

## **Rund um die Antenne**

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

# **Rund um die Antenne**

**Praxisorientierte Antennenkunde für Funkamateure**

**Teil 5:**

**Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen**

Max Rügger, HB9ACC

**Allen Freunden des Selbstbaus gewidmet**

## **Rund um die Antenne**

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

## Inhaltsverzeichnis

	<b>Seite</b>	
<b>5</b>	<b>Rund um die Antenne, Teil 5</b>	
	<b>Vorwort</b>	5
<b>5.1</b>	<b>Dipole und Dipol-artige Antennen</b>	7
5.1.1	Der Dipol, ein Klassiker	7
5.1.1.1	Aufbauformen des Dipols	7
5.1.1.2	Der klassische resonante Dipol	8
5.1.1.2.1	Abstrahleigenschaften eines klassischen Dipols in Relation zur Aufbauhöhe	9
5.1.1.2.2	Wo bleiben denn die 2.15 dBi Gewinn die ein Dipol theoretisch haben soll?	10
5.1.1.2.3	Gewinn beim real existierenden Dipol	11
5.1.1.2.4	Einfluss der Bodenbeschaffenheit	11
5.1.1.2.5	Die Antennenspeisepunkt Impedanz	12
5.1.1.2.6	Parameteränderungen in Funktion der Aufbauhöhe	12
5.1.1.2.7	Horizontaler Dipol versus inverted Vee	13
5.1.1.3	Der Dipol als Mehrbandantenne	14
5.1.1.3.1	Der Dipol als Mehrbandantenne 80 – 30 – 17 – 12 m	15
5.1.1.3.2	Der Dipol als Mehrbandantenne unterhalb der Resonanzfrequenz	16
5.1.1.4	Der Dipol mit symmetrischer Speiseleitung	17
5.1.2	Mehrband-Antennen auf Dipol Basis	19
5.1.2.1	Rollmeter Dipol	19
5.1.2.2	Mehrband-Dipole	20
5.1.3	Aussermittigt gespeiste Antennen	22
5.1.3.1	Windom Antennen	22
5.1.3.2	Stromsummen Antenne	26
5.1.4	Trap Antennen	27
<b>5.2</b>	<b>Langdraht Antennen</b>	31
5.2.1	Echte Langdrahtantennen	31
5.2.2	Unechte Langdrahtantennen	35
5.2.2.1	Praktisches Beispiel einer unechten Langdrahtantenne	36
5.2.2.1.1	Betrachtungen zur Speisepunktimpedanz	38
5.2.2.1.2	Welcher Antennenkoppler	38
5.2.2.1.3	Aus einem unechten Langdraht wird eine echte Langdraht Antenne	39
5.2.2.1.4	Was passiert wenn wir vergessen zu Erden ?	

## **Rund um die Antenne**

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

# Vorwort

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

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

Einige Bemerkungen zum Dokument:

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

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

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

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

## Rund um die Antenne

### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

Das Dokument ist in 7 Teil-Dokumente aufgegliedert:

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

#### **Wichtiger Hinweis:**

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

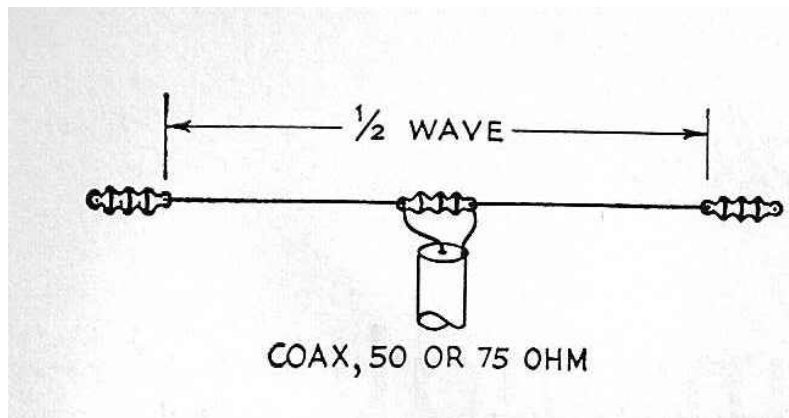
Ich wünsche allen OM's, YL's und XYL's viel Erfolg und Befriedigung mit unserem weltumspannenden schönen gemeinsamen Hobby Amateurfunk.

März 2007

73 de Max Rügger / HB9ACC

## 5.1 Dipole und Dipol-artige Antennen

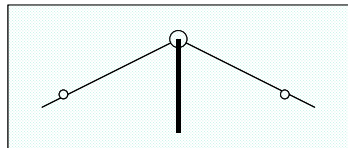
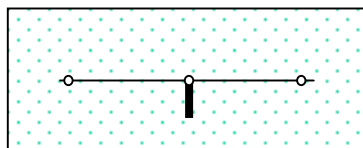
### 5.1.1 Der Dipol, ein Klassiker



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

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

#### 5.1.1.1 Aufbauformen des Dipols



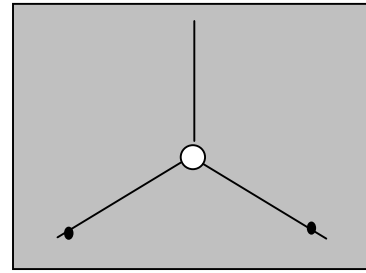
Alle Dipol-artigen Antennen (ob mit mittiger Speisung wie der klassische Dipol oder mit aussermittiger Speisung) können entweder als horizontale Antennen oder als „Inverted-Vee“, d.h. mit leicht nach unten geneigten Antennendrähten aufgebaut werden, ohne dass sich die Eigenschaften wesentlich ändern.

## Rund um die Antenne

### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

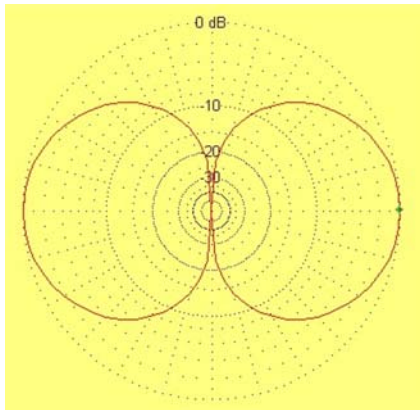


Man kann auch ohne weiteres die schräg nach unten führenden Dipol-Äste in einem Winkel von  $120^\circ$  anordnen. Dies sind dann 2 Abspannungen eines Masts. Die 3. Abspannung wird mit normalem Abspannseil ausgeführt. Diese Anordnung bewährt sich im Portabelbetrieb bei Verwendung eines Fiberglas-Masts.



#### 5.1.1.2 Der klassische resonante Dipol

Was haben wir an der Vorbereitung zur Amateurfunkprüfung gelernt ?



- Der klassische resonante Dipol hat eine Länge über alles die  $\lambda/2$  (eine halbe Wellenlänge) entspricht.
- Jede Dipolhälfte hat eine Länge von  $\lambda/4$ .
- Die Einspeisung erfolgt in der Mitte
- Die Impedanz am Antennenfußpunkt beträgt  $68 \Omega$  (je nach Quelle  $50 \Omega \dots 70 \Omega$ )
- Das Richtwirkungsdiagramm ähnelt einer 8 wie nebenstehend gezeigt.
- Der Gewinn eines Dipol gegenüber einem isotropen Strahler beträgt 2.15 dBi

Wie stimmen diese Aussagen mit der Realität überein ?

Dazu kann man lediglich sagen: **Diesen Dipol gibt es nicht !**

Die Angaben in den Antennenbüchern und Kursunterlagen sind zwar nicht falsch. Trotzdem sind wir einem Phantom aufgesessen. Was nämlich regelmässig nicht ausgesagt wird sind die Randbedingungen unter denen die Aussagen zustande kommen.

### Es handelt sich nämlich um einen Dipol im Freiraum !

#### Was bedeutet Freiraum?

Es bedeutet, dass man eine Antenne definiert, die irgendwo im freien Raum steht, ohne jegliche Beeinflussungen von aussen. Stellen wir uns einfach vor wir betreiben einen Dipol im Weltall, dann haben wir Freiraum-Bedingungen.

Das was hier über den Dipol gesagt ist trifft natürlich auch für viele andere Antennen zu die in klassischen Antennenbüchern beschrieben werden.

Wie kommt es, dass in seriösen Lehrbüchern Angaben gemacht werden die weitab jeglicher Realität liegen?

Die Antwort ist einfach. Erst seit der Einführung der Computertechnik lassen sich komplexe mathematische Modelle entwickeln mit denen man die Realität auch nur annähernd nachbilden kann. Früher was schon die Berechnung eines simplen Dipols eine langwierige Angelegenheit und man hat sich gehütet als zusätzliches Erschwernis noch Randbedingungen



## Rund um die Antenne

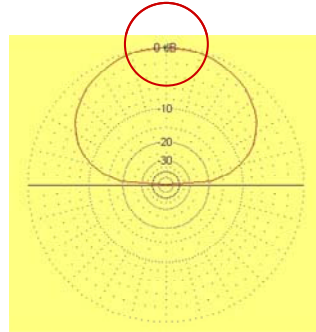
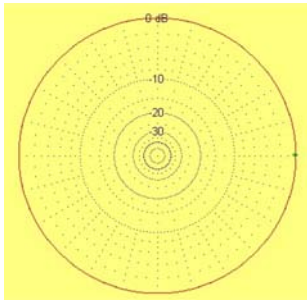
### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

wie Bodenleitfähigkeit etc. einzufügen. Also hat man sich auf das Berechnen von Antennen im Freiraum beschränkt.

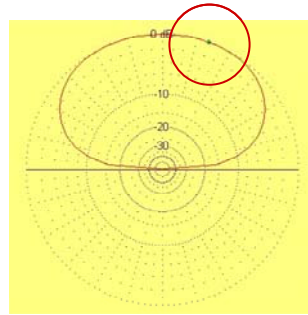
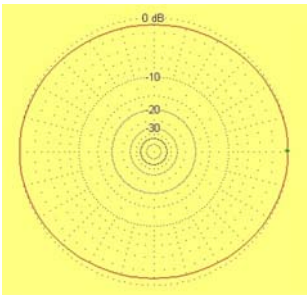
Der Funkamateurl hat aber auf Grund seiner eigenen Erfahrungen, die er mit seinen Antennen gemacht, hat schon immer gewusst, dass die Realität von der Theorie abweicht. Die Erfahrungen, die man empirisch gemacht hat, waren da, nur konnte man nicht für alles was man in der Praxis erlebt hat eine schlüssige Erklärung abgeben. Seit es Antennen-Simulations-Programme (wie z.B. EZNEC) gibt findet man plötzlich die Erfahrungen, die man im praktischen Funkbetrieb gemacht hat, bestätigt und erklärt.

#### 5.1.1.2.1

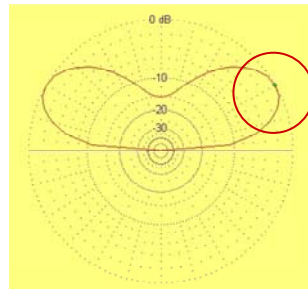
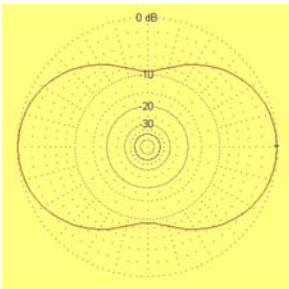
#### Abstrahleigenschaften eines klassischen Dipols in Relation zur Aufbauhöhe:



Höhe =  $0.1 \lambda$ , Gewinn = 6.35 dBi



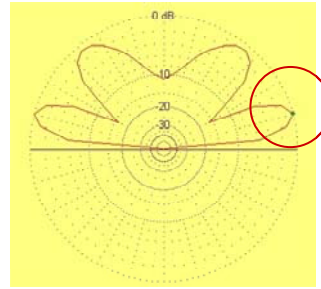
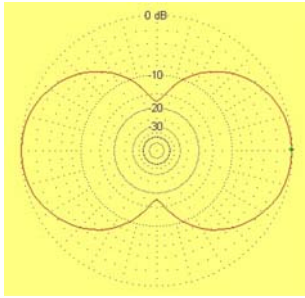
Höhe =  $0.25\lambda$ , Gewinn = 6.9 dBi



Höhe =  $0.5 \lambda$ , Gewinn = 1.7 dBi

## Rund um die Antenne

### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen



Höhe =  $1 \lambda$ , Gewinn = 4.6 dBi

Wenn wir diese Abstrahlungsdiagramme betrachten, dann finden wir etwas das wir aus der Erfahrung bereits kennen:

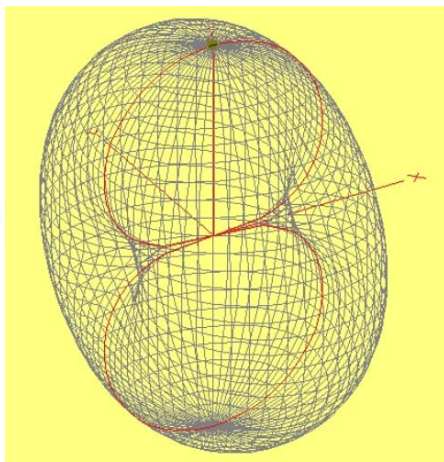
- Ein im Verhältnis zur Wellenlänge tief hängender Dipol ist ein Steilstrahler mit Rundstrahlcharakteristik.
- Mit zunehmender Antennenhöhe sinkt der Abstrahlwinkel.
- Ab einer Aufbauhöhe von ca.  $\lambda/2$  beginnt sich eine gewisse Richtwirkung bemerkbar zu machen.
- Ab einer Aufbauhöhe von ca.  $\lambda/2$  beginnen die realen Diagramme den Freiraum-Diagrammen ähnlich zu sehen.
- Der ausgewiesene Antennengewinn in der Vorzugsstrahlrichtung ist weit von den vorausgesagten 2.15 dBi (im Vergleich mit dem isotropen Strahler) entfernt und zwar ergeben sie einen für uns Funker positiven Effekt.

In der Praxis heisst das:

- Antennen für die langwelligeren Bänder (160m / 80m) hängen in der Praxis alle so tief, dass es sich generell um Steilstrahler mit Rundstrahlcharakteristik handelt. Machen wir uns also bei solchen Antennen keine Gedanken über die Richtwirkung oder über Vorzugsstrahlrichtungen. Solche Antennen können aber in der Praxis durchwegs DX-tauglich sein.
- Erst bei Dipolen für das 20 m Band (und höher) machen sich in der Praxis Richtwirkungen bemerkbar. Auch sinkt der Abstrahlwinkel, was unserer DX-Tätigkeit zugute kommt.

