

# Wire Antenna Basics for Hams

### Antennen Grundwissen für die Praxis des Funkamateurs

Hans E. Krüger, DJ8EI, PA8EI, KX4BR OV Bad Honnef, G09, 2021

#### **Inhalt**



#### Teil A: Antennen und Speiseleitungen

- Antennenaufbauhöhe
- •Die "klassische" Dipolantenne
- Aufbauformen des Dipols
- Antennengewinn
- Polarisation von KW Antennen
- Stehwellen SWR
- Speiseleitungen
- •SWR Messungen an der Funkanlage

#### Teil B: Praxis KW Antennen

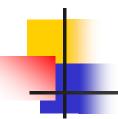
- Vertikal Antenne
- Langdraht Antenne
- Delta Loop
- •G5RV und ZS6BKW Multiband Dipol
- •Windom Antenne (Non Center Fed Dipole)
- •"Hy Endfed" Antenne und Lambda/2 Koax Antenne
- NVIS Antenne
- •Kelemen Multiband Trap Antenne
- •Quellen für Material zum Selbstbauen



#### Antennenaufbauhöhe

### Möglichst hoch !?

- Optimal > Lambda
- Im Verhältnis zur Wellenlänge hängen unsere Antennen aber meist zu niedrig.
- Jeder Höhengewinn ist positiv für die DX -Abstrahlung
- Raus aus dem Störnebel ("man made noise")



#### Aber....

- Für DL und Europa braucht man eher Steilstrahler, also geringere Aufbauhöhen
- Siehe NVIS Antenne (Near Vertical Incident Scattering)



## Höhe über Grund und Abstrahlung (Vertikaldiagramm)

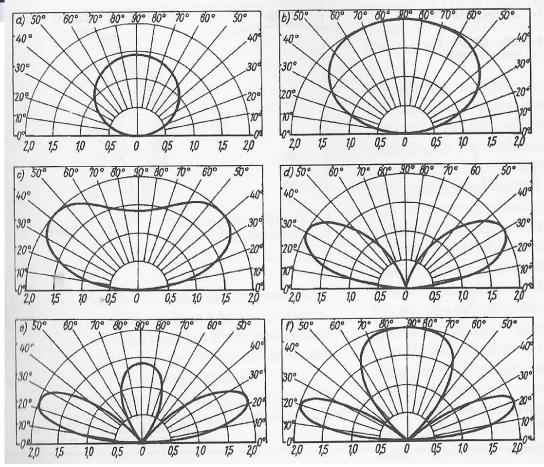
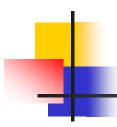


Bild 9.1.9
Vertikaldiagramme eines horizontalen Halbwellendipols in Abhängigkeit von der Höhe über ideal leitender Erde (I)
a) 1/8 $\lambda$ b) 1/4 $\lambda$ .

a) 1/8\lambda
b) 1/4\lambda
c) 3/8\lambda
d) 1/2\lambda
e) 5/8\lambda
f) 3/4\lambda

Quelle: Rothammel



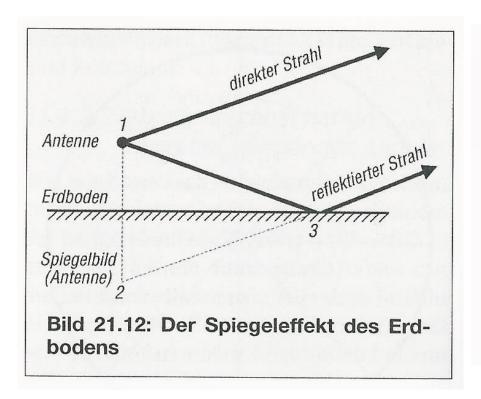
#### Der resonante Dipol in der Literatur

- Länge Lambda/2 (2x Lambda/4)
- Einspeisung in der Mitte, Impedanz je nach Quelle 50
   75 Ohm
- Richtwirkungsdiagramm horizontal "liegende 8"
- Gewinn ggü. Isotropstrahler +2.15 dBi
- Diesen Dipol gibt es nicht in der Realität!

#### Der "reale" Dipol

- Wo bleiben die 2,15 dBi Gewinn, die der Dipol ggü. dem Isotropstrahler haben soll?
  - Kein Freiraum
  - Einfluss des Erdbodens als Spiegel
- Ein real aufgebauter Dipol hat deshalb höhere Gewinne als der theoretische Freiraum – Wert
- aber auch ein anderes Abstrahldiagramm

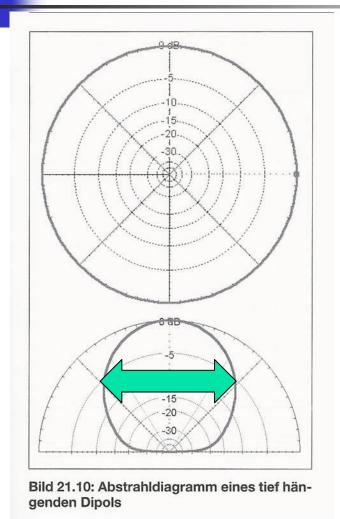
### Der Erdboden als Spiegel



$l \varepsilon_r = \int S/m$	i rang
a of Course	[dBi]
1 5	8,4
0,03	7,2
3 0,005	5,8
0,002	2 4,9
	0 0,03 3 0,005

Quelle: HB9ACC

## Abstrahldiagramm eines realen tiefhängenden Dipols (160/80/40m)



Tief hängend bedeutet:

0,1 - 0.25 Lambda

0,1 Lambda Höhe bei 160m = 16 m

0,1 Lambda Höhe bei 80m = 8 m

0,25 Lambda Höhe bei 40m = 10 m

Ideal für Europa Verkehr

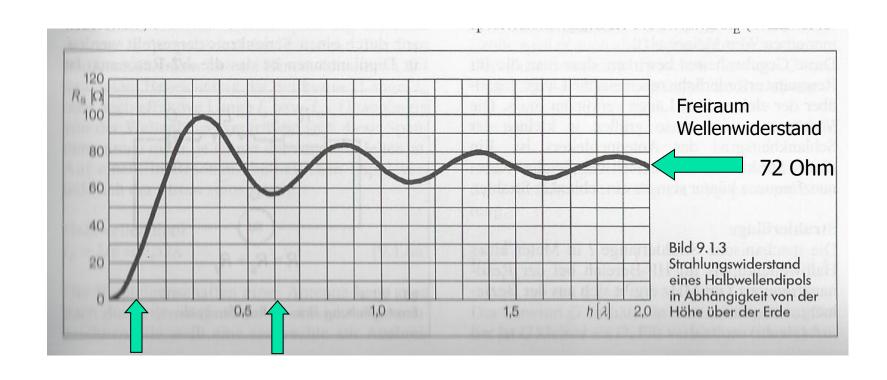
Gewinn in 90 Grad/senkrecht nach oben ca. + 5,8 dBi

Aber.... Gewinn für DX; 40 Grad Abstrahlung noch -4,7 dBi

Differenz 10,5 db = knapp 2 S-Stufen weniger....

Quelle: HB9ACC

# Aufbauhöhe und Fußpunktwiderstand



Quelle: Rothammel

### Fazit Antennenaufbauhöhe

#### Die Antennenaufbauhöhe beeinflusst im Wesentlichen

- den Abstrahlwinkel (DX, Europa, Steilstrahlung (NVIS)
- den Antennenfußpunktwiderstand
- bei Aufbauhöhen < Lambda/8 Verluste bedingt durch schlechte Leitfähigkeiten des Erdbodens

### Die "klassische"Dipolantenne

- Übrigens.... alle Antennen sind Dipole!!
- ...auch wenn`s nicht so aussieht....
- Es gibt keine einbeinigen Antennen!

# Woher kommt die ominöse Formel für die Dipollänge?

 Literatur: Länge eines Lambda Halbe Dipols (Lambda = C/f)

$$L(m) = 145,3/f(MHz)$$

- Lichtgeschwindigkeit im VacuumC = 299 792 458 m/s (300 000 km/s)
- Wellenausbreitung im Draht mit V = 0.97
- L/2 (m) = 299...../2 x 0.97 /f (MHz) ergibt obige
   Formel
- V = Verkürzungsfaktor



#### Viel Draht

- Antenne mit viel Draht bringt die besseren Ergebnisse
- Antennenstandort bestimmt weitgehend die mögliche Drahtlänge
- Viel Draht lässt sich aber auch anders als in Spannweite umsetzen, Schleifen, Delta Loop Antennen, L – Antennen, T – Antennen, Sloper, Endgespeiste Antennen, Verticals etc.

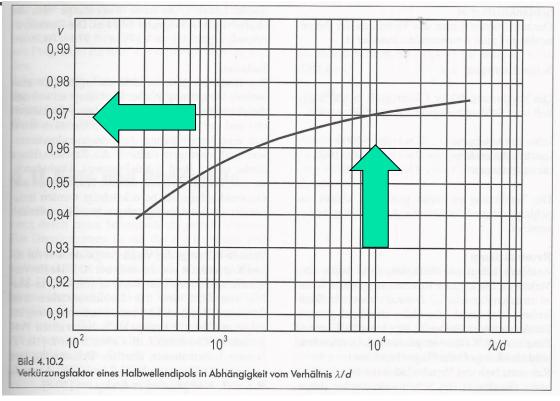
#### Drahtlänge beim Antennenbau

- Starten mit Drahtlänge + 5 % !
- Drahtlänge ist immer eine Funktion der Umgebungsbedingungen, keine Formel stimmt!
- Abschneiden ist einfacher als (wetterdicht) anlöten
- Vorsicht! Kupferdraht dehnt sich
- Verdrillter (Armee Stahl -) Draht,
   fres ~ 7%

#### Verkürzungsfaktor Drahtantennen

- Ausbreitungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Wellen im Draht geringer als im Freiraum/Vacuum
- Kapazitive Randwirkungen, abhängig von
  - Antennenlänge/durchmesser
  - Material des Drahtes, Isolierung
  - Kapazitäten rund um die Antenne, Abspannungen, Antennenhalterung etc.
- Drahtlänge deshalb kürzer als ideal berechnet mit Lambda = Co /f

#### Verkürzungsfaktor Drahtantennen



Beispiel: 20m Band: 2mm Drahtdurchmesser

Lambda/d = 10hoch 4 V=0.97

Länge Lambda/2 Dipol – 30 cm (bei 80m: – 1,20 m!) Quelle: Rothammel

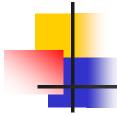
#### ...und "richtiger" Draht!

einem Dipol entsprechend dem verwer deten Material des Antennendrahtes				
Material des	spezifischer elektrischer	Gewinn bei Durchmesser		
Antennen- drahtes	Widerstand $\rho/\Omega$ mm <sup>2</sup> m <sup>-1</sup>			
verlustfrei	0	8,67	8,67	
Kupfer hart	0,0174	8,20	8,43	
Stahldraht	0,14	7 49	8,07	

Differenz nur 0,71 dB....immerhin "schluckt" der Stahldraht 15,3 Watt von 100 W

Quelle: HB9ACC

#### Fazit Dipol Draht und Länge



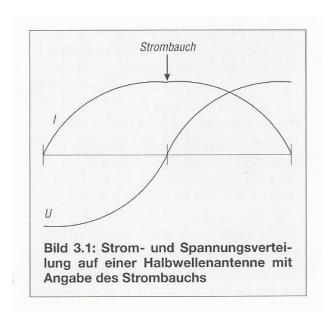
- Drahtlänge: Viel Draht!
- Verkürzungsfaktor beachten
- Durchmesser und Material des Antennendrahtes sind nicht unwichtig

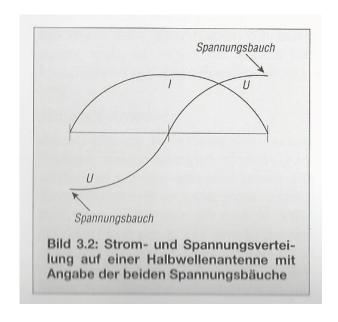
## Aufbauformen des Dipols

....und wenn ich den Dipol abknicke??

"Strom strahlt"

#### Strombauch und Spannungsbauch





Quelle: HB9ACC



#### Strom strahlt

- Im Strombauch wird die meiste Leistung abgestrahlt.
- Der Teil der Antenne, der den meisten Strom führt, sollte möglichst hoch hängen
- Die Enden der Antennen sind vor allem für die Resonanzabstimmung
- Abwinkeln der Antennenenden unkritisch
- Verlängerungsspulen nicht im Strombauch!

