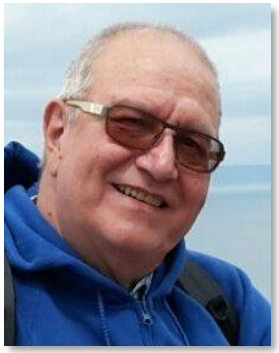
# Die ganze Welt trifft sich in meiner Antenne!

# ADL 303+MAFC

## Seminar KW-Drahtantennen 1
## Grundlagen (Teil 1)



OE1EQW, Enrico
OE1WBS, Wolfgang

# Wichtige Aussage!

~~Wer besser gehört werden will, benötigt eine Endstufe!~~

Nein, eine bessere Antenne wirkt Wunder – sowohl beim Empfang als auch beim Senden!

# Alte Funkerweisheiten:

**Eine gute Antenne ist der beste HF-Verstärker!**

**Jede Antenne ist nur so gut wie ihr Standort!**

**Eine nicht optimale Antenne ist besser als gar keine Antenne!**

**Für DX benötigen wir geringe Elevationswinkel!**

# Die goldenen Regeln des Antennenbaues

1. Viel (guter) Draht
2. möglichst hoch
3. Strom strahlt
4. Freie Enden → **Hochspannung**!
5. Drahtlänge +10%

# 1. Viel (guter) Draht

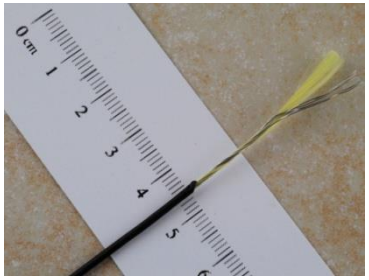
- Für Fieldday tut‘s auch normaler Kupferdraht Yf 1,5 (H07V-K) (feindrähtig) oder Ye 1,5 (eindrähtig)
- Für Dauerinstallation z.B. www.dx-wire.de

| Typ | Leitermaterial | Bemerkung |
|---|---|---|
| DX-WIRE FL | Hartkupfer 32 x 0,20 mm, blank | leicht, für portabel |
| DX-WIRE FS2 | Hartkupfer 36 x 0,254 mm, verzinnt | flexibel, für stationär |
| DX-WIRE HP2 | Hartkupfer 72 x 0,254 mm, verzinnt | flexibel, High Power |
| DX-WIRE UL | Aramid + 6x0,25mm Cu verzinnt | ultraleicht |
| DX-WIRE HDL | 19x0,3mm V4A + 80 x 0,1mm Cu verzinnt | heavy duty Litze, extrem robust |
| DX-WIRE PREMIUM | 19x0,2mm V4A + 18 x 0,2mm Cu versilbert | extrem witterungsbeständig |
| DX-WIRE Micro | 19x0,15mm CuSn0,3 verzinnt | Nahezu unsichtbar |

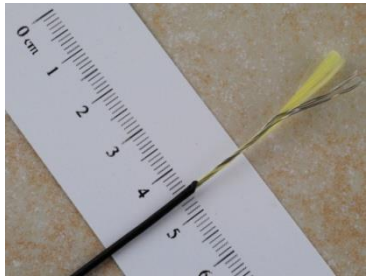
- oder Spiderbeam CQ-532 (AWG18, 0,9mm$^2$)
- Es gibt auch andere Antennenformen als Dipole!

# Antennendraht

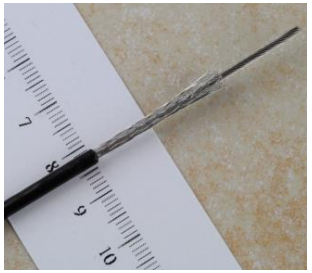
- Prinzipiell geht nahezu jeder Draht, selbst Ye 1,5 mm² Einzugsdraht oder Yf 1,5. Diese sind jedoch wenig zugfest und werden sich mit der Zeit längen (Resonanzpunkt fällt).
- Beispiele von www.dx-wire.de:



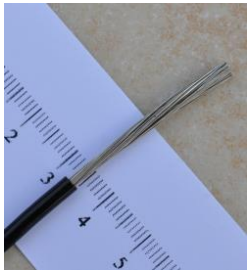
Ultraleicht „UL“
0,4mm²



Flexibel Leicht
„FL“
1,0 mm²



Heavy Duty
„HDL“
2,0 mm²



Flexibel
stationär „FS2“
1,82 mm²

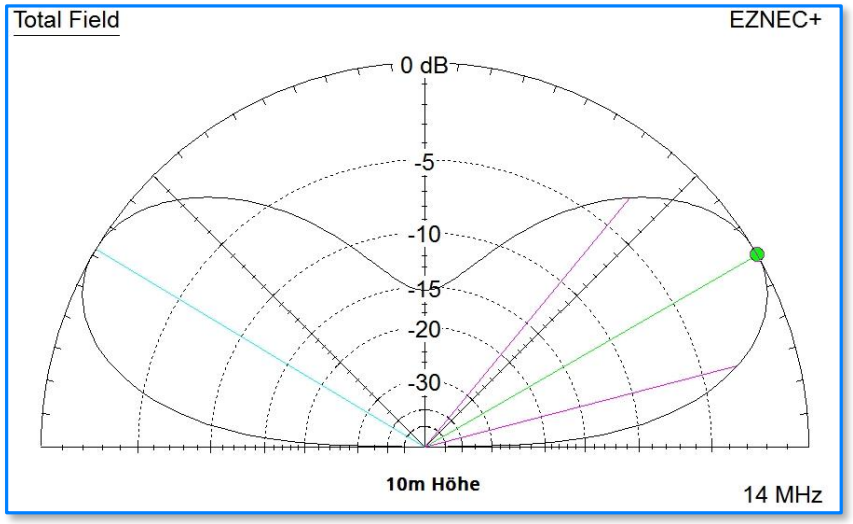
Copyright dx-wire.de

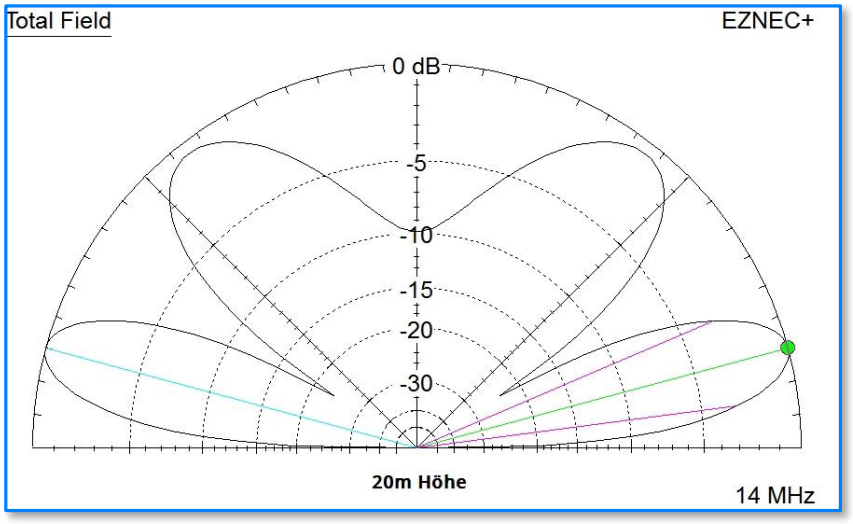
# Schlankheitsgrad u. Verkürzungsfaktor

- Der Schlankheitsgrad ergibt sich aus: s = h/d (Höhe bzw. Länge / Ø
  - Beispiel: Dipol für 28,5 MHz (Wellenlänge 10,526m), Draht-Ø 2mm) ergibt 2631
- Der Verkürzungsfaktor V = s / (1+s)
  - Beispiel: V = 2631/2632 = 0,9996
  - Beispiel: Draht-Ø 5mm: s =5263/5 = 1052, V=1052/1053 = 0,9990
  - Beispiel: λ/4 Rundstrahler, 50mm Alurohr: s= 52,63, V=0,9813
- Drahtlänge für λ/2-Dipol:  l = 0,48 x V x λ
- Wie wirkt sich das aus?
  - 1. Beispiel: Drahtlänge 5,050 m für Halbwellendipol
  - 2. Beispiel: Drahtlänge 5,047 m für Halbwellendipol
- Drahtlänge für λ/4 Rundstrahler: l = 0,24 x V x λ
  - 3. Beispiel: Drahtlänge 2,478m für Viertelwellenstrahler
- Resümee: im Kurzwellenbereich bei Draht-Ø bis 5mm geringe Ungenauigkeit; bei Rohren für Strahler schon etwa 2% Verkürzung
- Im VHF/UHF-Bereich schon starker Einfluss! (s=100, V=0,99 bei 2m-Band und 10mm Draht, S=35, V=0,97 im 70cm-Band)

# 2. Möglichst hoch

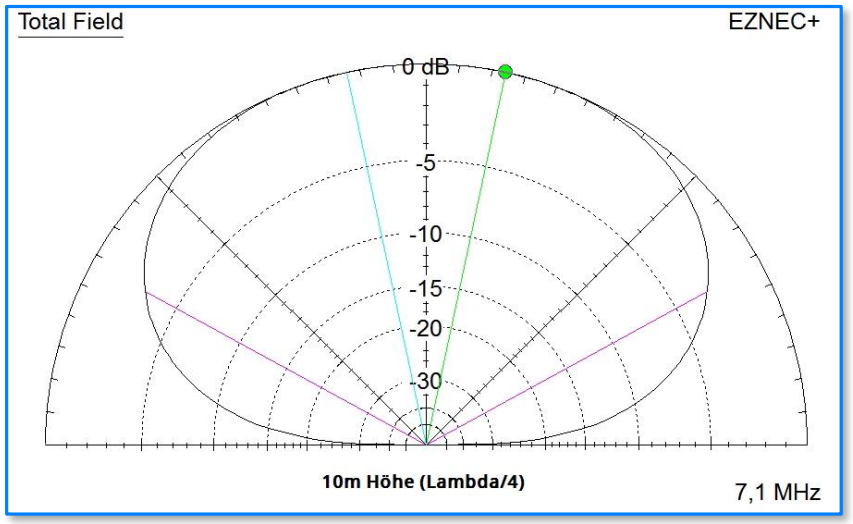
- Entscheidend ist das Verhältnis von Höhe zu Wellenlänge

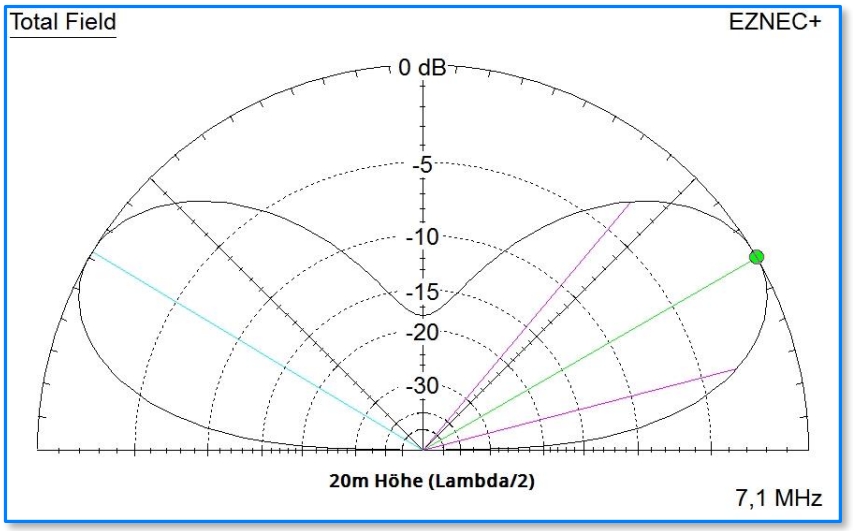



- Vor allem Antennen für die niedrigen Bänder haben zumeist zu wenig Höhe für DX
- „HEIGHT IS MIGHT“

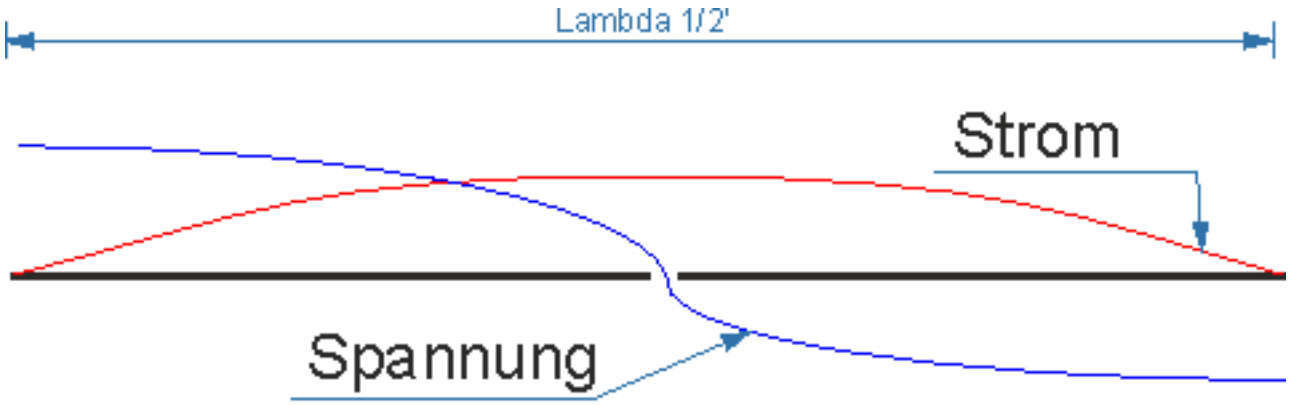
# 40m Dipol



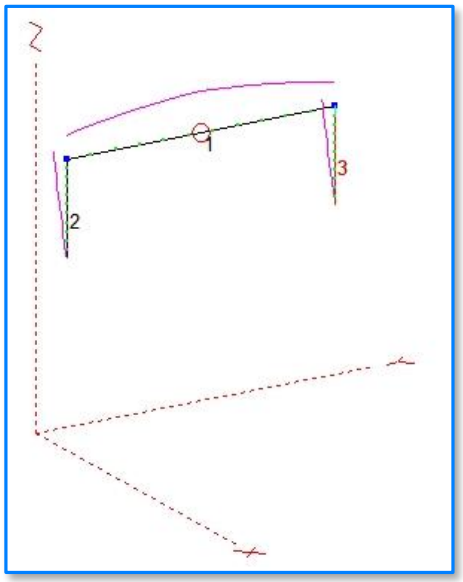




- Dipol mit 19,8m Dipollänge in 10 und 20m Höhe
- Entscheidend für das Strahlungsdiagramm ist die Aufhängungshöhe

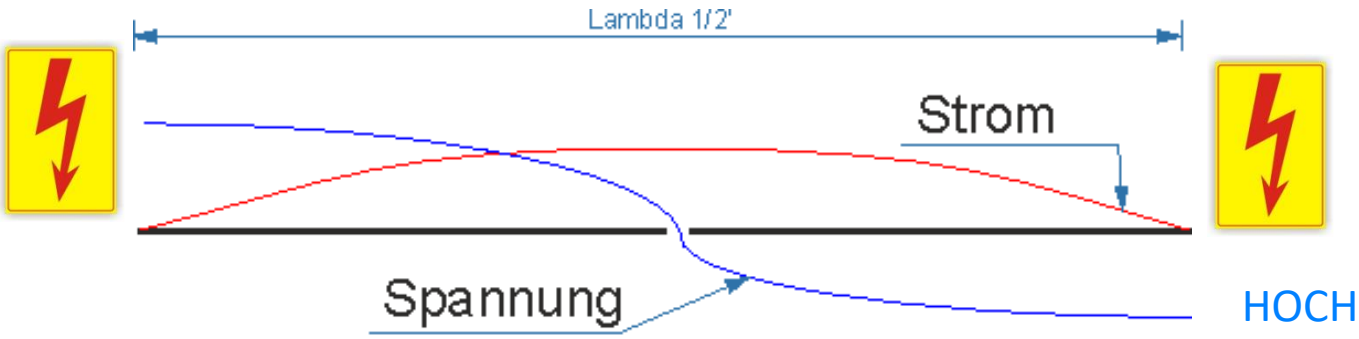
# 3. Strom strahlt




- Antennen strahlen dort, wo der meiste Strom fließt (Strombauch)
- Wo wenig Strom fließt, können z.B. Drähte abgewinkelt werden



# 4. Freie Enden = Hochspannung




An den Enden fließt kein Strom, daher muss bei gegebener Leistung die Spannung sehr hoch sein!
Bei 100 W können an den Enden schon mehr als **500 V** auftreten!