#### 5.1.1.2.2

#### Wo bleiben denn die 2.15 dBi Gewinn die ein Dipol theoretisch haben soll ?????



Wie bereits früher gesagt, dies trifft nur zu für den Dipol im Freiraum zu.

Aber auch dies ist ein sehr theoretischer Wert, denn er bezieht sich auf verlustlosen Draht. Sobald wir zur Konstruktion des Dipols real existierenden Draht verwenden sinkt der Antennengewinn unter Freiraumbedingungen bereits:

- mit verlustlosem Draht = 2.15 dBi
- mit 1 mm Cu-Draht = 1.93 dBi

Wenn wir einen Dipol bauen, dann stellen wir regelmässig noch andere Dinge fest die nicht ganz mit der Theorie übereinstimmen.

## Rund um die Antenne

### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

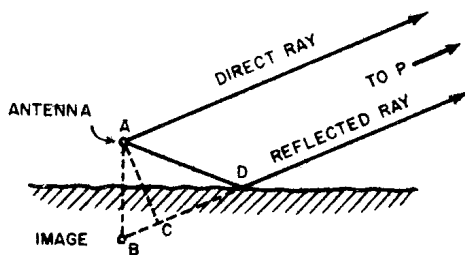
- Wir können die Länge eines Dipols noch so seriös rechnen, die Resonanzfrequenz stimmt ganz selten einmal mit der Rechnung überein.
- Ab und zu stimmt das SWR überhaupt nicht, wir stellen zwar bei der Resonanzfrequenz ein Minimum an SWR fest, aber der Absolutwert ist viel zu hoch.
- Beim einen OM funktioniert die Antenne trotz schlechter Anpassung vorzüglich, bei einem anderen OM ist nicht so wie es sein sollte.

Was geht da vor ????

#### 5.1.1.2.3

#### Gewinn beim real existierenden Dipol

Wie kommt es, dass ein real aufgebauter Dipol bedeutend höhere Gewinnwerte aufweist als die 2.15 dBi die uns in den Antennenbüchern vorgegaukelt werden?



Die Antwort darauf ist relativ einfach.

#### **Die Erde wirkt als Spiegel.**

Ein grosser Teil der in Richtung Erde abgestrahlten Energie wird gemäss dem Spiegelgesetz reflektiert und trägt zusätzlich zur Abstrahlung bei. Ein für uns Funker positiver Effekt.

#### 5.1.1.2.4

#### Einfluss der Bodenbeschaffenheit

Der Einfluss der Bodenbeschaffenheit, d.h. die Leitfähigkeit des Bodens, hat einen massgeblichen Einfluss auf die Antenne. Während man an einem QTH über Grundwasser mit fast jeder Art Antenne gute Ergebnisse erzielt, kann es sich bei schlechter Bodenleitfähigkeit durchaus lohnen sich über die Art der verwendeten Antenne Gedanken zu machen. Symmetrische Antennen wie Dipole sind zwar auch von der Bodenleitfähigkeit abhängig, aber in kleinerem Masse als Antennen die mit Erdverbindung oder mit Radials arbeiten. Am kritischsten sind die Verhältnisse in dicht besiedeltem Gebiet, in Ortschaften und Städten. Dort kommen zusätzlich zur meist eher mediokren Bodenleitfähigkeit noch viele andere Störgrößen dazu (Leitungen, Gebäude etc.) die kaum einmal präzise quantifiziert werden können.

Für einen nicht allzu hoch aufgehängten Dipol sind etwa folgende Werte typisch:



Bodentyp	Dielektrizitätskonstante	Gain
Meerwasser	80	7.5 dBi
Feuchter Boden	30	6.9 dBi
<b>Mittlerer Boden</b>	<b>15</b>	<b>6.1 dBi</b>
Trockener Boden, Berge	10	5.6 dBi
Stadt, hohe Gebäude	3	4.7 dBi

## Rund um die Antenne

### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

#### 5.1.1.2.5 Die Antennenspeisepunkt Impedanz

Die Speisepunkt-Impedanz eines Dipols wird in den meisten Antennenbüchern mit  $68 \Omega$  angegeben. Man findet aber auch andere Angaben, fast immer innerhalb des Bereiches von  $60 \Omega - 75 \Omega$ .

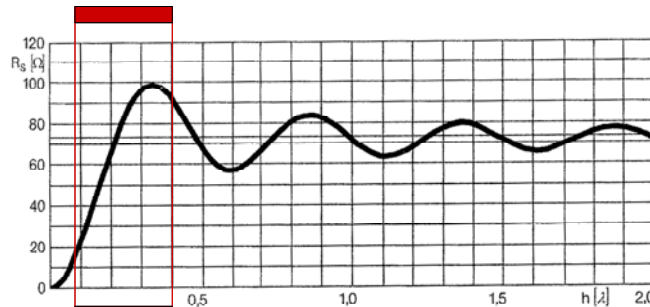


Bild 9.1.3  
Strahlungswiderstand  
eines Halbwellendipols  
in Abhängigkeit  
von der Höhe über der Erde

In der Praxis sind wir in diesem Bereich

Die obige Skizze zeigt die Abhängigkeit der Speisepunkt-Impedanz eines Halbwellendipols in Abhängigkeit von der Aufbauhöhe. Die angegebenen  $68 \Omega$  stellen sich denn auch tatsächlich bei gewissen Aufbauhöhen ein. Wenn ein Dipol sehr tief hängt, dann geht seine Speisepunkt-Impedanz in den Keller, d.h. er wird niederohmig. Diese Eigenschaft ist dann für das „schlechte SWR“ auf dem Speisekabel verantwortlich. Derselbe Effekt tritt auch regelmässig auf wenn man einen Dipol „Indoor“, d.h. innerhalb eines Gebäudes aufspannt. Hier sind es die benachbarten Leiter, Bauelemente etc. die für die „Niederohmigkeit“ des Dipols verantwortlich sind.

In solchen Fällen heisst es nur nicht verzweifeln. Man benützt halt einen Antennenkoppler und lotet im praktischen Funkbetrieb mal aus was die Antenne tatsächlich Wert ist. Wie zu erwarten war wird es sich kaum um eine Hochleistungsantenne handeln. Wenn das aber die einzige Möglichkeit ist eine Antenne zu realisieren und man damit einigermaßen vernünftig QSO fahren kann, dann gilt „... was soll's ? ... Hauptsache ich kann funken“.

#### 5.1.1.2.6 Parameteränderungen in Funktion der Aufbauhöhe

Diese Tabelle muss man nicht unbedingt auswendig lernen, etwas betrachten schadet aber nicht. Sie zeigt die Änderung der Parameter in Funktion der Aufbauhöhe. Es handelt sich um einen 80 m Dipol mit einer Resonanzfrequenz von 3520 kHz ( $\lambda = 85.16 \text{ m} / \lambda/2 = 42.58 \text{ m}$ ). Die Resonanzfrequenz bleibt konstant, alle anderen Parameter ändern sich.



Höhe	Dipollänge	Impedanz	SWR (50 $\Omega$ )
2.5 m	42 m	$Z = 6 + j2.5 \Omega$	1:10
5 m	41.5 m	$Z = 11 - j1 \Omega$	1:5
7.5 m	41.3 m	$Z = 20 + j5 \Omega$	1:2.5
10 m	41 m	$Z = 31 + j2.5 \Omega$	1:1.5
15 m	40.7 m	$Z = 57 - j1.5 \Omega$	1:1.1
20 m	40.7 m	$Z = 80 - j7 \Omega$	1:1.6
30 m	41.4 m	$Z = 99 - j8 \Omega$	1:2
40 m	42 m	$Z = 80 + j2 \Omega$	1:1.5
50 m	41.7 m	$Z = 61 + j4 \Omega$	1:1.5
60 m	41.2 m	$Z = 70 - j3 \Omega$	1:1.4
70 m	41.4 m	$Z = 85 - j1 \Omega$	1:1.6
80 m	41.8 m	$Z = 83 + j4 \Omega$	1:1.6

Die Tabelle zeigt sehr schön. Wenn wir die Höhe verändern, dann verändern sich nicht nur die Abstrahldiagramme, es verändern sich auch alle anderen Parameter der Antenne. Es

## Rund um die Antenne

### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

verändert sich die Drahtlänge, die Impedanz, das SWR etc.

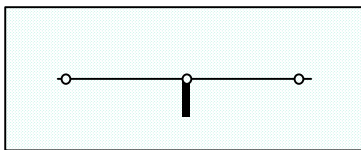
Der Zweck dieser Tabelle ist es ein Gefühl dafür zu vermitteln, dass nicht alles mit einer einzigen Formel abgehandelt werden kann. Sie soll einen Hinweis geben was die Ursache dafür sein könnte, dass sich eine Antenne, die man irgendwo aufgebaut hat, nicht so benimmt wie dies gemäss Lehrbuch der Fall sein müsste.

Wenn man irgendwelche Abweichungen von der Lehrmeinung feststellt und diese nicht jenseits von Gut und Böse liegen, dann lohnt es sich in den wenigsten Fällen zu „centimeterlen“ (d.h. den Draht auf den Zentimeter-genau abzuschneiden). Ein Antennenkoppler hilft dann in den meisten Fällen.

#### 5.1.1.2.7

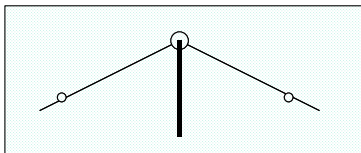
#### Horizontaler Dipol versus Inverted-Vee

Wie bereits ausgeführt kann ein Dipol auf verschiedene Arten konstruiert werden. Welche Art man wählt hängt üblicherweise von den örtlichen Gegebenheiten ab.



#### Horizontaler Dipol

Dies ist die klassische Form des Dipols. Zur Realisierung benötigt man 2 gleich hohe Aufhängepunkte.



#### Inverted Vee

Dies ist ein Dipol der nur über einen hohen Aufhängepunkt verfügt. Die beiden Dipolhälften werden nach unten gezogen, so dass sich die Dipolenden noch in berührungssicherer Höhe befinden.

Der Ausdruck „inverted Vee“ stammt aus dem Englischen und bedeutet „umgekehrtes V“. Dank der Tatsache, dass für diese Antennenform lediglich ein einziger hoher Aufhängepunkt notwendig ist diese Antennenform sowohl unter Funkamateuren wie auch im kommerziellen Funkbetrieb sehr populär. Gegenüber einem horizontal aufgespannten Dipol bleiben die Abstrahlungseigenschaften der Inverted Vee praktisch unverändert.

Da sich bei der inverted Vee die äusseren Ende der Dipolhälften dem Boden nähern hat die erhöhte Kapazität gegen Erde einen kleinen Einfluss. Bei der Inverted Vee müssen die Drahtlängen gegenüber einem horizontalen Dipol um etwas wenigens verlängert werden um auf dieselbe Resonanzfrequenz zu kommen.

Dazu ein Beispiel:

Dipol für das 40 m Band, gewünschte Resonanzfrequenz = 7050 kHz



#### Ausführung als horizontaler Dipol:

Dipollänge =  $2 * 10.10$  m  
Gewinn = 6.94 dBi  
Aufhängehöhe: 10.0 m

#### Ausführung als Inverted Vee:

Dipollänge =  $2 * 10.30$  m  
Gewinn = 6.31 dBi  
Aufhängehöhe: Mitte = 10.0 m  
Dipolenden = 3.0 m

Die Inverted Vee weist gegenüber dem horizontalen Dipol ca. 0.5 dB weniger Gewinn auf. Dies ist eine Abweichung die von der Gegenstation überhaupt nicht bemerkt wird und die im praktischen Funkbetrieb überhaupt keine Bedeutung hat.

Man denke immer daran: **6 dB = 1 S-Stufe**



## Rund um die Antenne

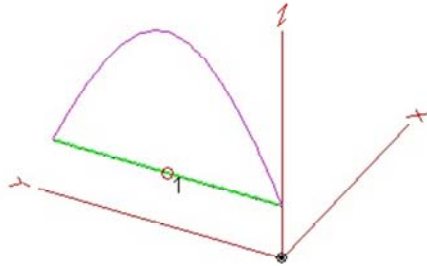
Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

### 5.1.1.3 Der Dipol als Mehrbandantenne

Wie wir alle wissen, der Dipol mit **Koaxialkabelspeisung** ist grundsätzlich eine

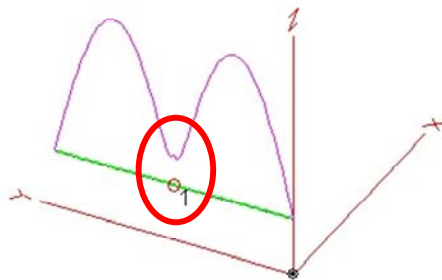
**EINBAND-Antenne.**

Er kann allerdings in **ungeradzahlig**en Harmonischen erregt werden. Eine bekannte Variante besteht darin einen 40 m Dipol auf dem 15 m Band zu benutzen.



**40 m Dipol → auf der Grundwelle  
Betrieb auf dem 40 m Band**

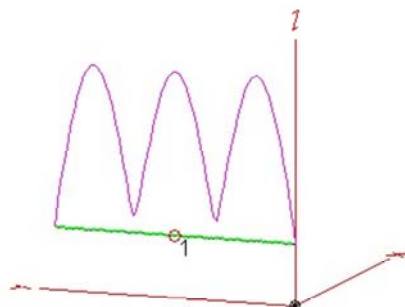
Der Dipol wird normal auf seiner Grundwelle erregt. Am Einspeisepunkt liegt ein Strombauch. Das sind beste Voraussetzungen für Speisung mit Koax-Kabel.



**40 m Dipol → auf der 2. Harmonischen  
Betrieb auf dem 20 m Band**

Der Dipol wird auf einer geraden Oberwelle erregt. Am Einspeisepunkt liegt ein Spannungsbauch. Bei Einspeisung mit Koax-Kabel tritt ein SWR jenseits von Gut und Böse auf. Das SWR strebt gegen „unendlich“.

**Diese Version ist nicht brauchbar !!!**



**40 m Dipol → auf der 3. Harmonischen  
Betrieb auf dem 15m Band**

Über die Länge des Dipols gesehen haben 3 Halbwellen Platz. Am Einspeisepunkt liegt nun ein Strombauch und Speisung mit Koax-Kabel ist möglich.