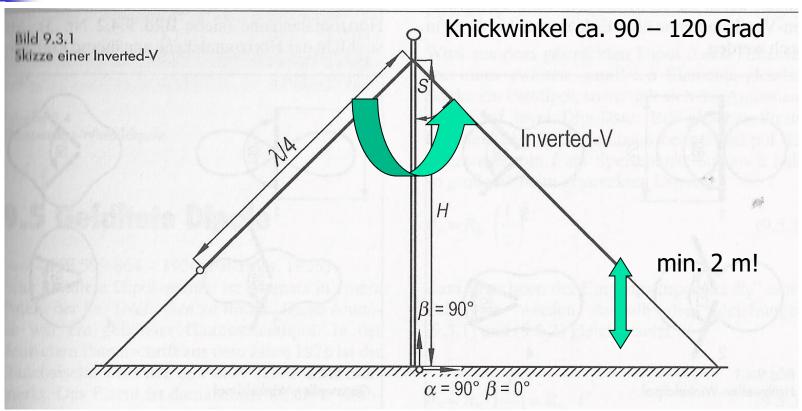
#### Freie Enden - Spannungsbauch

- Wo ein Draht aufhört, kann kein Strom mehr fließen
- Speisung am Ende des Drahtes Speisung im Spannungsbauch – also hochohmig
- Bei Langdrahtantennen Längen vermeiden, die am Speisepunkt einen Spannungsbauch ergeben

#### Geerdete Antennen = Strombauch

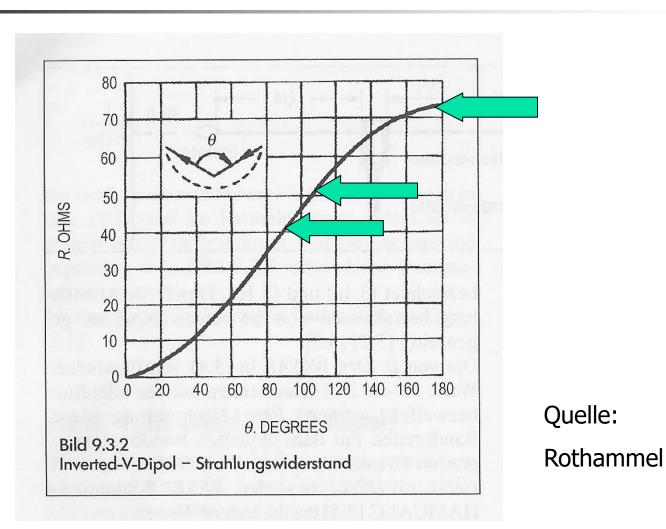
- Wo der Antennendraht in die Erde übergeht Strombauch!
- Gilt für alle Antennen, die nicht symmetrisch sind, z. B. Verticals, GPA Fritzel, Marconi etc.
- Leitfähigkeit der Erde entscheidend
- z. B. Salzwasser 1000 mal bessere
   Leitfähigkeit / Abstrahlung ggü. Süsswasser
   (siehe Fotos von DXpeditionen, wo die Verticals oft mitten in der Lagune stehen!)

### Inverted V - Dipol



Quelle: Rothammel

#### Inverted V - Strahlungswiderstand



#### Inverted V - Resonanzfrequenz



- Im Gegensatz zur "landläufigen Meinung" (und einigen Literaturstellen) verändert sich durch das Abknicken der Dipolhälften die Resonanzfrequenz nicht zu tieferen Frequenzen (Einfluss der Erdkapazität) sondern zu höheren Frequenzen, Antenne muss verlängert werden!
- Grund liegt in der steigenden elektrischen Verkoppelung der Dipolhälften.

#### Inverted V - Resonanzfrequenz



- Beispiel 2 x 5 m Dipol in 10 m Höhe
  - Gestreckt 180 °, F res. 14,218
  - Winkel 120 °, F res. 14,327
  - Winkel 90 °, F res. 14,468
- Resonanzverschiebung 250 Khz,
   Drahtlänge ca. + 22cm

Quelle: FA 01/2016. S. 58ff

## Gestreckter Dipol versus Inverted V am Beispiel G5RV - Abstrahldiagramm

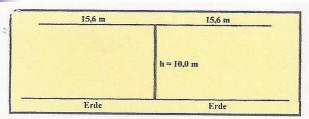
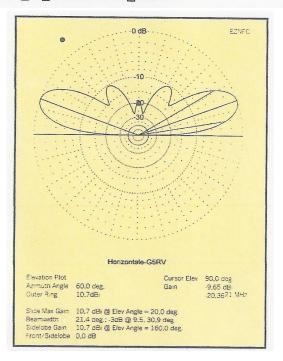


Bild I: Horizontale G5RV.



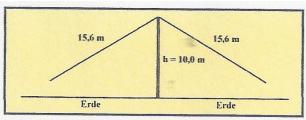
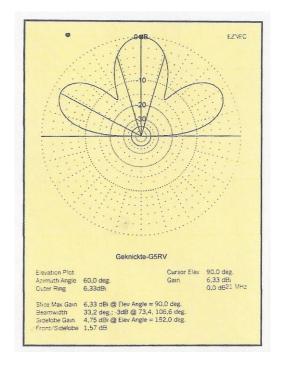


Bild 2: Geknickte G5RV.



Quelle:
Zeitschrift Funk



## Inverted V – Abwinkelung ausserhalb des Einspeisepunktes

- Beispiel von KØNM
  - Lambda/2 Dipol, 50 % Horizontal, 50% beidseitig abgewinkelt, Gewinnrückgang nur 0,6 dB (13%)
  - Verringerung der Eingangsimpedanz von 70 auf 40 Ohm
  - Verformung der Abstrahlkeule, kann übrigens auch positiv wirken.....
  - Also....kein größeres Problem!

### Inverted V

- Durch das Abknicken eines gestreckten Dipols verändern sich
  - Abstrahldiagramm
  - Strahlungswiderstand
  - Resonanzfrequenz
- Im Prinzip kein wirkliches Problem
- Hilft aber bei schwierigen örtlichen Gegebenheiten.....



#### Fazit Aufbauform der Drahtantenne

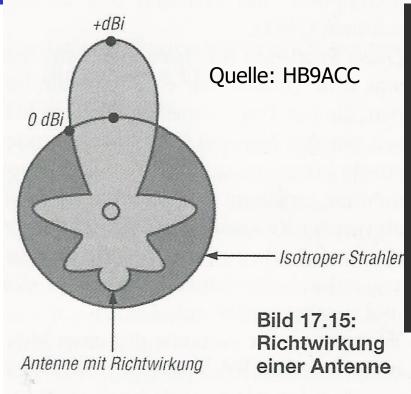
- Der Strombauch ist wichtig für die Abstrahlung
- Die Enden der Drahtantenne sind weniger wichtig
- Deshalb ist Inverted V oder Abknicken der Antennenenden weniger relevant
- Der Fußpunktwiderstand ist allerdings betroffen
- Die Resonanzfrequenz ändert sich
- Die Abstrahlcharakteristik wird wie bei der Antennenhöhe – beeinflusst
- •Aber...gegenüber dem "klassischen gestreckten" Dipol akzeptable Geometrieänderungen

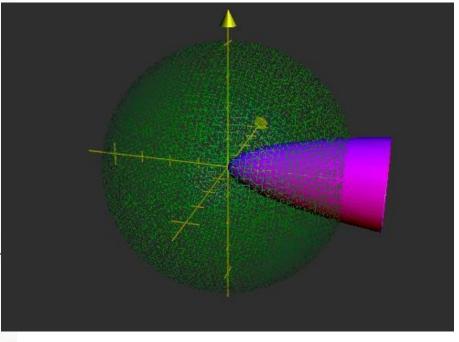
#### Antennen Gewinn

.....aufpassen beim Kauf von Antennen......Antennenvergleichen

Die Angabe in dBi ist 2,15 dB höher als die Angabe in dBd (ein Dipol hat 0 dBd aber 2,15 dBi)

# Antennengewinn dBi "Isotropstrahler"





Quelle: Internet

Gewinn dBi = 10 log Kugelfläche 1/ Kugelfläche 2

Beispiel vereinfacht: 360 °/20 ° 12,5 dB

#### Fazit Antennengewinn

- Aufpassen bei Angaben zum Gewinn in dBd oder dBi
- •Ansonsten wie beim Gebrauchtwagenkauf eines Autos.....Es wird geschummelt wo es geht.
- Daten nicht unbedingt penibel ernst nehmen!

#### Polarisation von Antennen

- Die Polarisation spielt bei KW Antennen keine große Rolle
- Wir arbeiten von Orts QSOs abgesehen immer mit der Raumwelle
- Bei der Reflexion der Wellen in der Ionosphäre wird die Polarisation ein - oder mehrfach gedreht.
- Man benutzt Vertikal Antennen eher wegen der Flach - und Rundum Strahlung
- Vertikal Antennen nehmen i.A. mehr "man-made noise" auf als Horizontal polarisierte Antennen



- Die Polarisation von KW Drahtantennen spielt kaum eine Rolle wegen der Polarisationsdrehungen in der Ionosphäre
- Es gibt einen anderen Grund, eine bestimmte Polarisation zu wählen.....Vertikal Antennen über leitfähigem Grund (Seewasser) sorgen für extrem flache Abstrahlung....
- Das würde man mit Horizontal Antennen nur in grosser Lambda Höhe erreichen.

### Stehwellen SWR

Eine Antenne hat kein SWR!!

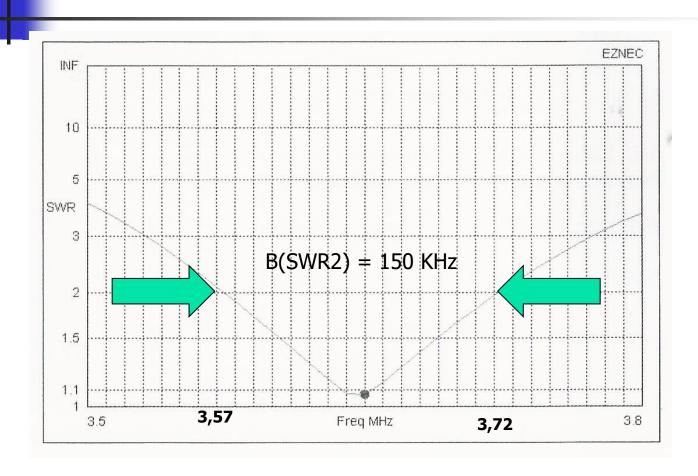
#### Bandbreite von Antennen

- Wie bei einem Schwingkreis mit R,L,C bestimmt auch bei einer Antenne die Güte die nutzbare Bandbreite
- Einflussgrößen sind z. B. Drahtstärke, Verkürzung des Strahlers, Verlustwiderstand
- Aus praktischen Gründen hat es sich im Amateurfunk eingebürgert, die Bandbreite einer Antenne mit 50 Ohm Coaxkabel Speisung über das leicht zu messende SWR zu definieren
- Dies ist die "SWR Bandbreite" einer Antenne
- Noch einmal: Eine Antenne hat kein SWR!!