Isolator

Isolierei

# 5. Drahtlänge + 10%

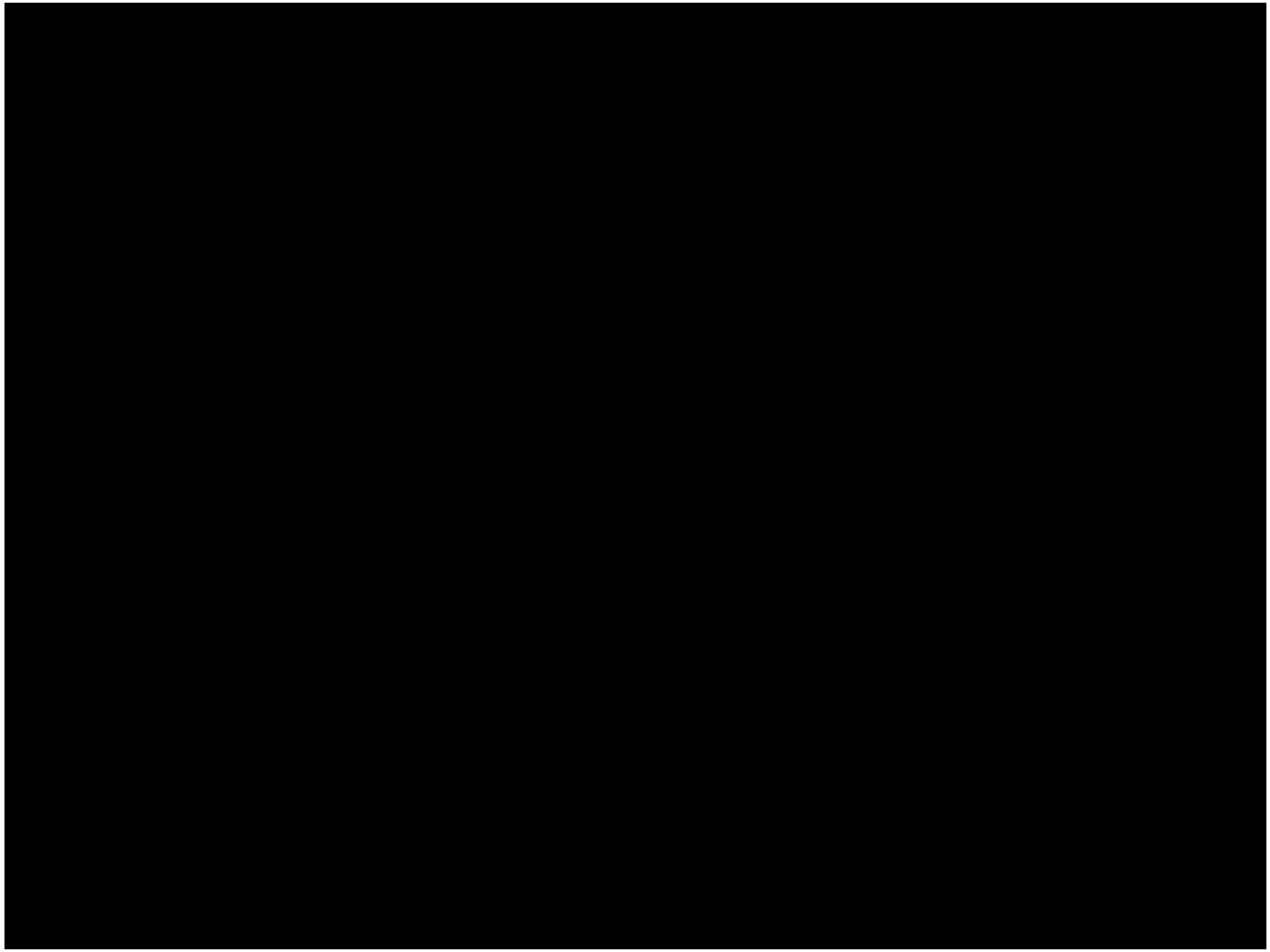
- Die exakten Drahtlängen ergeben sich aus den Bodenverhältnissen, dem Drahtdurchmesser, Isolation und der Aufhängungshöhe.
- Es ist einfacher, einen Draht zu kürzen als ihn zu verlängern!
- Nicht gleich abzwicken – man kann den Draht auch zurückschlagen und herumwickeln!

# Konstruktion

- Festigkeit je nach Anwendungszweck
  - portabel: wenn was reißt, darf nichts beschädigt werden – Abstand zu Elektrofreileitungen!
  - Festinstallation: nach max. Windgeschwindigkeit dimensionieren, genügende Anzahl von Abspannungen vorsehen, Mast entsprechend dimensionieren, usw.

- **Sicherheitsreserve zugeben!**
- **Nicht immer zahlt es die Versicherung!**

# Coffeebreak



# Materialwahl 1

- Rostfreies Material verwenden (V2A, V4A Stahl, Messing, Aluminium)
- Loctite Schraubensicherung o.ä.
- Abspannungen aus nicht längbarem, witterungsbeständigen Kunststoffseilen wie z.B. Dyneema, Kevlar, Aramid, Polyester oder V2A-Stahlseilen
  (z.B. https://www.dx-wire.de/seileabspannleinen)
  - Stahlseile können Resonanz verändern, immer mit Isolatoren unterteilen! Achtung auf Länge – λ/2 Resonanz verhindern!
- **KEIN** Nylon oder Polypropylen – taugen super als Wäscheleine, aber nicht als Abspannung!

# Materialwahl 2

- Abspannseile mit Simplex- oder Duplexklemmen V4A (für Seil-Ø von 2-6mm lieferbar) befestigen

- Umlenkungen wie z.B. für Deltaloop mit Seilrollen ausführen

# Materialwahl 3 - Maste

- Nach Anwendungszweck wählen
  - Portabel: Glasfasermaste (kein Carbon, leitend!) von etwa 10m bis 26m, Aluschiebemaste von 4 bis 16m (leitend, dann keine Vertikalantennen... 😢)
  - Fix: nahtlos gezogenes, rostfreies V2A-Stahlrohr, Ø und Wandstärke nach Windlast (ab 52mm x 3mm bis etwa120mm x 10mm), Tower (in verschiedensten Formen und Höhen)

# Portabelmaste (10-26m)

**Spiderbeam** 12m HD/18m/22m/26m

- 1,18/1,7/2,0/2,0m Transportlänge
- 3,3/6,8/13/18 kg
- Ø 55/73/95/108mm unten
- Ø 8/4/4/4mm oben
- Schellen mit Gummi gegen Durchrutschen

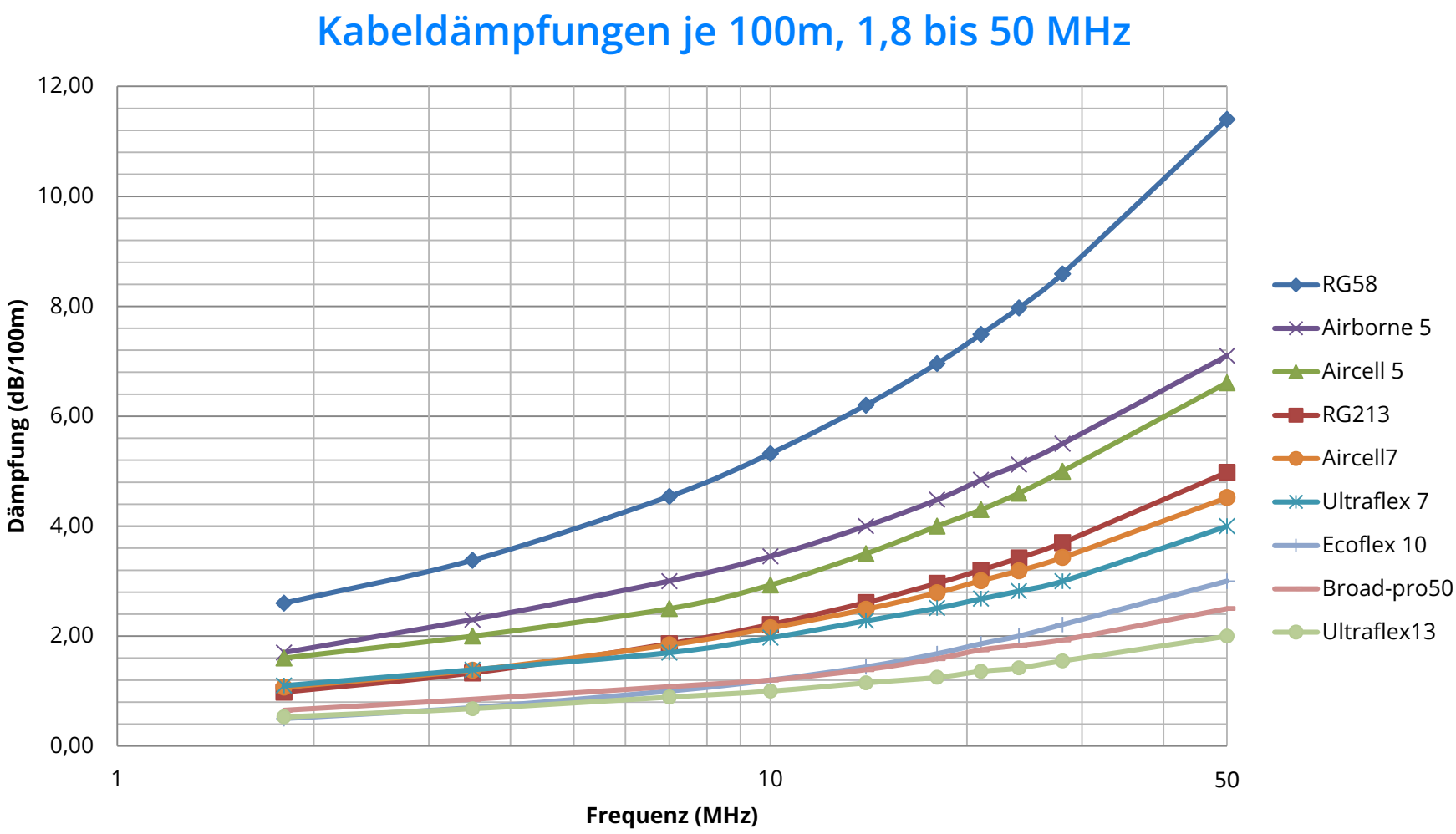
**DX-Wire**

- 10m/11,5m/10m HD/13,7m HD
- 0,67/0,85/1,34/1,34m Transportlänge
- 1,3/2,2/3,2/3,4kg
- Ø 48/59/55/55mm unten
- Ø 4/5,5/18/6mm oben
- Abspannsterne
- Gummiprofil gegen Durchrutschen

# Koaxkabel

- Prinzipiell gibt es heute weitaus **modernere Kabel** als RG58 oder RG213 – mit geringerer Dämpfung und weitaus höherem **Schirmungsmaß**
- Etwa 4 verschiedene Klassen nach Außen-Ø : 5mm, 7mm, 10mm, 13mm
- Dimensionieren nach Länge, Frequenz und Leistung
- Verlegung: Mindestbiegeradien einhalten (min. 10 x Außen-Ø)
  - Zugentlastung (Gewicht nicht dem Stecker zumuten)
- **Stecker:** nach Wellenwiderstand, Frequenz, Leistung (Spannung), Dichtheit (Wasser), Kabel
  - **PL259** (UHF – **U**nuseable for **H**igh **F**requency), nicht wasserdicht
  - **N** (bis etwa 11 GHz, je nach Frequenz bis etwa 2 kW Durchschnitt)
  - **7/16** (5,2 GHz, bis etwa 3 kW durchschnittlich, 13 kW Peak)

# Kabeldämpfungen



# Symmetrische Leitungen

Wireman 562 – 300 Ω

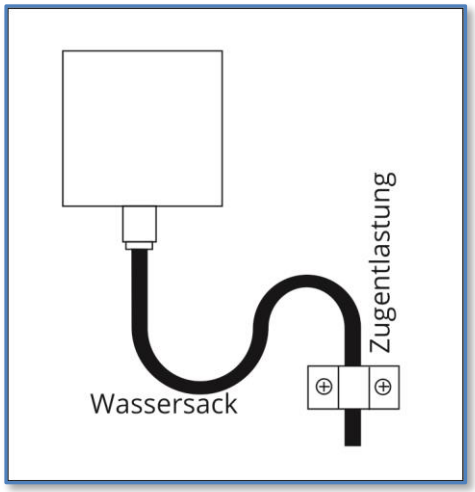
Wireman 552 – 450 Ω

Hühnerleiterspreizer
Selbstbau f. 600 Ω Leitungen

- nahezu verlustfrei, aber schwierig zu verlegen
- TVI/BCI anfällig
- benötigen symmetrischen Antennenkoppler
- teilweise schwierig erhältlich
- Hauseinführung problematisch

# Zugentlastungen

- Abfangung des Antennendrahts mit Schrumpf-schlauch, Seilkausche u. Simplexklemme