#### Generelle Bemerkung:

Bei Antennen die man auf ungeraden Oberwellen erregt tritt das Phänomen auf, dass sich die Resonanzfrequenzen nicht einfach mit der Zahl der Oberwelle multiplizieren sondern immer etwas Oberhalb des theoretischen Wertes liegen.

Wenn wir z.B. einen Dipol für genau 7.0 MHz ablängen und denselben Dipol dann auf dem 15 m Band erregen, dann werden wir feststellen, dass dort die Resonanzfrequenz nicht auf genau 21.0 MHz liegt sondern erst bei ca. 21.4 ... 21.5 MHz zu finden ist. Bei Erregung auf noch höheren ungeraden Oberwellen (z.B. 5. / 7. / 9. Oberwelle) tritt der Effekt noch sichtbarer zu Tage.

## Rund um die Antenne

### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

#### 5.1.1.3.1 Der Dipol als Mehrbandantenne 80 – 30 – 17 – 12 m

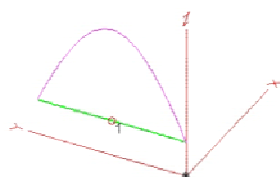
Es muss nun schon bald 25 Jahre her sein seit uns Funkamateure die Bänder 30 – 17 m – 12 m zugeteilt wurden. Dass sich unsere traditionellen Amateurbänder 160 – 80 – 40 – 20 – 15 – 10 m harmonisch zueinander verhalten ist jedem Funkamateurer klar. Von den WARC Bändern nimmt jeder an sie seien willkürlich zugeteilt worden und hätten keinerlei Zusammenhang mit unseren traditionellen Amateurbändern. Ob gewollt oder Zufall, wenn wir die Sache analysieren dann finden wir:

Band (m)	QRG (MHz)	Multiplikator	QRG (MHz)	Abweichung
80	3.5	1 * 3.5	3.5	-
30	10.1	3 * 3.5	10.5	4 %
17	18.1	5 * 3.5	17.5	3.5 %
12	24.9	7 * 3.5	24.5	1.6 %



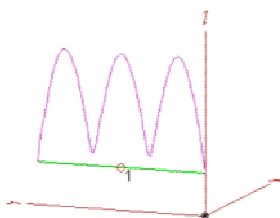
Zu unserem Erstaunen finden wir, dass die WARC-Bänder allesamt in der Nähe von ungradzahligen Oberwellen des 80 m CW-Bandes liegen.

Der nachstehende Vorschlag den 80 m Dipol auch für die WARC-Bänder zu „missbrauchen“ richtet sich denn auch in erster Linie an CW-Freunde die ihren 80 m Dipol so hingetrimmt haben, dass sie im unteren Bereich des CW Bandes Resonanz aufweist. Gehen wir einmal von einer  $f_{res} = 3520$  kHz aus.



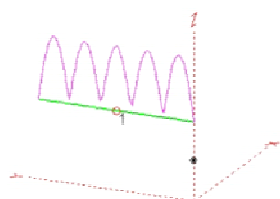
Dipol 80 m CW  
bei Erregung in der Grundwelle

80 m Band



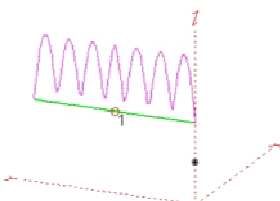
Dipol 80 m CW  
bei Erregung in der 3. Oberwelle

30 m Band



Dipol 80 m CW  
bei Erregung in der 5. Oberwelle

17 m Band



Dipol 80 m CW  
bei Erregung in der 7. Oberwelle

12 m Band

Die Skizzen zeigen ganz klar:

## Rund um die Antenne

### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

Am Speisepunkt ist die Bedingung, dass ein Strombauch vorliegen muss, erfüllt. Bei dieser Betrachtung sollten wir eine Eigenschaft, die bei Antennen auftritt die auf Oberwellen erregt werden, nicht ausser Acht lassen. Der Resonanzpunkt bei Erregung auf Oberwellen verschiebt sich immer etwas nach oben.

Wenn wir davon ausgehen, dass unser Dipol bei Erregung in der Grundwelle auf dem 80 m Band bei 3520 kHz Resonanz aufweist, dann passiert folgendes:

80 m fres = 3'520 kHz  
 30 m fres = 10'800 kHz  
 17 m fres = 18'150 kHz  
 12 m fres = 25'450 kHz

Wir werden also in der Praxis nicht darum herkommen einen Antennenkoppler zu verwenden.

Man kann auch noch weitergehen und sich einmal überlegen mit welchen Verlusten im Vergleich zu einem normalen Dipol zu rechnen ist.

Annahme: Speiseleitung = RG-58 mit einer Länge von total 20 m

	Grundwelle	3.Oberwelle	5.Oberwelle	7.Oberwelle
Band	3.5 MHz CW	10.1 MHz	18 MHz	24 MHz
fres theoretisch	3520 kHz	10560 kHz	17600 kHz	24640 kHz
fres echt	3520 kHz	10800 kHz	18140 kHz	25450 kHz
SWR im Band	1:1.6	1:22	1:2.9	1:12
<b>Gain im Band</b>	<b>8.22 dBi</b>	<b>8.02 dBi</b>	<b>9.0 dBi</b>	<b>8.52 dBi</b>
Verlust in 20m RG-58	-0.47 dB	-0.8 dB	-1.2 dB	-1.6 dB
Verlust durch SWR	-0.1 dB	-4.0 dB	-0.6 dB	-2.5 dB
Verluste total	-0.57 dB	-4.8 dB	-1.8 dB	-4.1 dB
<b>Gain total</b>	<b>7.65 dBi</b>	<b>3.22 dBi</b>	<b>7.2 dBi</b>	<b>4.4 dBi</b>

Was sagt diese Betrachtung aus?

- Wenn wir über keine „gescheiterte“ Antenne für die WARC Bänder verfügen, dann dürfen wir ohne weiteres Mal den 80 m CW Dipol „missbrauchen“.
- Die Verluste mit denen wir rechnen müssen halten sich in Grenzen. Im schlimmsten Fall verlieren wir etwas weniger als 1 S-Stufe.

#### 5.1.1.3.2 Der Dipol als Mehrbandantenne auf Frequenzen unterhalb der Resonanzfrequenz

Können wir einen normalen Dipol auf Frequenzen unterhalb der eigentlich Resonanzfrequenz betreiben ?

Auch hier machen wir am besten eine Betrachtung an einem Beispiel:

Annahme: Dipol für das 20 m Band, Speiseleitung = RG-58 mit einer Länge von total 20 m

Band	20m	30m	40m	80m
Impedanz	72 Ω	42-j480 Ω	15-j1050Ω	1.5-j2500 Ω
SWR im Band	1:1.4	1:40	1:50	1:100
<b>Gain im Band</b>	<b>7.4 dBi</b>	<b>6.0 dBi</b>	<b>6.7 dBi</b>	<b>8.4 dBi</b>
Verluste in 20m RG-58	-1.0 dB	-0.5 dB	-0.6 dB	hier macht
Verluste durch SWR	-0.1 dB	-6.0 dB	-8.0 dB	der Koppler
Verluste total	-1.1 dB	-6.5 dB	-8.6 dB	nicht mehr
<b>Gain total</b>	<b>6.3 dBi</b>	<b>-0.5 dBi</b>	<b>-2.0 dB</b>	mit.



## Rund um die Antenne

### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

Was sagt diese Betrachtung aus?

- Zur Not geht's. Wenn wir über keine „gescheitere“ Antenne verfügen, dann dürfen wir Dipol auch mal auf einer Frequenz unterhalb seiner Resonanzfrequenz missbrauchen.
- Die Verluste mit denen wir rechnen müssen nehmen bald einmal respektable Werte an, d.h. 1 S-Stufe und mehr. Also nicht unbedingt eine berauschende Sache.
- Es ist weniger eine Sache, dass die Antenne selbst nicht strahlen würde. Das SWR auf der Speiseleitung nimmt so hohe Werte an, dass die Zusatzverluste die durch das SWR verursacht werden den Hauptanteil der Verluste ausmachen. Wer seine Antennen mit RG-213 speist ist besser dran, denn sind die Verluste nämlich nur noch etwa halb so gross. Es kann also auch bei  $P = 100\text{ W}$  durchaus lohnend sein sich vom RG-58 zu verabschieden und das bessere RG-213 zu installieren.

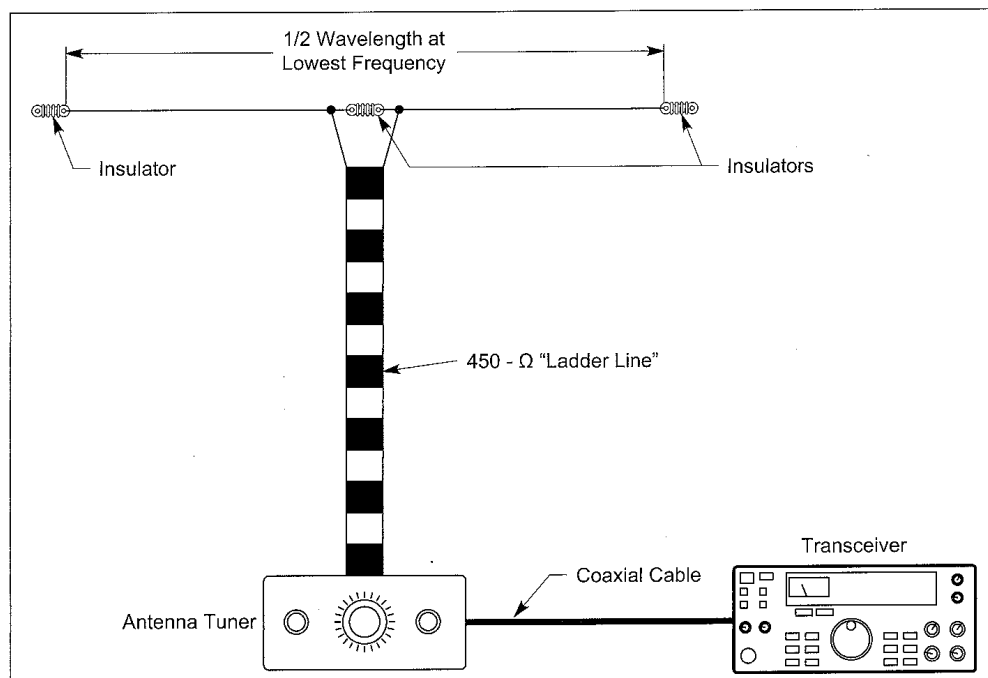
#### 5.1.1.4 Der Dipol mit symmetrischer Speiseleitung

Jeder weiss es oder hat schon mal davon gehört:



### Einen Dipol kann man auch an einer Hühnerleiter betreiben!

Bei einer Hühnerleiter handelt es sich um eine symmetrische Speiseleitung. In der Anfangszeit des Fernsehens, so in den 1950'ern und 1960'ern Jahren hat man als Speiseleitung zwischen Antenne und Fernseher fast ausschliesslich  $300\ \Omega$  Flachbandkabel verwendet. Solches Flachbandkabel hat man damals auch im Amateurfunk zur Antennenspeisung verwendet. Heute benützt man meist die symmetrische Speiseleitung von WIREMAN (USA) mit einer Impedanz von  $450\ \Omega$ , ausser man baue sich die Leitung gleich selbst. In letzterem Fall ist man bei der klassischen Hühnerleiter angelangt.



Das obige Bild zeigt den prinzipiellen Aufbau einer solchen Antennenkonfiguration. Neben dem Transceiver benötigen wir zwingend einen Antennenkoppler für symmetrische Speiseleitungen.

## Rund um die Antenne

### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

In den ersten 50 – 60 Jahren der Funktechnik waren solche Antennen sowohl im kommerziellen Funk wie auch im Amateurfunk beliebt und häufig angewendet.

Interessanterweise ist diese Art Antenne im deutschsprachigen Raum fast in Vergessenheit geraten. In Frankreich und in französischsprachigen Ländern ist diese Antenne unter dem Namen „Antenne Levy“ bekannt und wird heute noch häufig verwendet.

Was zeichnet diese Art Antenne aus:

- Symmetrische Antenne
- Dank der Symmetrie strahlt die Speiseleitung (meistens) nicht.
- Frequenzunabhängig (Die Antenne sollte einfach eine im Verhältnis zur Wellenlänge vernünftige Länge haben, wegen dem Wirkungsgrad)
- Die symmetrische Speiseleitung hat fast keine Verluste, deshalb hat das SWR, das auch auf einer solchen Leitung auftritt, keinerlei praktische Bedeutung.

Jeder von uns kennt aber eine solche Antenne, möglicherweise ohne zu ahnen, dass es sich um einen simplen Dipol mit symmetrischer Speiseleitung handelt.

### Ja, es ist die G5RV

Es gibt unter den Funkamateuren unzählige Geschichten die versuchen zu erklären wie und warum die G5RV funktioniert.

In Wirklichkeit ist es ein simpler Dipol der an einer symmetrischen Speiseleitung angeschlossen ist. Die G5RV ist übrigens auf keinem unserer Amateurfunk-Bänder resonant. Irgendein kluger Tüftler hat dann vor Urzeiten mal herausgefunden, dass man an eine symmetrische Speiseleitung von einer bestimmten Länge direkt ein Koax-Kabel anschliessen kann und dann mit dem Koax-Kabel in den Shack geht. Eine dieser Kabellängen wird mit 10.36 m angegeben. In der Literatur findet man aber auch abweichende Werte. Am Transceiver-seitigen Ende des Koax-Kabels wird man aber selten 50  $\Omega$  (SWR 1:1) vorfinden. Die Verwendung eines Antennenkopplers empfiehlt sich. Es ist natürlich nicht verboten die symmetrische Speiseleitung direkt in den Shack zu führen und dort mit einem symmetrischen Antennenkoppler zu arbeiten.

Ich kenne einige wenige OM's die Dipole mit symmetrischer Speiseleitung verwenden und damit auch Allbandbetrieb machen. Ein OM verwendet eine Antenne 2 x 13 m und sein Signal auf dem 80 m Band ist trotz der „kurzen Antenne“ sehr gut. Untenstehend einige Werte für Antennenlängen von 2 x 13 m und 2 x 6.5 m. Antennenlängen die in Resonanz zu unseren Amateurfunkbändern stehen vermeidet man besser, denn nicht jeder symmetrische Antennenkoppler wird mit reiner Spannungspeisung fertig.

