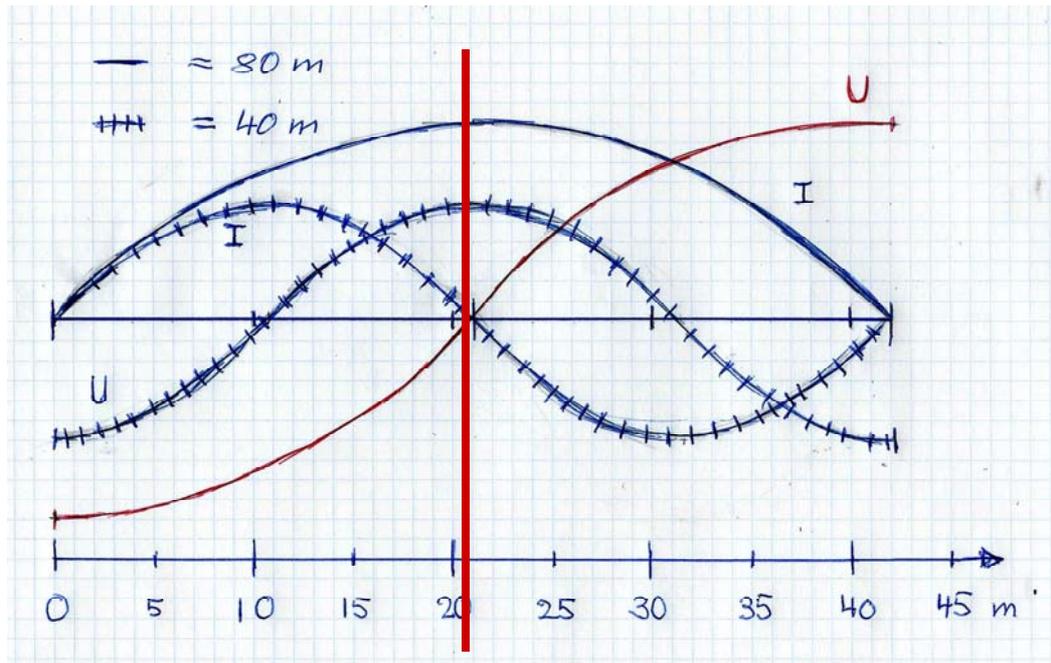
Ab und zu taucht auch die Frage auf:

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

Auch hier hilft die Primitiv-Methode weiter.

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

Als Resultat erhalte ich das nachstehende Bild:



Was zeigt uns diese Zeichnung:

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

Fazit:

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

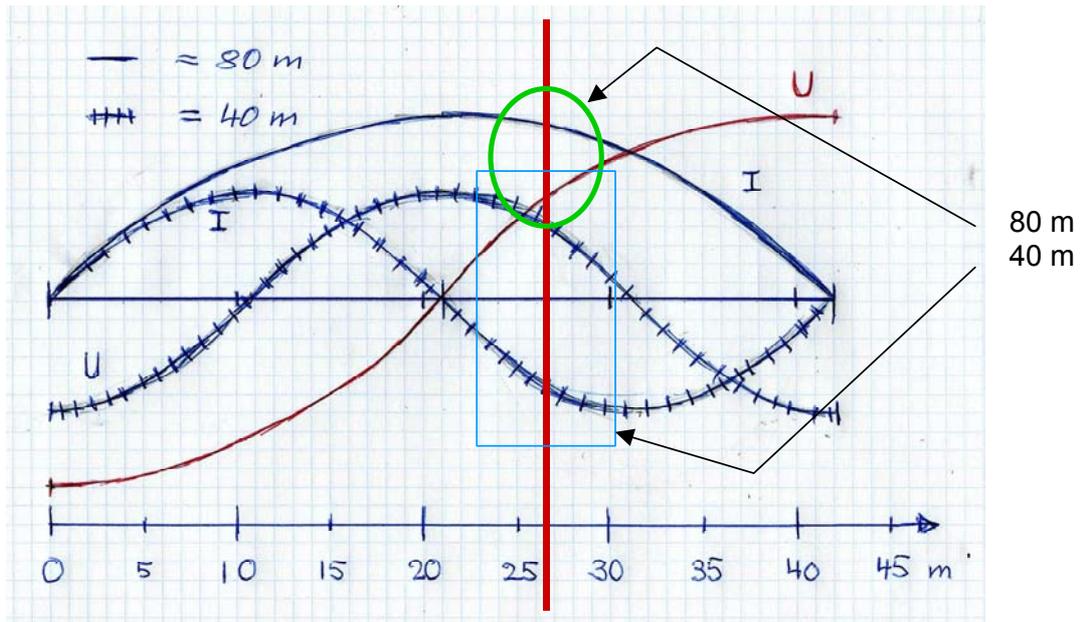
Wir lassen nun unsere Gedanken wieder zum 27 m Draht zurückschweifen.

Wie verhält sich dieser Draht auf dem 40 m Band ?

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

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis



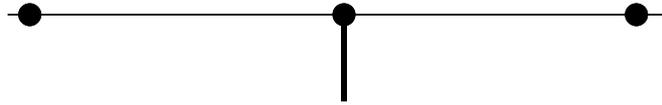
Was zeigt uns diese Zeichnung:

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

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

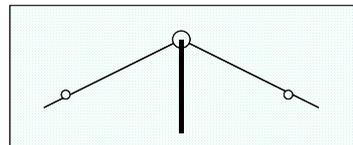
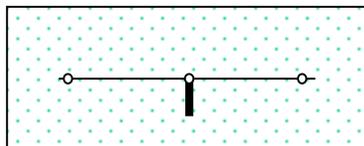
14 Dipol-artige Antennen

14.1 Der Dipol, ein Klassiker



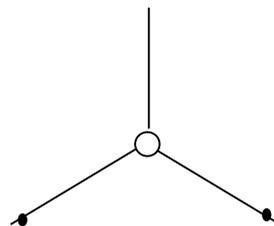
Wer kennt ihn nicht, den klassischen Dipol. Eine der einfachsten und am leichtesten verständlichen Antennen überhaupt. Welches sind denn die Merkmale eines Dipols:

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



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

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



14.2 Mehrband-Antennen auf „Dipol-Basis“

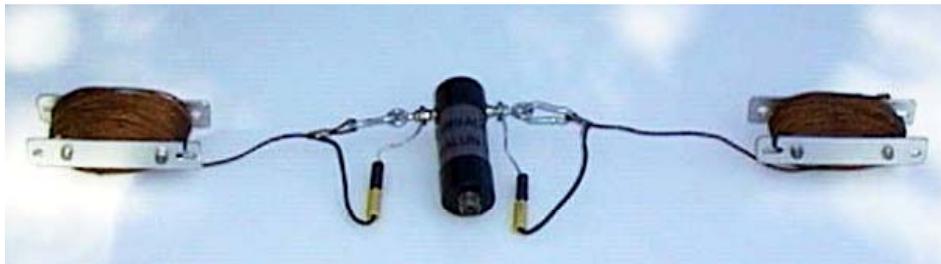
Der Dipol als EIN-BAND-Antenne ist ja gut und recht. Wir haben aber innerhalb dem KW Bereich zum heutigen Zeitpunkt 9 Amateurbänder zugeteilt auf denen wir arbeiten dürfen. Müssen wir nun wirklich für jedes Band eine eigene Antenne aufhängen ?

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

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

14.2.1 Rollmeter-Dipol

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

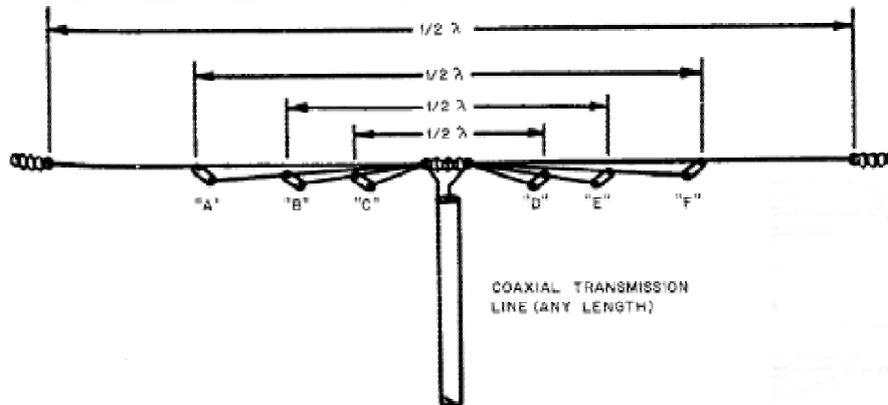


Das obenstehende Bild zeigt eine von mir gebastelte Ausführung. Die Aufrollwickel bestehen aus Aluminium. Der Schlitz auf einer Seite des Wickels erlaubt es den abgerollten Draht durchzufädeln. Auf der anderen Seite des Wickels wird das Abspannseil befestigt. Der Draht hat für jedes Band eine Markierung.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

Trotzdem, der Bandwechsel gestaltet sich etwas mühsam.

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

14.2.2. Mehrband-Dipole



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

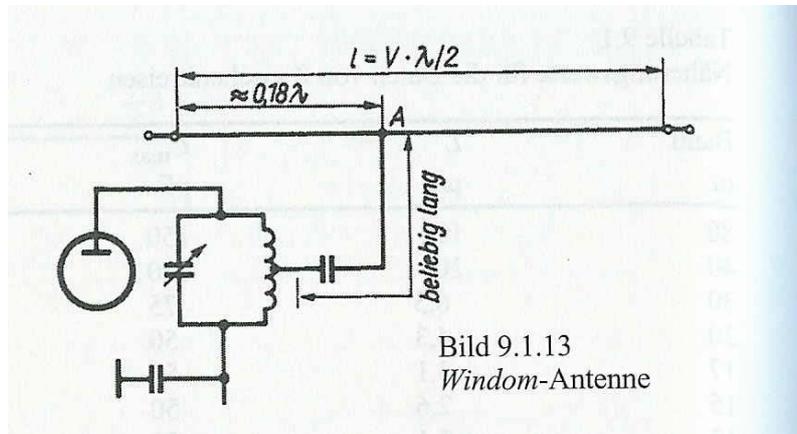
Dieses Prinzip funktioniert grundsätzlich für eine beliebige Anzahl Bänder. Kritische Punkte sind:

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

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

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

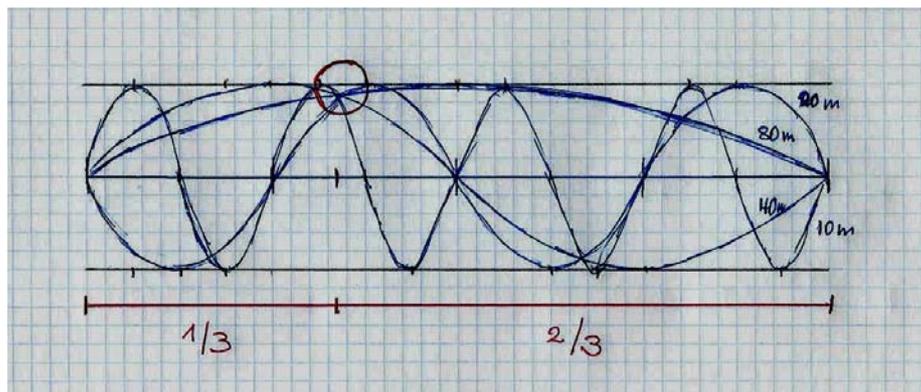
14.2.3 Aussermittig gespeiste Antennen



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

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

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



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

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

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

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum
Teil 2: Antennen-Praxis

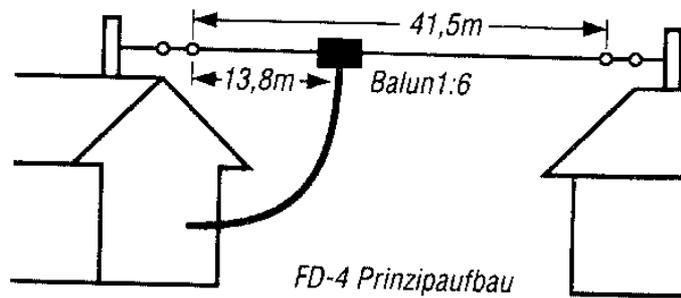
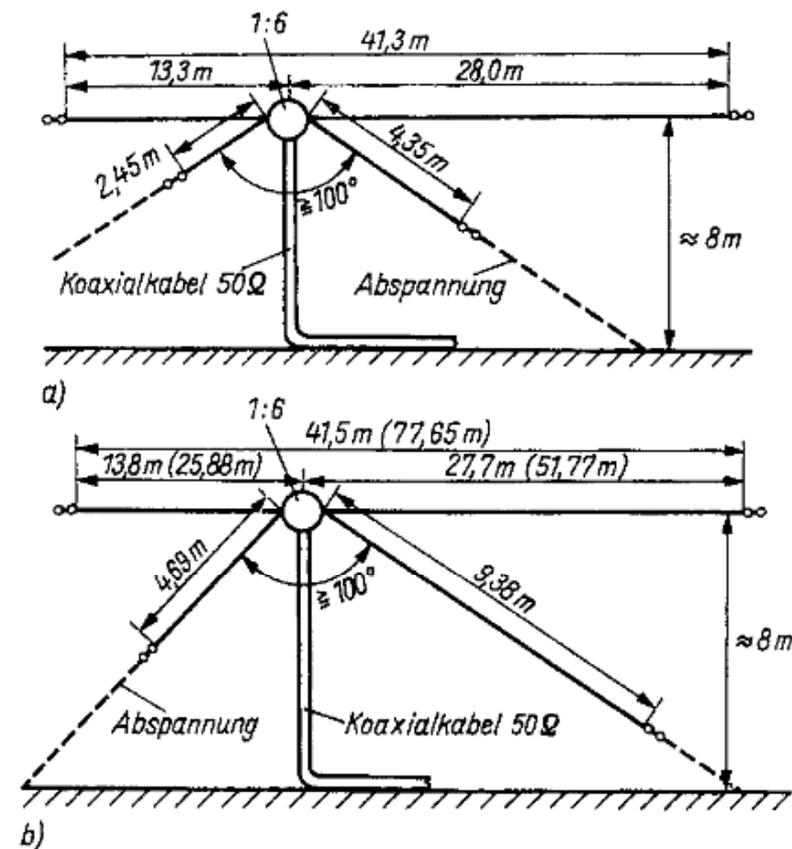


Bild 10.3.3
Koaxialgespeiste Mehrband-Windom (FD 4)

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



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

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

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

„Stromsummen-Antenne“

nach OM Hille, DL1VU.