- Zugentlastung durch Klemme, UV-festes Klebeband oder Kabelbinder

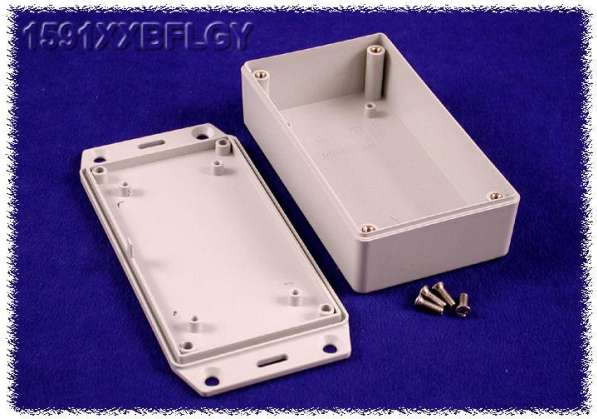
- Bei längeren horizontalen oder schrägen Kabel-führungen Tragseil verwenden und in etwa 1m Abstand mit Kabelbinder befestigen

# Gehäuse

Elektroverteilerdose mit Verschraubungen

Gehäuse IP54 - wasserdicht

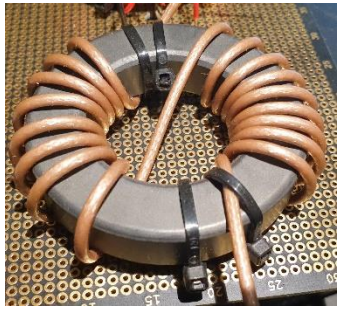
Fa. Hammond Electronic, bei Conrad lieferbar. Gehäuse mit eingelegter Dichtung und „Bottom Flange Lid“, z.B. 113x63x32, €5,14

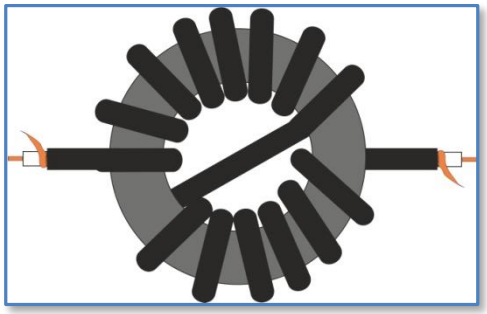


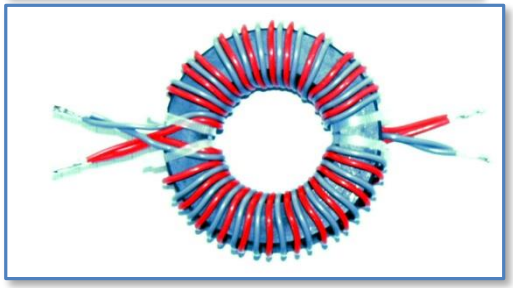
# „Strahlende Speiseleitung“

- Wird eine symmetrische Antenne direkt über Koaxkabel gespeist, so entstehen **Mantelwellen** auf der Speiseleitung
- Lösung: Mantelwellensperre / Strombalun
  - einfachste Art mit Ringkern und Wicklung nach W1JR
    - FT240-43 mit 14 Wdg RG58: ca. 200W
    - Größere Leistungen Teflonkabel (RG316/400)
  - mit Ferritringen über Koaxkabel
    - aufwendiger, größere Dämpfung möglich

  - NT: Preis, Größe, Aufwand







Strombalun 1:1 (Sperrglied) nach DG0SA
(nicht so gut wie W1JR-Mantelstromsperre)

# Anpassungen

- Um verschiedene Wellenwiderstände an das 50 Ω Koaxkabel anzupassen, sind Maßnahmen notwendig
  - Balun („balanced – unbalanced“)
  - Anpassnetzwerk
- OCF-Antennen wie Windom oder FD3/4: 200-300 Ω
  - 4:1 oder 6:1 Balun nötig, je nach Aufhängungshöhe
- Endgespeiste Antennen: etwa 3000 Ohm
  - 49:1 oder 64:1 Unun (unbalanced/unbalanced) + 1:1 Balun in 5m Entf.
- Nicht resonante Langdrahtantennen: ca. 450 Ω
  - 9:1 Balun + Antennentuner – ca. 13,2m - Achtung, keine λ/2-Längen!
- Vertikalantennen:
  - ¼ λ : ca. 50 Ω, kein Balun nötig
  - 3/8 λ : ca. 200 Ω, 4:1 Balun
  - 5/8 λ : Verlängerungsspule auf ¾ Lambda
  - VDA (Vertical Dipol Array): ca. 50 Ω, 1:1 Balun

# Balun

- Welchen Balun? Kaufen? Selber bauen?
  - Problem kaufen: man weiß nie, ob der Balun wirklich gut ist
  - Problem selber bauen: Wie?
- Welche Baluns gibt es:
  - Strombaluns
  - Spannungsbaluns
- Strombaluns haben volle Symmetriewirkung und verhindern Mantelwellenströme
- Spannungsbaluns dienen der Impedanzanpassung von Speiseleitungs- zu Antennenimpedanz, verhindern keine Mantelwellenströme

# Balun im DIY

- Es gibt viele Bauvorschläge, aber nicht immer die richtigen
- Wer mehr über Baluns wissen möchte, soll sich in die Webseite von DG0SA (†) www.dg0sa.de vertiefen; es gibt auch Bauanleitungen für diverse Baluns.
- Strombaluns 1:1 (50Ω:50Ω) auf DARC RK1 – 800W
- Strom- +Spannungsbaluns 2:1 (100Ω:50Ω) auf 2xRK1
- Strom- +Spannungsbaluns 4:1 (200Ω:50Ω) auf 2xRK1
- Strom- +Spannungsbaluns 6:1 (300Ω:50Ω) auf 2xRK1
- Strom- +Spannungsbaluns 9:1 (450Ω:50Ω) auf 2xRK1
- Strombaluns 1:1 undefinierte Impedanz auf 1xRK1
- Strombaluns 1:1 (50Ω:50Ω) auf DARC RK4 – 1kW+

# Ringkern

Grundsätzlich **zwei verschiedene Anwendungen**:

- schmalbandig (Resonanz)
- breitbandig (Transformator)

Bezeichnung Beispiel: FT240-43 (Größe-Material)

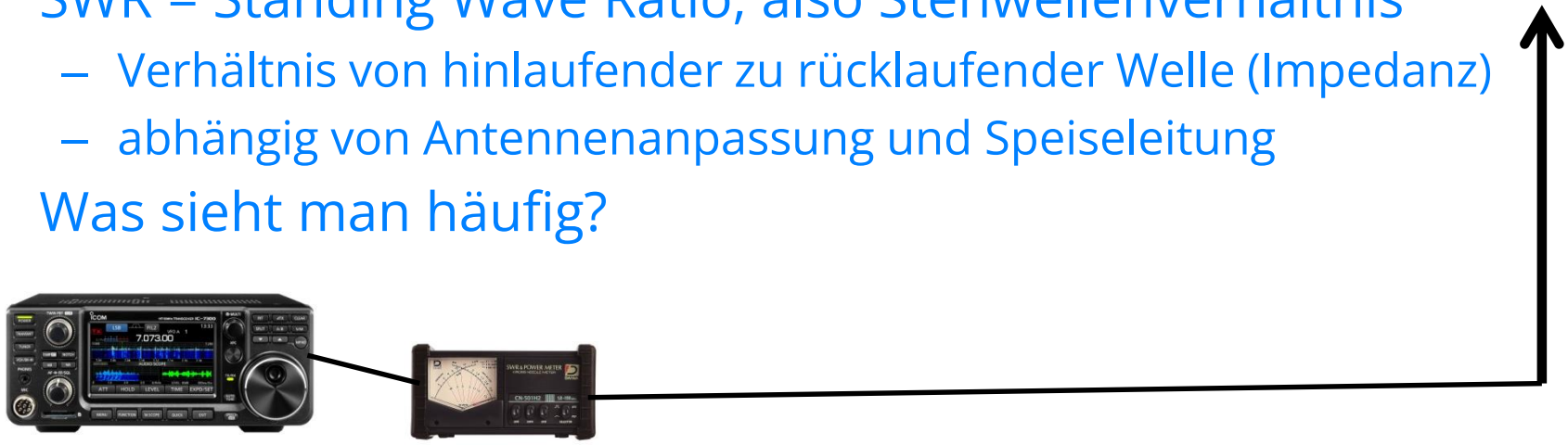
# Verschiedene Ringkerne

- Materialien wie Ferrit, (Eisenpulver für Filter)
- Permeabilität (magnetische Leitfähigkeit), 43, 66
- Größen von 0,23“ (5,8mm) bis 6,5“ (165,1mm)
- Für unsere Baluns verwenden wir zumeist

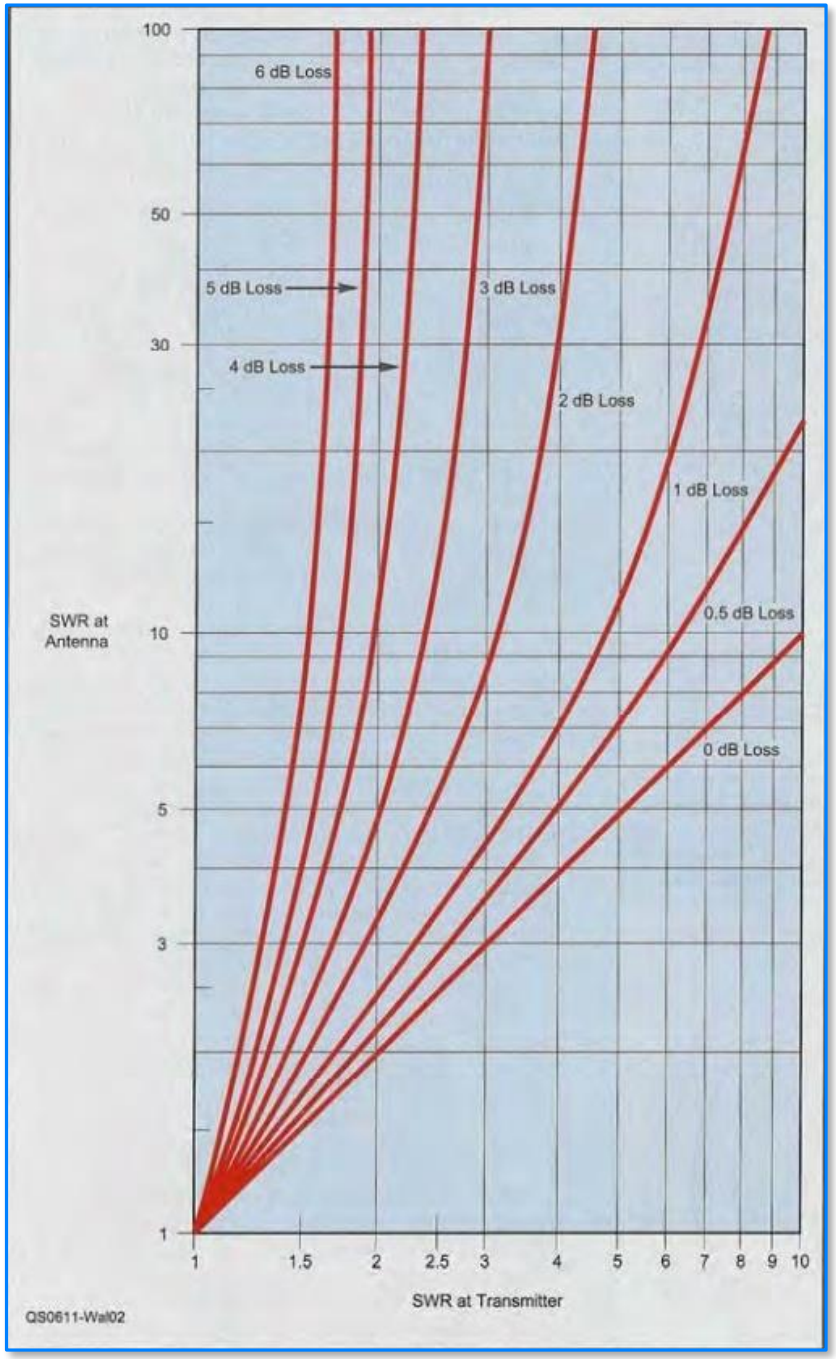
1. Amidon od. Fairrite FT140-43 (35,5mm Außen-Ø), AL=885 (~ € 5)
2. Amidon oder Fairrite FT240-43 (61mm Außen-Ø), AL=1075 (~ € 12)
3. DARC RK1 (61mm Außen-Ø), AL=750 (~ € 4,10)
4. DARC RK3 (40mm Außen-Ø), AL=730 (nicht mehr lieferbar)
5. DARC RK4 (61mm Außen-Ø), AL=1200 (~ € 6,70)

# Leidiges Thema SWR

- Was heißt denn überhaupt SWR?
- SWR = Standing Wave Ratio, also Stehwellenverhältnis
  - Verhältnis von hinlaufender zu rücklaufender Welle (Impedanz)
  - abhängig von Antennenanpassung und Speiseleitung
- Was sieht man häufig?



- Das Stehwellenmessgerät ist gleich nach dem Transceiver
  - das SWR ist aufgrund der doppelten Kabeldämpfung „freundlicher“
- Beispiel: 10m Band, 25m RG58 zur Antenne: 1,8 dB, gemessenes SWR am Transceiver 2:1. Wie groß ist das SWR an der Antenne?
  - Diagramm siehe nächstes Blatt
  - SWR an der Antenne: ca. 3:1


100
50
30
10
5
3
1
6 dB Loss
5 dB Loss
4 dB Loss
3 dB Loss
2 dB Loss
1 dB Loss
0.5 dB Loss
0 dB Loss
SWR at Antenna
1
1.5
2
2.5
3
4
5
6
7
8
9
10
SWR at Transmitter
QS0611-Wal02

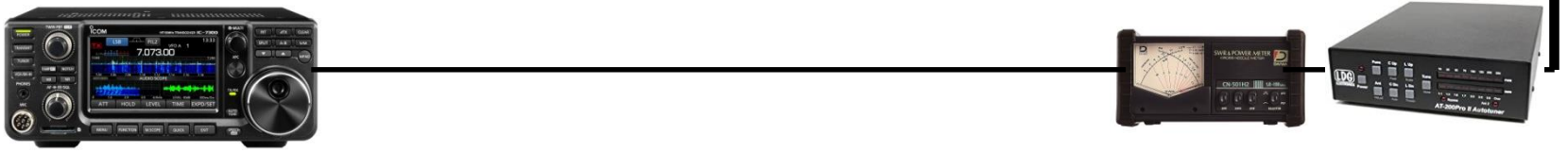
# Eigenschaften einer Antenne

- Fußpunktimpedanz (Speiseimpedanz)
  - frequenzabhängig
- Besteht aus:
  - Realteil [R, in Ω]
  - Imaginärteil [Reaktanz, ±j]
- Messen mit SWR-Analyzer oder VNA
  - neben SWR noch Real+Imaginärteil
  - Nur richtig, wenn am Fußpunkt gemessen!