Beispiel:

Nicht resonanter Dipol, 10 m hoch aufgehängt

	Dipol 2 x 13 m	Dipol 2 x 6.5 m
28 MHz	9.6 dBi / 15 deg	10.6 dBi / 15 deg
24 MHz	9.6 dBi / 15 deg	9.0 dBi / 15 deg
21 MHz	9.6 dBi / 20 deg	9.0 dBi / 20 deg
18 MHz	8.9 dBi / 25 deg	9.1 dBi / 25 deg
14 MHz	10.7 dBi / 30 deg	7.8 dBi / 30 deg
10 MHz	7.5 dBi / 45 deg	6.7 dBi / 45 deg
7 MHz	7.0 dBi / 80 deg	6.4 dBi / 80 deg
3.5 MHz	6.5 dBi / 90 deg	5.9 dBi / 90 deg
1.8 MHz	2.0 dBi / 90 deg	0.7 dBi / 90 deg

## Rund um die Antenne

### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

Zugegeben, die Ergebnisse auf dem 160 m Band sind nicht mehr berauschend, aber das liegt an den im Vergleich mit der Wellenlänge halt doch recht kurzen Antennen.

Im Vergleich mit einem Dipol mit Koaxial-Kabel, den wir zum Sendebetrieb auf Frequenzen ausserhalb der Resonanz missbrauchen, weist der Dipol mit symmetrischer Speiseleitung gute bis sehr gute Resultate auf. Dies hat ganz klar damit zu tun, dass eine Antenne auch ausserhalb ihrer Resonanzfrequenz Energie abstrahlen kann. Bei Speisung mit symmetrischer Leitung sind die Leitungsverluste praktisch nicht existent, resp. vernachlässigbar.

Das ist das Geheimnis dieser Art Antenne.

## 5.1.2 Mehrband-Antennen auf „Dipol-Basis“

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

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

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

### 5.1.2.1 Rollmeter-Dipol

Als Rollmeter-Dipole bezeichne ich Dipole die mit einem Aufwickel-Haspel versehen sind. Am einfachsten gestaltet sich so eine Antenne wenn sie aus blanker Bronze-Litze besteht. Die Antenne lässt sich durch Abwickeln der Dipol-Äste auf die richtige Länge auf jeder beliebigen Frequenz einstellen. Bezüglich der Länge kann man für die einzelnen Bänder von den üblichen Dipollängen ausgehen.



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

## Rund um die Antenne

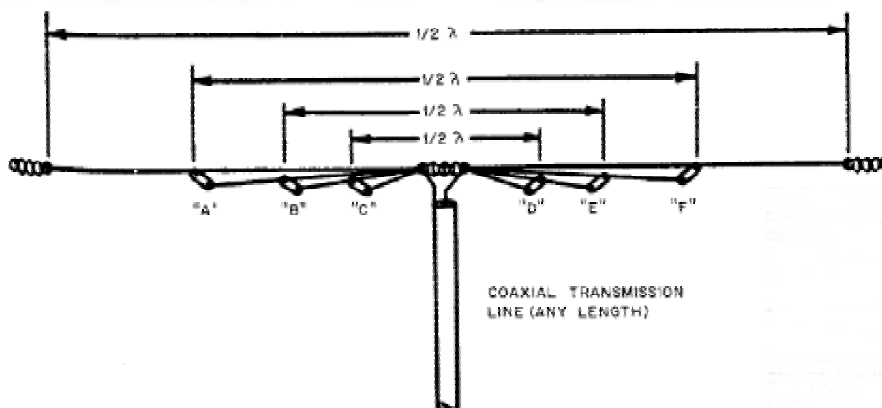
### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

**Trotzdem, der Bandwechsel gestaltet sich etwas mühsam.**

Der Antennendraht muss sich nicht zwingend als blanker Draht präsentieren. Es geht auch mit isoliertem Draht. Allerdings muss man nun die Dipollänge für jedes einzelne Band sorgfältig bestimmen. Der Wickel mit dem aufgerollten isolierten Draht an den beiden Dipolenden stellt eine Induktivität dar und diese muss in die Rechnung eingehen.

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

#### 5.1.2.2. Mehrband-Dipole



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

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

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

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

Ich habe einmal einen Artikel eines findigen Kopfes gelesen der es fertig gebracht hat aus Bandkabel (aus der Computertechnik) einen 80 – 10 m Mehrband-Dipol zu bauen und erst noch die WARC-Bänder unterzubringen. Der OM hat aber zugegeben, dass er ziemlich viel Bandkabel verschnitten hat, bis er die richtigen Längen für die einzelnen Teil-Dipole bei-

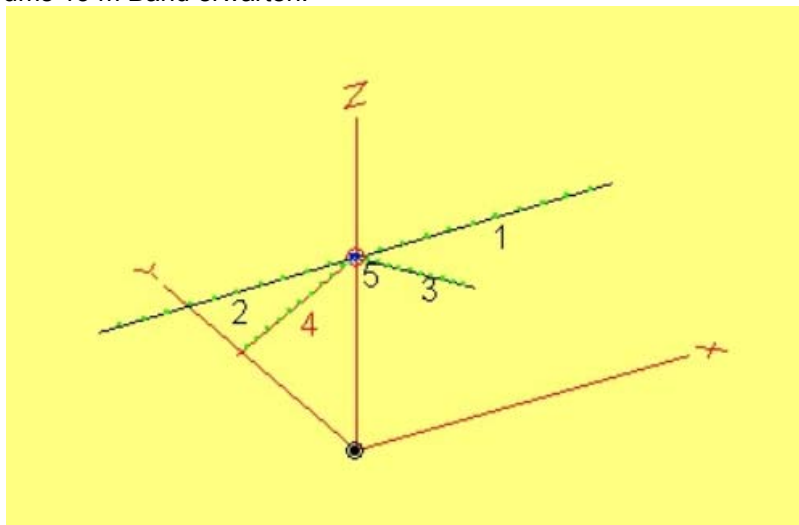
## Rund um die Antenne

### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

einander hatte. Weil beim Bandkabel die einzelnen Leiter sehr nahe beieinander sind ist die gegenseitige Beeinflussung besonders hoch.

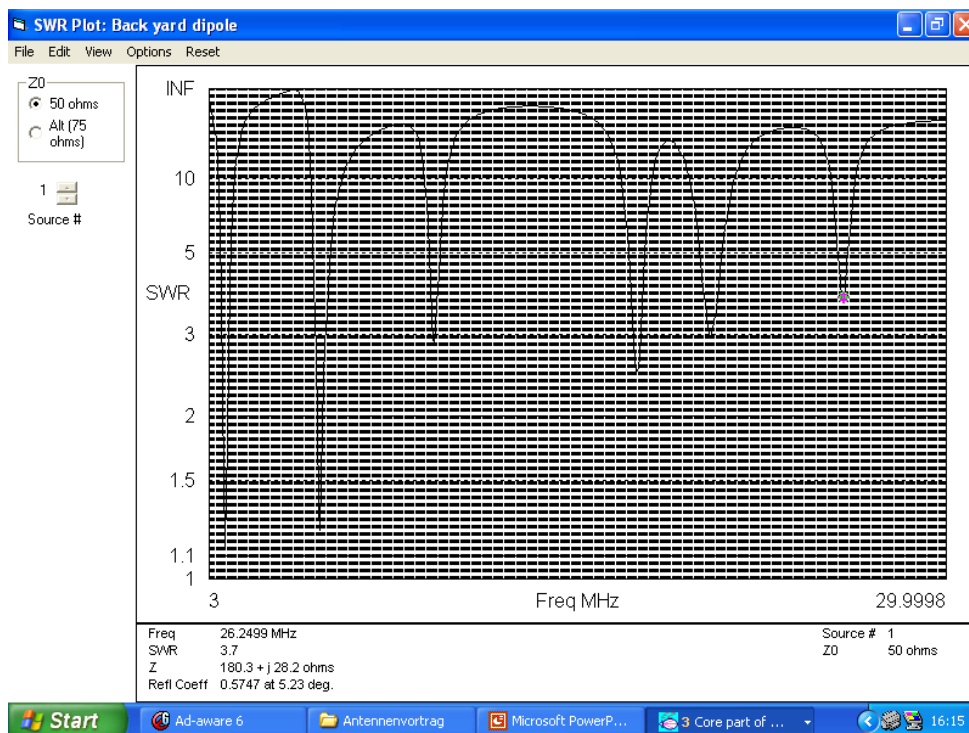
Nachstehend soll als Beispiel ein Mehrband-Dipol für das 80 m und 40 m Band etwas näher untersucht werden:

Der Dipol besteht aus einem 80 m Teil der horizontal abgespannt ist sowie einem 40 m Teil der in Form einer inverted Vee leicht nach unten zeigt. Da wir ja bereits etwa wissen wie sich Dipolantennen verhalten erwarten wir „Resonanz“ auf dem 80 m Band und dem 40 m Band. Der eine oder andere erinnert sich: Dipole mit Koax-Kabel Speisung können auch auf ungeraden Oberwellen erregt werden. Also könnte man noch eine Resonanzstelle im oder ums 15 m Band erwarten.



80 m Dipol:  
Drähte = 1 + 2  
je 20 m lang  
Höhe = 15 m

40 m Dipol:  
Drähte = 3 + 4  
je 10.45 m lang  
Höhe =  
15 m in der Mitte  
10 m aussen



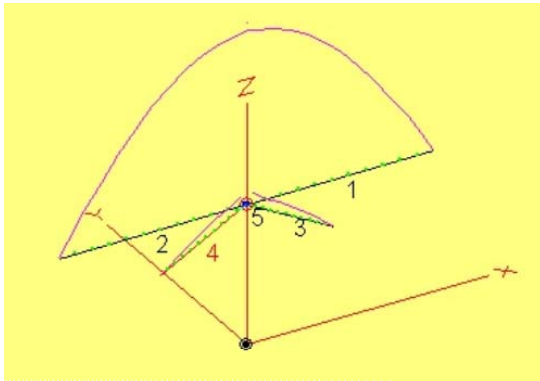
1 2 3 4 5 6

## Rund um die Antenne

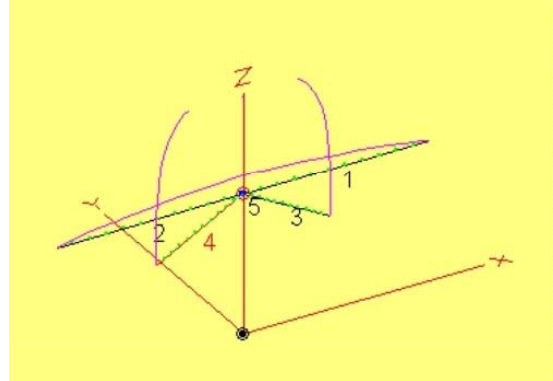
### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

SWR Kurve: Resonanz bei  
1 = 3.6 MHz  
2 = 7.05 MHz  
3 = 11 MHz ( $3.6 \cdot 3$ )  
4 = 18.6 MHz ( $3.6 \cdot 5$ )  
5 = 21.4 MHz ( $7 \cdot 3$ )  
6 = 26.3 MHz ( $3.6 \cdot 7$ )

Interessant sind die vielen Resonanzstellen die bei einer solchen Antenne auftreten. Die Resonanzen im 80 m, 40 m und 15 m Band waren zu erwarten. Eventuell können wir aber dieselbe Antenne mit „etwas SWR“ auch auf dem 30 m, 17 m und 12 m Band zu laufen bringen.



Stromverteilung 80 m Band

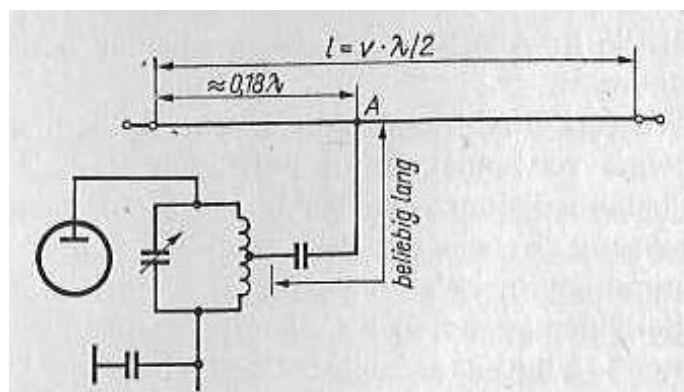


Stromverteilung 40 m Band

Interessant ist es auch die Stromverteilung auf den beiden Bändern 80 m und 40 m zu betrachten. Wir sehen ganz klar, dass auf jedem Band eigentlich nur der dafür vorgesehene Dipol arbeitet. Der Dipol auf dem anderen Band strahlt praktisch keine Leistung ab. Für ihn ist jeweils die Impedanz jenseits von Gut und Böse um eine Erregung mit Koax-Kabel zu erlauben.

## 5.1.3. Aussermittig gespeiste Antennen

### 5.1.3.1 Windom Antennen



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

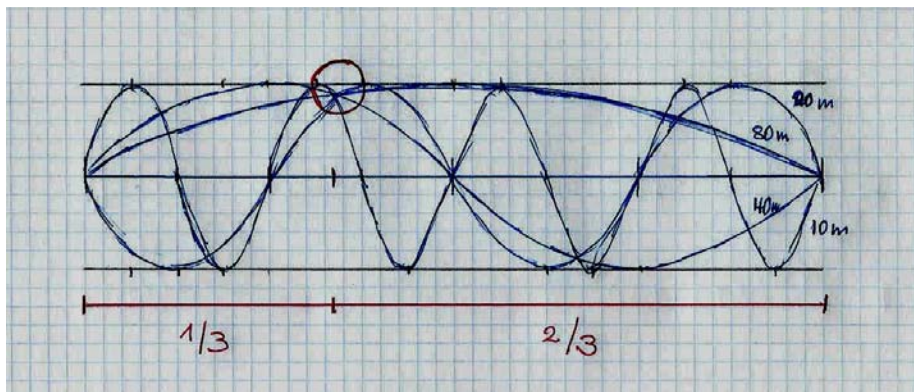
## Rund um die Antenne

### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

fenplatzes Bülach mit einer solchen Antenne gearbeitet. Sie lief prima.