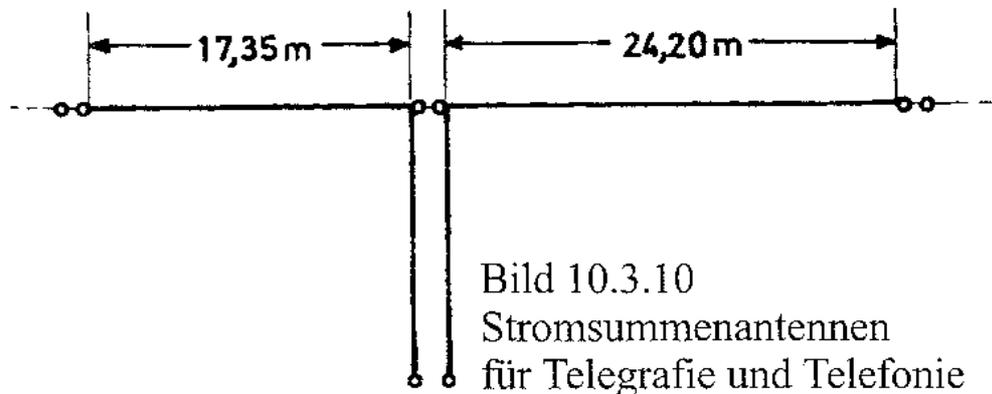
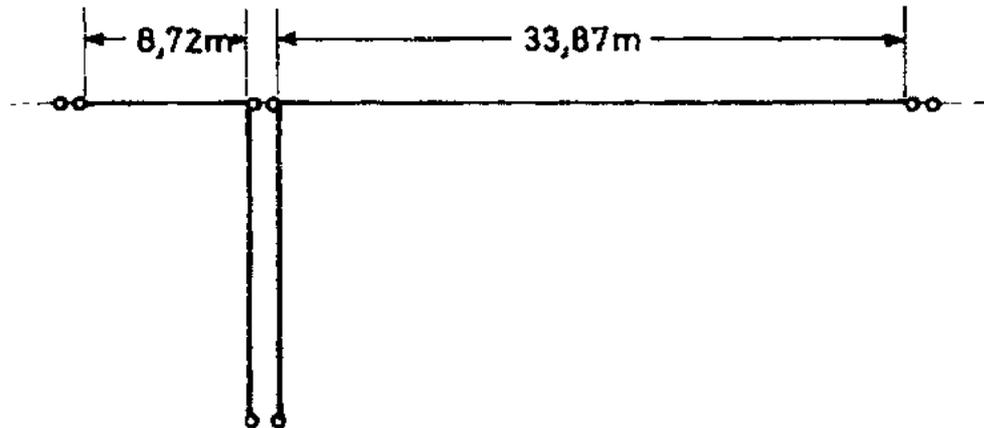


Bild 10.3.10
Stromsummenantennen
für Telegrafie und Telefonie

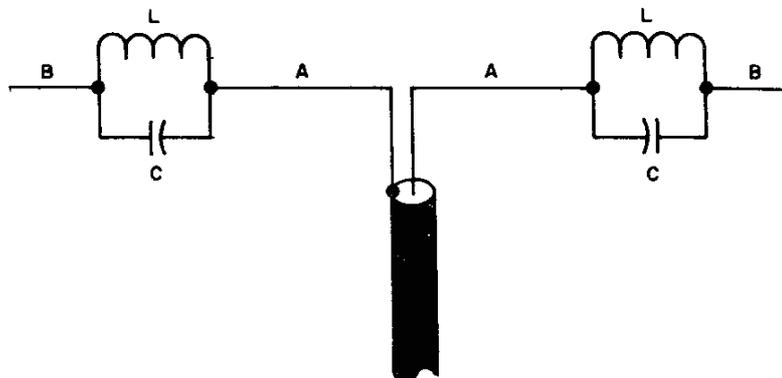
Diese Antenne, die alle Bänder 80 – 40 – 30 – 20 – 17 – 15 – 12 – 10 m überstreicht, gibt es in 2 verschiedenen Dimensionen. Einmal als Antenne die auf den CW-Bändern optimal abgeglichen ist oder als SSB-Version. Die Antenne benötigt ein symmetrisches Speisekabel und einen entsprechenden Antennenkoppler.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

14.2.4 Trap-Antennen

Grundgedanke:

In den Antenneleiter eingefügte Schwingkreise erlauben bei korrekter Auslegung Mehrbandbetrieb.

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



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

Bei der Auslegung der Traps unterscheidet man 2 Fälle:

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

Am Beispiel einer 80 / 40 m Antenne erklärt:

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

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

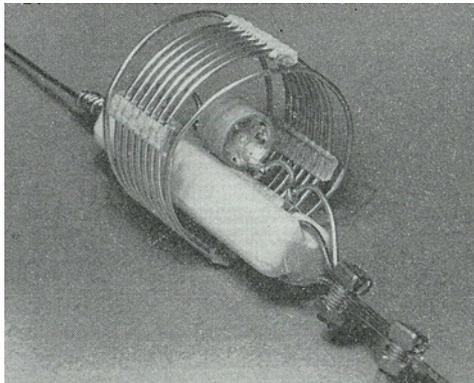
- **Fall 2:**
Die Resonanzfrequenz der Traps liegt ausserhalb der Amateurbänder. Auf dem höherfrequenten Band wird die Antenne durch das C der Trap verkürzt, auf dem niederfrequenten Band durch das L der Trap verlängert.

Am Beispiel einer 80 / 40 m Antenne erklärt:

Auf beiden Bändern wirkt die volle Antennenlänge.

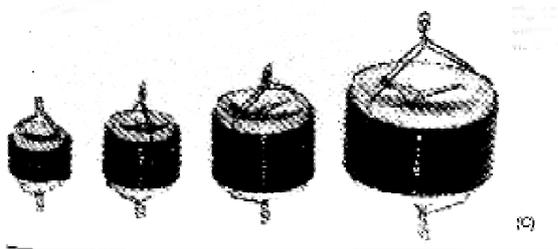
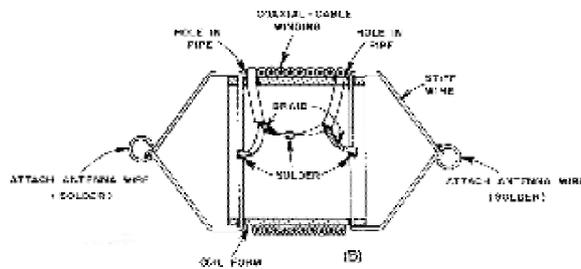
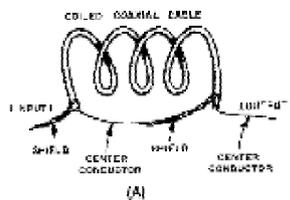
- 40 m: Der Kondensator C der Traps wird so bemessen, dass er an der vorgesehenen Einbaustelle die Antenne so verkürzt, dass sich Resonanz auf dem 40 m Band ergibt.
- 80 m: Die Spule L der Traps wird so bemessen, dass sie an der vorgesehenen Einbaustelle die Antenne elektrisch so verlängern, dass sich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

Die Resonanzfrequenz der Trap liegt irgendwo weitab der Amateurbänder.



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

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



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

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

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

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

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

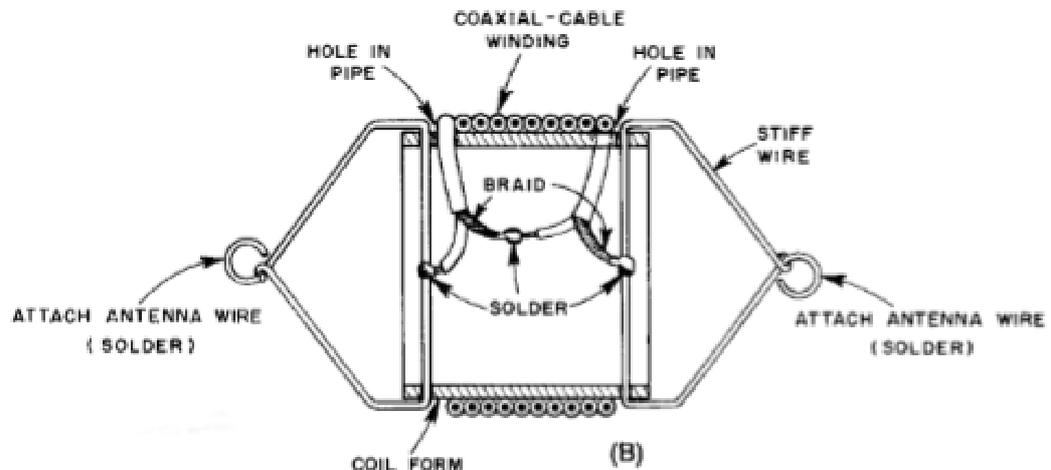
Man kann für Betrieb auf mehr als 2 Bändern eine ganze Anzahl Traps an der richtigen Stelle auf dem Antennendraht einschlaufen.

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

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

- Koaxialkabel-Typ
- Gewünschte Resonanzfrequenz
- Spuledurchmesser

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



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

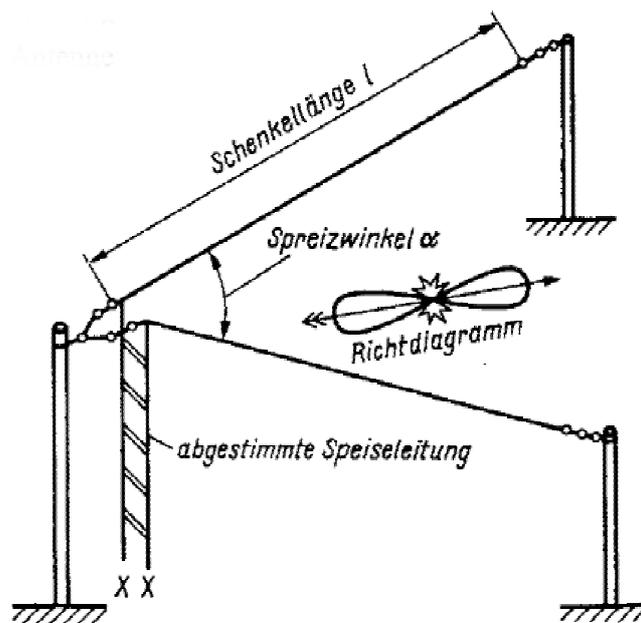
15 Langdraht-Antennen

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

In Bezug auf Langdraht-Antennen unterscheidet man:

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

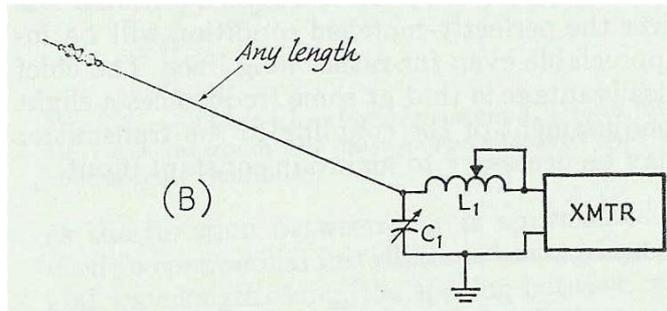
15.1 Echte Langdrahtantennen



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

15.2 Unechte Langdrahtantennen

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



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

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

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

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

Bei dieser Art Antenne muss folgendes beachtet werden:

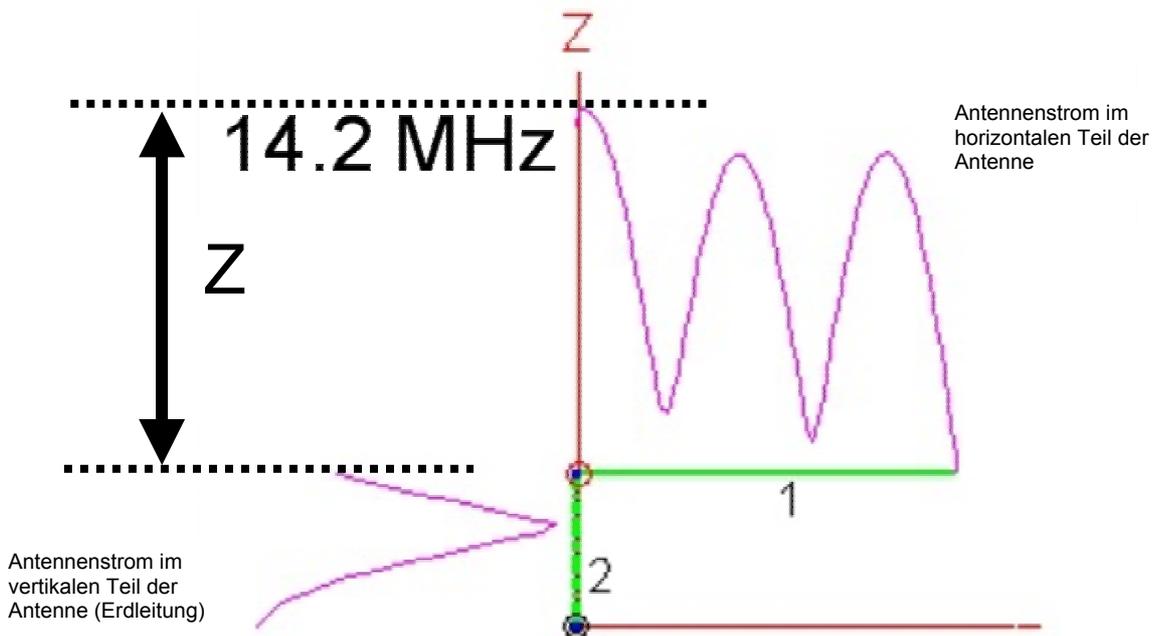
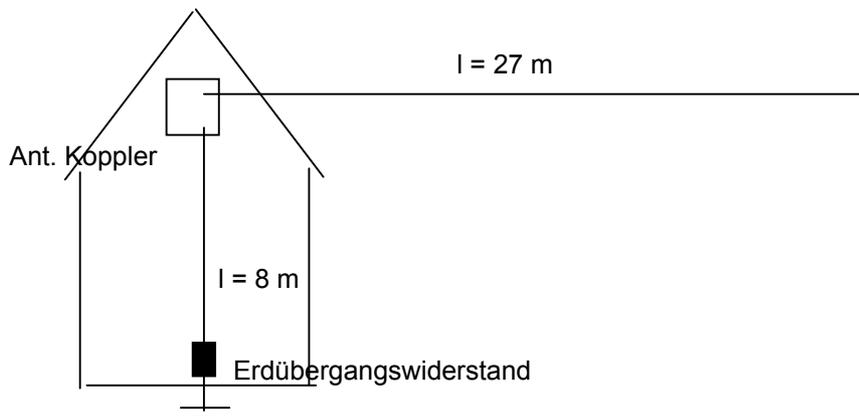
- Die Drahtlänge der eigentlichen Antenne, d.h. vom Isolator am abgespannten Ende bis zum Antennenkoppler darf auf keinem Band eine $\lambda/2$ -Resonanz aufweisen. Dies würde reine Spannungskopplung bedeuten und dies verkräftet ein normaler Antennenkoppler nicht.
- Der Draht vom Antennenkoppler bis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

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

Betrachtungen an einem praktischen Beispiel:

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



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

Bei dieser Art von Antennen gelten folgende Spielregeln:

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

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

Betrachtung der Speisepunktimpedanz

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

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

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

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

Welcher Antennenkoppler ?

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

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

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

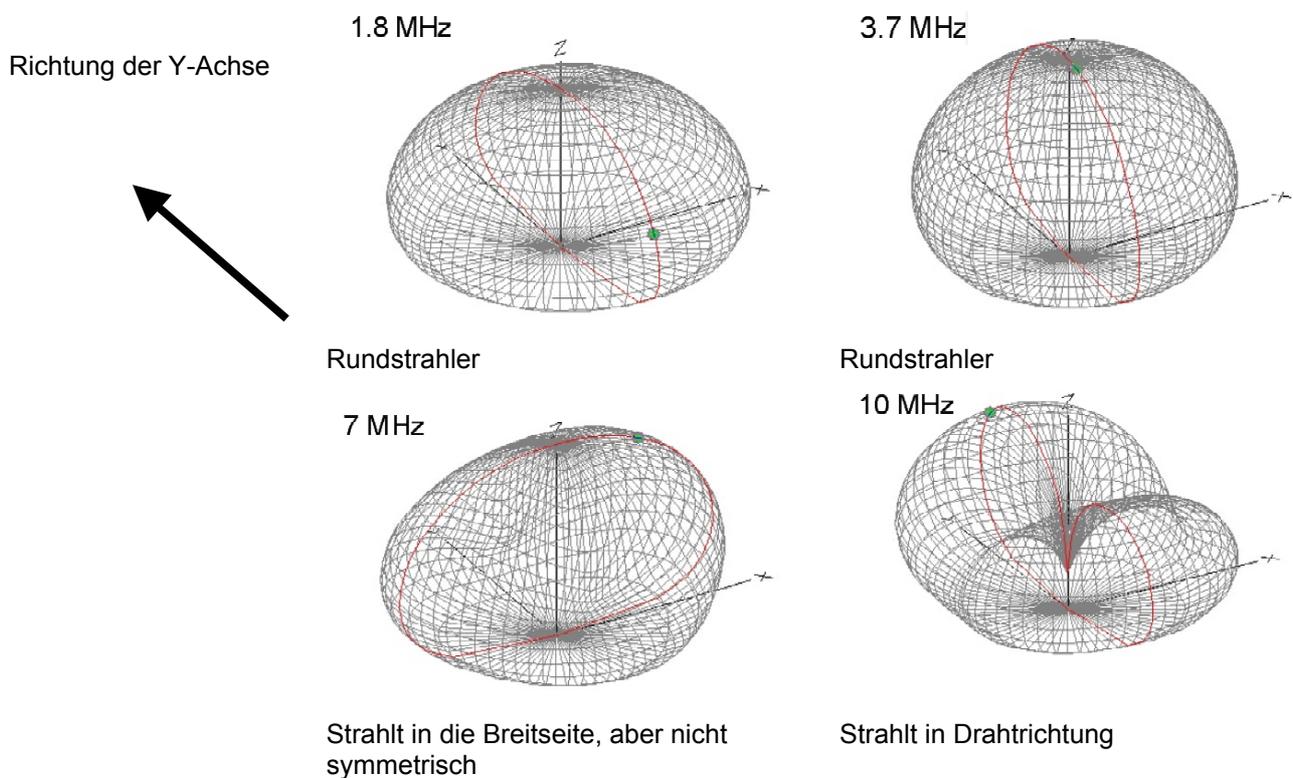
Aus einem unechten Langdraht wird eine echte Langdraht-Antenne

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

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

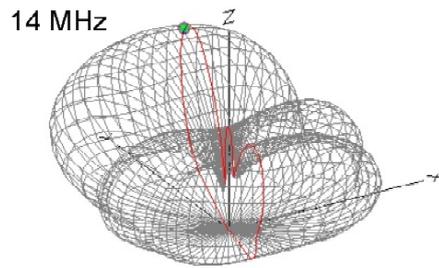
Die nachstehenden Darstellungen gehen von einer „frei“ im Raum liegenden vertikalen Erdleitung aus.

Die Drahtrichtung des horizontalen Teils entspricht der Y-Achse.

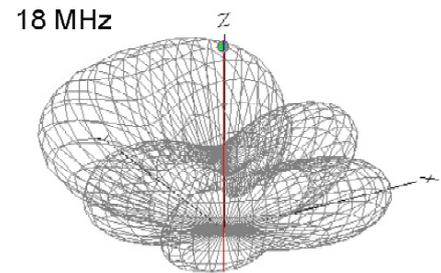


Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

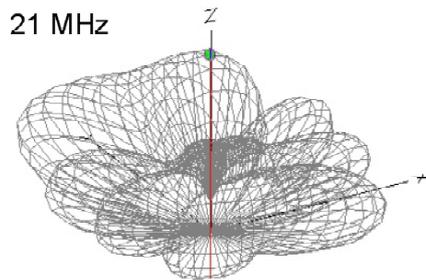
Teil 2: Antennen-Praxis



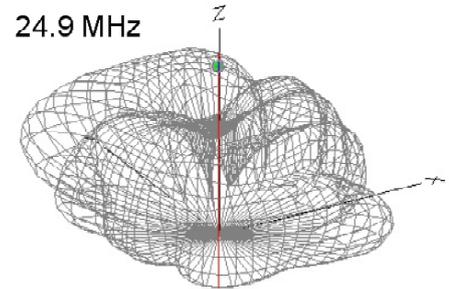
Strahlt ca. 15 ° zur Drahrichtung



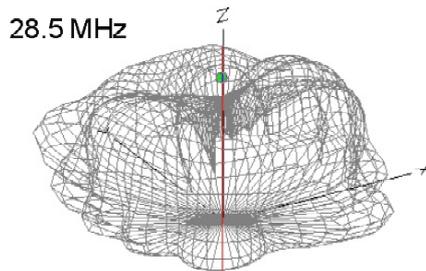
Strahlt ca. 30 ° zur Drahrichtung
Wildes Strahlungsdiagramm



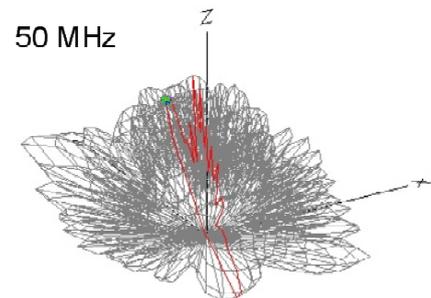
Strahlt ca. 30 ° zur Drahrichtung
Wildes Strahlungsdiagramm



Strahlt ca. 30 ° zur Drahrichtung
Wildes Strahlungsdiagramm



Strahlt ca. 30 ° zur Drahrichtung
Wildes Strahlungsdiagramm

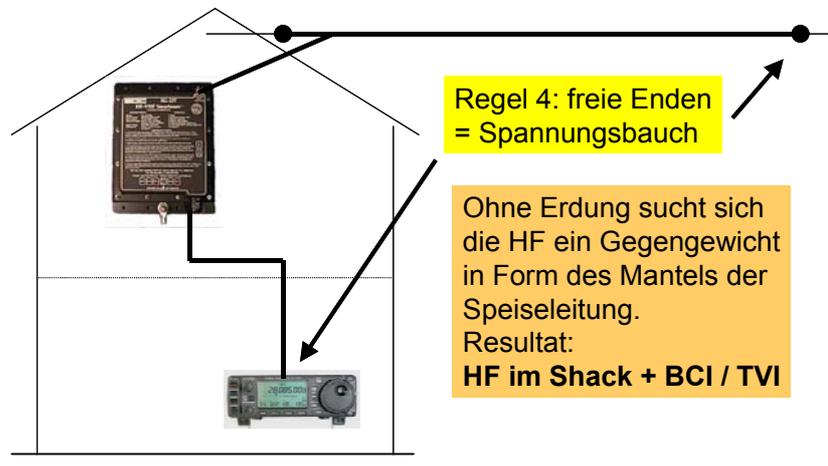


Strahlt ca. 30 ° zur Drahrichtung
Wildes Strahlungsdiagramm

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

Was passiert wenn wir vergessen zu Erden ?

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



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

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

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

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

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

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

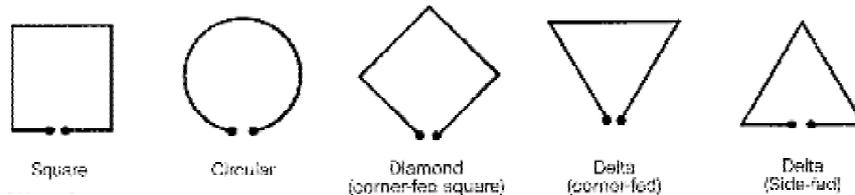
Diese Ausführungen sollen zeigen was für Geheimnisse in einer auf den ersten Blick doch simplen Drahtantenne stecken.

16 Schleifenantennen

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

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

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



Bei der Auswahl der Schleifenform gilt der Grundsatz:

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

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

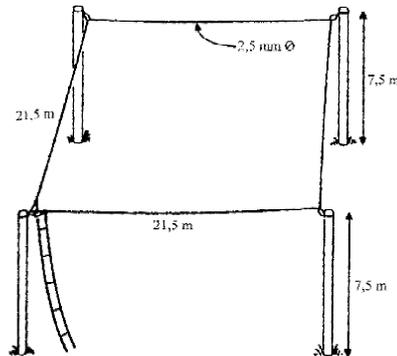
Häufig hat man ja gar keine Auswahl, aber wenn man schon die Möglichkeit hat die Drahtschleife auf verschiedene Arten anzuordnen, dann sollte man sich an obigen Grundsatz erinnern. Nicht alle OM's sind in Geometrie und Trigonometrie gleich gut bewandert, deshalb ein kleiner Trick wie man herausfinden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

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

Im übrigen unterscheidet man

- horizontale Schleifenantennen und
- vertikale Schleifenantennen.