# Warum ist die Anpassung so wichtig?

- Moderne Transceiver (Transistorendstufen) regeln die Ausgangsleistung bei schlechterem SWR ab (ca. > 2:1)
- Es kommt zu Zusatzverlusten
  - bei unserem Beispiel etwa 1 dB zusätzlich, damit sind wir bei etwa knapp 3 dB ➡ **HALBE SENDELEISTUNG** an Antenne!
  - Wenn der Transceiver auch noch abregelt (z.B. auf 50W), dann gibt's nur mehr 25W an der Antenne, 25W werden verheizt
- Na dann nehmen wir halt einen Antennentuner (ATU)...
  - Der Antennentuner (oder der eingebaute Tuner) kann dem Transceiver reale 50Ω vorgaukeln, indem er die Imaginärteile kompensiert
  - Ausgangsleistung dann zwar 100W, aber an die Antenne kommen trotzdem nur 50W
- Antennentuner gehören an den Fußpunkt der Antenne!
  - Oder ein nur kurzes, verlustarmes Kabel (z.B. bei Fieldday/portabel)

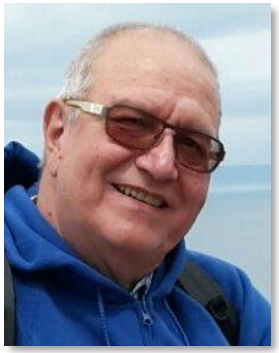
# So ist es richtig!



- Antennentuner am Fußpunkt der Antenne!
  - ATU kompensiert Blindanteile und bringt Realteil auf ca. 50Ω
- SWR auf der Speiseleitung hat dann etwa 1:1
- Wer dann noch ein besseres Kabel verwendet, hat auch mehr Leistung an der Antenne
  - 25m Ecoflex 10 haben 0,4 dB im 10m Band…

# ADL 303+MAFC

## Seminar KW-Drahtantennen 2
## Antennen



OE1EQW, Enrico
OE1WBS, Wolfgang

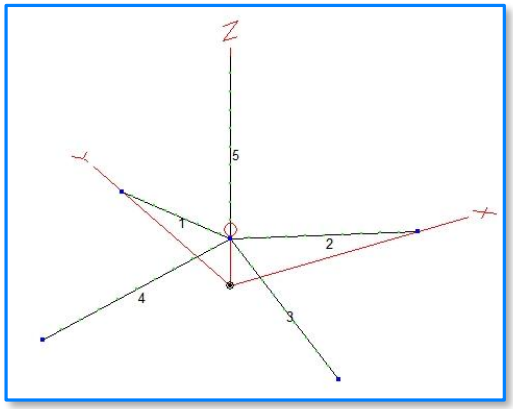
# Endlich...Antennen für Kurzwelle!

1. Vertikalantennen
2. Horizontalantennen
3. Sloper
4. Schleifenantennen
   a. vertikal
   b. horizontal
   c. Sloper
5. Reflektorantennen
6. Magnetloops
7. Sonderformen
   – Flächenantennen
   – Langdrahtantennen
   – Upper and Outer

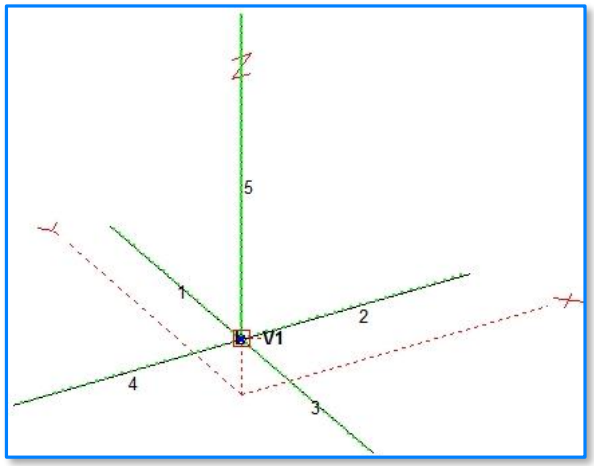
- Array Antennen
- Phased Arrays
- NVIS

# 1. Vertikalantennen

- Klassische Antenne, rundstrahlend, Ein- oder Mehrband
- Verschiedene Strahlerlängen (¼, 3/8, ½, 5/8 λ)
- Benötigen (meist) Gegengewicht (Radiale)
- Flache Abstrahlung (Erhebungswinkel für DX)




λ/4 Groundplane, 20m

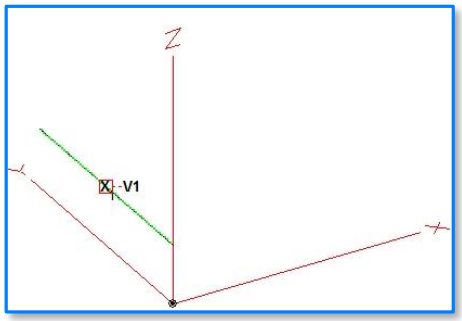



3/8λ Vertikal, 20m

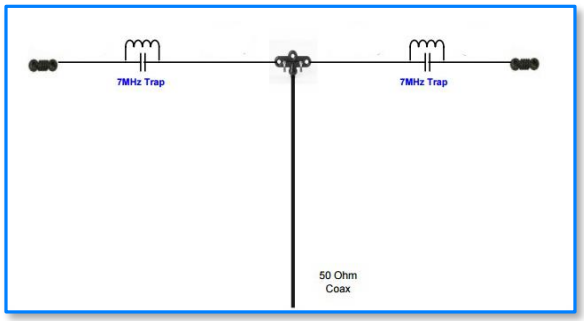
9-Band Vertikal

# 2. Horizontalantennen

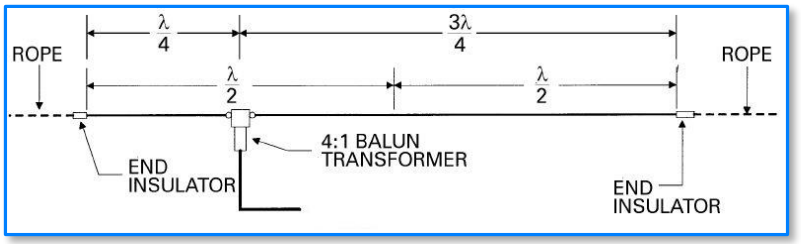
- resonante, diverse Dipolformen, Ein- oder Mehrband
- Steilstrahlung bei geringer Aufbauhöhe
- λ/2 Dipol oder verkürzte Dipole
  - Verschiedene Speisearten
    - Mittengespeist (center fed)
    - Endgespeist (end fed – EFHW **e**nd **f**ed **h**alf **w**ave)
    - asymmetrisch gespeiste Dipole (OCF – **O**ff **C**enter **F**ed)




Einband-Dipol



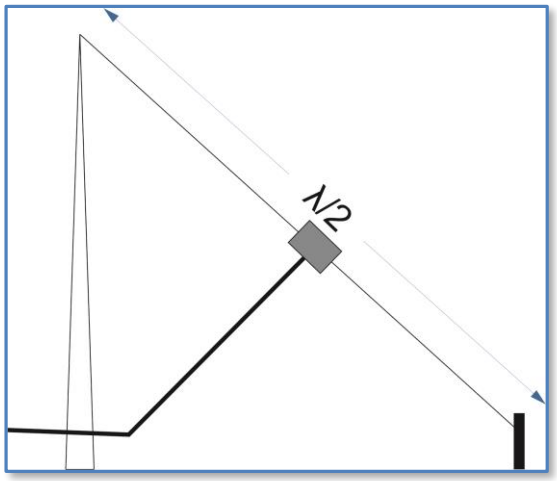

80/40/20/15/10m Dipol W3DZZ



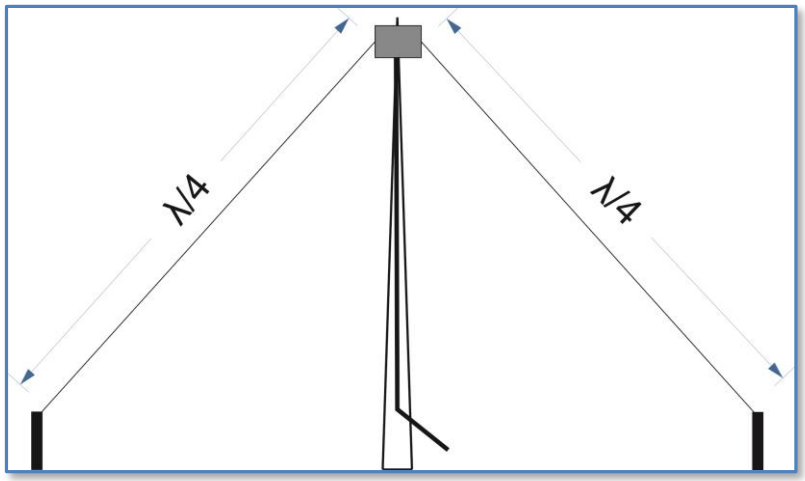

80/40/20/17/15/10m OCF - Antenne

# 3. Sloper

- Die meisten Horizontalantennen können auch in Sloper-Manier aufgehängt werden
- slope = neigen, abschrägen
- Hilfsmast(e) min. 2,5m, da an den Enden HOCHSPANNUNG!
- Beim λ/2 Sloper und bei Inverted Vee unbedingt Isolatoren an den Enden verwenden, Speisekabel in 90° wegführen!
- Balun 1:1 verwenden!



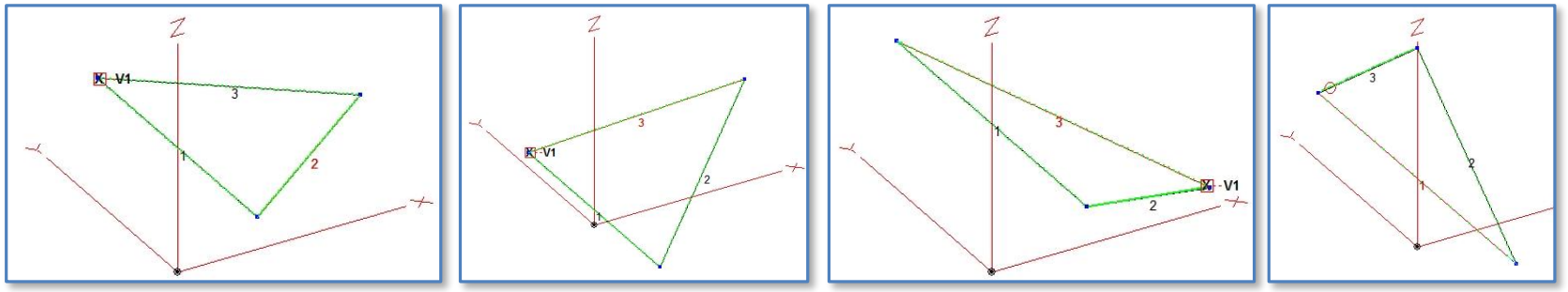

Halbwellen-Dipol-Sloper



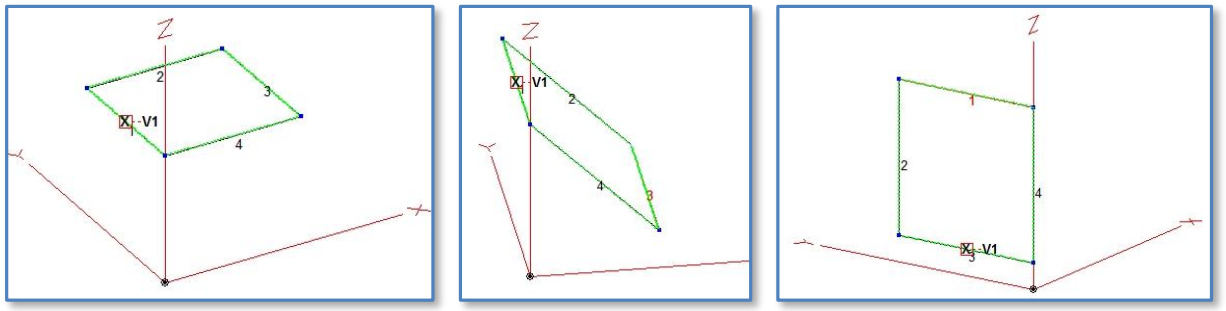

Inverted Vee Dipol

# 4. Schleifenantennen

- Können sowohl horizontal, als Sloper und auch vertikal gebaut sein
- Mono- oder Multiband
- Horizontal- oder vertikal polarisiert (abhängig von Einspeisung)




Deltaloop



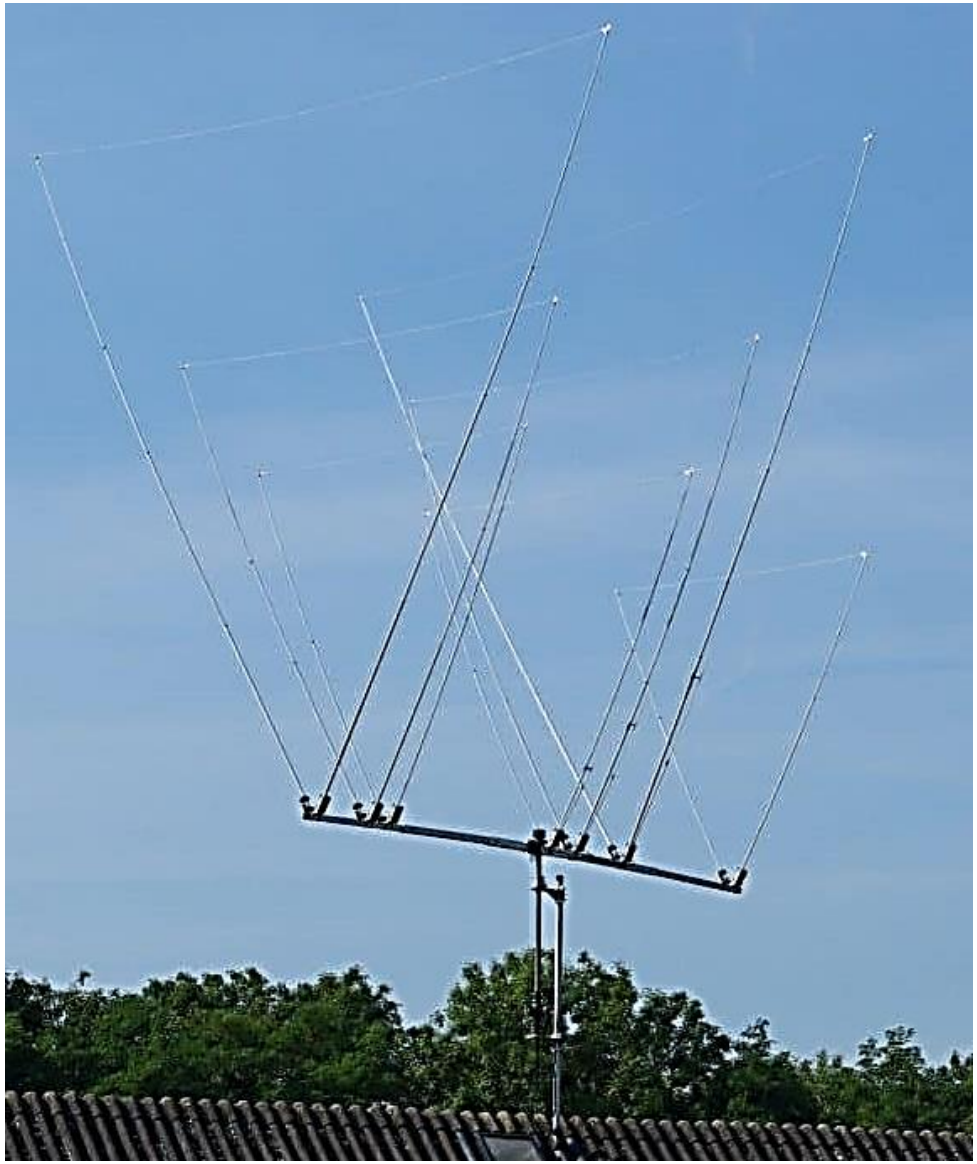

80m Fullwave Quad

liegend Sloper vertikal

# 5. Reflektorantennen

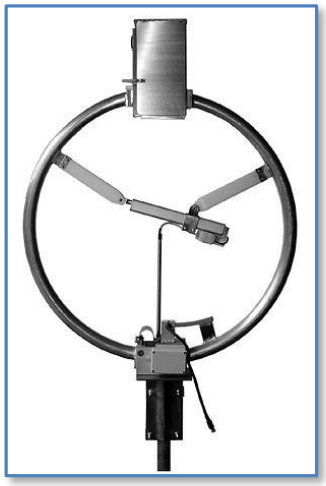
- Yagi-Antennen
- Quadantennen mit passivem oder aktivem Reflektor
- Deltaloopantennen mit passivem oder aktivem Reflektor
- Hexbeam
- VDA (Vertical Dipole Array) (http://www.lagunaria-dx-group.org/projects/4ElementVerticalDipoleArray_EN.pdf)