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

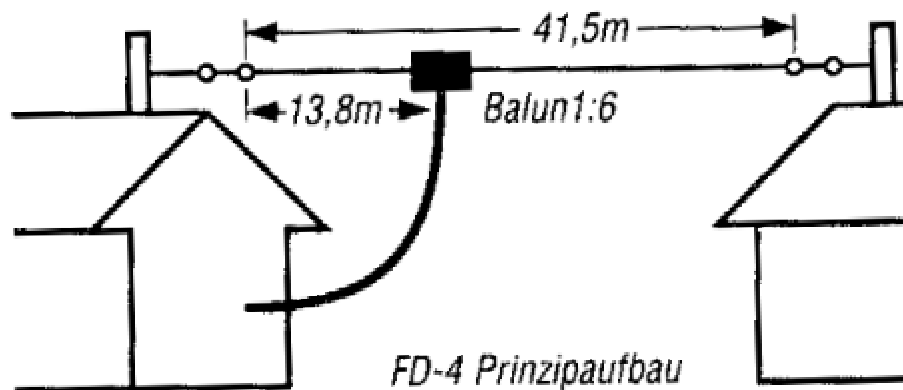
Von diesem Grundgedanken sind alle heute bekannten aussermittig gespeisten Antennen abgeleitet.



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.

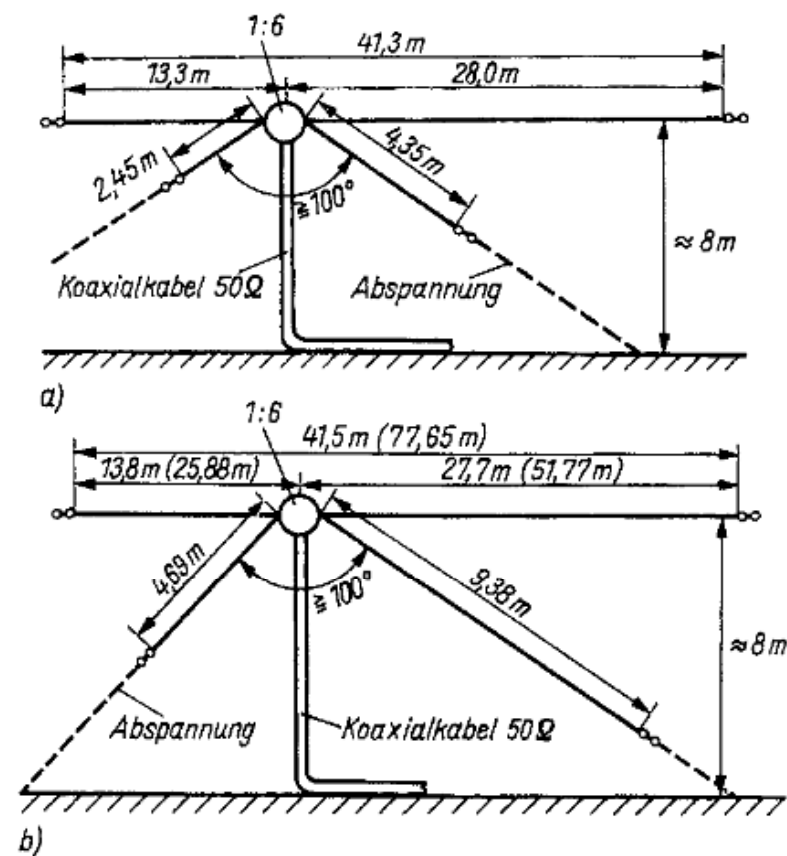
Die in Europa wohl beliebteste aussermittig gespeiste Antenne ist die FD-4 der Fa. Fritzell. Bei dieser käuflichen Antenne erfolgt die Speisung mit Koaxial-Kabel und einem speziellen Balun mit einem Übersetzungsverhältnis von 1:6.



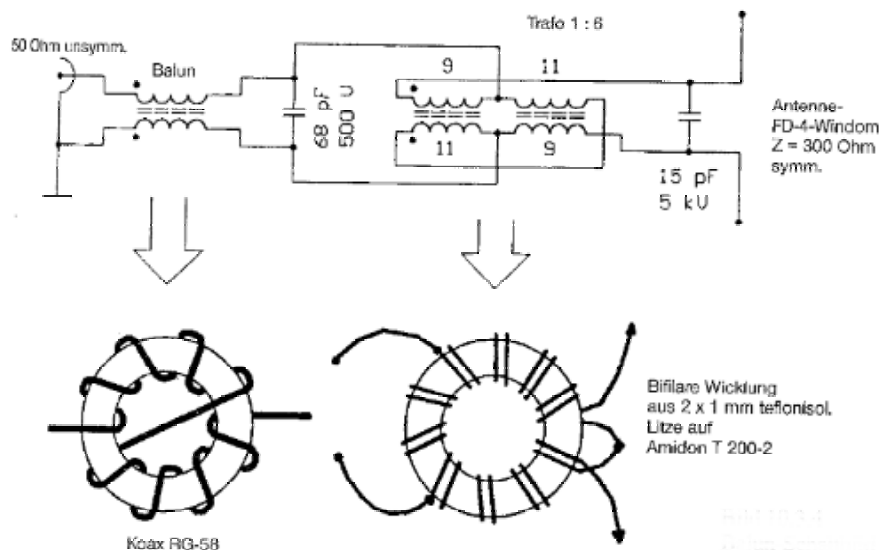
Diese Bild zeigt die Originalausführung der FD-4. Sie war für die Bänder 80 – 40 – 20 – 10 m ausgelegt. 15 m funktionierte nur mit einem sehr hohen SWR. Findige Köpfe haben sich bald einmal überlegt ob man hier nicht das Prinzip des Mehrband-Dipols anwenden könnte.

## Rund um die Antenne

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen



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



Das obige Schema zeigt die Anpassschaltung die am Speisepunkt der FD4 verwendet wird. Bei allen aussermittig gespeisten Antennen sind infolge der unsymmetrischen Anordnung der beiden Antennendrähte Mantelwellen auf dem Speisekabel gewissermassen vorpro-

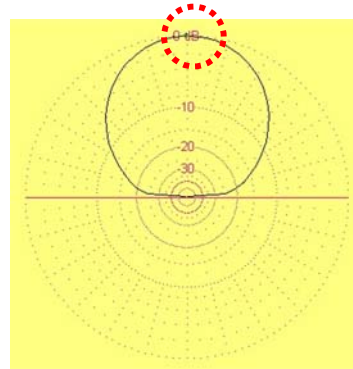
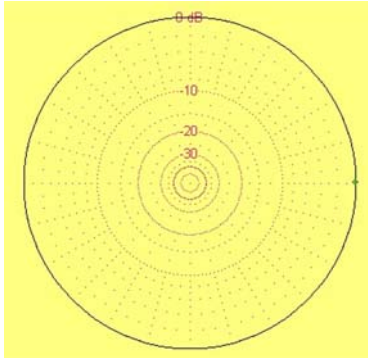


## Rund um die Antenne

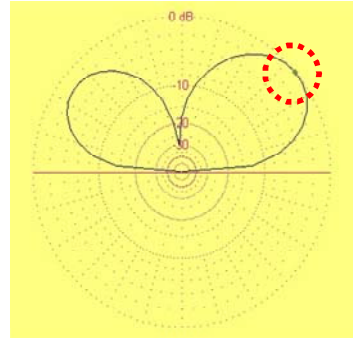
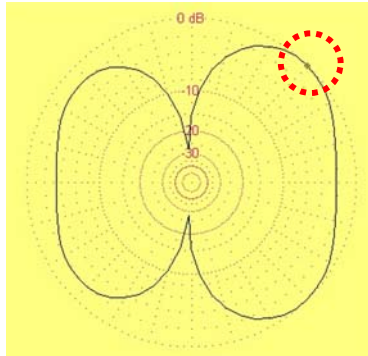
### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

grammiert. Dies war auch OM Fritzel klar. Aus diesem Grunde hat er neben dem 1:6 Trafo, der der Impedanzanpassung dient, noch eine Mantelwellensperre mit eingebaut. Diese ist in obigem Schema als Balun bezeichnet. Dabei handelt es sich um einen sog. Strombalun (current balun) oder eben um eine Mantelwellensperre.

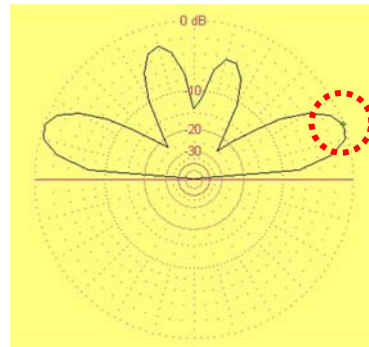
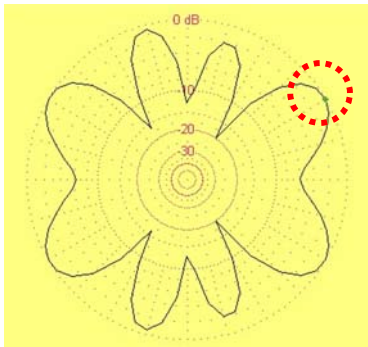
Abstrahldiagramme einer Windom Antenne auf den verschiedenen Bändern:



80 m Band



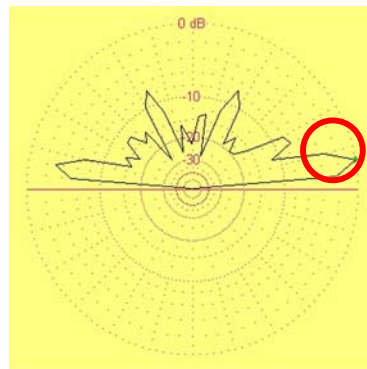
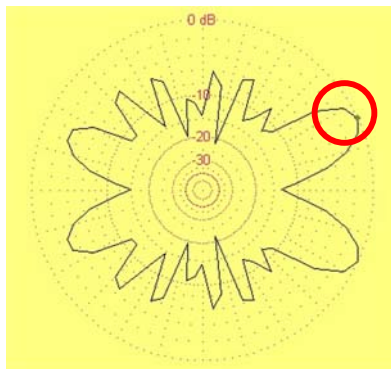
40 m Band



20 m Band

## Rund um die Antenne

### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen



10 m Band

Man sieht, mit zunehmender Frequenz wird aus einem Rundstrahler mit Steilstahlcharakteristik eine DX Antenne mit flachem Abstrahlwinkel und ausgeprägter Richtwirkung. Dies ist eine Eigenschaft die man bei allen Typen von horizontalen Mehrbandantennen findet.

#### 5.1.3.2 Stromsummen Antenne

Gewissermassen als eine Art Weiterentwicklung der Windom Antenne hat der bekannte deutsche DX'er OM Hille, DL1VU, sich Gedanken darüber gemacht ob es nicht noch andere Versionen einer aussermittig gespeisten Antenne gäbe. Daraus entstand seine



#### „Stromsummen-Antenne“

Diese Antenne, die alle Bänder 80 – 40 – 30 – 20 – 17 – 15 – 12 – 10 m überstreicht, gibt es in 2 verschiedenen Dimensionen. Einmal als Antenne die auf den CW-Bändern optimal abgeglichen ist oder dann als SSB-Version. Die Antenne benötigt ein symmetrisches Speisekabel und einen entsprechenden Antennenkoppler.

OM Hille hat diese Antenne auf verschiedenen Expeditionen dabei gehabt und sie scheint ausgezeichnet zu funktionieren. Wenn man an die Restriktionen beim Reisegepäck denkt, dann ist es sicher so, dass es kaum eine kleinere und leichtere Antenne gibt die auf allen Amateurfunk-Bänder zwischen 80 m und 10 m (inkl. der WARC Bänder) mit einem guten Wirkungsgrad arbeitet. Also durchwegs etwas, das man eigentlich einmal nachbauen und testen sollte.

Die Dimensionen der in nachstehendem Bild oberen Antenne sind diejenigen für CW-Betrieb. Für SSB Freunde gelten die Dimensionen der unteren Antenne.

Wie bei allen Antennen die mit symmetrischer Leitung eingespeist werden ist auch hier die Länge der Speiseleitung nebensächlich. Die Impedanz, die sich am Transceiver-seitigen Ende der Speiseleitung einstellt, wird ja durch den ohnehin notwendigen Antennenkoppler auf die gewünschten 50  $\Omega$  angepasst.

## Rund um die Antenne

Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

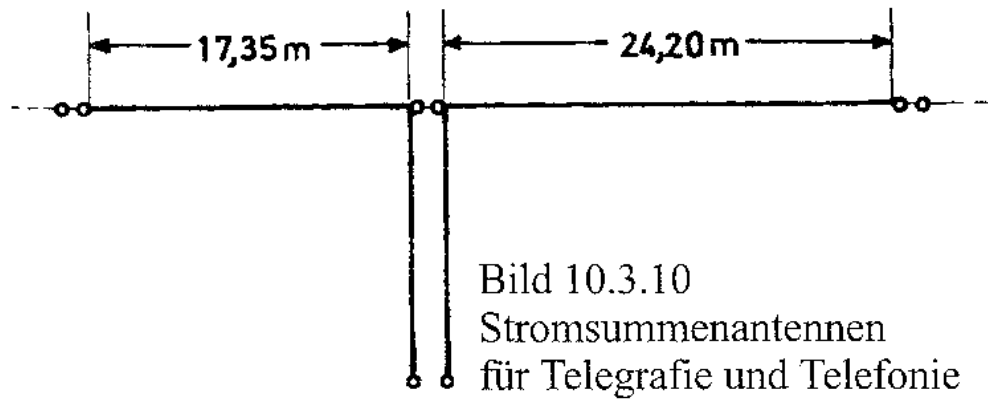
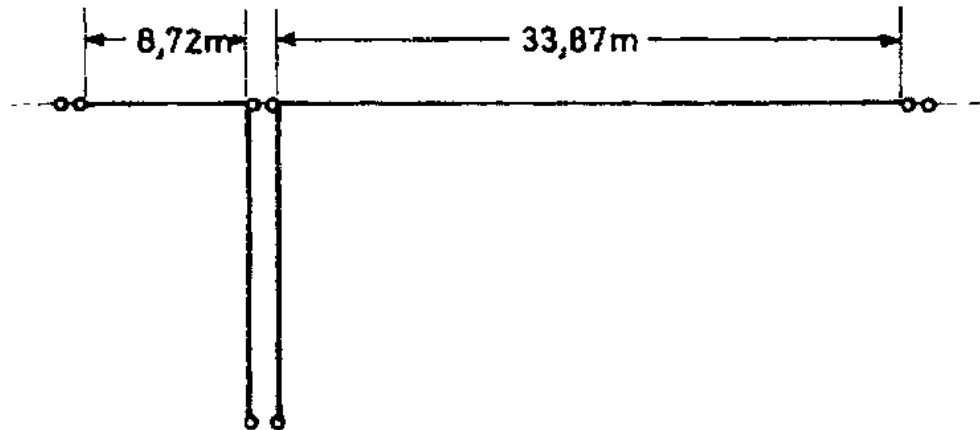
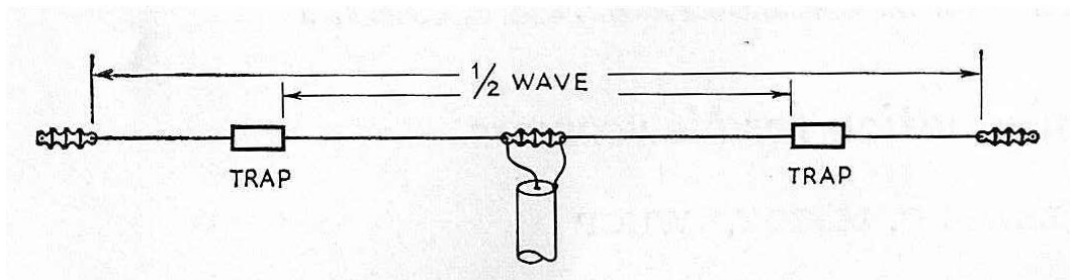


Bild 10.3.10  
Stromsummenantennen  
für Telegrafie und Telefonie

### 5.1.4. Trap-Antennen



Das obige Bild zeigt eine typische Trap-Antenne für 2 Bänder.