#### SWR und Bandbreite eines Dipols

- Moderne Funkgeräte arbeiten i.A. in einem Bereich des SWR von kleiner gleich 2, bei höheren Werten wird die Leistung heruntergeregelt zum Schutz der Senderendstufe (auch schon bei QRP Geräten....)
- Bei einem SWR = 3 wird z.B. die Hälfte der abgegebenen Leistung reflektiert und würde sonst zu einer Überhitzung der PA Transistoren (oder zu "roten Backen" bei der Röhrenendstufe) führen.
- Deshalb rechnet man mit der "2:1 Bandbreite" eines Antennensystems, der Abstand zwischen denjenigen Frequenzen, bei denen das SWR in einem 50 Ohm System den Wert 2 erreicht

### SWR 2 - Bandbreite von realen Antennensystemen Beispiel 1



Antenne im 50 Ohm System

Quelle: HB9ACC

#### SWR - Bandbreite von Antennen

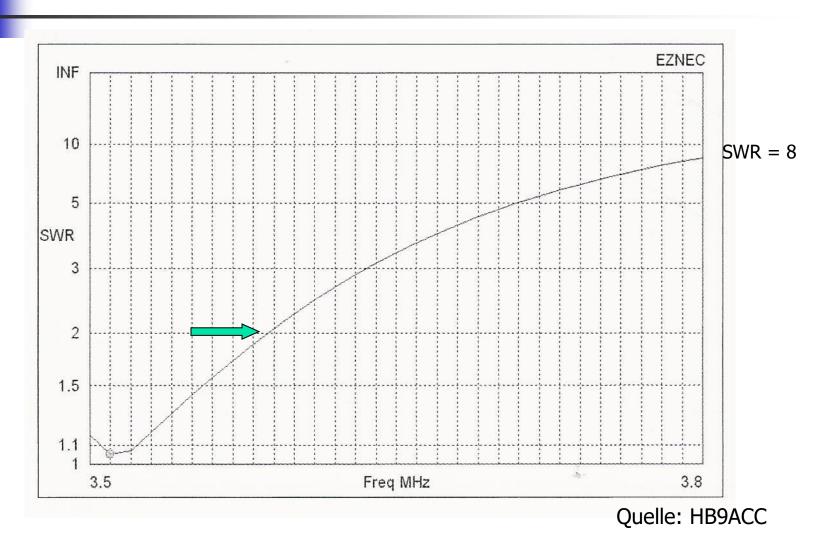
- Gewinn innerhalb des Bandes fast konstant und unabhängig vom SWR (im Beispiel: SWR zwischen 1 und 4)
  - 3500 kHz 5.65 dBi
  - 3650 kHz 5.81 dBi
  - 3800 kHz 5.95 dbi
- Verluste durch Dämpfung des Coaxkabels (z.B.35m)
  - RG58 1.05 dB RG213 0.45 dB sowie weitere Ursachen für Dämpfung wie Stecker, ATU, SWR Messgeräte etc. unvermeidbar und unabhängig vom SWR
- Zusatzverluste im Koaxkabel durch SWR = 4 an den Bandgrenzen
  - RG58 0.85 dB RG 213 0.45 dB vernachlässigbare Verluste an den Bandgrenzen (SWR4) ggü. der Resonanzfrequenz (SWR 1)



#### SWR Bandbreite von Antennen

- Fazit Beispiel 1:
  - Antenne spielt gleich gut über das ganze Band
  - Vom Gesichtspunkt der Wirkung der Dipolantenne spielt das höhere SWR an den Bandgrenzen (fast) keine Rolle.
  - Lediglich der TRX mag das hohe SWR nicht. Man muss ihn deshalb mit einem Antennentuner betrügen (verwöhnen).





## Kann ich mit dieser Antenne auch im SSB Band ??

- Gewinn ändert sich nur um 0.3 db vernachlässigbar
- Kabel und sonstige Dämpfungsverluste sind gleich
- Zusatzverluste durch hohes SWR = 8 im Koaxkabel
  - RG58 2dB, RG 213 1,1 dB
- Für RG 58 kommen wir nun allerdings auf insgesamt 1.05 + 2, also >3 dB entsprechend 50 % Verlust.....
- Aber....von der Wirksamkeit und Abstrahlung der Antenne auch hier kein Problem!



#### SWR 2 – Bandbreite Abhängigkeit von der Antennenlänge

- Je kürzer der Strahler, desto geringer die SWR 2 Bandbreite des Ant. Systems
- Beispiel 80m Band

Full Size Freiraum	180 kHz 6	0 %
		• , •

Full Size Realer Dipol
 150 kHZ 50 %

Kelemen Trap Dipol
80 kHz 26 %

KFZ Mobilantenne
 25 kHz
 8 %

#### SWR 2 - Bandbreite Abhängigkeit vom Drahtdurchmesser

	1 mm Ø	2,1 mm Ø
Frequenz	kHz	kHz
3,5	180	195
7,0	375	403
10,1	555	597
14,0	795	855
18,1	1064	1144
21,0	1263	1358
24,9	1543	1660
28,0	1777	1911

Quelle: Rothammel

#### Fazit SWR und Bandbreite von Antennen

- Eine Antenne hat kein SWR !!
- •Die sogenannte "SWR 2" Bandbreite spielt nur eine sehr geringe Rolle für die Abstrahlleistung einer Antenne
- •SWR < 2 ist lediglich wichtig für die Ausgangsstufe des TX (automat. Leistungsregelung bei Fehlanpassung
- •Hohes SWR (SWR > 5) führt allerdings zu nennenswerten Leistungsverlusten durch Zusatzdämpfung in der Speiseleitung

#### Praktische Messungen an Antennen



- •Es gibt heute eine große Anzahl von Antennenanalysatoren, die nebenbei auch noch Messungen an Coaxkabeln, Schwingkreisen etc. erlauben.
- •Dieses Thema würde ein weiteres Seminar füllen.
- •Es gibt Messgeräte, die ein manuelles Messen über der Frequenz erlauben einschließlich punktuellem Aufschreiben der Ergebnisse über der Frequenz auf Papier, was allerdings mühsam ist.
- •Stand der Technik sind heute VNA (Vektorielle Network Analyser), die einen beliebigen Frequenzbereich automatisch scannen und das Ergebnis, sei es SWR, IZI, Xs, Xr, Phase etc. in Form einer Kurve automatisch aufzeigen.
- •Hierbei gibt es Kompaktgeräte, die ein eigenes Display besitzen, und solche die über z.B. Bluetooth oder USB das Ergebnis auf einem Rechnerdisplay darstellen.
- •Letztere haben den Vorteil, dass man z.B. die Messung remote direkt am Fusspunkt der Antenne machen kann und das Ergebnis "im warmen Shack" analysieren kann

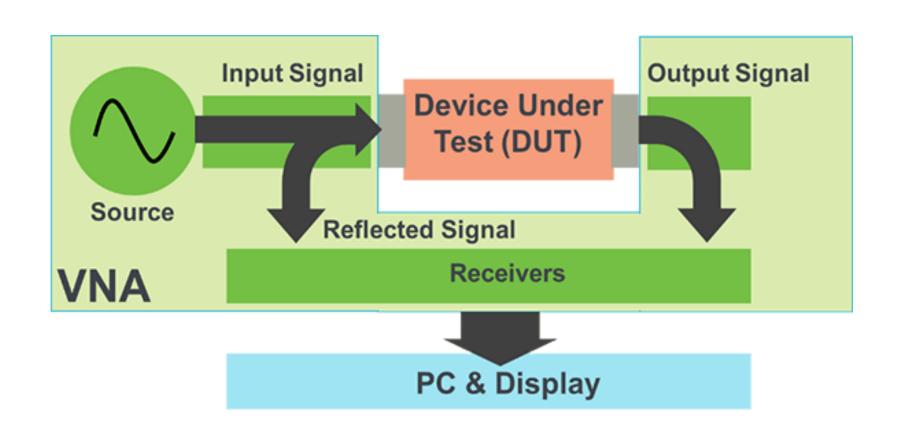
#### Antennen Analysatoren, VNA



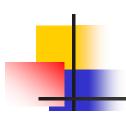




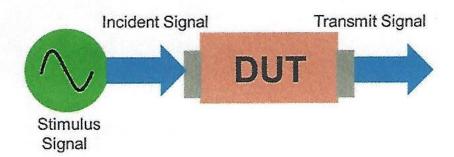
#### Prinzip VNA Messungen



#### VNA Messungen

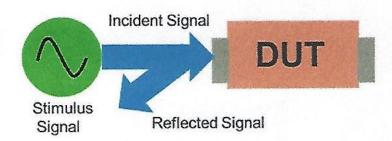


#### **Transmission Measurements**



- Transmission Coefficients (S<sub>21</sub>, S<sub>12</sub>)
- Gain
- Insertion Loss/Phase
- Electrical Length/Delay
- Group Delay

#### **Reflection Measurements**

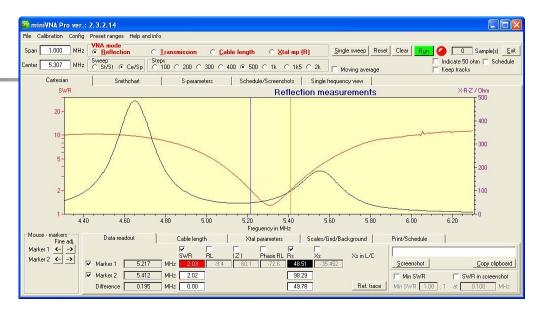


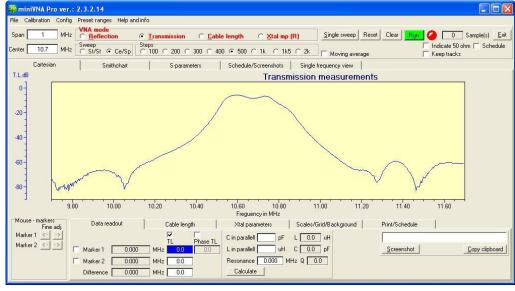
- Reflection Coefficients (S<sub>11</sub>, S<sub>22</sub>)
- Return Loss
- VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)
- Impedance (R+jX)

#### Beispiel Mini VNA









#### Wer misst, misst Mist....etwas Satire....

"Antenna Measurements" (von PA4 TIM)

....this is the reason I think the most HAM's have bought the VNWA. I must say, it is indeed a handy little device for this. But let I warn you. This takes a lot of the magic (or voodoo if you want) out the whole of building and testing antennas.

So if you love to run around an antenna, naked, under the full moon after ritual sacrificing a virgin while cutting pieces of wire and looking at strange mechanic devices (like things with a moving meter) and doing you magic hoping you get it right .....then do not read what comes next.

I'm not responsible for mental damage after the shock. It can cost you some friends too.... most times oldtimers and experts in antenna voodoo that contradicts the laws of physics.

You will see antennas are just simple things with known parameters that do follow the laws of physics. You sweep, look at your screen and you see why it is not working. Sounds a little boring :-)



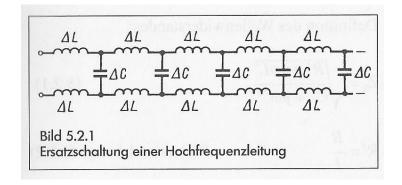
But serious, first a real warning: Your VNA is a very delicate device, antennas can be dangerous because they can have a big static field or pick this up at any moment from the atmosphere. This risk is proportional to the size of the antenna. On my dipole (51 meters) I have seen sparks jumping between the feeders of my antenna. Most times before a thunderstorm but also once under a blue sky with one little cloud. I was working at my tuner and the feeders were hanging to my arm. I got a shock. It scared the hell out of me. I hung them away next to a grounded cabinet. Then I did see a spark jumping over (about 2 inch). A few minutes later a thunder-strike and that was all.

But that could be just enough to kill your VWNA... or you !!! So be sure you know the weather forecast if the antenna is big and outside (they usually are if their big)...........



### Speiseleitungen

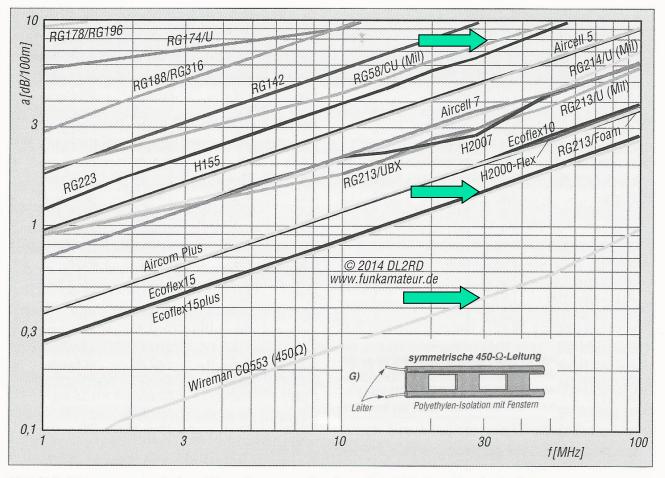




Quelle: Rothammel

- Dämpfung steigt mit wachsender Frequenz
- HF Leitungswiderstand (R,L)
- Verluste im Dielektrikum (C)
- Verluste werden in Wärme umgesetzt

#### Dämpfung von Speiseleitungen



Anpassung SWR = 1

Quelle:

HB9ACC

Bild 8.8: Diagramm mit den Dämpfungswerten handelsüblicher Speisekabel

#### Zusatzverluste durch hohes SWR

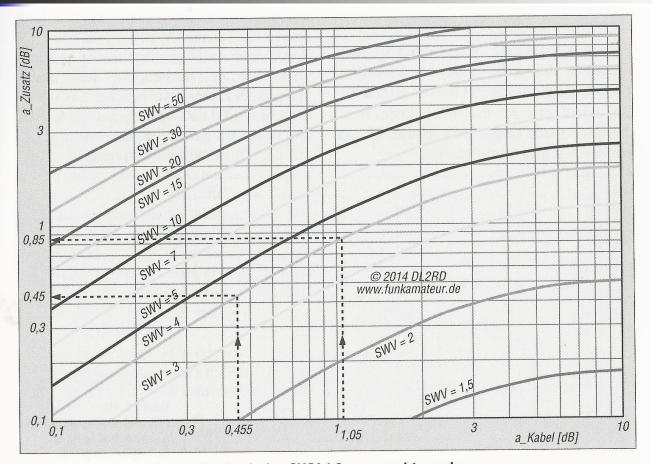


Bild 21.18: Zusatzverluste, die durch das SWV 4,0 verursacht werden

Quelle: Rothammel HB9ACC

#### Belastbarkeit von Speiseleitungen

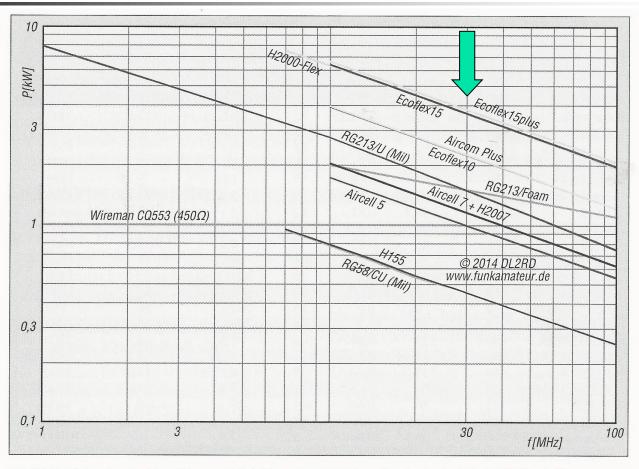


Bild 8.9: Belastbarkeiten (Dauerstrich) handelsüblicher Speisekabel (bei SWV ≈ 1,0)

Quelle: HB9ACC

#### Verkürzungsfaktor V von Speiseleitungen



- Wellenausbreitung im Medium langsamer als im Freiraum/Vakuum (C<sub>0</sub> = 299 792 458 m/s)
- V Draht ca. 0.96 0.97
- V Hühnerleiter
  - 450 Ohm Wireman ca. 0.905,
  - 600 Ohm Selbstbau ca. 0.97
- V Coaxkabel 0,66 0,86 (s. Tabelle)

#### Verkürzungsfaktor von Speiseleitungen

	minimaler Biege- radius [mm]	relative Masse [g/m]	Verkürzungs- faktor VF	zität	Gleichstrom- widerstand $[\Omega/km]$ Innenleiter	Gleichstrom- widerstand [Ω/km] Außenleiter	
Aircell 5	25	36	0,82	82	20,5	13,6	400
Aircell 7	25	72	0,83	75	8,6	8,5	700
Aircom Plus	55	150	0,83	81	3,1	6,4	1000
Ecoflex10	40	131	0,85	78	3,3	8,4	1000
Ecoflex15	70	258	0,86	77	1,56	5,15	1550
Ecoflex15plus	70	200	0,86	77	2,2	5,15	1550
H155	35	38,3	0,81	82	15	17	
H2000Flex	50	140	0,83	80	3,15	11,05	5000
H2007	25	83	0,83	75	8,6	8,5	1000
RG58/CU (Mil	) 25	36	0,66	101	36	17	1400
RG142	25	64	0,7	93	24	12	1400
RG174/U	15	12	0,66	101	306	54	1100
RG178/RG196	10	8	0,7	93	784	76	750
RG188/RG316	15	15	0,7	95	270	40	900
RG213/UBX	50	127	0,66	106	5,5	4,5	3700
RG213/U (Mil)	50	152	0,66	101	5,5	4,5	3700
RG213/Foam	50	141	0,80	77	4,87	11,08	5000
RG214/U (Mil)	50	206	0,66	101	5,5	4,4	3700
RG223	25	56	0,66	101	27	9	1400
RG400	25		0,70	95			1900
Wireman CQ55	53*	39,3	0,905	8,2	17,9	—	10 000

Quelle: HB9ACC

<sup>\* 450-</sup>Ω-Doppelleitung



 Daten: Länge 30m, Speisepunkt mittig, Betriebsfrequenz 21,05 MHz, Leitungslänge 25m, Höhe 10m, Fußpunktimpedanz 892 Ohm – j 1937 Ohm, Anpassung im Shack mit Antennentuner

	RG 58	RG213	600 Ohm
abgestrahlte Leistung	4 W	9 W	87,4 W
SWR (Ant.)	> 20	> 20	9,06
Leitungsverlust	13,84 dB	10,10 dB	0,33 dB
SWR (Shack)	4,34	9,82	8,43
Verluste Tuner	0,1 dB	0,3 dB	0,2 dB
eingespeiste Leistung	100 W	100 W	100 W

### Fazit Speiseleitungen

- Die Dämpfung von Speiseleitungen hat zwei sehr relevante Aspekte
  - •die herstellungsbedingte, frequenzabhängige Dämpfung
  - •Zusatzdämpfung durch hohes SWR
- •Es lohnt sich die Speiseleitung und das SWR zu optimieren (100W Sendeleistung und 3 dB Dämpfung: 50 Watt werden in Wärme verbraten....)
- •Der Verkürzungsfaktor (ist frequenzunabhängig) spielt dort eine Rolle, wo Speiseleitungen als frequenz bestimmende Elemente eingesetzt werden
  - •(z. B. Lambda/4 Transformationsleitung, Lambda/2 Umwegschleife zur Symmetrierung)



# SWR – "Thema Nr. 1"

Eine Antenne hat kein SWR !!



#### SWR – "Thema Nr. 1"

- Eine Antenne hat lediglich eine Speisepunkt Impedanz (Antennenfußpunktimpedanz)
- Das SWR entsteht durch Fehlanpassung der Speiseleitung an den Antennenfußpunktwiderstand
- Die (gute) Abstrahlung einer Antenne hängt von ihrer Konstruktion (Flach/Steilstrahler, Strahlerlänge, Aufbauhöhe, Material usw.) und den Umgebungsbedingungen (Blitzableiterdrähte, Elektrizitätsleitungen, Armierungsnetze im Beton usw.) ab, NICHT vom SWR
- Eine 50 Ohm Dummy Load hat ein SWR von 1.0 aber eine Abstrahlung von Null

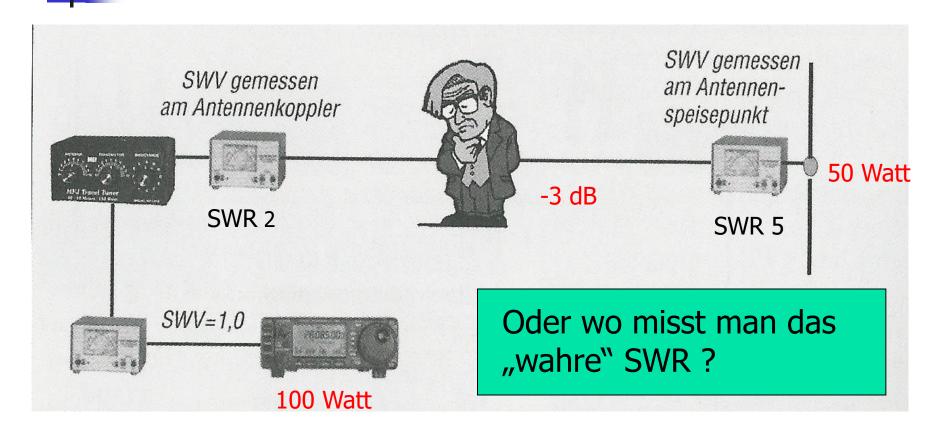
#### SWR – "Thema Nr. 1"

- Das SWR ist ausschließlich ein Thema der Speiseleitung, der Dämpfung und der Anpassung
- Verluste sind bedingt durch die herstellungsbedingte Dämpfung der Speiseleitung
- ....und durch die Zusatzdämpfung bedingt durch hohes SWR auf Grund von Fehlanpassung der Speiseleitung an den Fußpunktwiderstand der Antenne

#### SWR - "Thema Nr. 1"

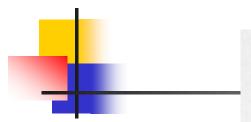
- 4
- Durch ein Anpassgerät kann man die Abstrahleigenschaften der Antenne nicht verändern
- Man kann nur die Zusatzverluste durch hohes SWR auf der Speiseleitung zu Null machen (Tuner am Antenneneinspeisepunkt!)
- Leider hat auch das beste Anpassgerät eine Dämpfung in der Größenordnung von bis zu 0.5dB = 10.8 % Verlust
- Und man kann damit dafür sorgen, dass der TRX die Leistung nicht zurückregelt sondern die volle Sendeleistung an das Antennensystem abgibt

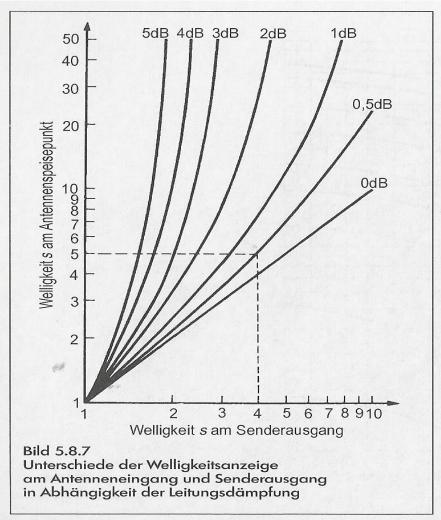
## Die wundersame SWR Verbesserung durch lange/dämpfungsreiche Speiseleitungen



Quelle: HB9ACC, DJ8EI

#### SWR (Fehl-) Messung am Senderausgang





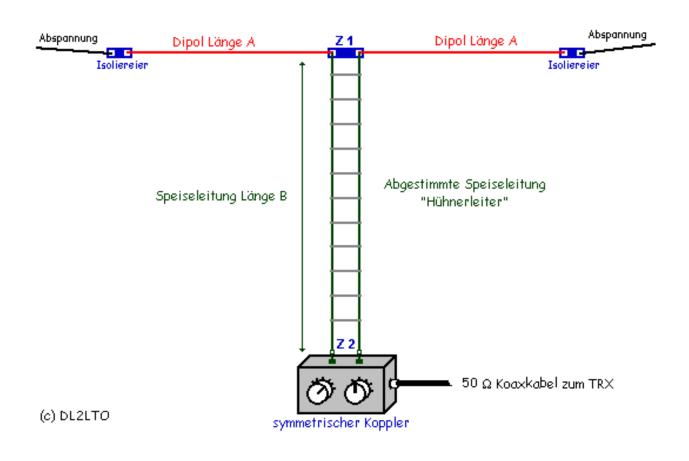
Quelle: Rothammel

HB9ACC

# SWR auf symmetrischen Speiseleitungen

- In Folge der vernachlässigbaren Dämpfungsverluste spielt bei symmetrischen Speiseleitungen – z.B. Hühnerleitern - die Zusatzdämpfung durch hohes SWR keine Rolle.
- Optimale Antennenanlage wäre deshalb:
  - Dipol
  - Hühnerleiterspeisung
  - Fernabgestimmter symmetrischer Tuner
  - Coaxzuleitung geringer Dämpfung (ohne Zusatzdämpfung durch SWR und – da hohe Symmetrie – absolut keine Störungen durch Mantelwellen).