# Deltaloop



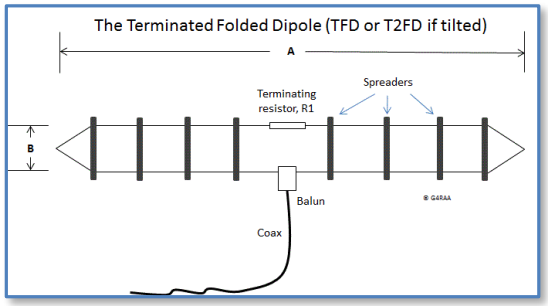
# 6. Magnetloops

- Verwenden die magnetische Komponente des elektromagnetischen Feldes
- Eine oder mehrere Windungen mit großer Spulenfläche und einem Kondensator (Parallel-Schwingkreis)
- Material guter Leiter (Al, Cu)
- Einkopplung mit Schleife oder Gamma-Match
- Schmalbandig, daher nachzustimmen bei Frequenzwechsel
- Früher zum Peilen verwendet (Minimumpeilung)



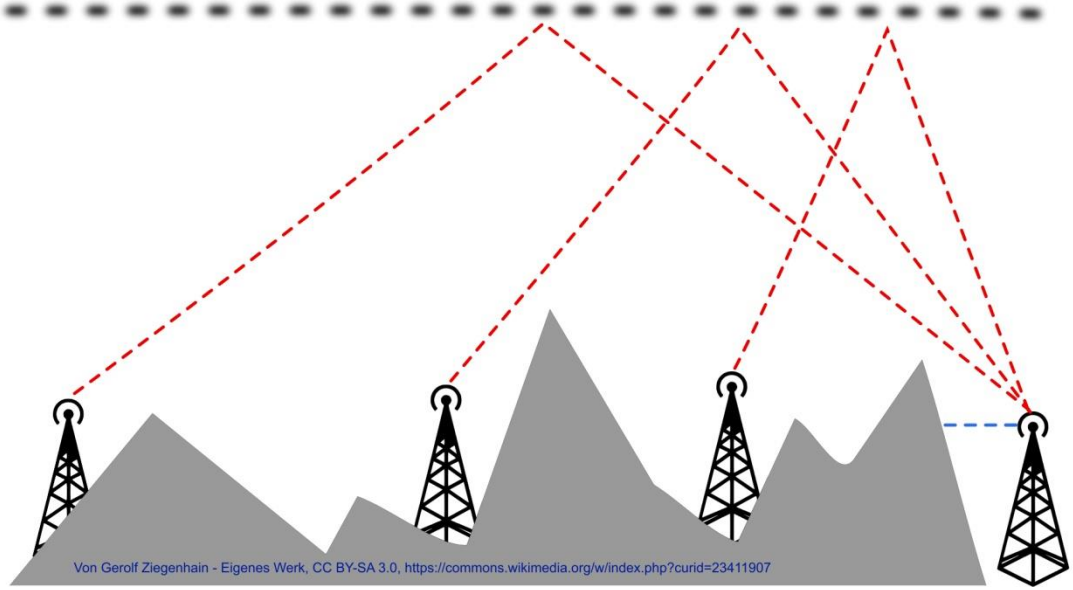
# 7. Sonderformen

- Langdrahtantennen
  - > ½ Wellenlänge
- Beverage
  - Ein bis mehrere Wellenlängen horizontal in geringer Höhe aufgehängt
  - Am fernen Ende mit Widerstand gegen Erde abgeschlossen
  - Hochohmig, mit Übertrager angeschlossen
  - Nicht resonant
- Flächenantennen (z.B. Drehstandantenne Moosbrunn)
  - Hoher Gewinn, sehr gutes V/R-Verhältnis, aufwendig und teuer :-)
- T2FD (aperiodische Antenne)
  - ½ der längsten Wellenlänge
  - Abstand der Drähte 1/100 der Wellenlänge
  - Abstandhalter an den Enden, um Befestigung zu ermöglichen
  - Abschlusswiderstand für 1/3 der Sendeleistung
  - Bei Rundumstrahlung schräge Anordnung (20 – 40° geneigt)



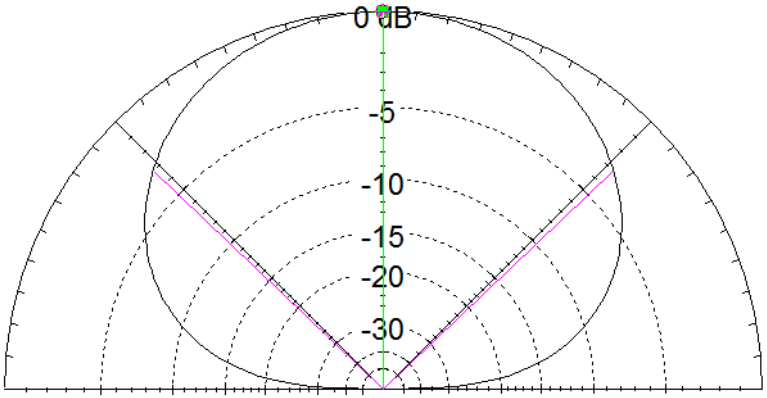
# NVIS-Antennen

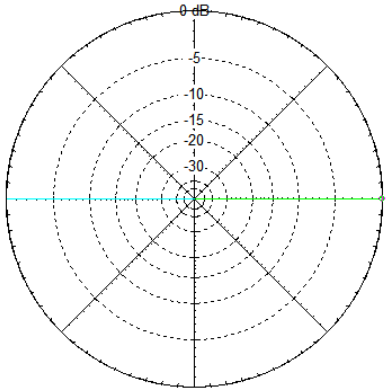
- **N**ear **V**ertical **I**ncidence **S**kywave = nahezu vertikal einfallende Raumwelle
  - Funkwelle strahlt sehr steil in den Himmel (Elevation 80-90°)
  - Frequenz unter MUF (**M**aximum **U**seable **F**requency), über LUF
  - Nahe der kritischen Frequenz
  - Keine „Tote Zone“
  - Geringer Nahschwund-Effekt
- Erreicht durch?

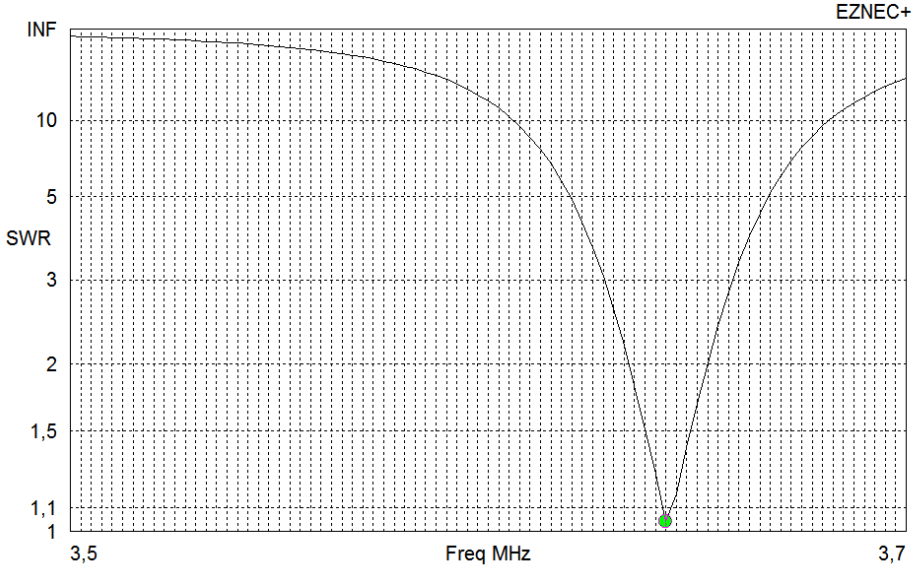


# NVIS Dipol 80m

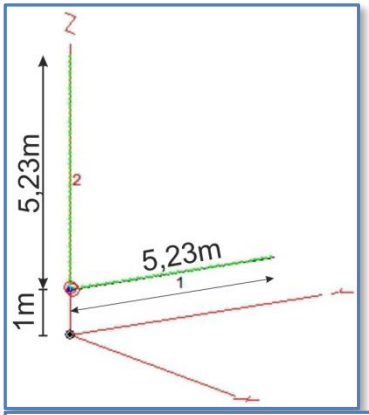
- 2x 19,5m, 4,5m hoch, 1:1 W1JR-Balun, inverted V, Endpunkte etwa 80cm hoch, kein Antennentuner, f=3,643 MHz