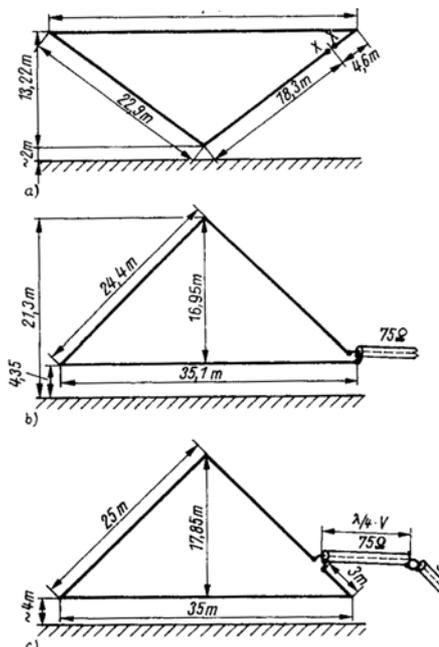
16.1 Horizontale Schleifenantennen



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

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

16.2 Vertikale Schleifenantennen



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

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

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

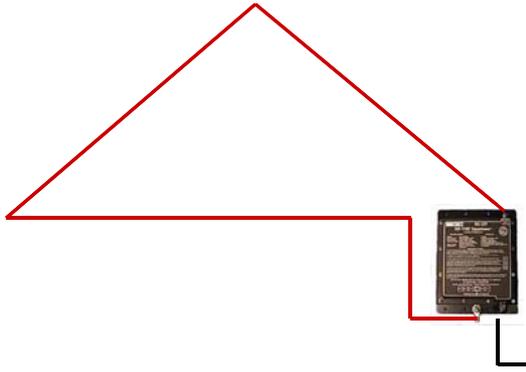
Meine praktischen Erfahrungen haben gezeigt, dass man mit einer 80 m Delta-Loop, die oben am Mittelmast

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

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

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

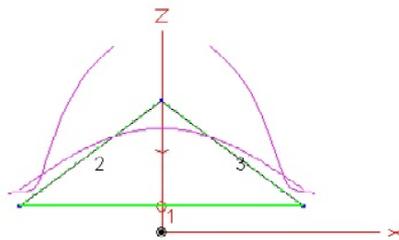


Schleife auf jeder beliebigen Frequenz betreiben kann, ohne dass grössere Verluste im Speisekabel zu befürchten sind. Allerdings benötigt man einen Antennenkoppler für symmetrische Speiseleitungen. Schleifenantennen können auch mittels eines automatischen Antennenkopplers, den man direkt am Speisepunkt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

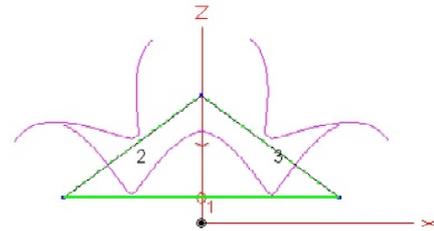
16.3 Stromverteilung auf Schleifenantennen

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

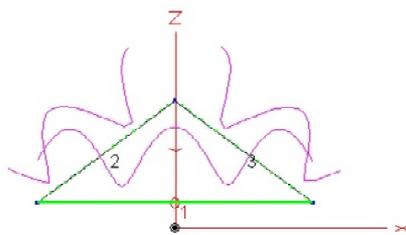
Slogan: **Bei $0.5 * \text{Schleifenlänge} = \text{Strombauch}$**



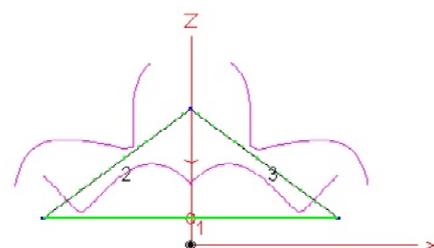
Stromverteilung bei f_{res}



Stromverteilung bei $2 f_{res}$

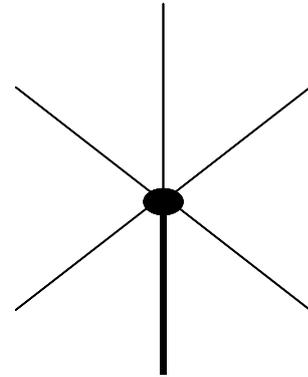


Stromverteilung bei $3 f_{res}$



Stromverteilung bei irgendeiner Frequenz (keine Resonanz oder Oberwellenresonanz)

17 Horizontale Antennen versus vertikale Antennen



Ab und zu kommt immer wieder die Frage:

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

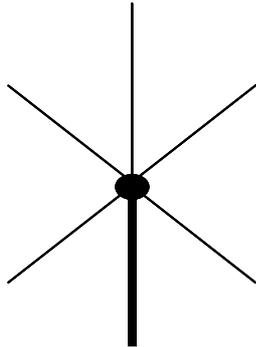
Die Antwort kann man etwa so zusammenfassen:

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

18 Vertikal-Antennen

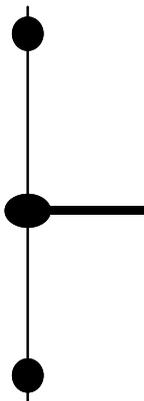
Bei den Vertikal-Antennen unterscheidet man 2 Typen:

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



Antennen mit „Grundberührung“ oder mit Radials:

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

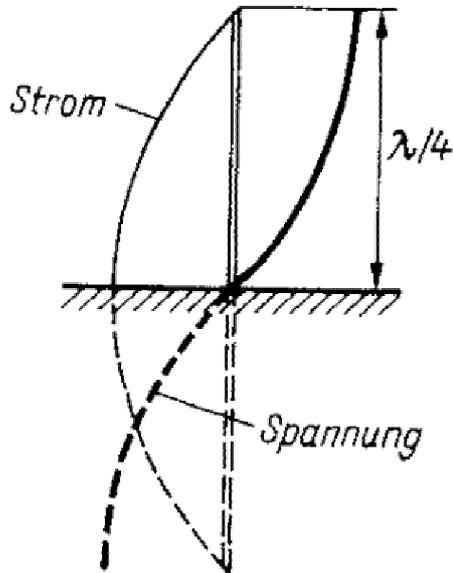


Antennen die ohne „Grundberührung“ oder Radials auskommen.

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

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

18.1 Die Marconi-Antenne



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

Die Idee ist folgende:

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

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

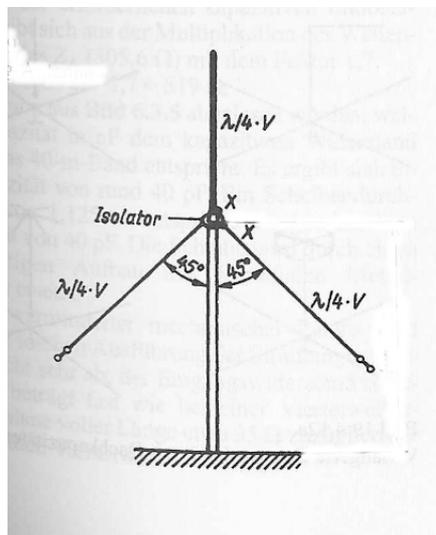
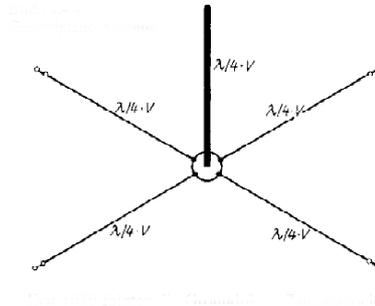
Da die Bodenleitfähigkeit selten so gut ist, dass das Einschlagen eines Erdpfahls eine ausreichende Erdverbindung herstellt, hat man nach „Verbesserungspotential“ gesucht. Man fand, dass der Wirkungsgrad ansteigt wenn man eine solche Antenne mit einem Netz von Drähten umgibt, die entweder auf dem Boden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

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

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

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

18.2 Die Ground-Plane Antenne



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

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

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

Bei 3 Radials ca. $50 \dots 53 \Omega$

Bei 4 Radials ca. 44Ω

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

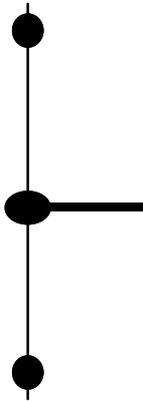
Bei Ground-Plane Antennen sind die Radials im Regelfalle abgestimmt, d.h. sie weisen eine Länge von $\lambda/4$ auf. Üblicherweise sind die Radials isoliert. Am Ende der Radials ist gemäss Regel 4, „freie Enden = Spannungsbauch“, mit HF-Spannung zu rechnen, so dass man die Enden isolieren sollte.

Mehrbandbetrieb:

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

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

18.3 Der vertikale Dipol



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

Die Eigenschaften:

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

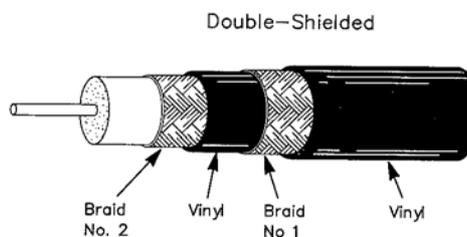
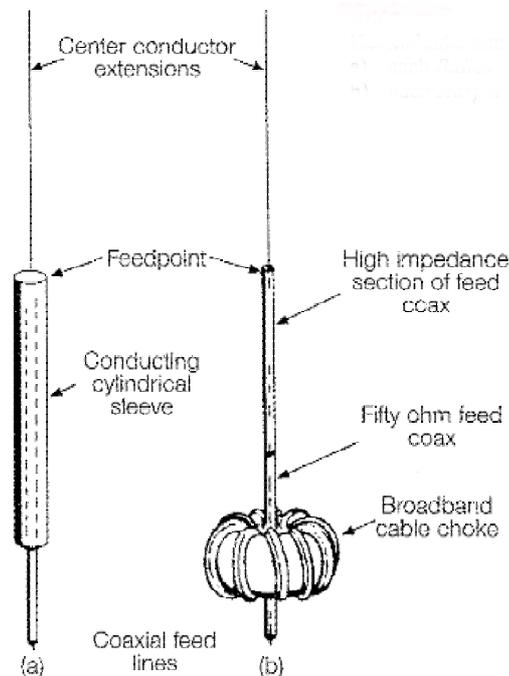
Beim praktischen Aufbau einer solchen Antenne sollte man einen Punkt nicht vergessen:

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

Mehrbandbetrieb:

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

18.4 Der koaxiale Dipol



Der koaxiale Dipol ist eine Sonderform des vertikalen Dipols.

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

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

Ausführung a)

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

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

Ausführung b)

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

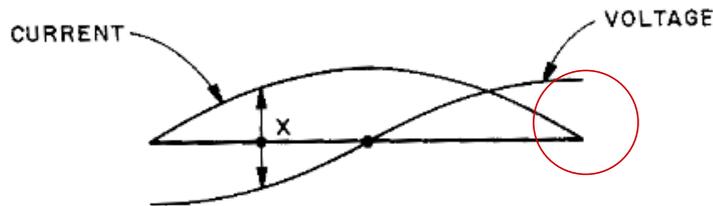
Ich selbst habe die Version a) einmal getestet und festgestellt „es funktioniert“. Das ganze ist mechanisch eine gewisse Fummelei und es dürfte auch nicht so einfach sein die Einschnittstelle im äusseren Kabelmantel wieder einwandfrei wasserdicht zu kriegen.

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

19 Spannungsgespeiste Antennen

Definition:

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



Ein klassischer Spannungsbauch tritt jeweils an einem der Enden auf.

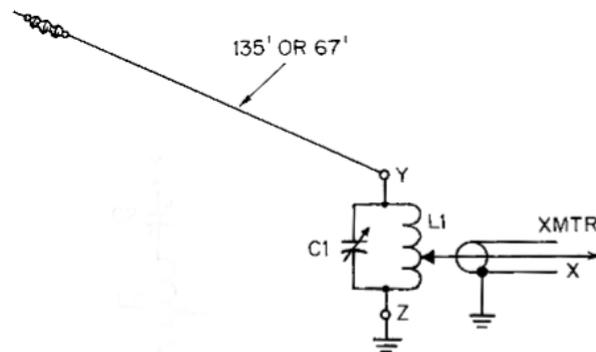
Spannungsgespeiste Antennen wurden im Amateurfunk bis etwa 1960 ... 1970 gerne eingesetzt. Mit der zunehmenden Verwendung von Koaxialkabel als Speiseleitung sind die spannungsgespeisten Antennen (auch spannungsgekoppelte Antennen genannt) etwas in Vergessenheit geraten. Unsorgfältige Auslegungen, z.B.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

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

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

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

19.1 Ankopplung über einen geerdeten Schwingkreis



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

Dazu wird bemerkt:

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

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

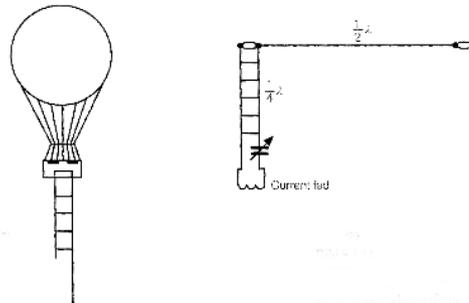
Im praktischen Betrieb wird die „Erdleitung“ zwischen dem Schwingkreis und der Erde immer eine gewisse Länge aufweisen. Wenn wir die Antenne am Dachgiebel abspannen und den Schwingkreis in der Nähe platzieren, dann kann es sich um mehrere Meter Draht handeln. 7 ... 10 m „Erdleitung“ hat man noch bald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

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

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

Wie wir sehen gibt es noch andere Arten der Speisung.