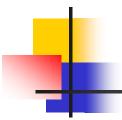
## Die "ideale Antennenkonstruktion"



# Fazit "Thema 1" SWR

- Die Abstrahlung einer Antenne hängt nicht vom SWR ab
   SWR > 1 entsteht durch unvermeidliche Fehlanpassung
  - (falls überhaupt hat eine Antenne den Fußpunktwiderstand
    - Xr = 50 Ohm nur auf **einer** Frequenz)
- Bei der SWR Messung vorher nachdenken an welcher Stelle man was misst......Gefahr der Fehlmessung!
- Das System Antenne Speiseleitung Tuner –
   SWR Messung gesamtheitlich betrachten und optimieren!
- •Symmetrische Speiseleitungen besser als Coaxspeiseleitungen

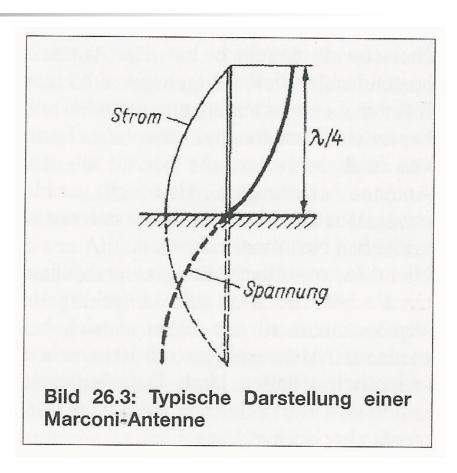
## Teil B: Praxis KW Antennen



## Vertikal Antennen

# Vertikal Antennen – die Marconi Antenne

- Ergibt theoretisch mit der Spiegelung einer ideal leitenden Erde (Totalreflektion) einen vertikalen Halbwellen-Dipol mit flacher Abstrahlung
- Funktion bei realem Erdboden schlecht, Energie wird im Erdübergangswiderstand "verbraten"
- In der Praxis deshalb Ersatz der Erde durch Gegengewichte oder Aufbau am Wasser

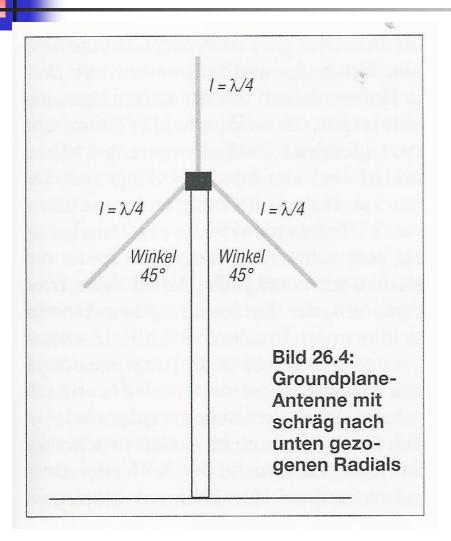


Quelle: HB9ACC

## Radials und Gegengewichte

- "Gegengewichte" dienen zum Ersatz der schlecht leitenden Erde bei "Marconi – Type" Antennen
- Drähte werden auf dem Erdboden ausgelegt oder ca.
   5 10 cm darin vergraben
- Je mehr desto besser, min. 2 Drähte mit Lambda/4 Länge, (bis zu 128 bei kommerziellen Sendern)
- Simulierte Gegengewichte einige Meter über dem Erdboden (min. 2 m) nennt man "Radials" oder besser "Elevated Radials"

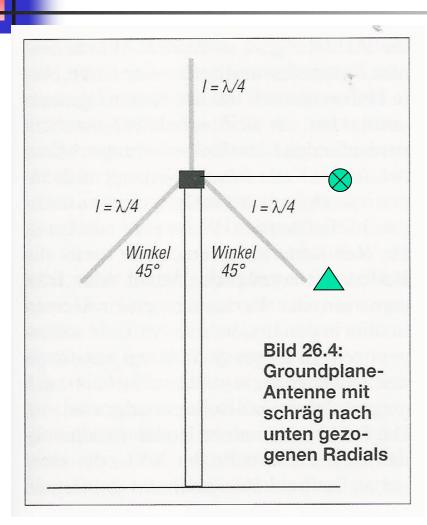
## Vertikalantenne – Groundplane 1



- Setzt man die Lambda/4 Vertikal auf einen Mast, nennt man die Gegengewichte "Radials" und die Antenne "Groundplane"
- •Legt man den Lambda/4 Strahler mittels Traps auf 3 Bänder aus und hat pro Band ein Lambda/4 Radial, kommt man zur Fritzel "GPA3"
- •Als Monoband GP mit drei Radials ist es eine "Triple Leg"

Quelle: HB9ACC

### Vertikalantenne – Groundplane 2



- Der Speisewiderstand einer
   GP mit 3 horizontalen Radials ⊗
   beträgt ca. 36 Ohm
- Bei Abwinkelung um 90 Grad
  ca. 70 Ohm
- Dann ist es ein vertikalerDipol.....

Quelle: HB9ACC

Rothammel

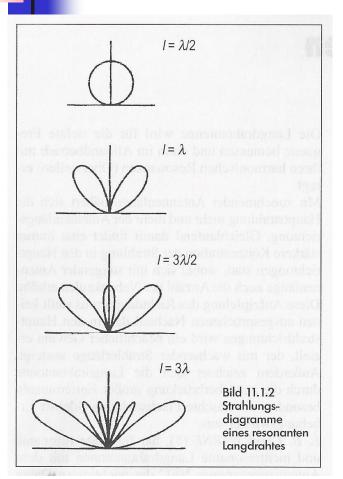
## Vertikalantenne Groundplane 3

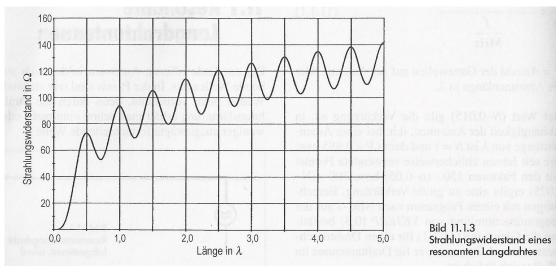
- Die GP ist gut für DX, da Rundstrahler und Flachstrahler!
- Von der Betriebstechnik her ideal in Verbindung mit einem Beam!
- Vertikals reagieren sehr sensitiv auf
  - Bodenleitfähigkeit, nur bei "feucht, feuchter, noch feuchter" zeigen sie volle Leistung (PA0....DX Peditions)
  - Umgebungseinflüsse, Umfeld sollte 5 10 Lambda frei von störenden Objekten sein (200 – 400 m), oder hohes Hausdach



# Langdrahtantennen

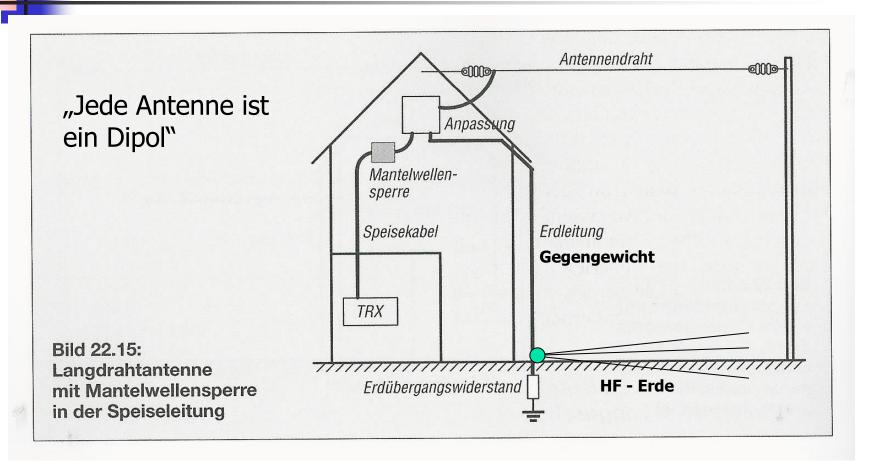
## Langdrahtantenne, resonant





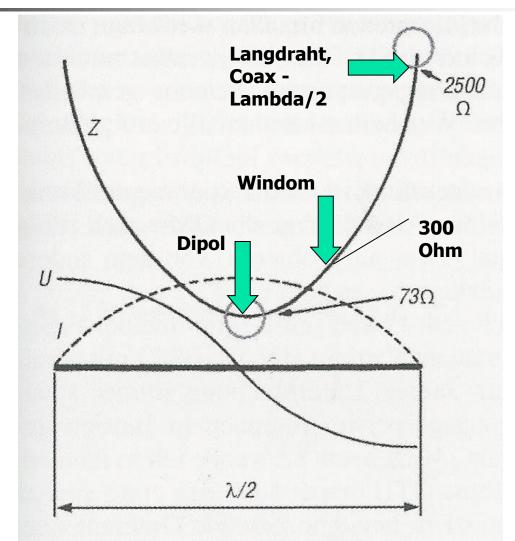
Quelle: Rothammel

## Langdrahtantenne



Quelle: HB9ACC



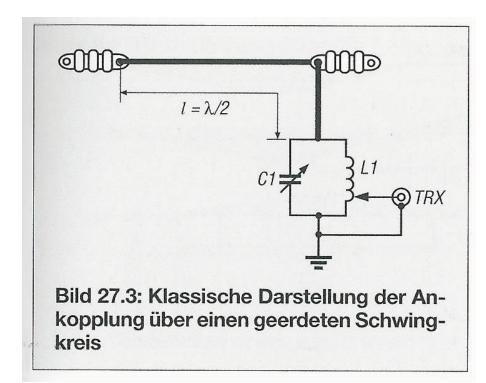


Quelle:

HB9ACC

DJ8EI

## Langdrahtantenne, Ankopplung



 Gegengewicht, HF Erde notwendig!

(Jede Antenne ist ein Dipol....)

Quelle: HB9ACC

# Anpassung von Langdrahtantennen

- Jedes Stück Draht / Metall / Dachrinne / Balkongeländer kann strahlen...
- Ein guter Antennentuner passt jedes Stück Draht auf jeder Frequenz an
- Es ist aber eine Frage des Wirkungsgrades, der Abstrahlungsumgebung und des Erdnetz – Gegengewichtes wieviel HF "verbraten" wird, als vagabundierende HF den TRX ärgert oder wirklich in den Freiraum gelangt. Die Physik erlaubt keine Wunder!
- Deshalb Grundweisheit 1: "Viel Draht!"

# Langdraht - man kann sie auch kaufen...(72 € +) (die Beschreibung ist lesenswert!)



Die Sigma Euro-Comm LW-40 Langdraht - Top-Band und bis 10m.

Der LW-40 ist eine lange Drahtantenne mit einem 9:1 UNUN an das Futter Punkt ermöglicht es, direkt mit 50 Ohm Koaxialkabel eingespeist werden. mit 40.56 m Länge dieser Antenne ist geeignet für den Betrieb auf alle HF Bänder von 160 m (1,8 Mhz) nach oben über einen externen ATU. Es kann direkt montiert werden kann, als ein umgekehrtes V oder Sloper. Es kann auch gebogen oder Hund Beinen um in den verfügbaren Platz im

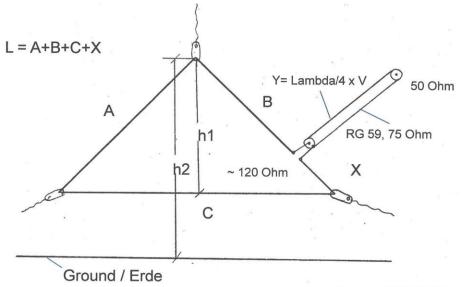
Garten passen . . . . . . . . . .

"Bauernfängerei"....



### Delta Loop Antenne (Selbstbauprojekt G09 2015/2016 und G11)

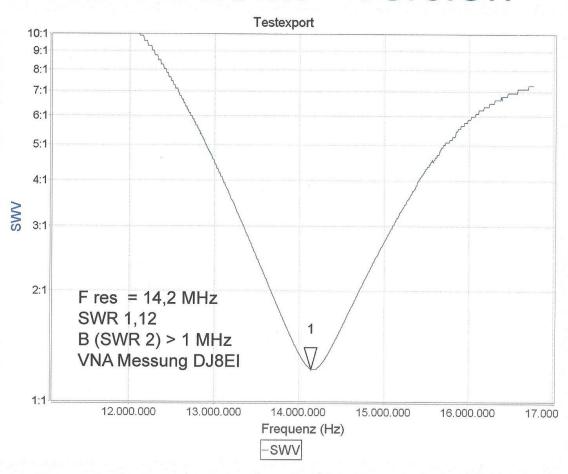
#### Prinzipschaltbild der G09 - Delta Loop



DJ8EI 18\_01\_2015

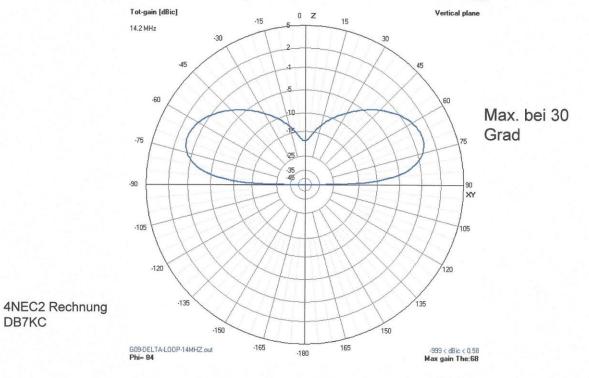
### Delta Loop, Anpassung bei 50 Ohm

### SWR 20 m - Version



## Delta Loop Vertikaldiagramm

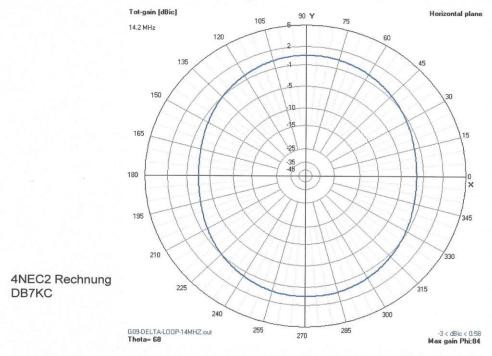
#### G09 Delta Loop Vertikaldiagramm



Fazit: DX Antenne mit Flachstrahlung......