Grundgedanke:

**In den Antenneleiter eingefügte Schwingkreise erlauben bei korrekter Auslegung Mehrbandbetrieb.**

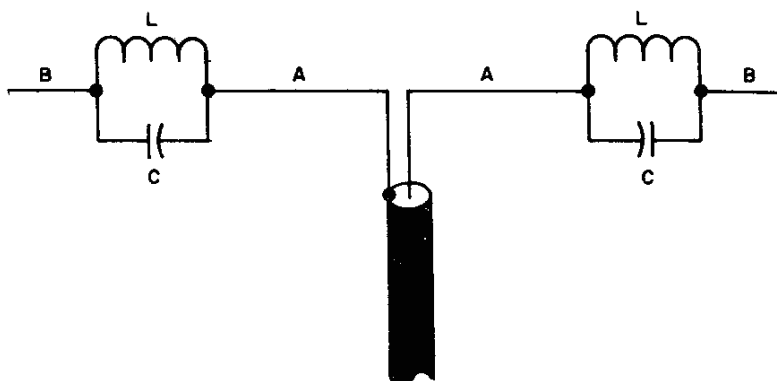
## Rund um die Antenne

### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

Trap Antennen haben gewisse Eigenarten die man kennen muss:

- Nur auf dem frequenzhöchsten Band benehmen sie sich wie ein Dipol
- auf allen frequenztiefern Bändern, d.h. immer da wo bereits eine Trap wirkt, wird die Antenne schmalbandiger als ein Dipol. In der Praxis heisst das:
  - die Fusspunktimpedanz sinkt ab
  - die Bandbreite der Antenne wird merklich kleiner

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



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

Bei der Auslegung der Traps unterscheidet man 2 Fälle:

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

Am Beispiel einer 80 / 40 m Antenne erklärt:

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

Dies ist die Art Trap Antenne wie man sie heute üblicherweise verwendet.

## Rund um die Antenne

### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

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

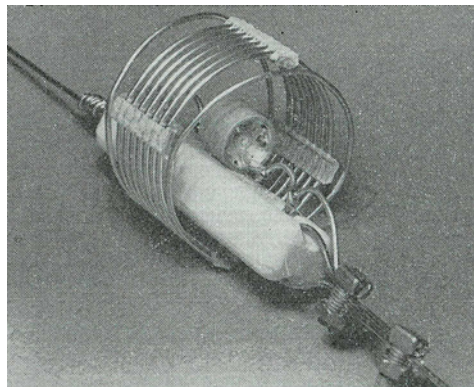
Am Beispiel einer 80 / 40 m Antenne erklärt:

Auf beiden Bändern wirkt die volle Antennenlänge.

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

Die Resonanzfrequenz der Trap liegt irgendwo weitab der Amateurbänder.

Diese Art Trap Antenne ist eher ein Exot. Man findet diese Lösung heute nur sehr selten.



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

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

Erst als sich professionelle Antennenbauer der Sache annahmen und in Kunststoff vergossene Traps herstellten haben die Trap-Antennen an Popularität hinzugewonnen.

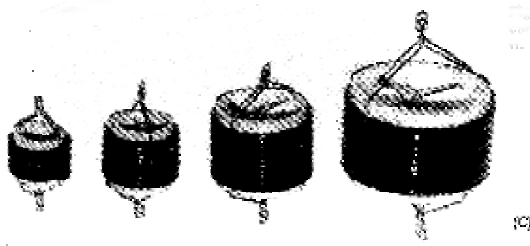
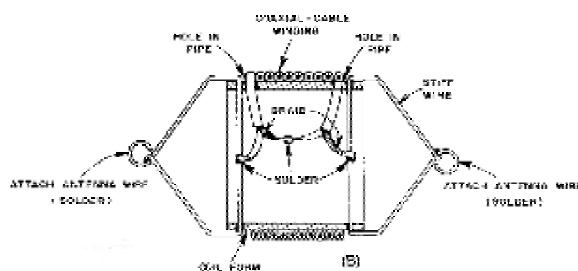
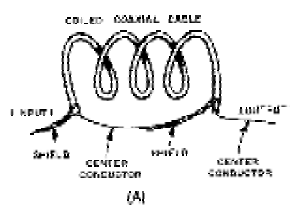


Fig. 10 - Trap Antenna, Radio, 1937 - essential. When used, it is essential to use a stiff wire for the antenna wire. The antenna wire is attached to the trap by soldering.

## Rund um die Antenne

### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

Der eigentliche Durchbruch der Trap-Antennen geschah nachdem findige Köpfe die Koaxial-Trap erfanden. Das Prinzip ist folgendes:

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

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

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

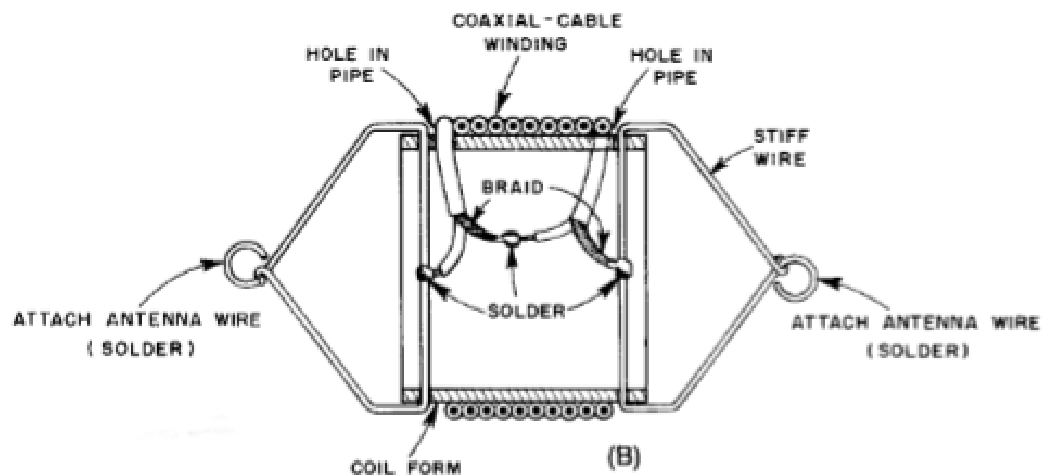
Man kann für Betrieb auf mehr als 2 Bändern eine ganze Anzahl Traps an der richtigen Stelle auf dem Antennendraht einschlaufen.

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

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

- Koaxialkabel-Typ
- Gewünschte Resonanzfrequenz
- Spulendurchmesser

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



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

## 5.2 Langdraht Antennen

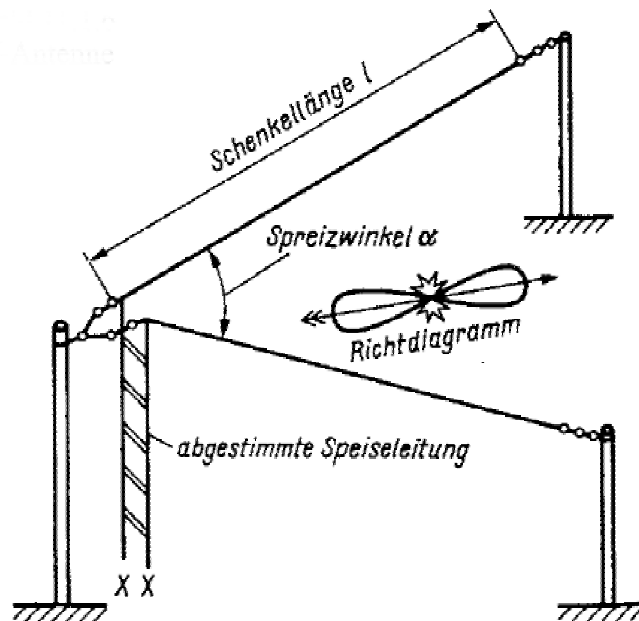
Unter Funkamateuren redet man häufig von „Langdraht-Antennen“. Langdraht Antenne ist ein geflügeltes Wort, das man für jede Antenne gebraucht die aus einem Stück Draht besteht und kein Dipol ist. Je nach der Ausführung der „Langdraht-Antenne“ kann das verschiedene Bedeutungen haben.

In Bezug auf Langdraht-Antennen unterscheidet man:



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

### 5.2.1 Echte Langdrahtantennen



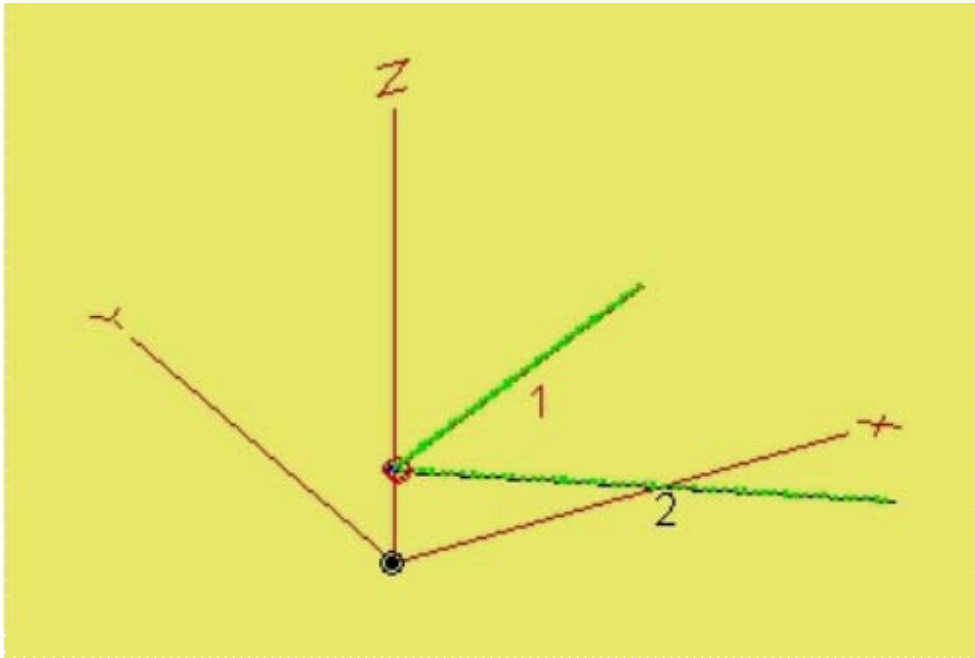
Das obige Bild zeigt das Beispiel einer echten Langdrahtantenne und zwar in Form einer V-Antenne. Die Schenkellänge beträgt in jedem Fall mehr als  $1 \lambda$ . Die Speisepunktimpedanz ist kaum vorhersagbar (meistens hochohmig). Deshalb kommt als Speiseleitung kaum etwas anderes als symmetrisches Speisekabel in Frage. Solche Langdrahtantennen zeigen eine ausgesprochene Richtwirkung. Die Hauptstrahlrichtung liegt in der Mitte des Spreizwinkels. Der Durchschnitts OM wird wohl kaum einmal je genügend Platz zur Verfügung haben um eine echte Langdraht Antennen zu erstellen.



## Rund um die Antenne

### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

Trotzdem wollen wir uns an ein Beispiel wagen und zwar in einer Ausführung die für den einen oder anderen OM möglich ist und sei es als Versuch z.B. an einem Field Day.



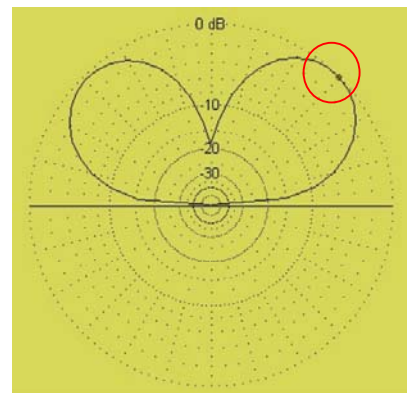
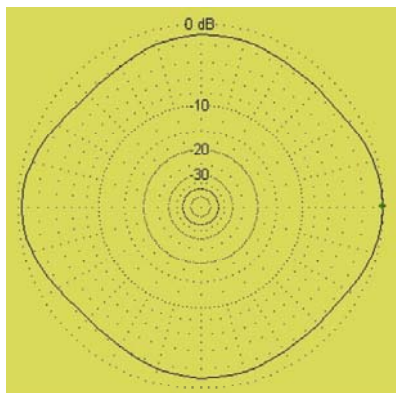
#### Ein machbares Projekt:

Draht  $\frac{1}{2}$  = Länge je 70 m  
Höhe Mast = 15 m  
Höhe Drahtenden = 10 m  
Öffnungswinkel = 60 Grad

Speisung mit Hühnerleiter

**ACHTUNG:**  
Drahtlängen von  $\frac{1}{2} \lambda$  oder  
Vielfache davon ergeben  
Spannungsspeisung!

Die Dimensionen wurden so gewählt, dass das ganze nicht in Gigantismus abgleitet. Darüber hinaus möchte ich auf aufzeigen, dass die Drahtlängen auf keinem Amateurfunkband resonant sein müssen. Im Gegenteil, dies erschwert die Sache nur unnötig. Wir haben dann plötzlich auf dem einen oder anderen Band Spannungsspeisung. Spannungsspeisung ist etwas das die wenigsten der heute gebräuchlichen Antennenkoppler mögen.