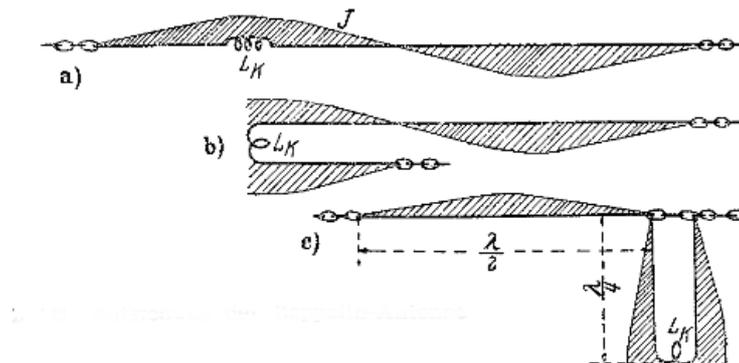
19.2 Die Zeppelin-Antenne



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

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

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



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

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

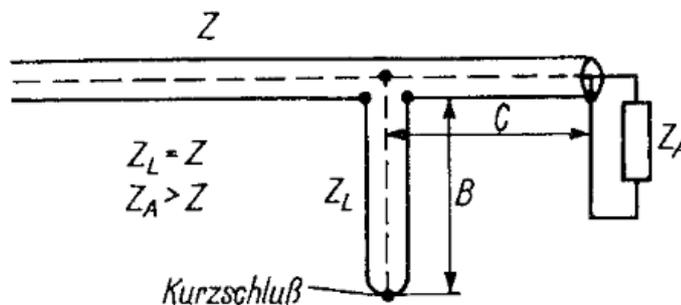
Ich denke es ist jedem Leser aufgefallen:

Hier ist nirgends eine „Erde“ im Spiel !

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

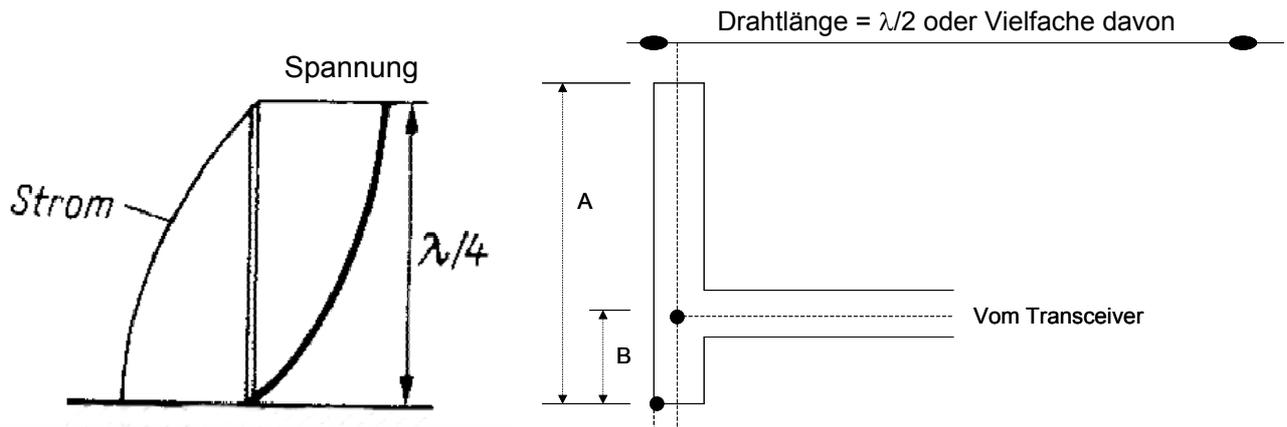
19.3 Ankopplung mittels einer koaxialen Stichleitung

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



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

Darum eine umgezeichnete Version, die vermutlich etwas verständlicher ist.



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

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

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

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

Die Längen berechnen sich wie folgt:

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

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

oder

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

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

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

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

Etwas muss noch erwähnt werden:

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

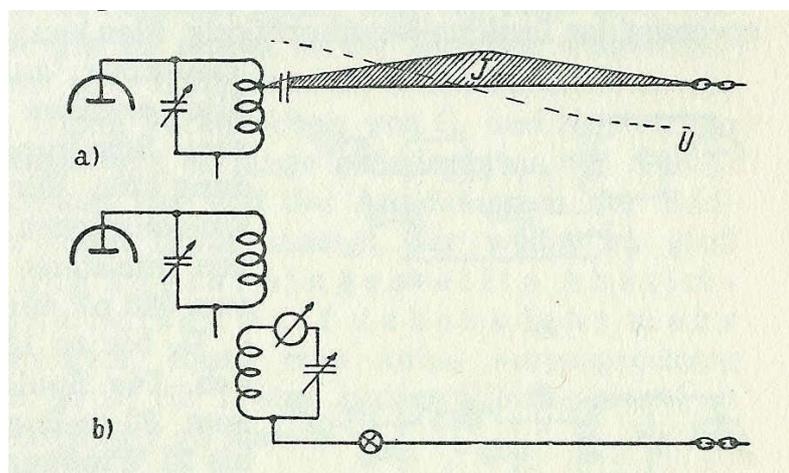
Bei der Anpassung mittels einem abgestimmten Koaxialkabel, das elektrische eine Länge von $\lambda/4$ aufweist, spielt dies gar keine Rolle. Die gesamte Anpassung spielt sich im Innern des Koaxialkabels mit der Länge A ab. Strahlung dringt keine nach draussen. Deshalb kann dieses Stück Koaxialkabel in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

Auch bei dieser Art der Ankopplung einer spannungsgekoppelten Antenne braucht es

keine Erdung.

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

19.4 Die Fuchs-Antenne



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

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

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

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

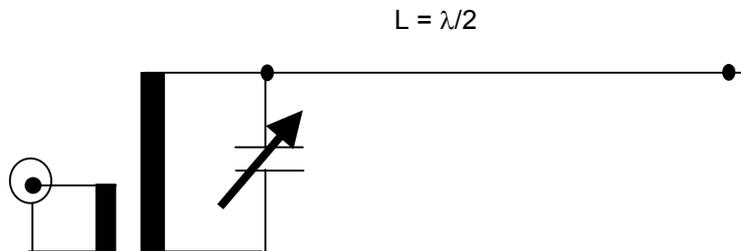
Die **Variante a)** funktionierte mit Röhrensendern mit einem Parallelschwingkreis in der Endstufe durchwegs. Wenn man an der Spule genügend Anzapfungen anbringt, dann findet man unabhängig von der Länge des Antennendrahtes immer eine Anzapfung, wo die Impedanz auf der Spule mit der Impedanz der Antenne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

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

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

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum Teil 2: Antennen-Praxis

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



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

Auch hier: **KEINE ERDUNG !**

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

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

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

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

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

20 Antennen verkürzen

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

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

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

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

Welche Methoden gibt es um eine Antenne elektrisch zu verkürzen:

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

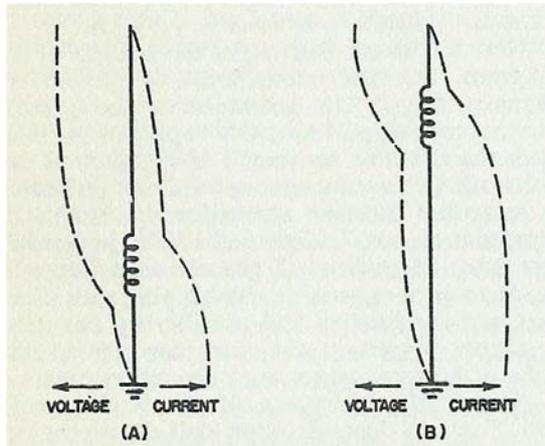
Dies sind die gebräuchlichen Methoden auf die man zurückgreift wenn es darum geht eine Antenne elektrisch zu verkürzen. Leider gibt es keine Rosen ohne Dornen. Auch bei Antennen ist dies nicht anders. Wenn man in Bezug auf Länge etwas tun will, dann handelt man sich mit jeder Massnahme auch etwas ein.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

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

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

20.1 Verkürzung mittels Spulen

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

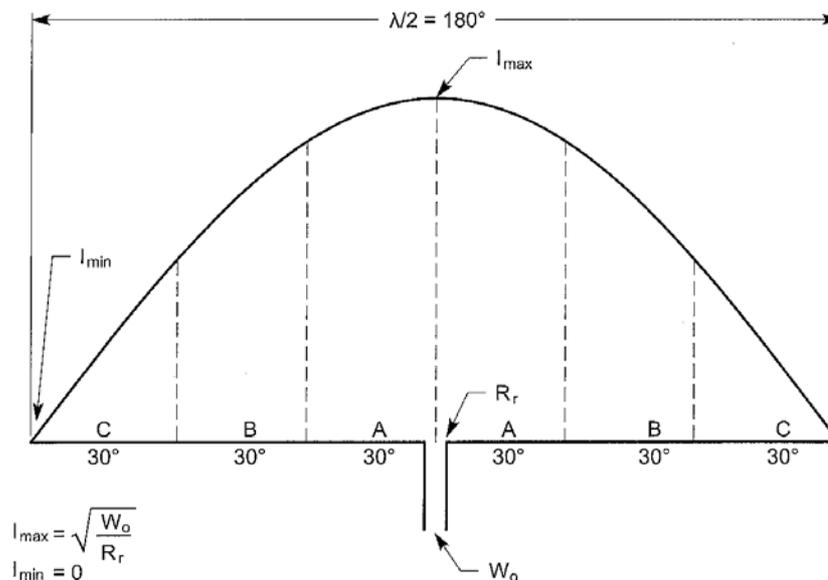


Wenn wir uns mit längenverkürzenden Massnahmen befassen müssen wir uns unbedingt an die Regel 3 erinnern, die besagt „Strom strahlt“. Wenn wir schon Verlängerungsspulen einfügen, dann nach Möglichkeit nicht gerade im Strombauch. Der Einfluss der Position der Verlängerungsspule ist in nebenstehendem Bild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

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

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

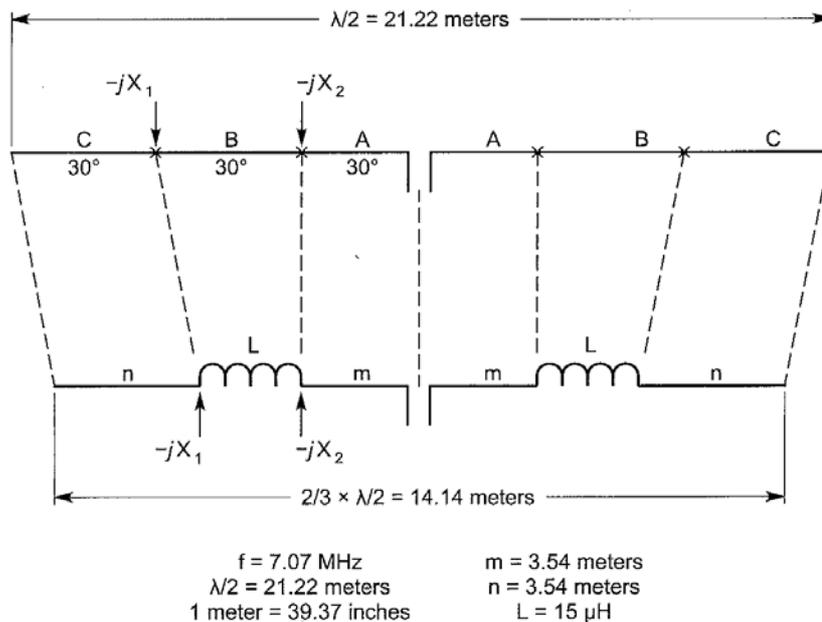
In der Oktober 2003 Ausgabe der Zeitschrift QST der ARRL ist ein Beitrag von OM Luiz Duarte Lopes, CT1EOJ, veröffentlicht, der sich mit der Konzeption verkürzter Antennen befasst. Er hat den Problemkreis übersichtlich dargestellt und ich möchte gerne auf einige Auszüge aus seinem Artikel zurückgreifen:



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

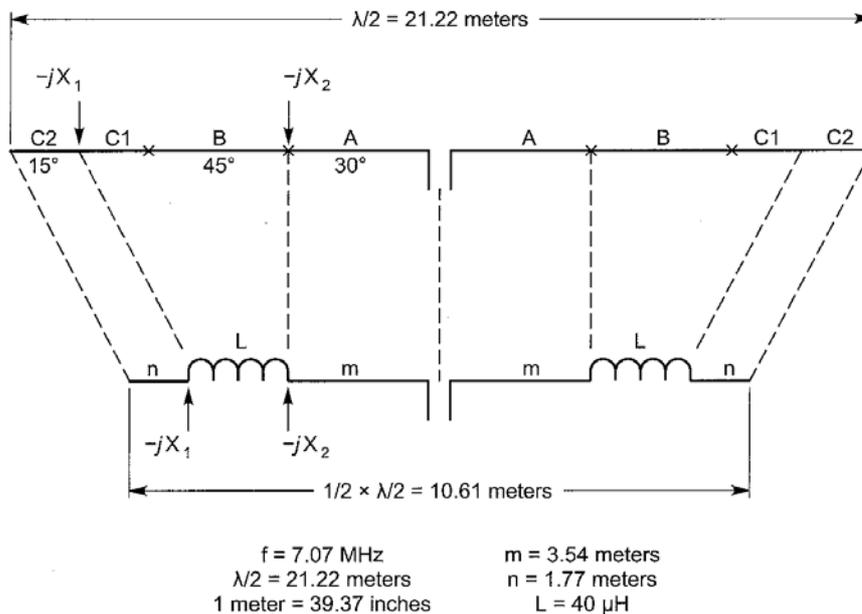
Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis



Version A:

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

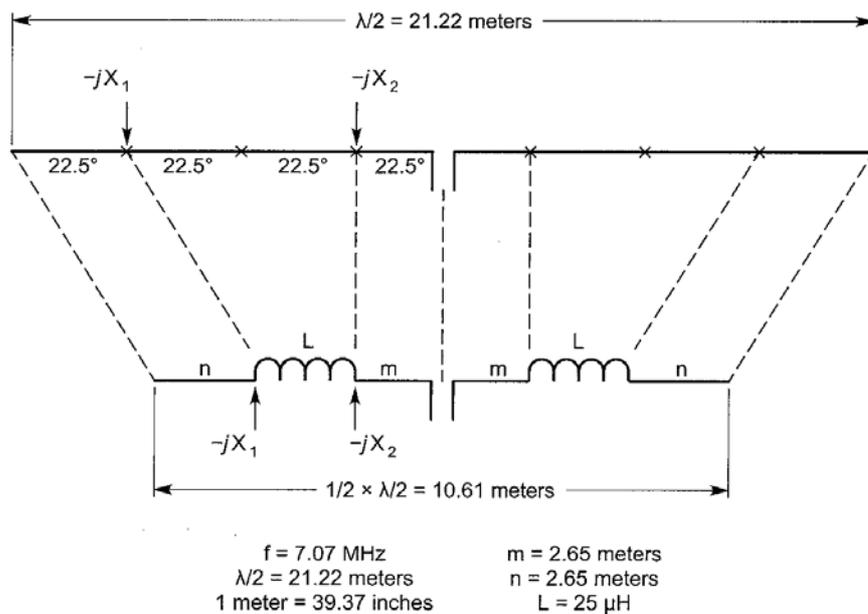


Version B:

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

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

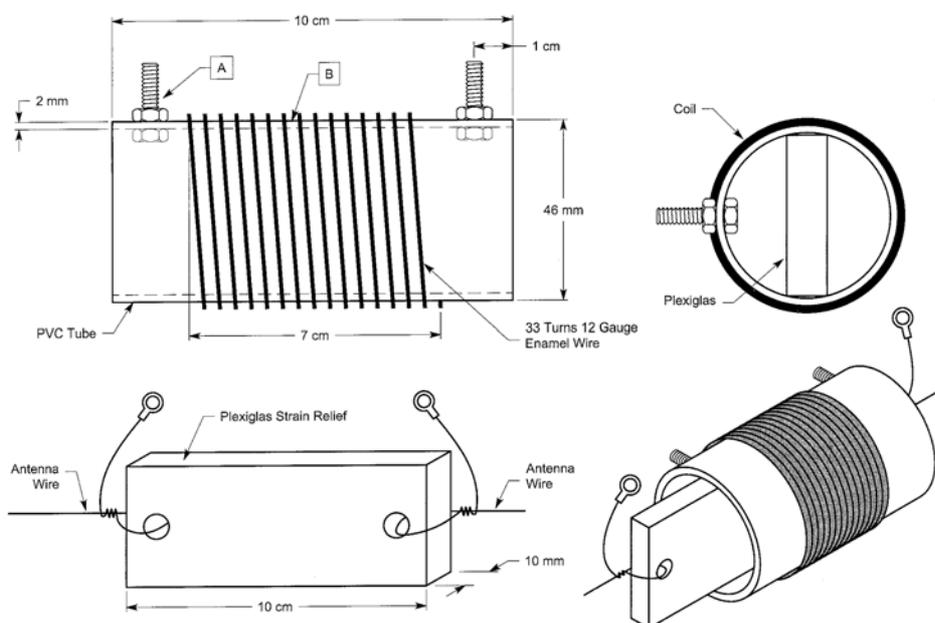


Version C:

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

Im übrigen gilt es noch zu beachten:

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



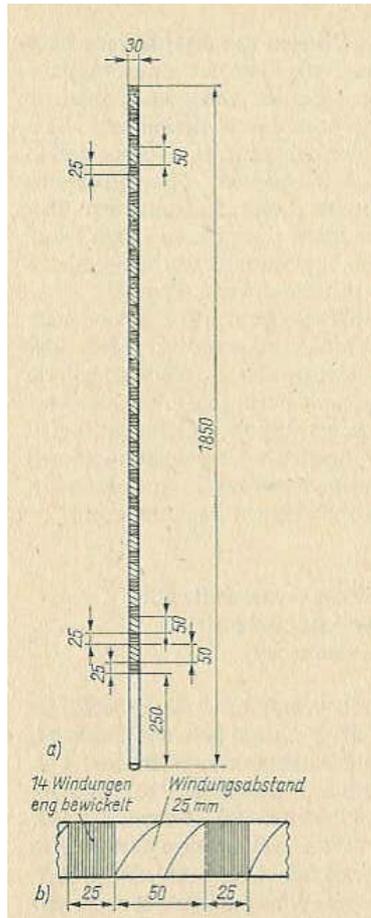
Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

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

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

20.2 Wendelantennen



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

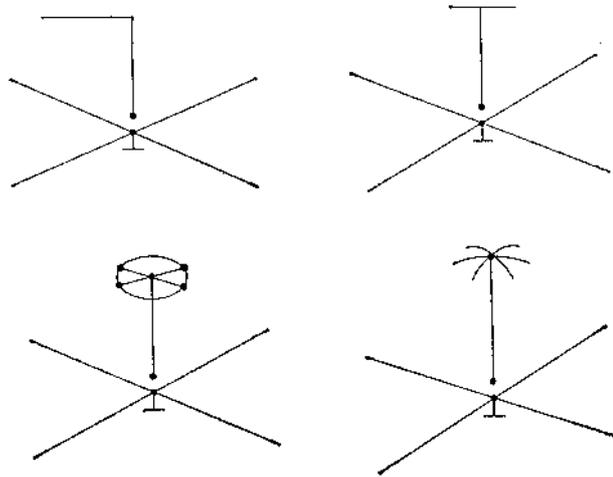
Rothammels Antennenbuch sagt zu dieser Antennenform:

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

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

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

20.3 Verkürzung mittels kapazitiver Belastung



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

Grundsätzlich gilt:

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

Theorie:

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

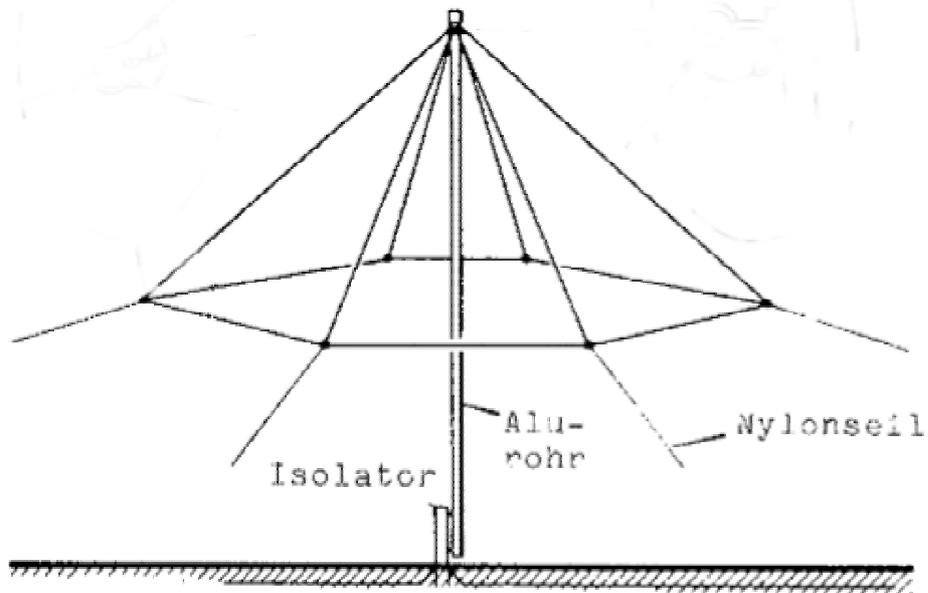
Rothammels Antennenbuch schreibt dazu:

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

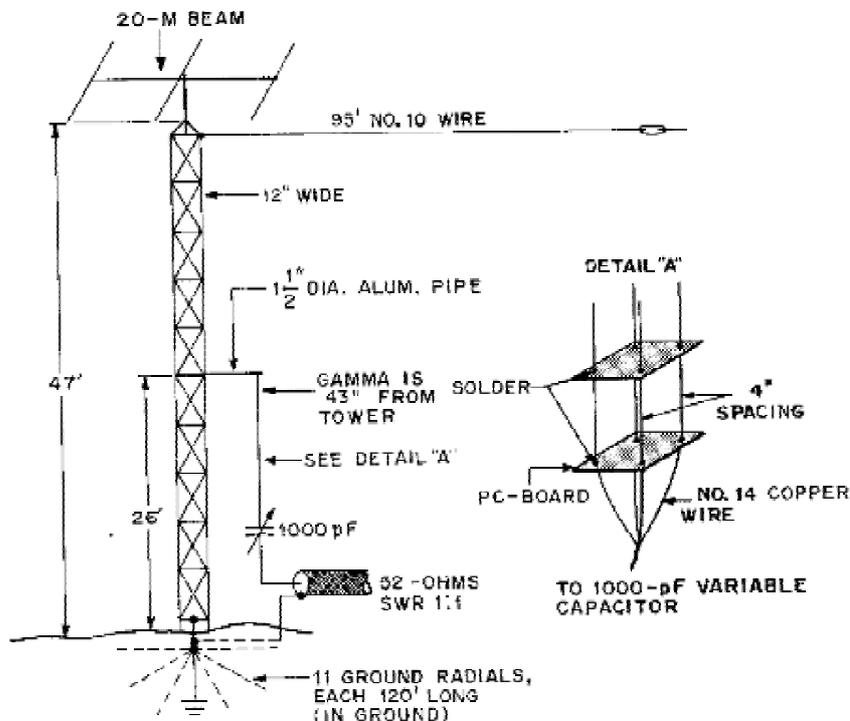
In der Praxis stellt meistens die Herstellung der Dachkapazität die grösste Schwierigkeit dar. Das obige Bild gibt einige Hinweise auf mögliche Ausführungsformen.

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

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum Teil 2: Antennen-Praxis



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



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

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

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

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

20.4 Verkürzung mittels Umwegleitungen



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

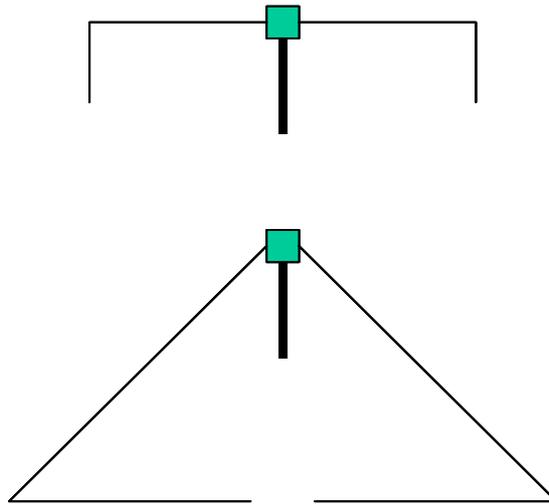
Umwegleitungen realisiert man wie folgt:

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

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

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

20.5 Verkürzung durch Umbiegen der Enden



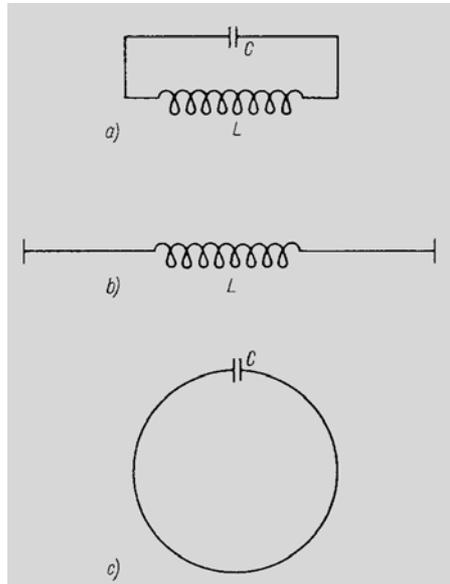
Eine weitere Art wie man Antennen bei relativ bescheidenen Verlusten verkürzen kann ist das Umbiegen der Enden.