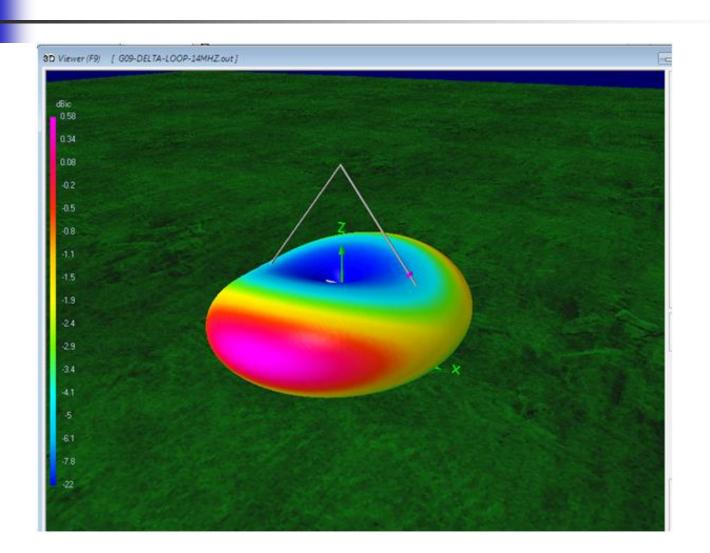
## Delta Loop Horizontaldiagramm

#### G09 Delta Loop Horizontaldiagramm



.....und fast Rundumcharakteristik

## Delta Loop 3 D Abstrahldiagramm



Quelle: DB7KC

### Bauanleitung Delta Loop

Die ausführlichen Selbstbau - Bauunterlagen über die Delta Loop findet man auf der G09 Homepage des DARC

www.darc.de/der-club/distrikte/ortsverbände/09

Weiter unter:

Technik

Delta Loop

Download zur Delta Loop Antenne nach DJ8EI Delta\_Loop\_Antenne.pdf



## **Multiband Antennen**



# Multiband Dipole (G5RV, ZS6BKW, Doppelzepp), Center fed

#### G5RV

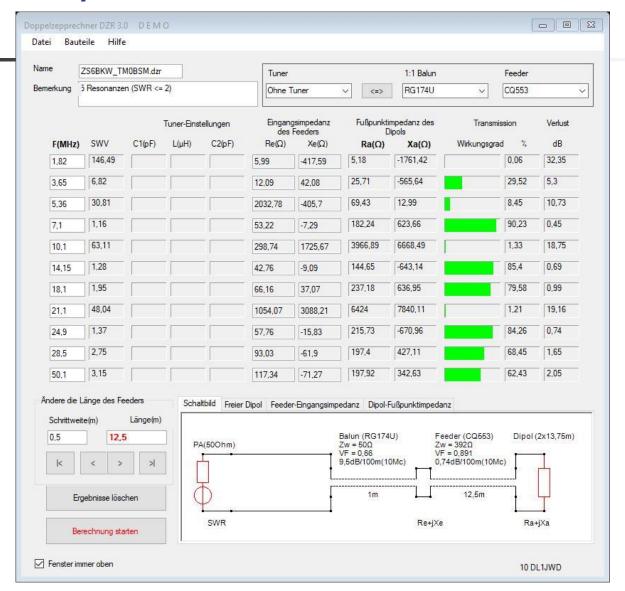
Horizontal 2 x 15.5 m
 Speiseleitung Hühnerleiter 10.34 m (25,84 m)

Quelle: G5RV, Radio Communication 07/1984

#### ZS6BKW

Horizontal 2 x 13.75 m
 Speiseleitung Hühnerleiter 12.20 m (25,95 m)
 Ouelle: Internet

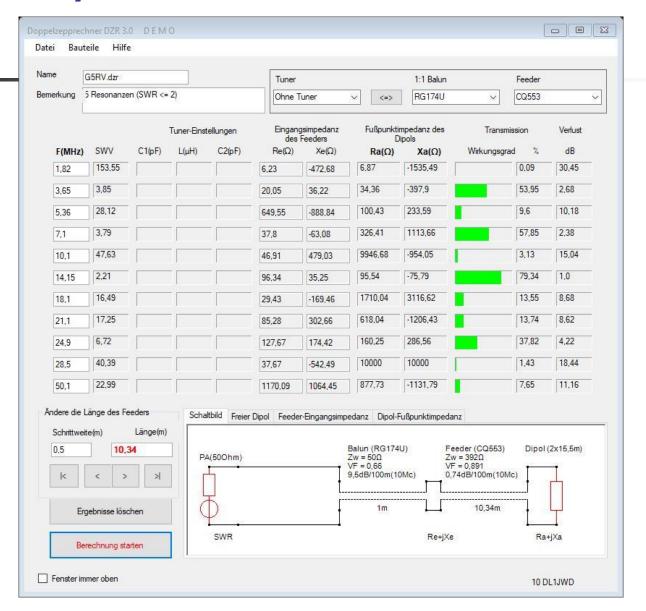
Analyse mit DZR Rechner – ZS6BKW



Quelle: DL1JWD FA 7/2020

Demoversion DZR Rechner auf dem USB - Stick.

## Analyse mit DZR Rechner - G5RV





### Multiband Dipole G5RV – ZS6BKW

- G5RV als Multiband Antenne kommt ohne Antennentuner (ATU) nicht aus
- ZS6BKW hat einen optimaleren Speisepunkt gefunden, würde auf 40/20/17/12/10 ohne Tuner auskommen, nicht jedoch auf 80/30/15m
- Fazit: gute Multiband Dipole, aber ohne Tuner bei beiden kein sauberer "All Band – Multiband" Betrieb

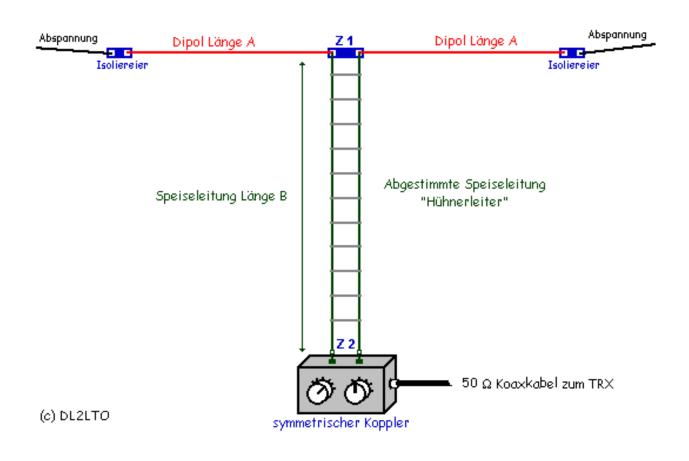
#### G5RV und ZS6BKW mit oder ohne 1:1 Balun?

Übergang 50 Ohm Coax auf 400 - 600 Ohm Hühnerleiter mit 1:1 Balun löst nicht das Anpassungsproblem, da Speisepunkt - Impedanz Z am Ende der Hühnerleiter über der Frequenz (fast) niemals 50 Ohm ist. Ist aber gut für gegen Mantelwellen....!

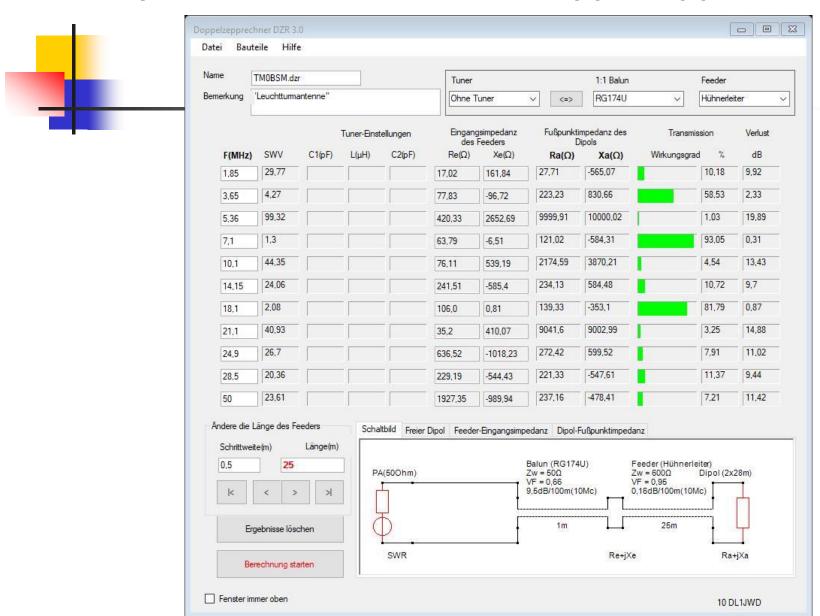
Besser: ATU am Ende der Hühnerleiter!

Quelle: DL2KUM Newsletter, Internet

# Center fed Multiband Dipol mit Antennenkoppler "Doppel Zepp" (TM0BSM "Leuchtturm Antenne")



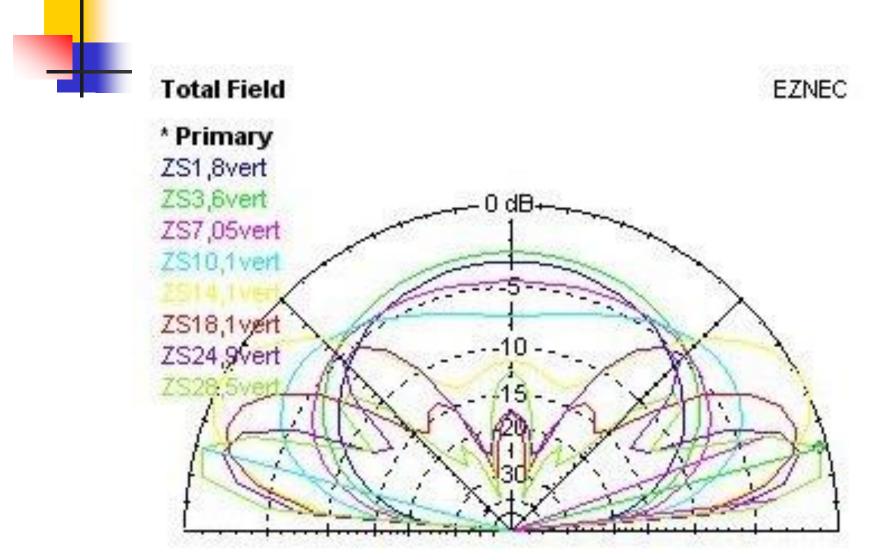
#### Analyse mit DZR Rechner – Doppelzepp ohne ATU



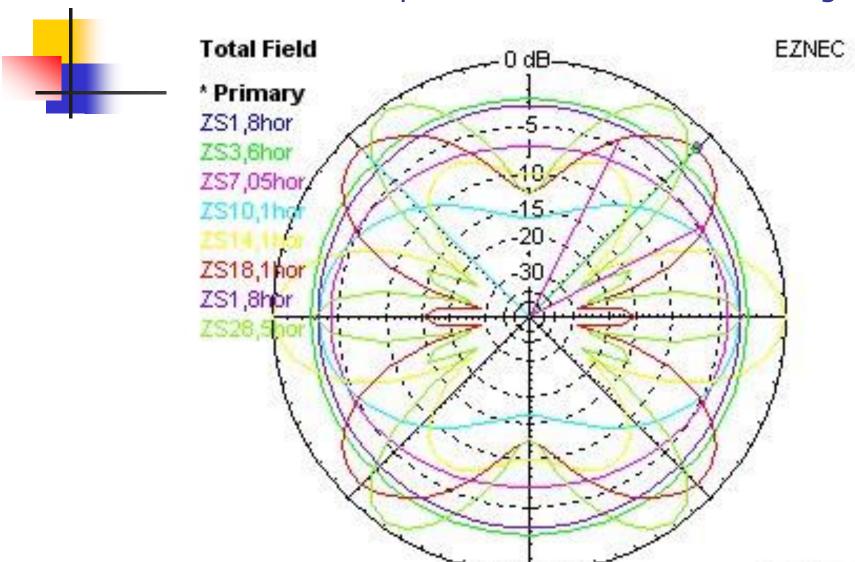
#### Analyse mit DZR Rechner Doppelzepp mit ATU