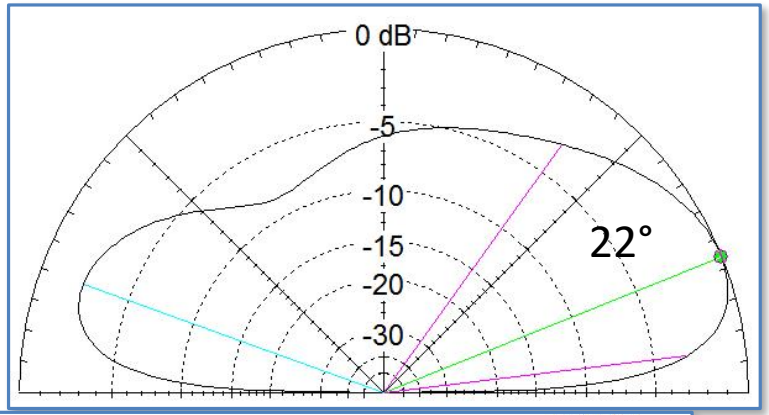


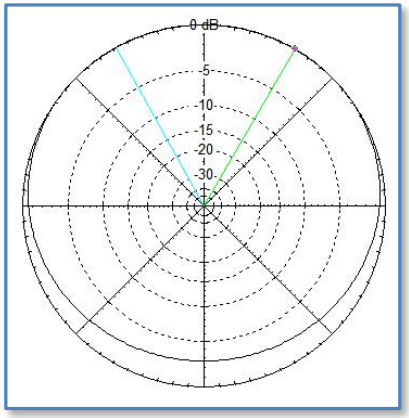



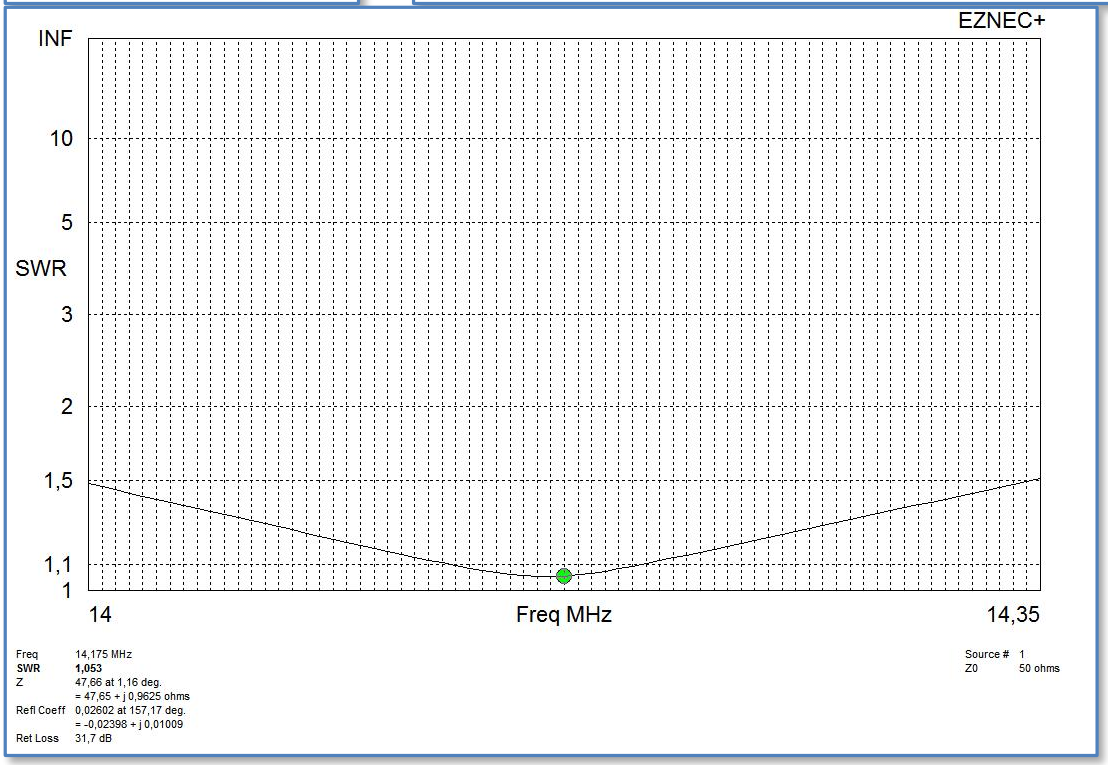



# 20m Upper & Outer (DG0SA)



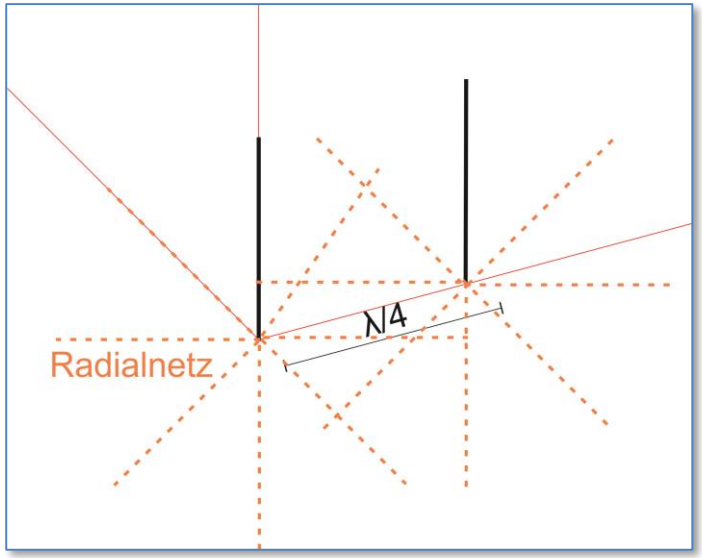



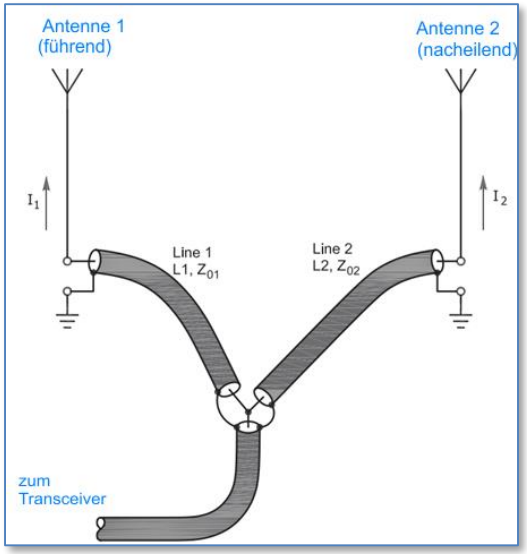

20m Band
Gewinn = 0,56 dBi
Elevation: 22°
Nahezu rundstrahlend
Gesamtes Band SWR < 1:1,5
Mantelwellensperre nötig
DX-tauglich!

# Arrayantenne

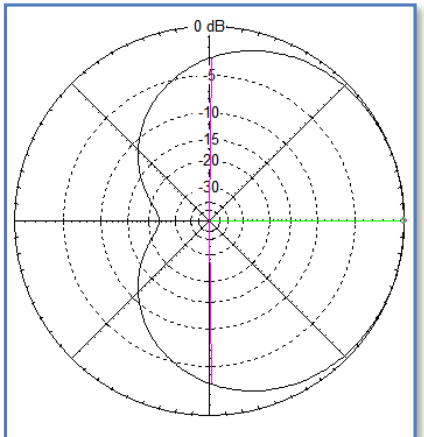
- ist ein Satz von mehreren verbundenen Antennen, die als eine einzige Antenne zusammenarbeiten, um Funkwellen zu senden oder zu empfangen
- Sie werden zumeist aus mehreren λ/4 oder λ/2 Monopolen (Rundstrahlern) zusammengesetzt
- Die Summe der Funkwellen bei einem entfernten Punkt ist größer als bei einem einzigen Monopol n-facher Sendeleistung
- Diese Monopole (Rundstrahler) werden mit unterschiedlichen Phasen gespeist, wobei sich durch Interferenz bei Addition (gleiche Phasenlage) und bei Subtraktion (bei entgegengesetzter Phasenlage ) der Wellen Vorzugs-richtungen und Nullstellen ergeben
- Solche Kombinationen werden **Phased Arrays** genannt
- Bestehen zumindest aus 2 Monopolen
- Bekannt ist die 4 Square-Antenne aus 4 Monopolen

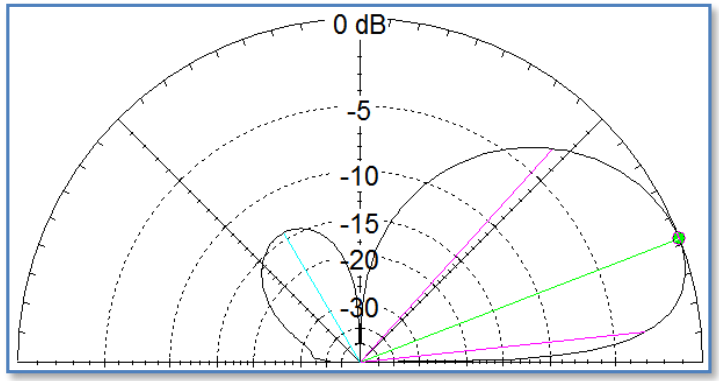
# 2 Element Phased Array



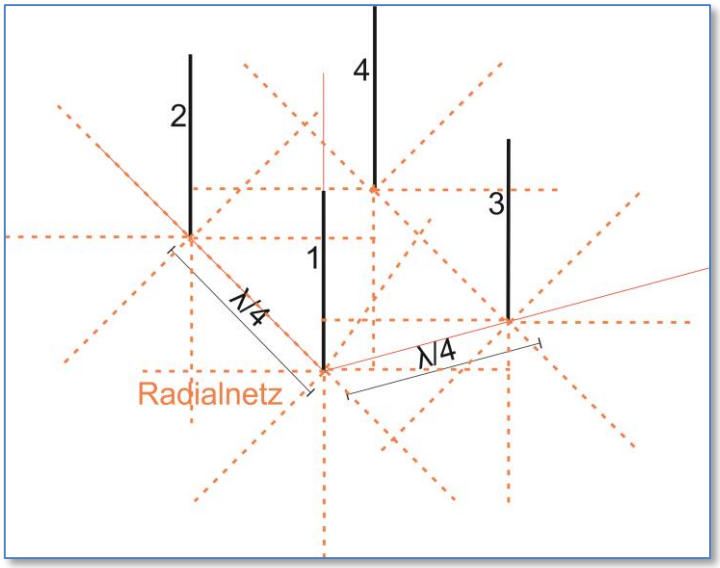

- 2x λ/4 Antennen im Abstand von λ/4
- Speisung über Transmissionlines
  - 1. Antenne gespeist mit 0° Phasenlage
  - 2. Antenne gespeist mit 180° Phasenlage



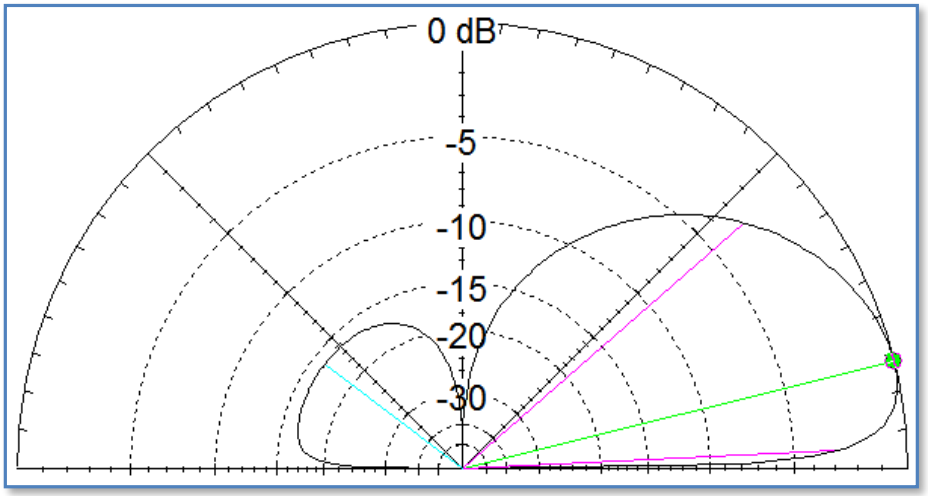



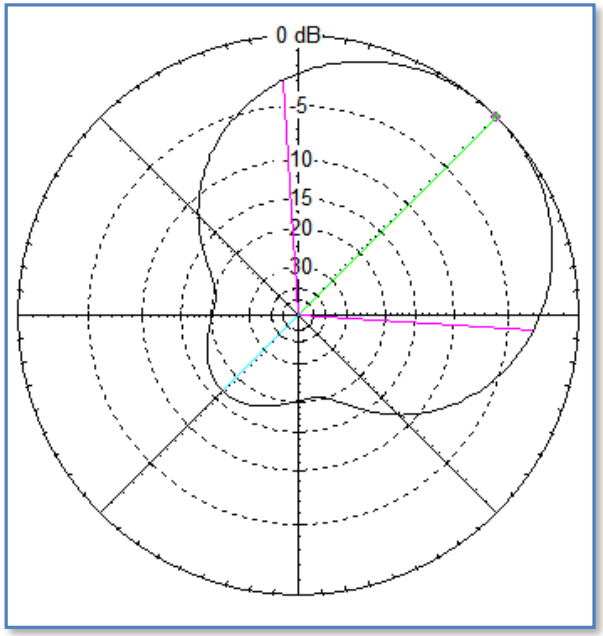

Elevation 21°
Gewinn 3,09 dB
Horiz. Öffnungswinkel 178°

# 4 Element Phased Array = „4square“



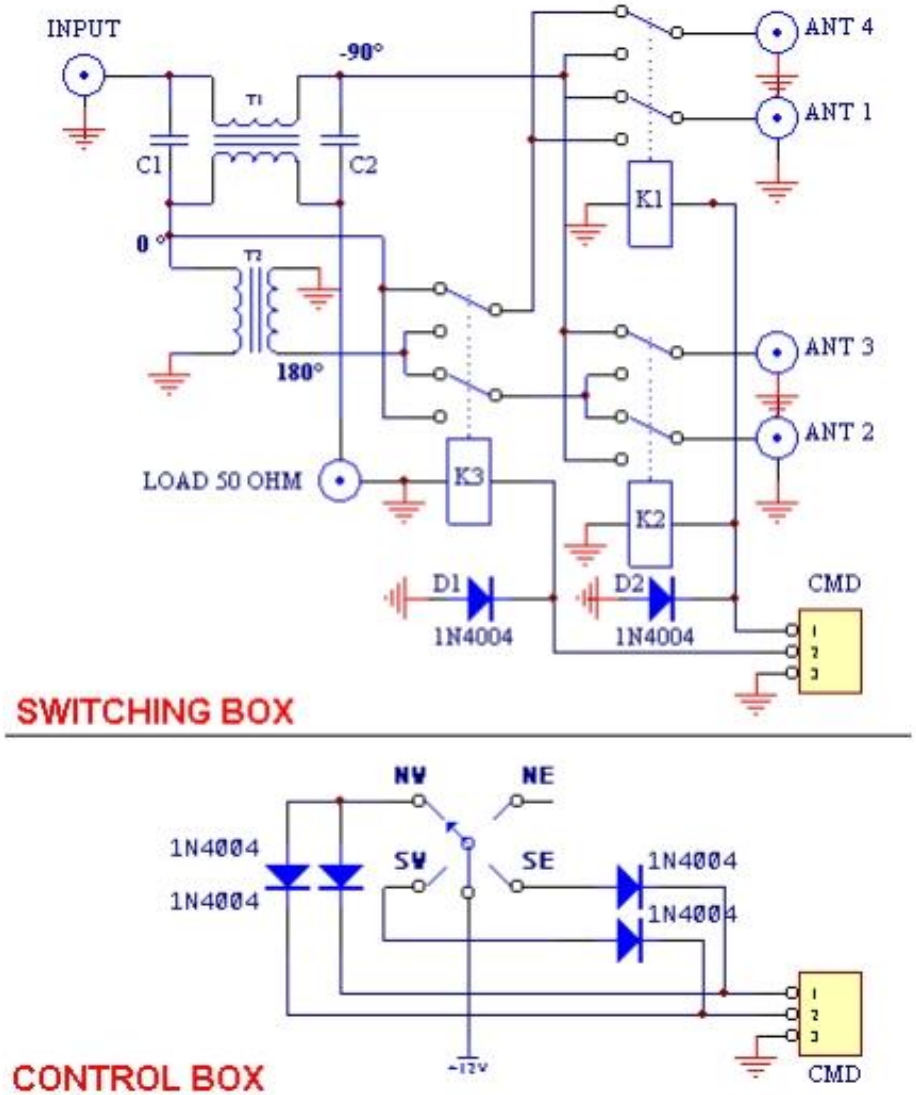

- 4x λ/4 Antennen im Abstand von λ/4
- Speisung über Transmissionlines od. Hybrid Coupler
  - 1. Antenne gespeist mit 0° Phasenlage
  - 2.+3. Antenne gespeist mit -90° Phasenlage
  - 4. Antenne gespeist mit -180° Phasenlage



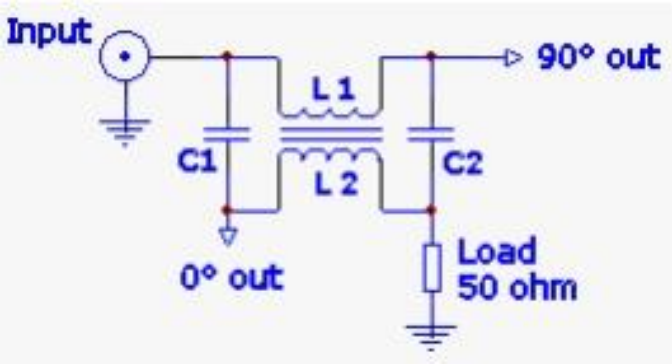




Elevation 14°
Gewinn 9,12 dB
Horiz. Öffnungswinkel 98°
Phasenleitungen Z=75 Ω, λ/4 elektrisch

# 4 Element Phased Array – Hybrid Coupler



# Hybrid Coupler T1 = T2




$$X_C = \frac{1}{2\pi FC} \qquad X_L = 2\pi F L$$

$$\Rightarrow C = \frac{10^6}{2\pi F X_C} \qquad \Rightarrow L = \frac{X_L}{2\pi F}$$