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

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

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

21 Spezialformen verkürzter Antennen



Es ist eine bekannte Tatsache:

Ein geschlossener Schwingkreis strahlt nicht.

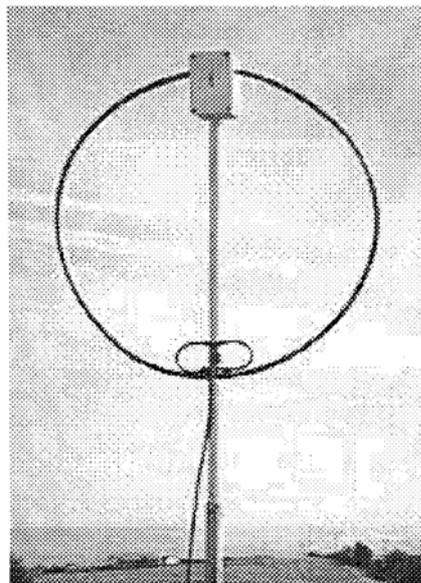
Eine weniger bekannte Tatsache ist:

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

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

- der magnetischen Antenne
- der ISOTRON-Antenne

21.1 Die magnetische Antenne



Die magnetische Antenne ist im Prinzip ein

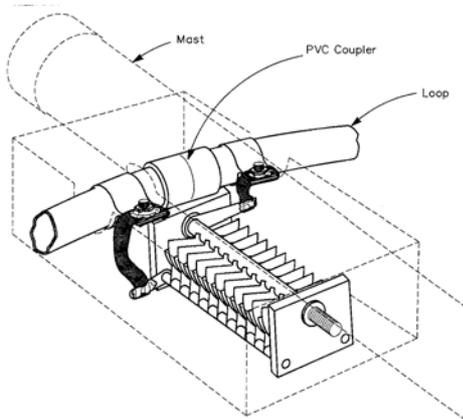
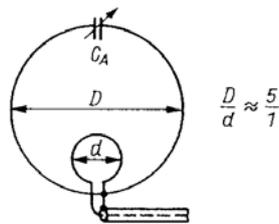
Einwindungs-Schwingkreis

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

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

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis



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

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

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

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

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

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

Interessant ist auch die Geschichte der magnetischen Antennen:

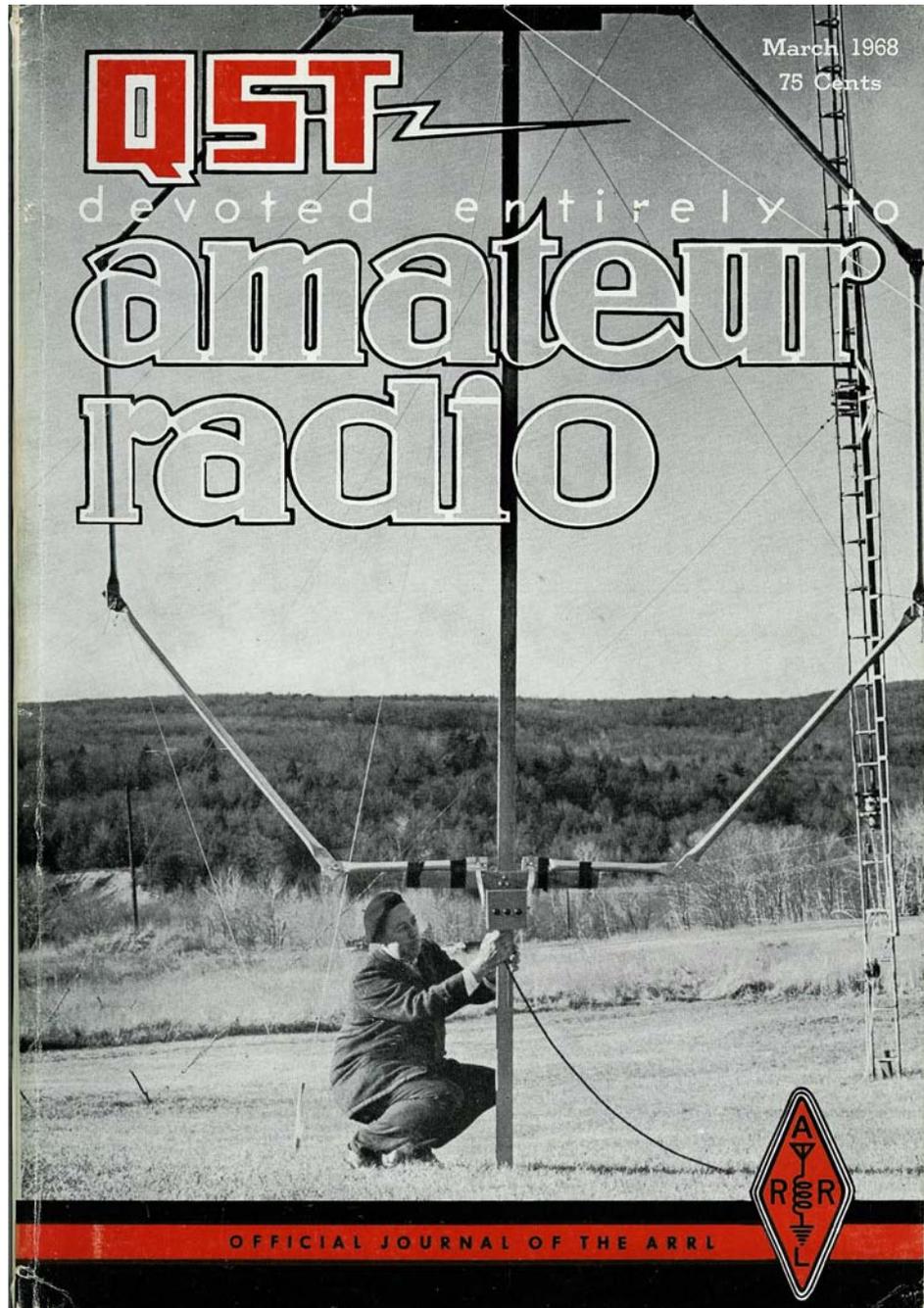
Abgestimmte Schwingkreise, sog. Rahmenantennen wurden seit den ersten Tagen der Funktechnik verwendet. Sie liefern zwar nur kleine Empfangsspannungen aber deren

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

Richtwirkung erlaubt es Störer auszublenden und das Nutzsignal hervorzuheben.

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



Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

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

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

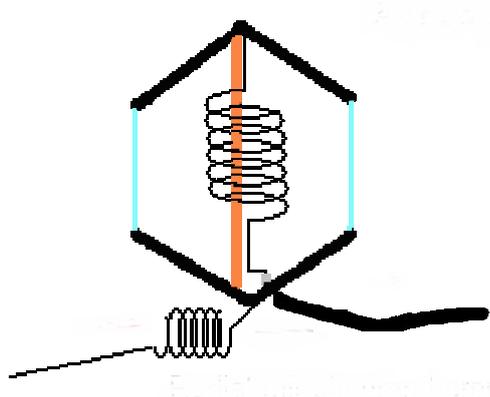
Der Auslöser für diese Versuche waren gleich gelagerte Probleme im militärischen Funkverkehr, nämlich

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

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

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

21.2 Die ISOTRON-Antenne



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

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

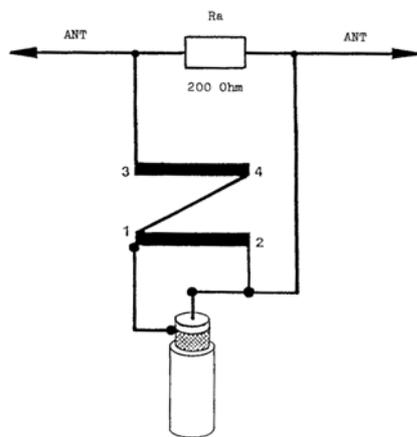
Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

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

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

21.3 Antennen mit Widerstands-Abschluss



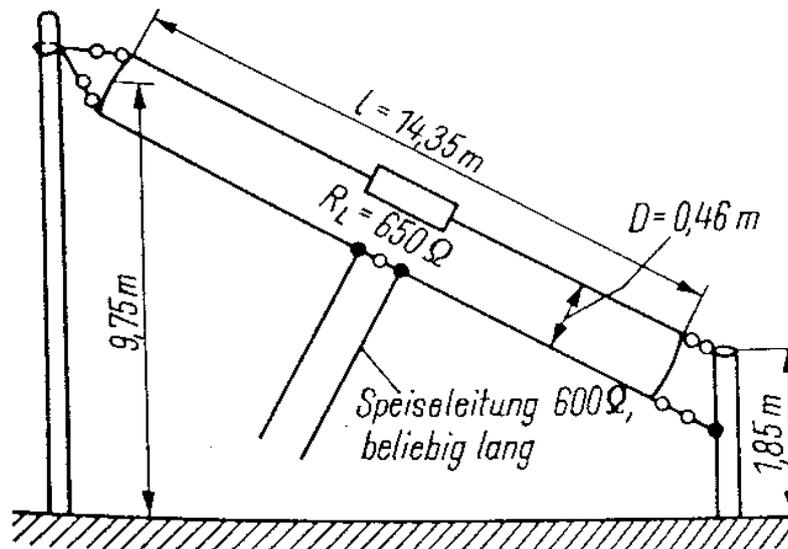
Antennen mit Widerstands-Abschluss funktionieren tatsächlich.

Der Widerstand muss für

ca. 35 - 40 % der Sendeleistung

ausgelegt sein.

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



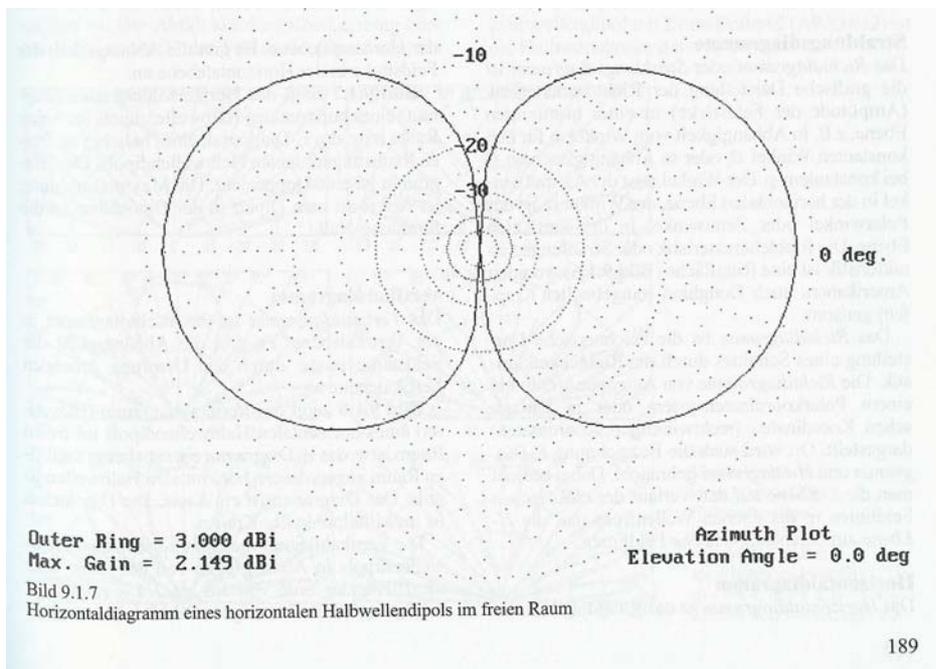
Diese Art Antennen weisen alle generell folgende Vor- und Nachteile auf:

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

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum Teil 2: Antennen-Praxis

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

22 Richtwirkung von Antennen



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

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

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

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

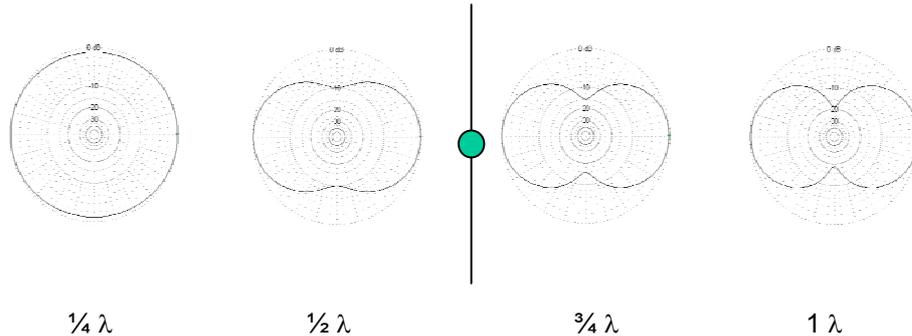
Teil 2: Antennen-Praxis

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

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

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

Wie sieht denn die Realität aus ?