Dies zeigt die Richtcharakteristik auf dem 80 m Band. Es ist ein Rundstrahler mit Vorzugselevation 45 Grad. Dies ist für DX auf dem 80 m Band durchaus zu Gebrauchen. Was ebenso wichtig ist ist die Unterdrückung der Steilstrahlensignale um bis zu 30 dB.

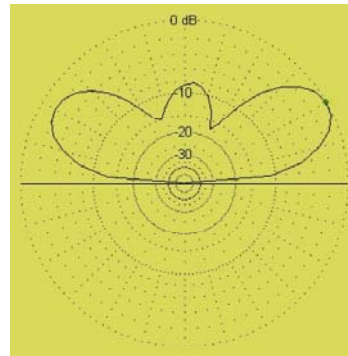
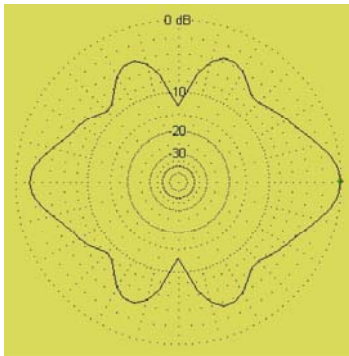


## Rund um die Antenne

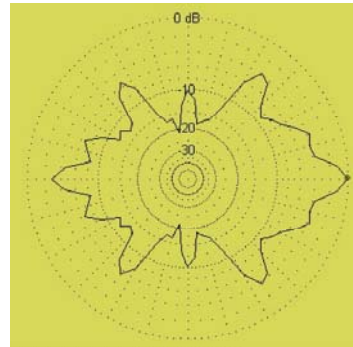
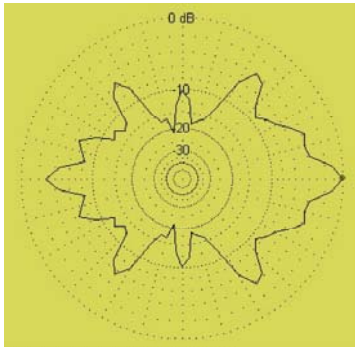
### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

Im „low band“ DX'ing ist eine gute Sendeantenne das eine und die Gegenstation zu hören eine andere. Da nicht mit dem Auftreten einer toten Zone gerechnet werden kann hören wir immer alle unsere Mitbewerber aus Europa mit voller Lautstärke. Speziell nett sind diejenigen OM's die die QRG der DX-Station im DX-Cluster gelesen haben, dann diese QRG an ihrem Gerät einstellen und unermüdlich ihr Rufzeichen durchgeben. Sie merken gar nie, dass die DX Station „Split“ arbeitet und eigentlich z.B. 5 oder 10 kHz höher hört. In solchen Fällen ist eine Antenne mit hoher Unterdrückung der EU-Steilstrahlsignale eine wahre Wohltat. Man hat dann die Chance die DX-Station trotz der vielen bewussten und unbewussten Störer doch noch zu hören.

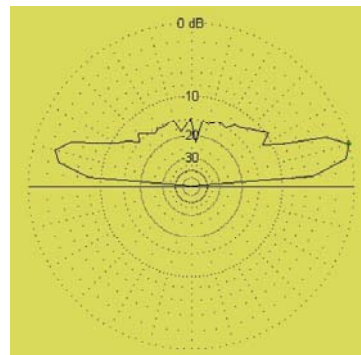
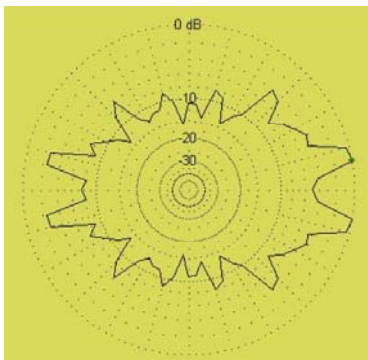
Dieselbe Antenne lässt sich natürlich auch auf allen kurzwelligeren Bändern mit Erfolg einsetzen.



40 m Band, Elevation = 30 Grad



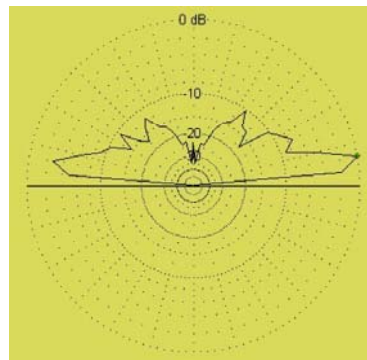
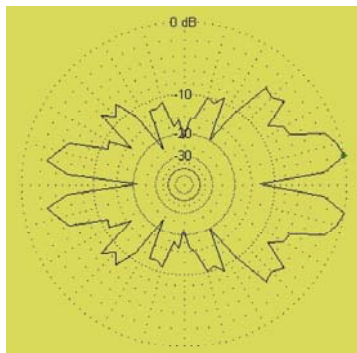
20 m Band, Elevation = 15 Grad



15 m Band, Elevation = 15 Grad

## Rund um die Antenne

### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen



10 m Band, Elevation = 12 Grad

Die Diagramme zeigen es ganz deutlich. Bei zunehmender Frequenz werden die Abstrahlwinkel immer tiefer. Die Azimuth-Diagramme zeigen zwar gewisse Vorzugsrichtungen. Richtig schlimm wird aber die Unterdrückung einer bestimmten Richtung nirgends. Wenn ist mit einer solchen Antenne in eine gewisse Richtung überhaupt nicht geht, dann sind meistens andere Gründe massgebend. Das können Abschattungen durch Gebäude sein oder Gelände das in der näheren Umgebung eine gewisse Richtung förmlich abschattet.

Allerdings:

- Koax-Kabel Speisung geht nicht.
- Das sind typische Antennen für Speisung mit symmetrischer Speiseleitung.
- Wer trotzdem unbedingt Koax-Kabel verwenden will, der kann am Speisepunkt der Antenne eine Automat-Tuner (am besten in symmetrischer Ausführung) vorsehen.

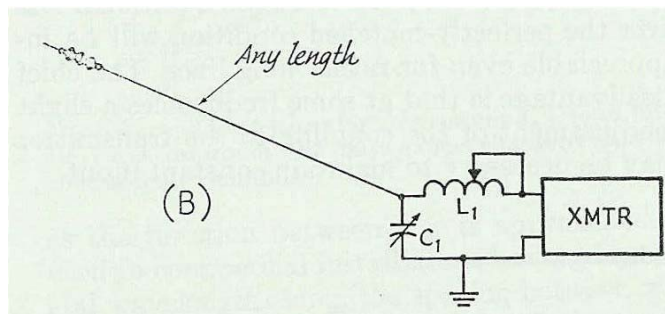
Wer genügend Platz hat dem sei das Experimentieren mit Langdrahtantennen ans Herz gelegt. Man orientiert sich dabei am besten an den Aufhängemöglichkeiten die sich an einem bestimmten Standort ergeben. Die absoluten Drahtlängen sind nicht entscheidend. Wer eine V-Antenne baut sollte allerdings die beiden Schenkel gleich lang machen. Auch der Öffnungswinkel ist nicht kritisch. Schmale Öffnungswinkel steigern die Richtwirkung in die Richtung der Winkelhalbierenden. Man soll es aber nicht übertreiben. Zwei parallele Drähte bringen gar nichts mehr. Grössere Öffnungswinkel führen eher zu Rundstrahlung.

Langdrahtantennen sind, wie am Anfang erwähnt, Antennen deren Drahtlänge  $> 1 \lambda$  beträgt. Sie müssen nicht zwingend aus 2 Drähten in V-Form bestehen. Man kann es ruhig einmal mit einem einzigen im Vergleich zur verwendeten Wellenlänge langen Draht versuchen. Wenn die Drahtlänge dann in der Grössenordnung von 2 ... 4 (oder mehr) Wellenlängen liegt dann erhält man eine ausgesprochene Richtwirkung in der Richtung der Drahtachse. Solche Antennen können sich einwandfrei anpassen lassen, sie können „super“ gehen und einem viel Freude bereiten. Andererseits habe ich es auch schon selbst erlebt, dass eine Langdrahtantenne von der ich eigentlich gute Resultate erwartet hätte eine grosse Enttäuschung war. Sie liess sich kaum anpassen und auch im praktischen Betrieb waren die Ergebnisse nicht befriedigend. Man lasse sich von solchen Resultaten aber nicht frustrieren. Man kann auch im Antennenbau nicht immer alles vorausberechnen. Es gibt immer wieder standortbedingte Einflüsse mit denen wir Leben müssen.

Trotzdem: **Wenn man experimentiert lernt man immer etwas dazu !**

## 5.2.2 Unechte Langdrahtantennen

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



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

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

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

Bei dieser Art Antenne muss folgendes beachtet werden:

- Die Drahtlänge der eigentlichen Antenne, d.h. vom Isolator am abgespannten Ende bis zum Antennenkoppler darf auf keinem Band eine  $\lambda/2$ -Resonanz aufweisen. Dies würde reine Spannungskopplung bedeuten und dies verkräftet ein normaler Antennenkoppler nicht.
- Der Draht vom Antennenkoppler bis zur eigentlichen Erde ist ein Teil der Antenne und strahlt mit.
- Deshalb ist dieser Draht auf möglichst direktem Weg zur Erde führen.
- Die Drahtlänge der Erdleitung (vom Antennenkoppler bis zum Übergang in die Erde) darf auf keinem der benutzten Bänder  $\lambda/4$  oder ein ungradzahliges Mehrfaches davon betragen. Dies würde am Antennenkoppler reine Spannungskopplung bedeuten, und da macht der Koppler nicht mehr mit.

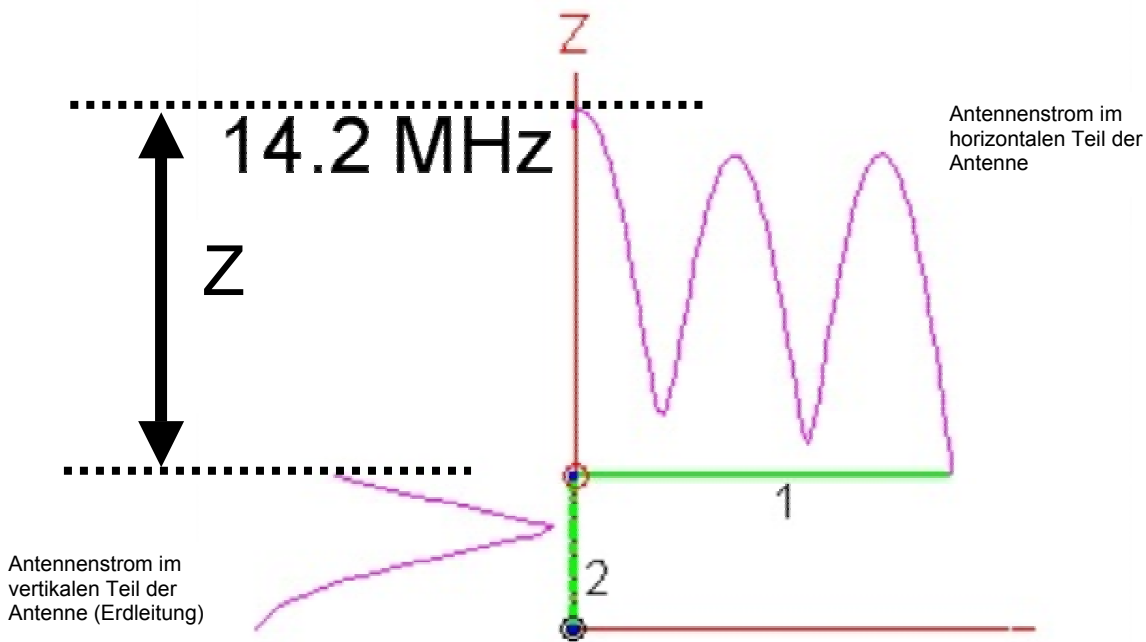
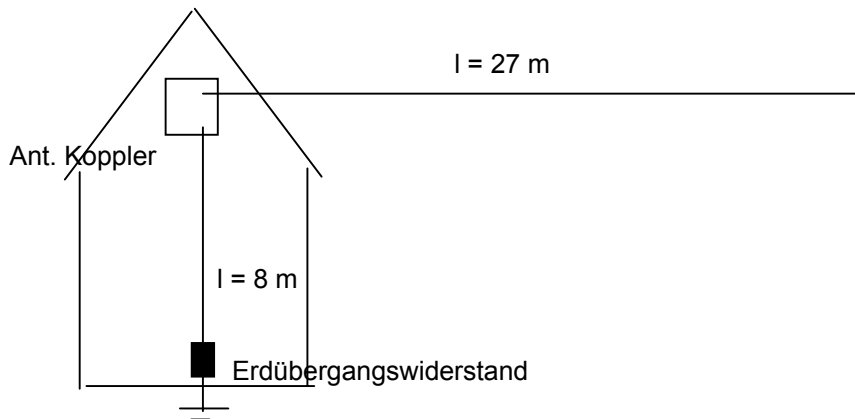
Den bereits erwähnten „Erdübergangswiderstand“ sollte man nicht vergessen. Diesen kann man zwar kaum beeinflussen, denn er hängt weitgehend von der Bodenleitfähigkeit ab und von der Art wie man erdet. Eine Blitzschutzerde führt zwar im Falle eines Falles den Blitzstrom gut ab, aber eine gute HF Erde ist das noch lange nicht. Radials sind da schon besser.