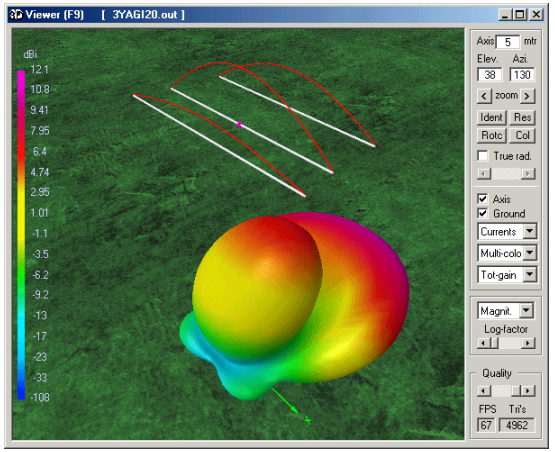
| Frequenz | C [pF] | L [µH] | Wdg. |
|---|---|---|---|
| 1,850 | 860* | 4,3 | 21/1,25mm |
| 3,650 | 436° | 2,18 | 15/1,25mm |
| 7,100 | 224^ | 1,12 | 11/1,25mm |
| | | | |

- Xc=100 Ω, XL=50 Ω, L in µH, C in pF, F in MHz, C1=C2 und L1=L2
- Ringkerne T225-6 (reichelt.at Art.Nr. T225-6, € 17)
- * 560pF+300pF
- ° 330+100+5,6pF
- ^ 220+3,3pF

C1, C2: Keramikkondensatoren 1kV (RS components)
Kupferlackdraht CuLL 1,25mm für Kernbewicklung.
Phasenleitungen Z=75 Ω, λ/4 elektrisch (λ/4 x Verkürzungsfaktor)
Dies entspricht der Dimensionierung bis 1500 W Ausgangsleistung!
https://www.egloff.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=4&Itemid=136&lang=en
https://rrdxa.org/wp-content/uploads/2017/12/4-Square-Antennen-in-Theorie-und-Praxis_03_04_15.pdf

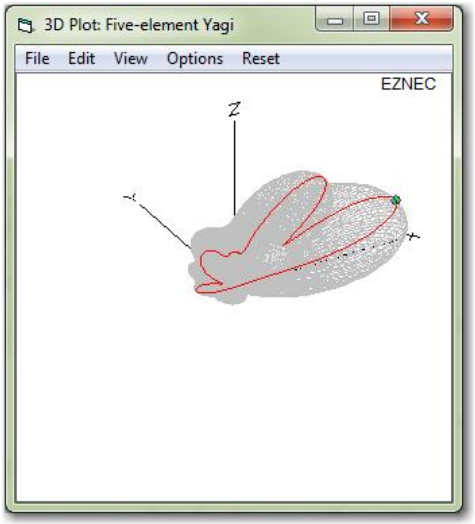
# Antennenberechnung

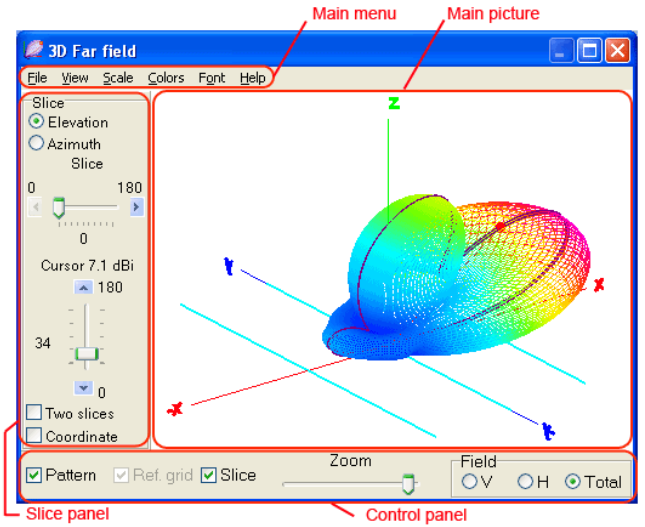
- Durch verschiedene Software
  - 4NEC2 (https://www.qsl.net/4nec2/)
  -




MMANAGAL (http://gal-ana.de/basicmm/download/download.php?mm=2)

- EZNEC+ (www.eznec.com) – unbeschränkte Gratisversion erhältlich!



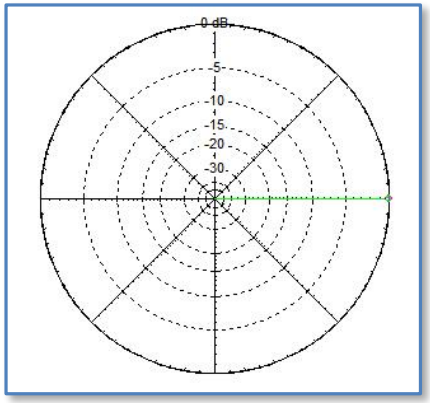
# Bodenbeschaffenheit

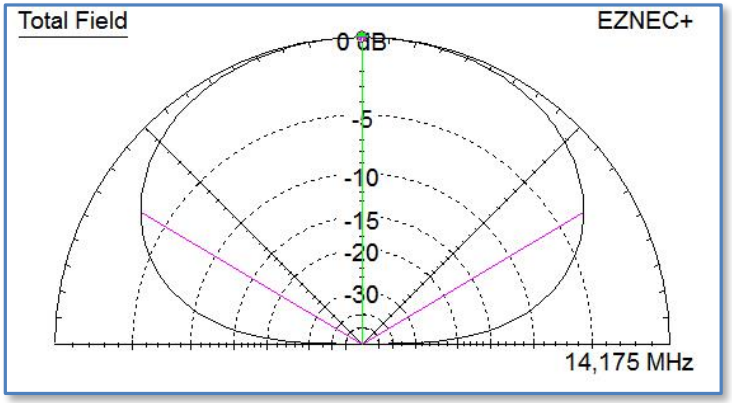
- Antennen sind abhängig von Bodenbeschaffenheit
  - Leitfähigkeit
  - Dielektrizitätskonstante

| Bodentyp | Leitfähigkeit [S/m] | Dielektrizitätskonst. µ |
|---|---|---|
| Stadt | 0,001 | 5 |
| Trockener Boden, Berge | 0,002 | 10 |
| Mittlerer Boden | 0,005 | 15 |
| Feuchter Boden | 0,0303 | 25 |
| Süßwasser | 0,05 | 81 |
| Meerwasser | 5 | 81 |

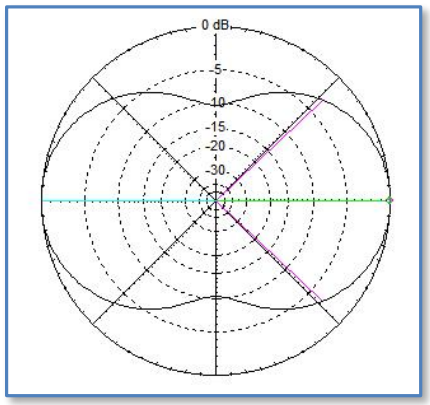
# Antennencharakteristiken

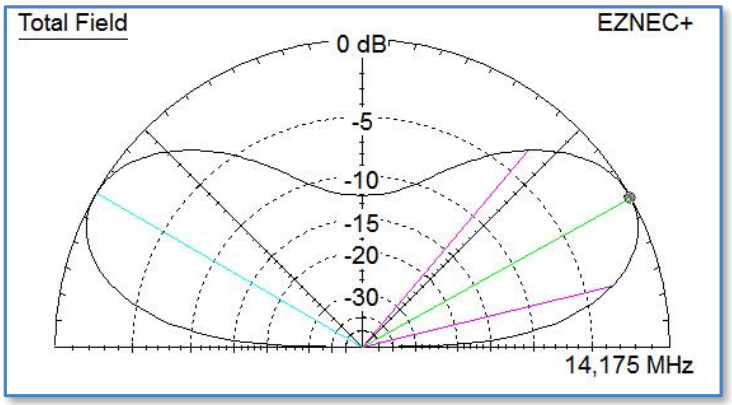
1. Dipol (auch Bazooka-Antenne)




20m Dipol, λ/5 hoch (4m), Z=60,39 Ω, 10,05m lang

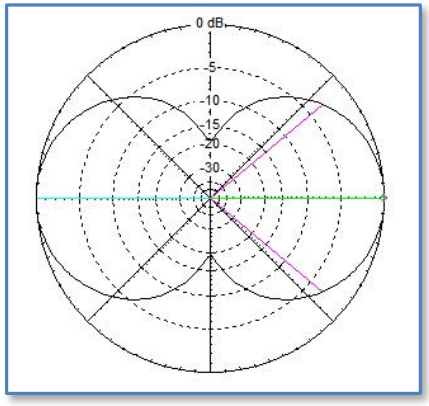


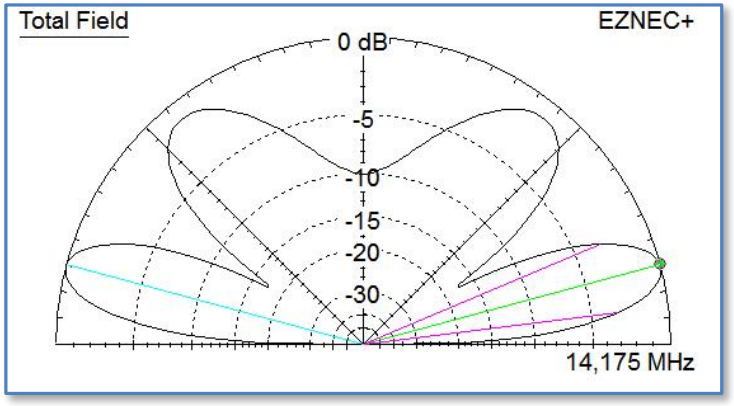




20m Dipol, λ/2 hoch (10m), Z=77,19 Ω, 10,405m lang

# Antennencharakteristiken

- Dipol




20m Dipol, λ hoch (20m), Z=79,69 Ω, 10,34m lang

# 20m Dipol, λ/2 hoch, über versch. Böden

| Boden | Länge | Gewinn | SWR | Elevation |
|---|---|---|---|---|
| Stadt | 10,4m | 6,51dBi | 1,44:1 | 26° |
| Trockener Boden | 10,4m | 7,03dBi | 1,44:1 | 28° |
| Feuchter Boden | 10,4m | 7,84dBi | 1,44:1 | 29° |
| Süßwasser | 10,4m | 7,78dBi | 1,48:1 | 29° |
| Meerwasser | 10,4m | 8,24dBi | 1,44:1 | 30° |

- Je schlechter der Boden, umso weniger Gewinn
- je besser der Boden, umso höher der Abstrahlwinkel (geringe Unterschiede)

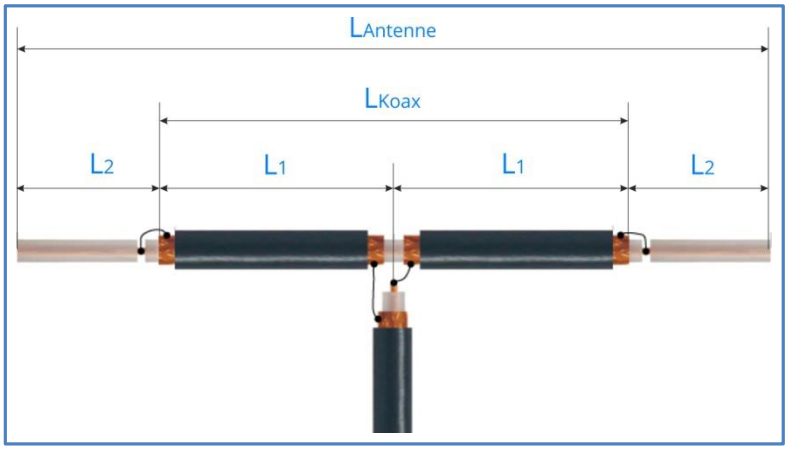
# Einfluss des Draht-Ø

- bei Draht-Ø 1,5mm: $f_{res}$=14,175 MHz
- bei Draht-Ø 2,0mm: $f_{res}$=14,155 MHz
- bei Draht-Ø 2,5mm: $f_{res}$=14,150 MHz
- bei Draht-Ø 3,0mm: $f_{res}$=14,145 MHz
- bei Draht-Ø 4,0mm: $f_{res}$=14,130 MHz

- Mit steigendem Draht-Ø steigt die Bandbreite, fällt die Resonanzfrequenz, steigt das Gewicht
- Siehe Antennendrähte!
- Einfluss der Isolation (PVC, PE, PTFE)

# Bazooka-Antenne

- Breitbandiger als ein Dipol
- Berechnung http://dl6ka.de/bazooka_berechnung.htm




**Ergebnisse in [m] für Verkürzungsfaktor 0,66 (RG58, RG213)**

$L_{Antenne}$ = 142,5/f[MHz]

$L_{Koax}$= 99/f[MHz]

$L_1$= $L_{Koax}$ /2

$L_2$= ($L_{Antenne}$ – $L_{koax}$)/2

**Beispiel 20m (14,175 MHz) RG58**

$L_{Antenne}$ = 142,5/f[MHz]= 10,05m

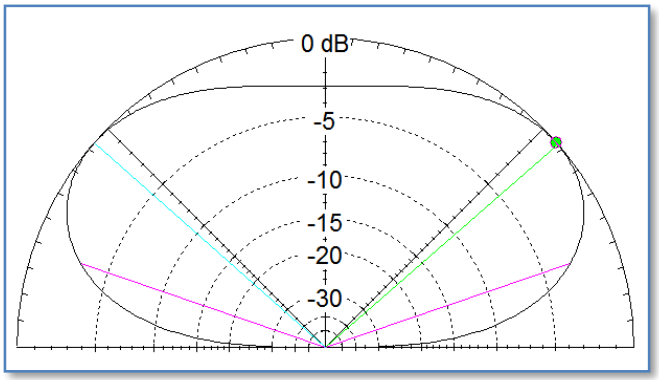
$L_{Koax}$= 99/f[MHz]=6,98m

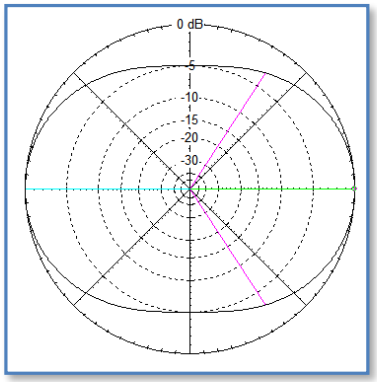
$L_1$= $L_{Koax}$ /2=3,49m

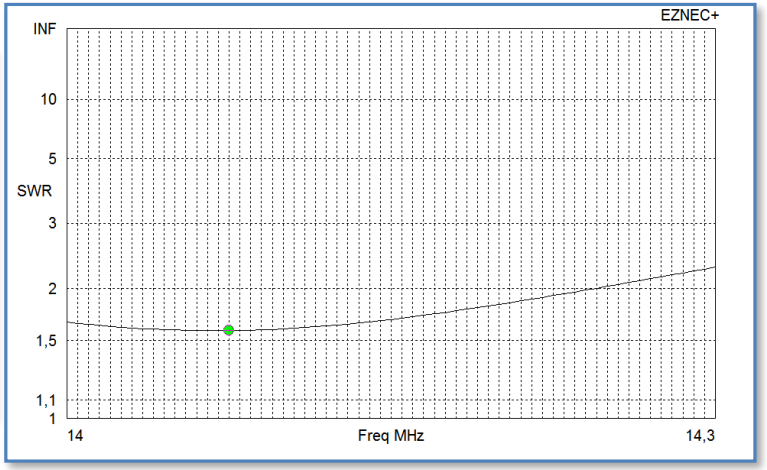
$L_2$= ($L_{Antenne}$ – $L_{koax}$)/2 = 1,535m