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

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

Mein Rat:

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

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

23 Antennen-Simulations-Software

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

Allen diesen SW-Packages ist eines gemeinsam

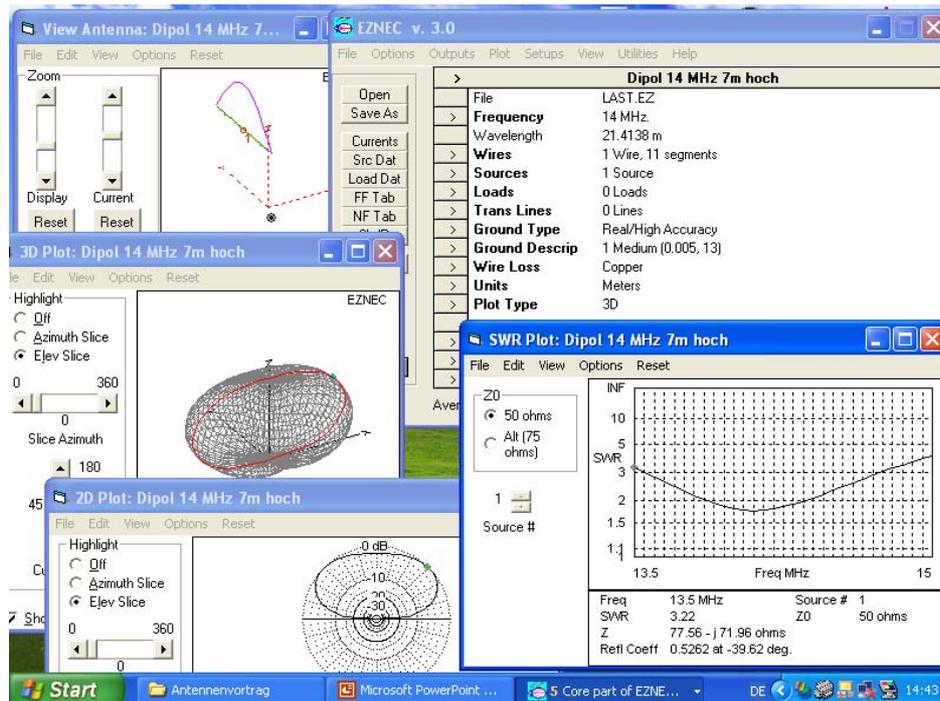
- Sie sind ausgereift
- Sie bringen sehr gute Resultate
- Sie rechnen immer mit den Vorgaben die man ihnen eingibt
- Sie rechnen mit einem Standort „auf der grünen Wiese“

... **ABER** ...

- Wer kennt schon alle Parameter und Störfaktoren seines Antennenstandortes

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

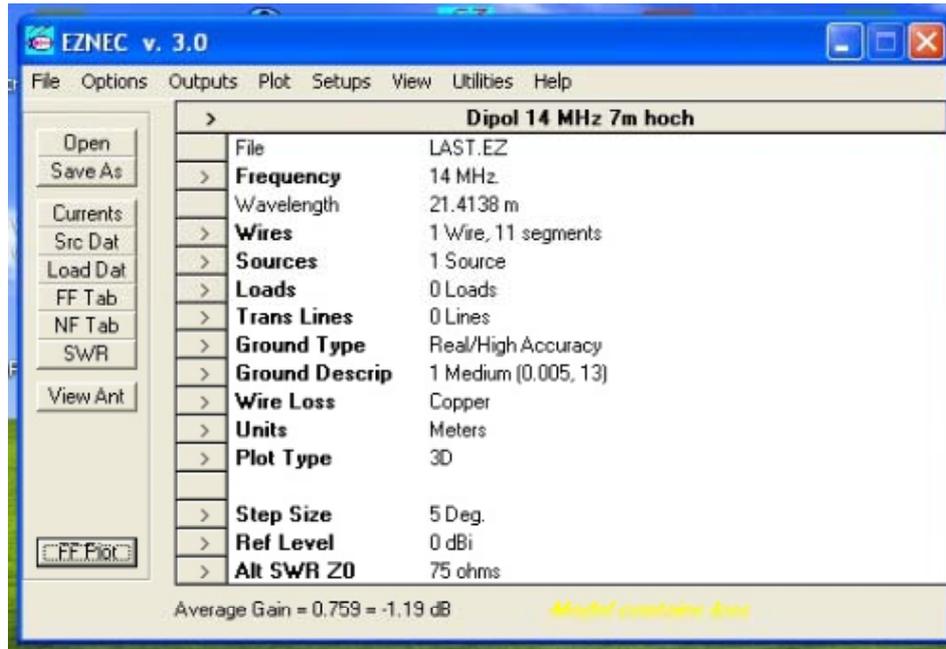
Deshalb einige Angaben zu diesem Programm:



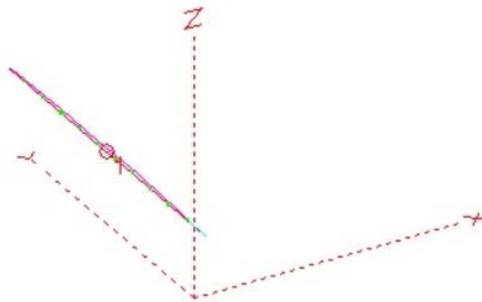
Hier eine kleine Übersicht über die vielfältigen Bildschirm-Darstellungen.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

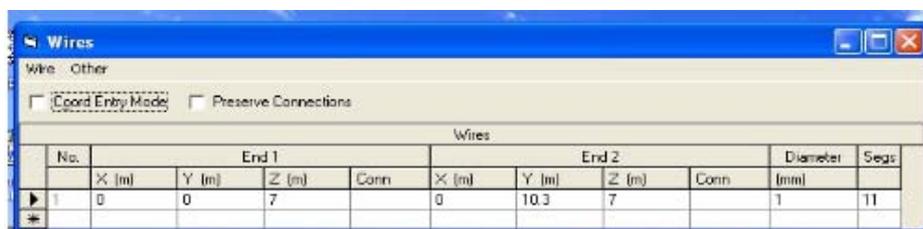
Teil 2: Antennen-Praxis



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



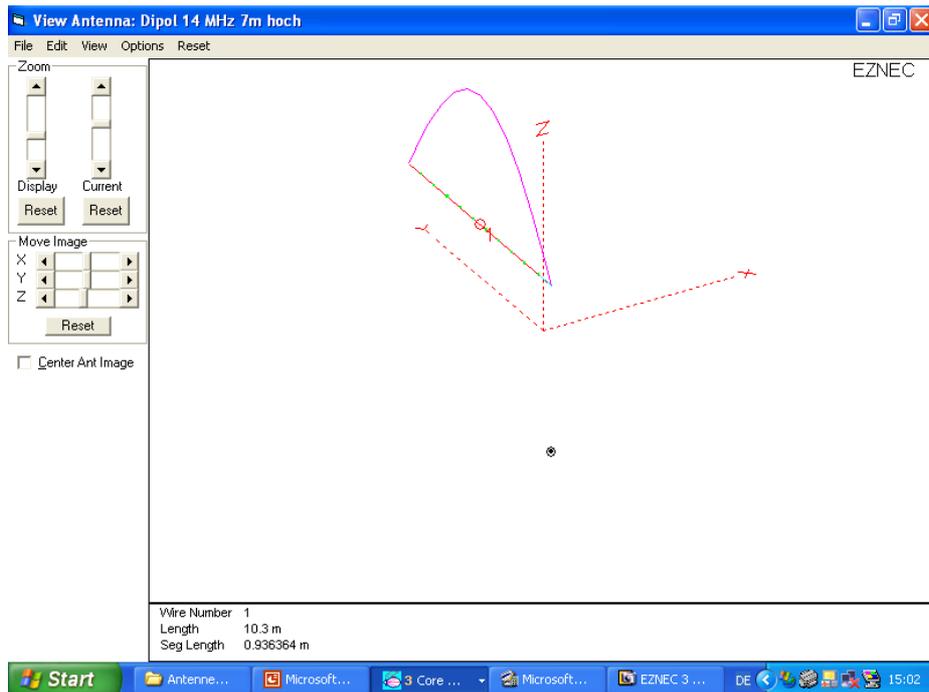
Diese Darstellung zeigt einen Dipol, der aus einem Draht (1) besteht. Der Speisepunkt sitzt in der Mitte. Er ist durch den kleinen Kreis in der Mitte des Drahtes symbolisiert.



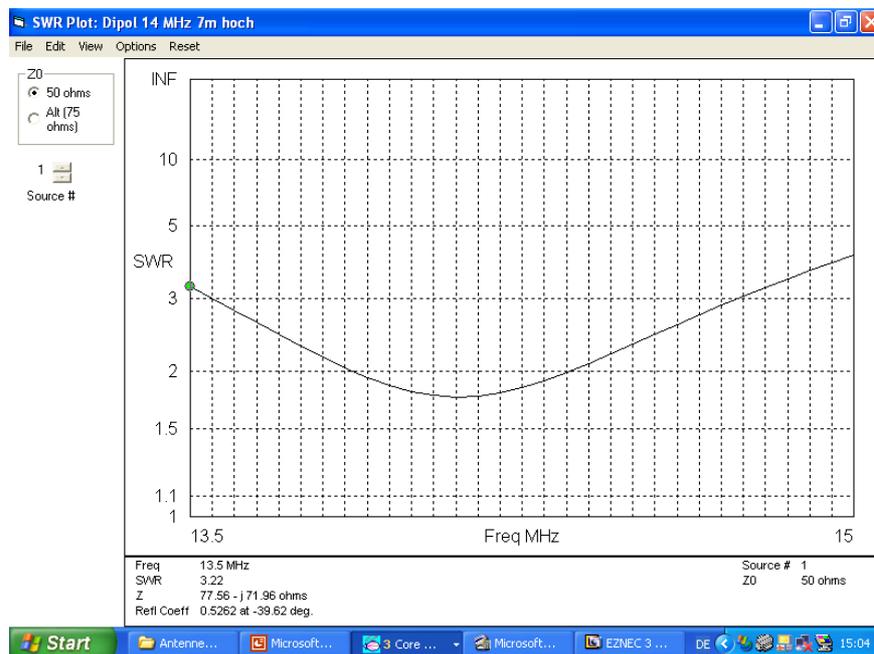
Die Endpunkte der Drähte werden in dieser Liste in Form von X, Y, Z – Koordinaten im Raum definiert.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

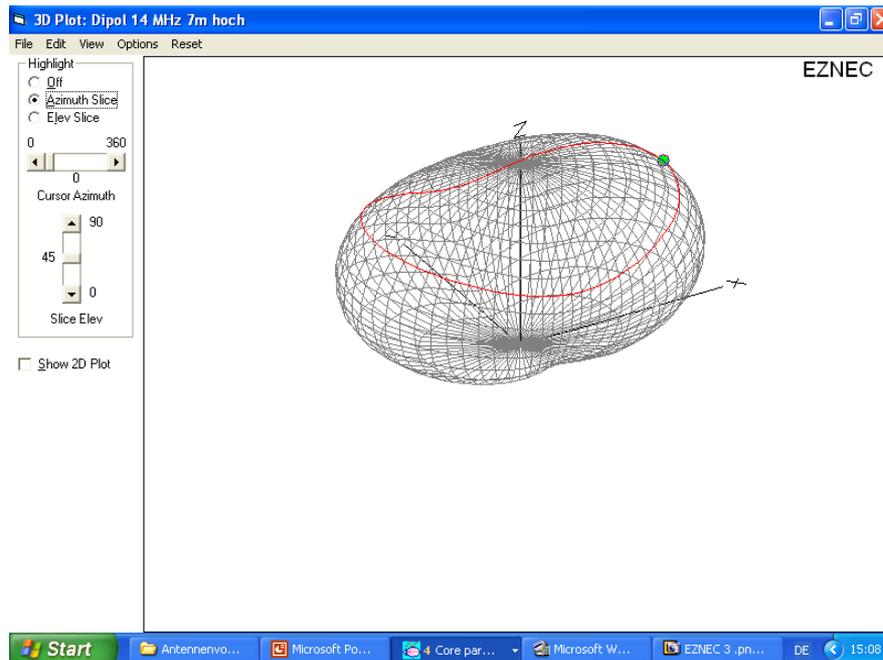


Hier derselbe Dipol nochmals im X, Y, Z – Koordinatenfeld dargestellt. Zusätzlich ist noch die Stromverteilung auf dem Dipol eingezeichnet.

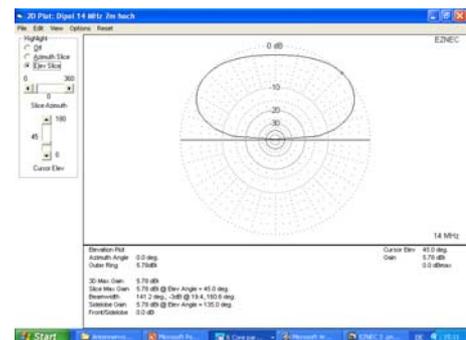
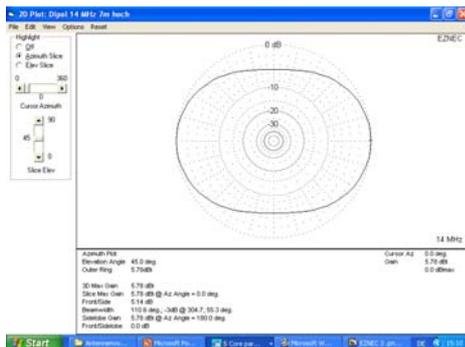


Hier die Darstellung der SWR Kurve.

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum Teil 2: Antennen-Praxis



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



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

Grundsätzlich gilt bei mir die Parole:

... und EZNEC hat doch Recht !

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

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

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

Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum

Teil 2: Antennen-Praxis

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

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

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

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

Viel Spass beim Antennenbau und beim Funken

wünscht Max, HB9ACC