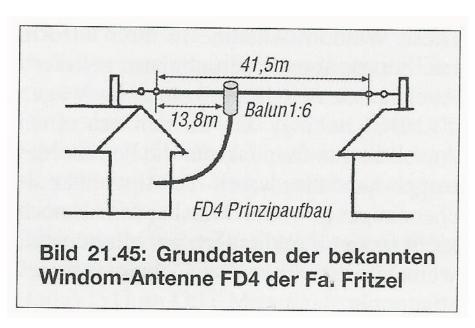
#### ZS6BKW Multiband Dipol – Vertikales Abstrahldiagramm

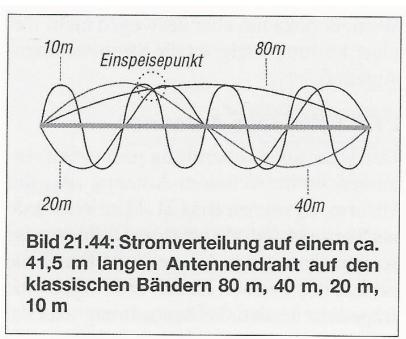


#### ZS6BKW Multiband Dipol – Horizontales Abstrahldiagramm



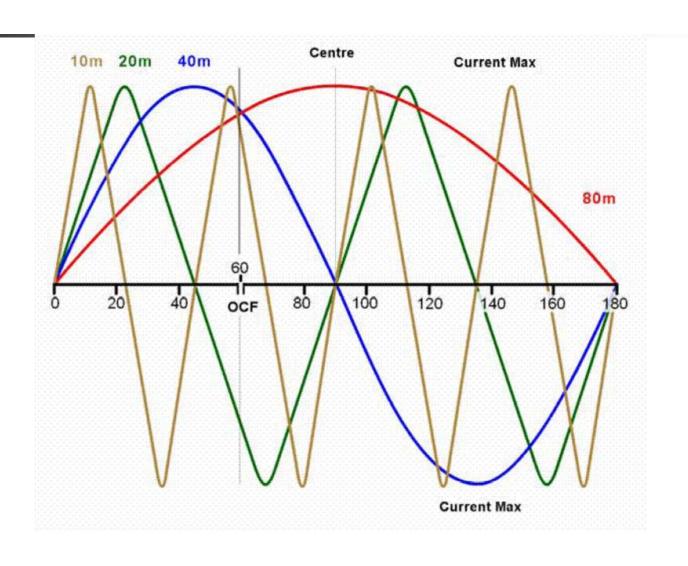
### Windom Antennen – FD4, non - center fed



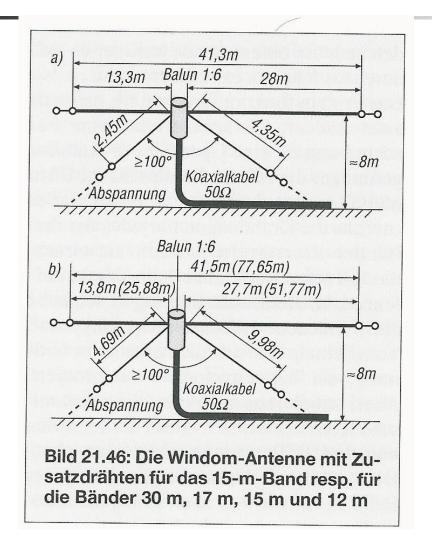


Quelle: HB9ACC

## Stromverteilung Multiband Antenne



# Windom Antenne FD4



+ Dipol für 15m

+ WARC Bänder

Quelle: HB9ACC





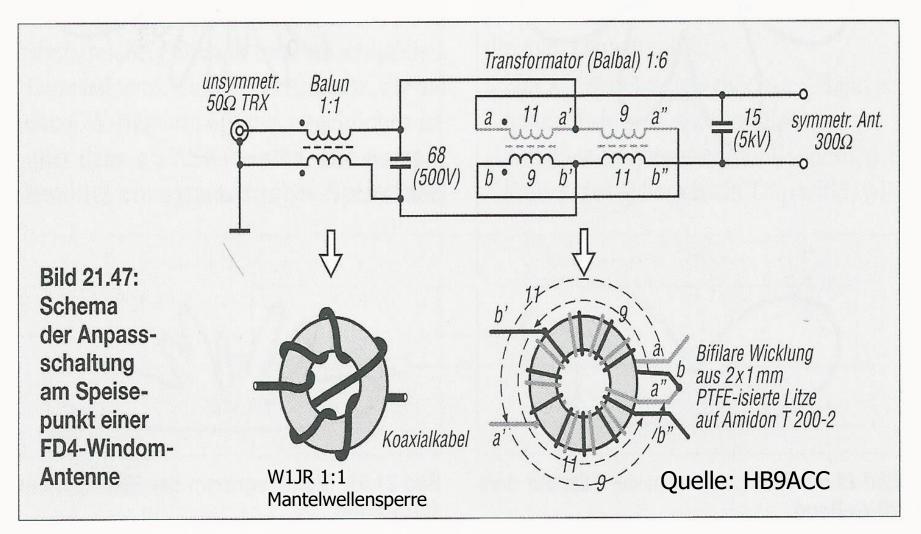
- Alle unsymmetrischen Antennen (unsymmetrisch eingespeist oder unsymmetrisch aufgebaut) haben per se Mantelwellen.
- Mantelwellen sorgen für eine (unerwünschte)
   Abstrahlung von Sendeleistung über das (eigentlich zum Transport bestimmte) Coaxkabel und verseuchen Shack und Nachbarn mit störender HF
- Sie verfälschen auch das SWR Messergebnis!
- Schlimmer noch, das Coax Kabel wirkt auch empfangsmäßig als Antenne und nimmt dann auch Störungen aus der Umgebung auf (man made noise, PLC!)

# Mantelwellen....und was (t)nun?

- 4
- Symmetrische Antennentypen verwenden
- Antennen symmetrisch aufbauen
- Mantelwellensperren verwenden
- Mantelwellensperren an der richtigen Stelle einbauen!
- .....oder damit leben......



# Windom Antenne, Anpassung und Mantelwellen – Fritzel FD4



# Windom Antenne FD4- Abstrahlung

- •80 m Steilstrahler mit Rundumcharakteristik
- •40m gut für Europaverkehr, Dipol - Richtcharakteristik
- •20m Flachstrahler, gut für DX, ausgeprägte Richtwirkung mit Nebenzipfeln
- •10m ausgefranstes Richtdiagramm mit flacher Abstrahlung und Nebenzipfeln für Steilstrahlung
- •Ursache: unterschiedliche Stromverteilung pro Band

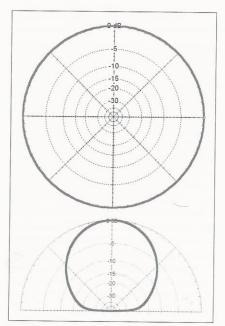


Bild 21.48: Richtdiagramm der FD4 auf dem 80-m-Band

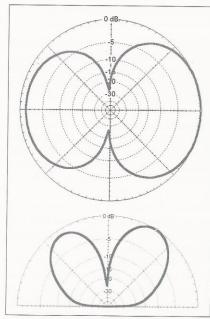


Bild 21.49: Richtdiagramm der FD4 auf dem 40-m-Band

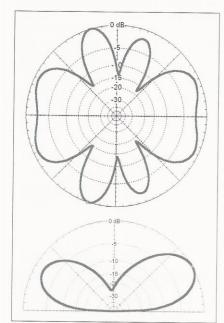


Bild 21.50: Richtdiagramm der FD4 auf dem 20-m-Band

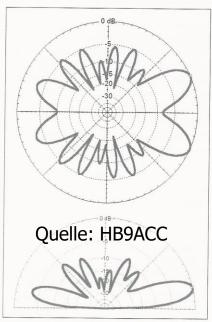
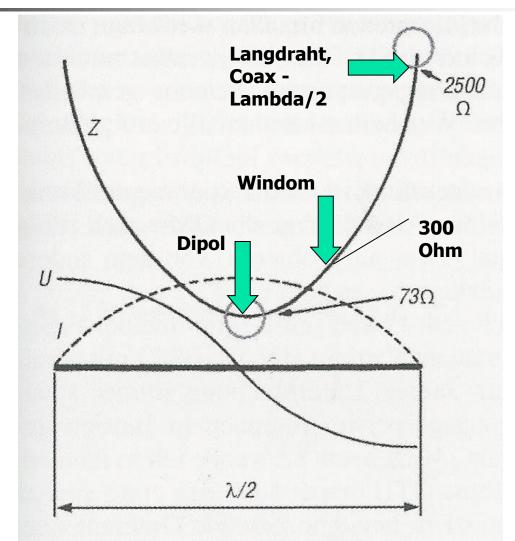


Bild 21.51: Richtdiagramm der FD4 auf dem 10-m-Band

## "Hy Endfed" Antenne vs. Koax Lambda Halbe Antenne G09

- Gleiches Prinzip
- man speist einen Lambda/2 Dipol nicht wie üblich in der Mitte ein (Impedanz 50 – 70 Ohm) sondern am Ende (Impedanz 1500 – 2500 Ohm)
- Dann muss man das Problem der Impedanzanpassung Koax
   Kabel 50 Ohm auf diesen hohen Wert lösen
- Hierzu mehrere Wege
  - mittels UNUN (Unbalanced/Unbalanced) Transformator 1 : 30 1:50. Das wird unter "Hy Endfed Antenna (teuer vermarktet, bis 209 €...)
  - mittels an einem Ende kurzgeschlossener Lambda/4 Coax Anpassleitung mit einem Anzapfpunkt bei 50 Ohm. Siehe G09 Selbstbauprojekt
  - Material ca. 10 €
  - Die prinzipielle Wirkungsweise ist die gleiche!
  - Veröffentlicht in CQ DL 6 2014





Quelle:

HB9ACC

DJ8EI

# End Fed Dipole Antennas

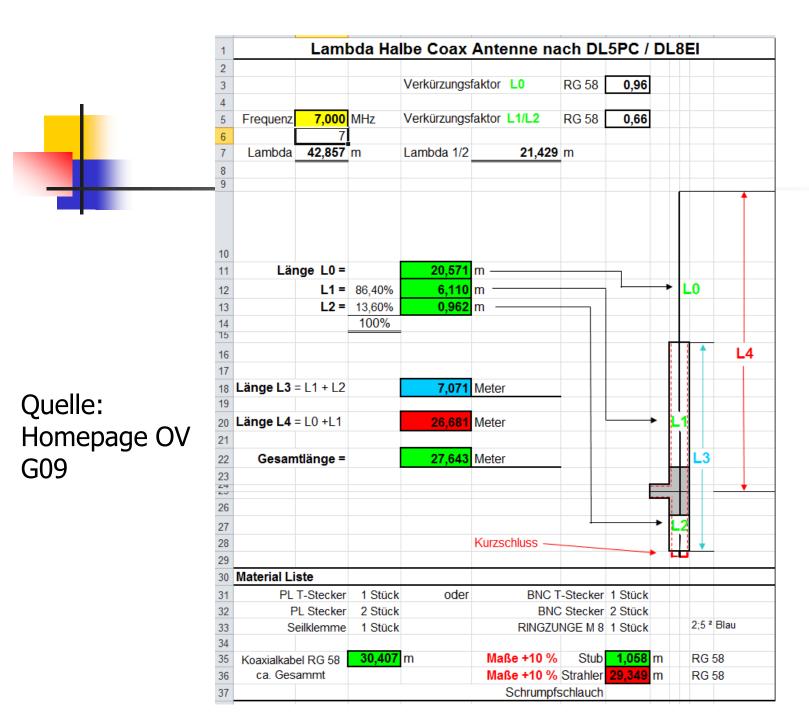






#### "Hy Endfed" und endgespeiste Lambda/2 Koax Antenne (L-H-K-A)

- Vorteile dieser Antennenform
  - Aufhängung Vertical oder schräg als "Sloper".
  - Man benötigt nur einen Aufhängungspunkt, das freut vor allem Skipper und Portabel /QRP – Hams!
  - Horizontale Montage natürlich auch möglich
  - Die L-H-K-A Antenne ist am Ende "kalt", keine Mantelwellenprobleme



## Endgespeister Koax Lambda Halbe Dipol

Die Abmessungen der Antenne sind leicht mit diesem life -Excel Rechner zu ermitteln, der sich auf der Homepage des OV G09 befindet.