## Rund um die Antenne

### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

#### 5.2.2.1 Praktisches Beispiel einer unechte Langdrahtantenne

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



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

Bei dieser Art von Antennen gelten folgende Spielregeln:

- Regel 4 besagt: freie Enden = Spannungsbauch.  
Das Ende von Draht 1, also das dem Antennenkoppler abgewandte Ende liegt per

## Rund um die Antenne

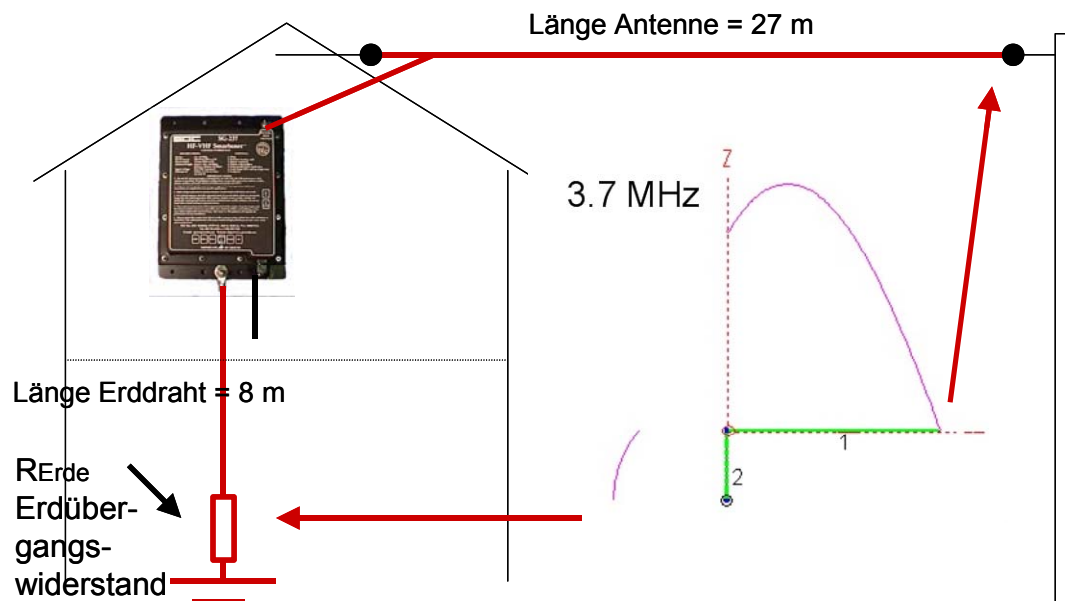
### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

Definition immer in einem Spannungsbauch.

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

Das oben gesagte gilt natürlich analog für alle Amateurfunkbänder auf denen wir diese Antenne verwenden wollen. Zwei Beispiele auf das 80 m Band und das 10 m Band bezogen sollen dies aufzeigen:

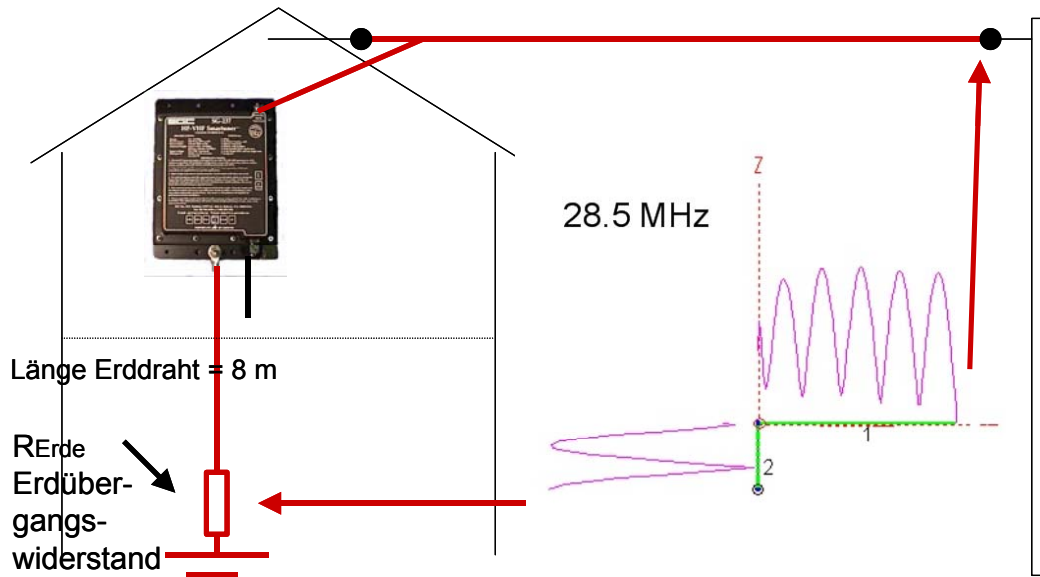
#### Stromverteilung derselben Antenne auf dem 80 m Band



## Rund um die Antenne

### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

#### Stromverteilung derselben Antenne auf dem 10 m Band



#### 5.2.2.1.1 Betrachtungen zur Speisepunktimpedanz

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

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

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

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 $\Omega$  und höher als Spannungskopplung betrachtet werden muss.

#### 5.2.2.1.2 Welcher Antennenkoppler ?

Grundsätzlich kann man im Speisepunkt jeden unsymmetrischen Antennenkoppler einschlaufen. Je nach der Anordnung der Antennenanlage kann ein manueller Antennenkoppler unpraktisch platziert sein. Dies ist dann ein Fall für einen der heute sehr populären automatischen Antennenkoppler. Ob der Antennenkoppler mit den oben erwähnten kritischen Bändern 10 MHz und 28 MHz fertig wird hängt einerseits vom Einstellbereich des Koppler ab und andererseits vom Erdübergangswiderstand. Ein grosser Erdübergangswiderstand kann den Strombauch, der theoretisch am Erdübergangspunkt vorliegt, soweit



## Rund um die Antenne

### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

verschieben, dass sich plötzlich auf wundersame Weise auch diese Bänder anpassen lassen. Schon manches „gute“ SWR ist nur dank gütiger Mithilfe von Übergangswiderständen entstanden.

Wer sich einen automatischen Antennenkoppler anschafft, der sollte bei der Evaluation auch auf den Anpassbereich des Koppler achten. Es werden „Auto-Tuner“ angeboten mit magerem Einstellbereich, sagen wir zwischen  $15 \Omega$  bis  $200 \Omega$ . Andere Hersteller versprechen zwar ihr Koppler könne jede Antenne anpassen. Wenn man dann in der Literatur (z.B. im Internet) nach handfesten Daten sucht, dann findet man schlicht und ergreifend keine Daten die in echten physikalischen Grössen ausgedrückt sind. Wer einen grossen Abstimmbereich anzubieten hat müsste eigentlich auch bereit sein diesen zu nennen.

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

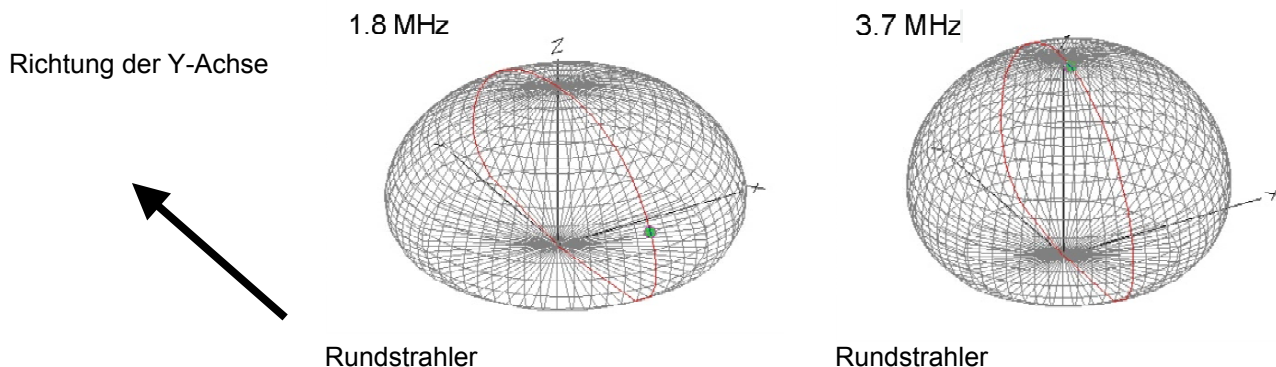
#### 5.2.2.1.3 Aus einem unechten Langdraht wird eine echte Langdraht-Antenne

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

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

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

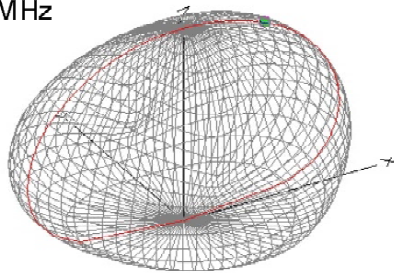
Die Drahrichtung des horizontalen Teils entspricht der Y-Achse.



## Rund um die Antenne

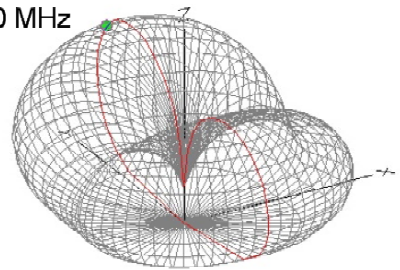
### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

7 MHz



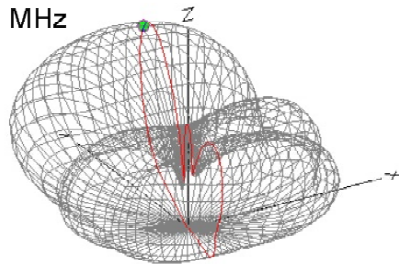
Strahlt in die Breitseite, aber nicht symmetrisch

10 MHz



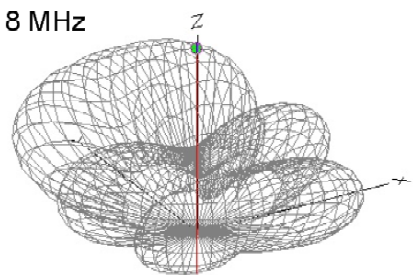
Strahlt in Drahrichtung

14 MHz



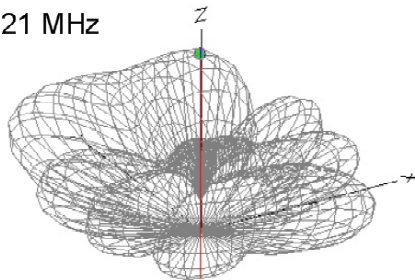
Strahlt ca. 15 ° zur Drahrichtung

18 MHz



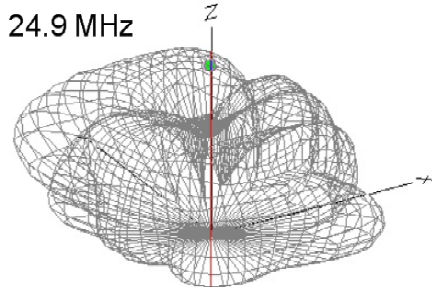
Strahlt ca. 30 ° zur Drahrichtung  
Wildes Strahlungsdiagramm

21 MHz



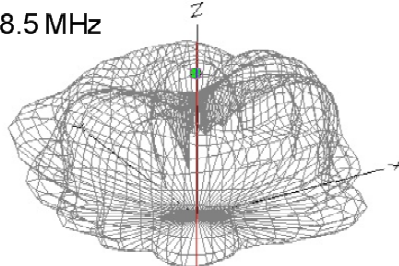
Strahlt ca. 30 ° zur Drahrichtung  
Wildes Strahlungsdiagramm

24.9 MHz



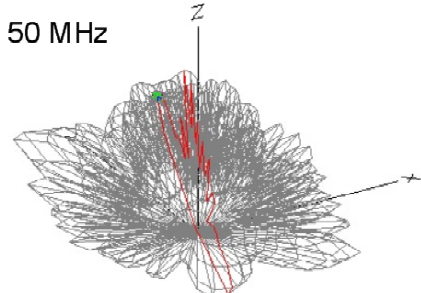
Strahlt ca. 30 ° zur Drahrichtung  
Wildes Strahlungsdiagramm

28.5 MHz



Strahlt ca. 30 ° zur Drahrichtung  
Wildes Strahlungsdiagramm

50 MHz



Strahlt ca. 30 ° zur Drahrichtung  
Wildes Strahlungsdiagramm

Wie man sieht, je höher die Frequenz umso wilder werden die Strahlungsdiagramme. Man lasse sich aber nicht täuschen. Auf gewissen Bändern treten in gewissen Richtungen recht flache Abstrahlwinkel auf, was gute Voraussetzungen für erfolgreichen DX-Verkehr schafft. Trotzdem man 50 MHz nicht mehr unbedingt zu den KW Bändern zählt, hat es mich doch interessiert wie sich die Antenne auf diesem Band verhalten würde. Wenn man das absolut



## Rund um die Antenne

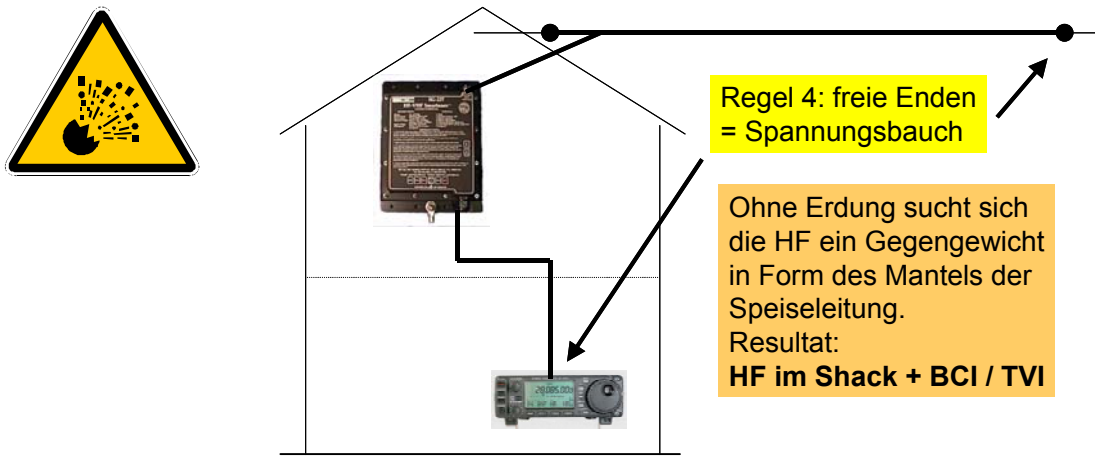
### Teil 5: Dipole, Windom-Antennen, Trap-Antennen, Langdraht-Antennen

wirre Abstrahlungsdiagramm näher untersucht, dann kommt man zum Schluss dass es sich um eine ganz brauchbare omnidirektionale Antenne mit relativ flachem Abstrahlwinkel handelt. Natürlich verpufft auch etwas der Energie nach oben.

#### 5.2.2.1.4

#### Was passiert wenn wir vergessen zu Erden ?

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



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

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

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

Im allgemeinen führt das Speisekabel von der Antenne zum Transceiver irgendwo durchs Haus. Das Speisegerät des Transceivers ist über den Schutzleiter mit der Netzerde verbunden. Wie bereits an anderer Stelle erwähnt ist eine Netzerde keine HF-Erde. Man glaube also ja nicht die Station sei über die Netzerde „geerdet“. Der Zweck der Netzerde ist „Personenschutz“, d.h. im Falle eines Isolationsdefektes eines elektrischen 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 Mikrophon), etc. „heiss“ werden
- der Fernseher und die Stereoanlage verrückt spielen
- etc.

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