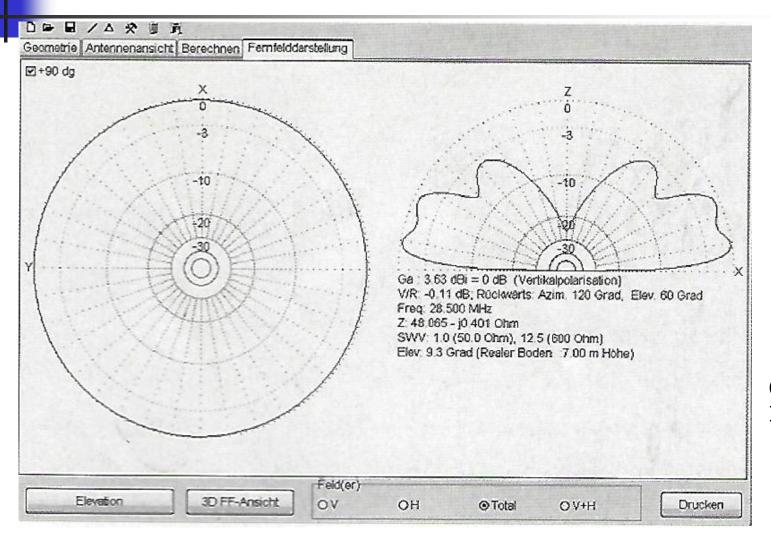
Pfad: www.darc.de/der-club/distrikte/g/ortsverbände/09

Dann: Ortsverband Technik

> L-H-K-A Koaxial Antenne Downloads

Dort befindet sich auch eine detaillierte Bauanleitung und einige Diagramme

## Abstrahldiagramm Coax L/2 Antenne

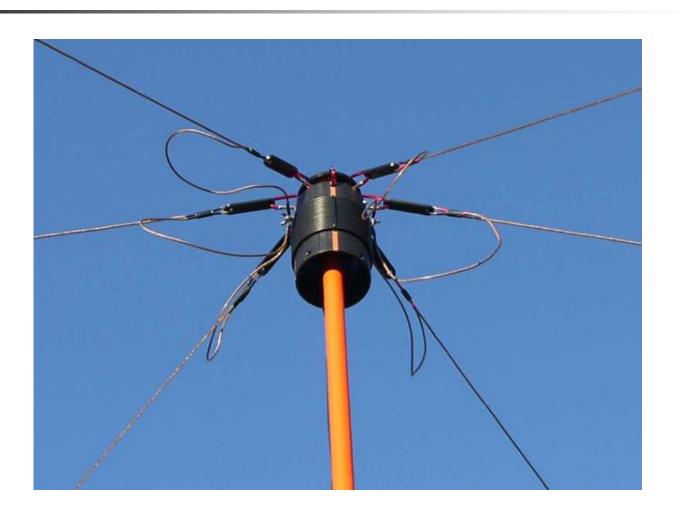


Quelle: IN3TRX



## **NVIS Multiband Antenne**

Near Vertical Incidence Scattering

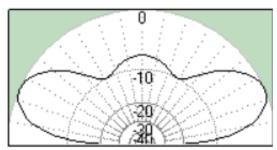


# NVIS Antenne – Steilstrahler bei niedriger Aufbauhöhe

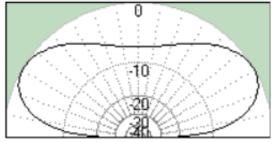
#### Auswirkung der Antennenhöhe auf Strahlungseigenschaften

Grundsätzlich strahlt ein Dipol

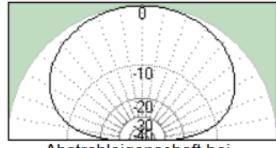
- erdfern montiert ► flach (günstig für Fernverkehr, jedoch "Toter Zone"),
- erdnah montiert ► steil (günstig für Nahverkehr; NVIS Betrieb möglich).



Abstrahleigenschaft bei λ x 0,5 über Grund



Abstrahleigenschaft bei λ x 0,25 über Grund



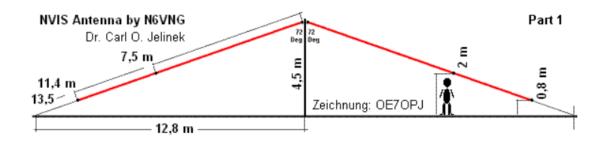
Abstrahleigenschaft bei λ x 0,12 über Grund

# **NVIS Antenne - Aufbauhöhe**

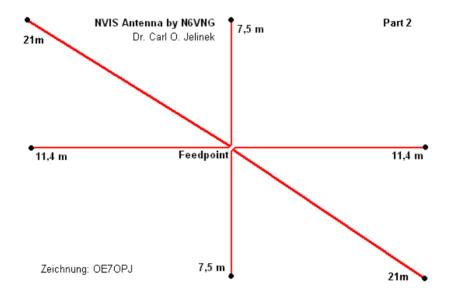
		Antennenhöhe		
MHz	Lamda	x 0,5	x 0,25	x 0,12
3,6	83,3	41,7	20,8	10,0
7	42,9	21,4	10,7	5,1
10,1	29,7	14,9	7,4	3,6
14	21,4	10,7	5,4	2,6
18	16,7	8,3	4,2	2,0
21	14,3	7,1	3,6	1,7
24	12,5	6 <u>,</u> 3	3,1	1,5
28	10,7	5,4	2,7	1,3

Empfohlene Aufbauhöhe ca. 5 m

# **NVIS Antenne Abmessungen**



#### NVIS - Antennen - Set für Not- und KAT-Funk-Betrieb



#### **NVIS Antenne**

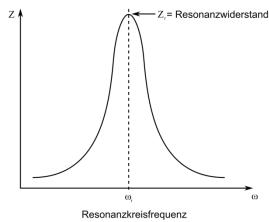


- Weitere Erklärungen und eine Bauanleitung findet man neben allgemeinen Informationen zur Technik des Notfunks unter :
- https://www.oevsv.at/export/shared/.content/.galleries/Downloads
   Referate/Notfunk-Referat-Downloads/NVIS-Set\_Beschreibung.pdf
- http://www.darc.de/fileadmin/filemounts/distrikte/k/ortsverbaende/
   12/NOT-Funk Gruppe K12 ZW.pdf



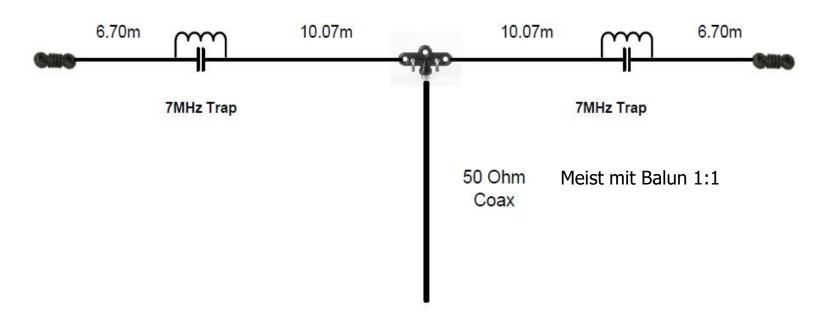


- "Trap" = Falle, Sperrkreis
- Ein Parallelresonanzkreis hat auf seiner Resonanzfrequenz einen hohen Resonanzwiderstand, weit abseits der Resonanzfrequenz wirkt er zu niedrigeren Frequenzen hin wie eine Induktivität, also eine Verlängerungsspule



 Das ist das Prinzip von Multiband Sperrkreis Dipolen oder Mehrband Yagi Antennen

# W3DZZ Multiband Sperrkreis Dipol



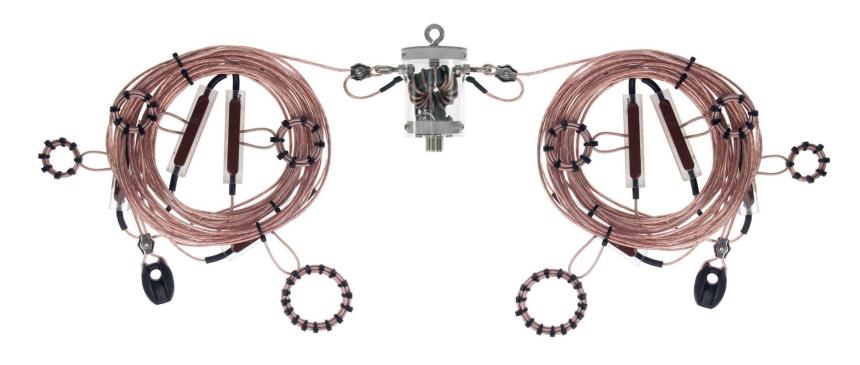
40m: full - size Dipol 2 x 10m

80m: verkürzter Dipol mit Verlängerungsspulen

(verringerte Bandbreite ggü. full - size Dipol)

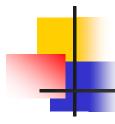


# Kelemen Multiband Dipol



Sperrkreis Dipol für 80/40/20/15/10m







Traps der Kelemen -Dipole aus Koaxkabel

# Pros und Cons Trap Antennen

- 4
  - + deutlich weniger Platzbedarf als full size Dipole oder Multiband Antennen, guter Kompromiss bei schwierigen Platzverhältnissen
  - + Sperrkreise (Traps) aus Coax/Teflon Kabel witterungsbeständig
  - Bandbreite sinkt deutlich, z.B. 80 m Band SWR 2 Bandbreite ca. nur 80 kHz statt 150 180 kHz.
  - Antennentuner deshalb unerlässlich
  - Gewicht der Traps, Antenne hängt durch, dadurch höherer Abstrahlwinkel und niedrigerer Wirkungsgrad, Fußpunktimpedanz sinkt
  - muss bei Erstmontage je nach Aufbauumgebung abgestimmt/verkürzt werden (Herstellerangabe)

#### Lieferquellen für Antennenbau - Material

Wir haben alle Materialien für die bisherigen Antennenbau - Aktionen des OV G09 und auch für die heutige bei folgenden Lieferanten gekauft, die wir sehr empfehlen können (super freundliche und kompetente Abwicklung für Hams, schnelle Lieferung und gerne bereit, Fragen zu beantworten):

#### Quellen für Material für den Antennenselbstbau

#### www.DX-WIRE.de

Peter Bogner (DK1RP)
Technischer Handel - Antennentechnik
Tulpenstr. 10
95195 Röslau
Tel. 09238 990 845 - Fax 09238 990 849
e-mail: p.bogner@gmx.de

Ihr zuverlässiger Lieferant für:

Antennendrähte und -Litzen (DX-WIRE)

Hühnerleiter + 300 Ohm Kabel

**Antennenisolatoren** 

Abspannleinen und Edelstahl-Seilzubehör

Mantelwellensperren

Fiberglasteleskopmaste

Ringkerne

Teflonlitze (versilbert)

**Entstörmaterial** 

#### Quellen für Material für Antennenselbstbau





HF-Kabel & HF-Verbinder seit 2002 Inh. K. Kusch

Tel. 0231 25 72 41 Fax 0231 25 23 99 <u>E-Mail: info@kabel-kusch.de</u> <u>www.Kabel-kusch.de</u>



HomeKoaxkabelSteckerMontagenZubehörAnfahrtImpressumAGBKontakt

Dorfstraße 63 - 65

44143 Dortmund

Tel. 0231 25 72 41 Fax: 0231 25 23 99

Geschäftszeiten: Mo - Do 8.30 - 12.00 Uhr, 13.00 - 16.00 Uhr Fr. 8.30 - 15.00 Uhr

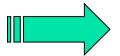
E-Mail: info@kabel-kusch.de

www.kabel-kusch.de

Umsatzsteuer ID DE 813 508 177 Inh. Katja Kusch

# Literatur Quellen

- Praxisbuch Antennenbau, Max Ruegger, HB9ACC
- Rothammels Antennenbuch, Alois Krischke, DJ0TR, 13. Auflage
- Zeitschrift Funk 04/2004
- Old Man 7/8, 1998, HB9Q
- Radio Communication 07/1984
- Zeitschrift Funkamateur 01/2016
- CQ DL Spezial "Antennen", Juni 2002, S 62.
- Internet Recherchen Wimo & Co.....
- NVIS, OE7OPJ, <u>www.oevsv.at</u>,
- Coax Lambda/2, CQ DL 6/2014, DL5PC, DJ8EI
- End Fed Halve Wave, AA5tb, <u>www.aa5tb.com/efha.html</u>
- Delta Loop Antenne, 2016, G09 Homepage, DJ8EI
- 4NEC2 Diagramme von Wolfgang, DB7KC





# Tnx es cuagn!

Hans, DJ8EI/PA8EI/KX4BR

OV G09