# Bazooka-Antenne (20m)

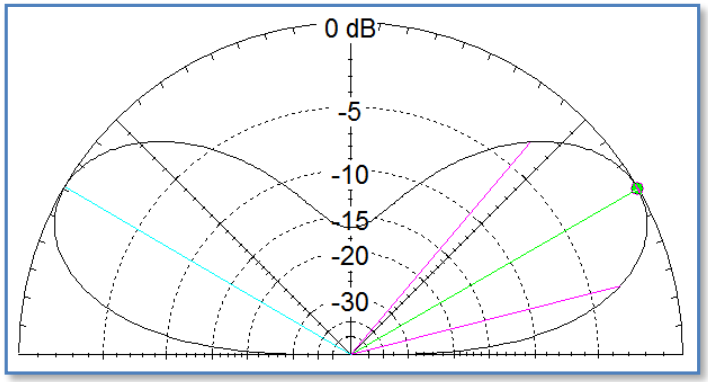
## 7,5m Höhe

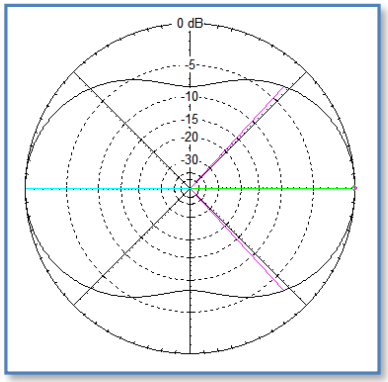


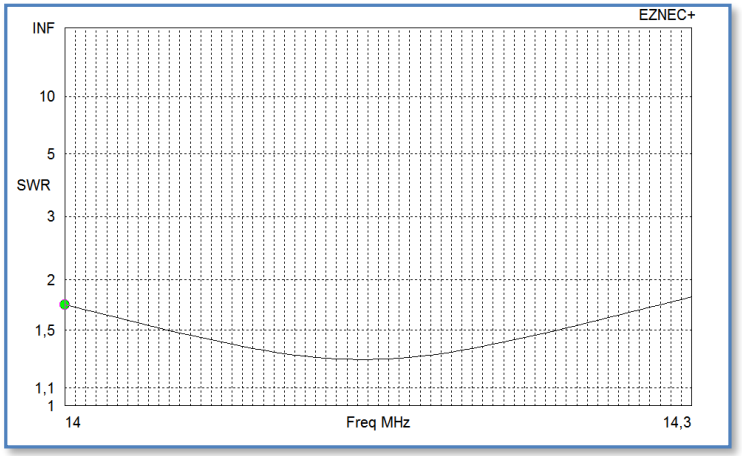




## 10m Höhe

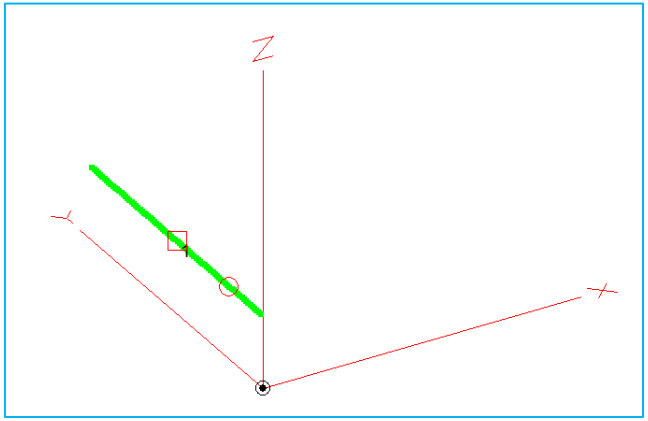


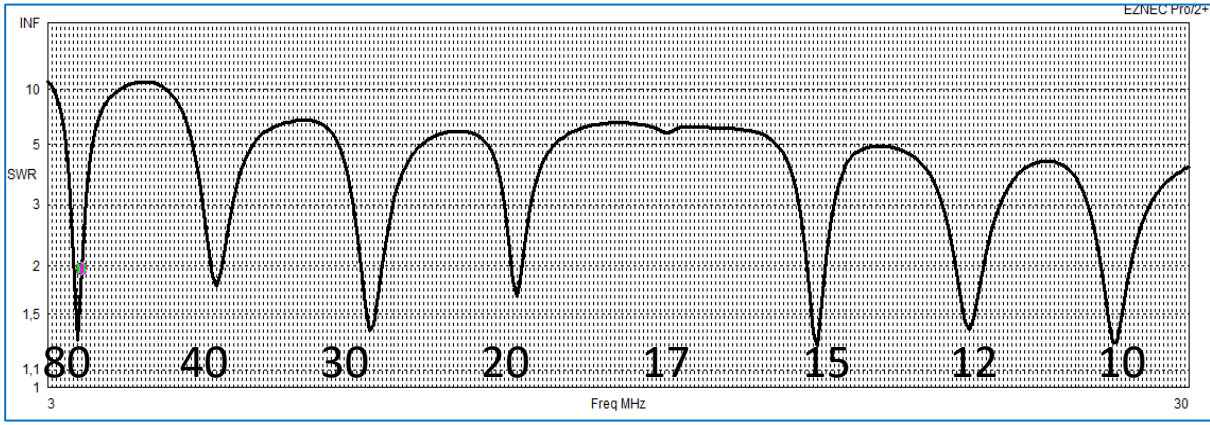



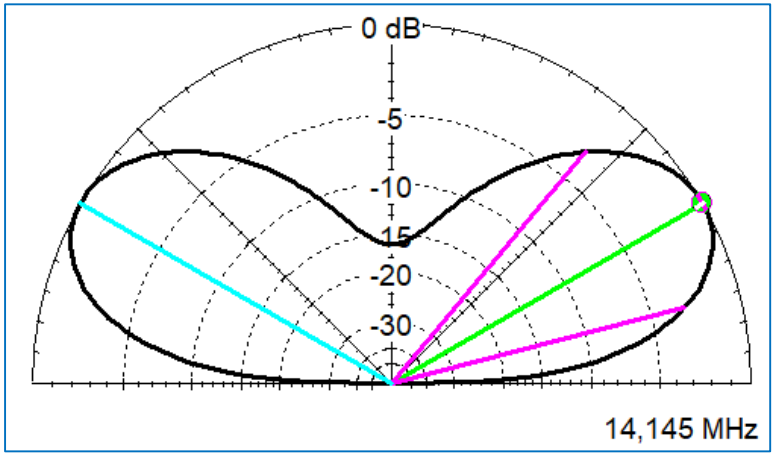



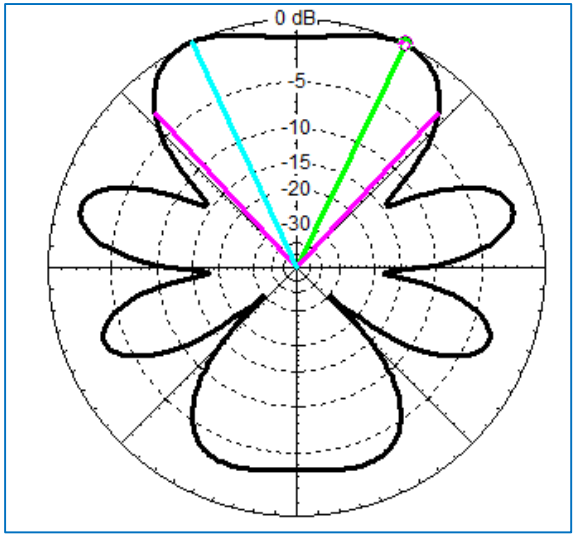
# OCF-Antenne (λ/2) – 29%:71%

- Für 80/40/(30)/20/17/15/12/10/6m Band (17/30 mit Tuner)

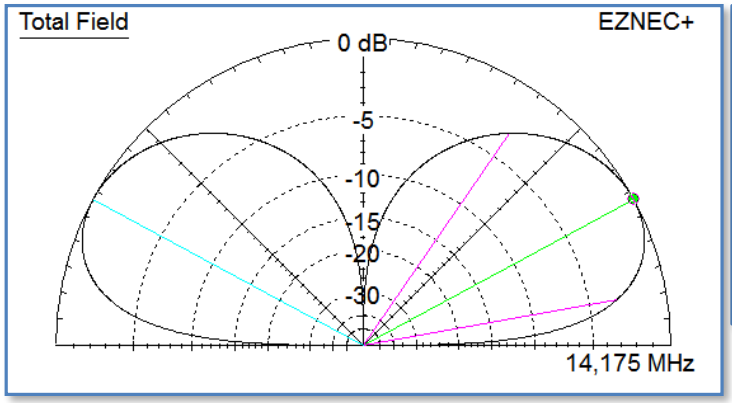


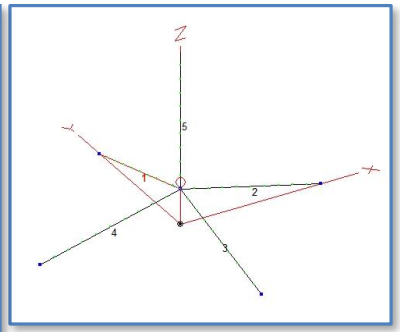



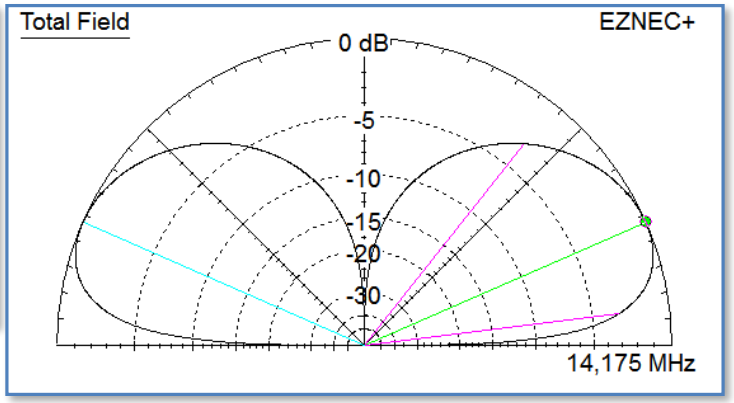



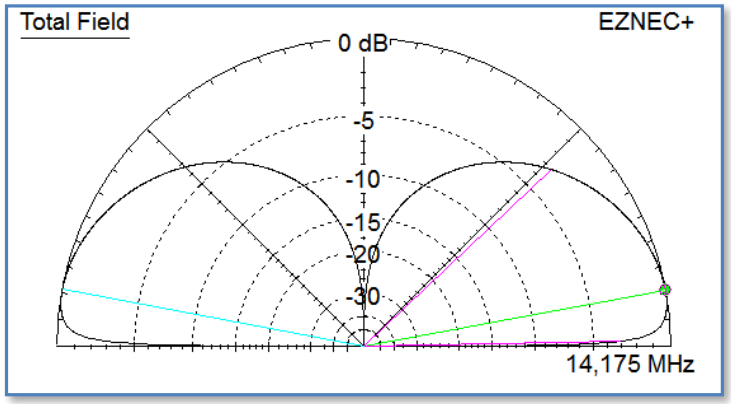
# Vertikalantenne λ/4 (Bodenleitfähigkeit)



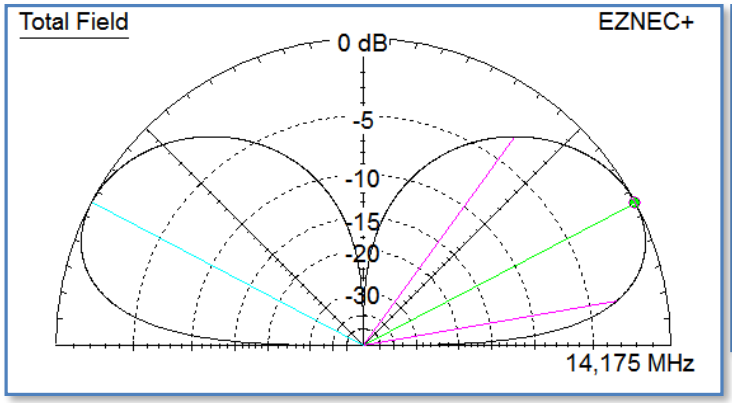

**Trockener Boden:**
Strahler: 3,92m Yf 1,5
Radiale: 4x4,12m Yf 1,5
Fußpunkt: 1m hoch
Z=49,12 Ω, SWR 1,02:1
Gewinn -2,73dB
Elevation 28,5°

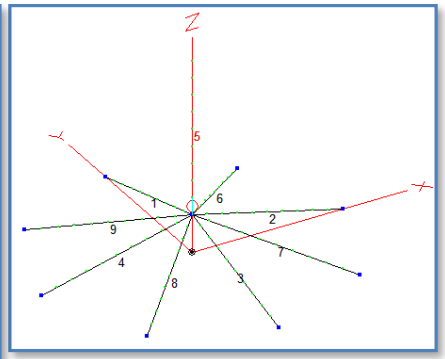


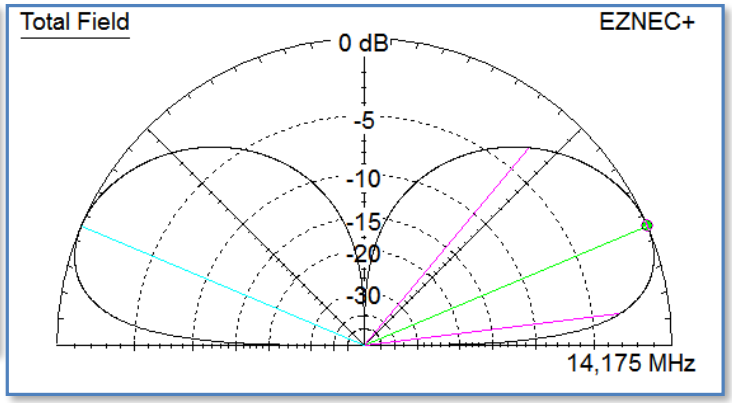

**Feuchter Boden:**
Strahler: 3,93m Yf 1,5
Radiale: 4x4,12m Yf 1,5
Fußpunkt: 1m hoch
Z=49,13 Ω, SWR 1,02:1
Gewinn -1,2 dB
Elevation 23,6°

**Meerwasser:**
Strahler: 3,93m Yf 1,5
Radiale: 4x4,12m Yf 1,5
Fußpunkt: 1m hoch
Z=49,12 Ω, SWR 1,02:1
Gewinn 0 dB
Elevation 10,6°

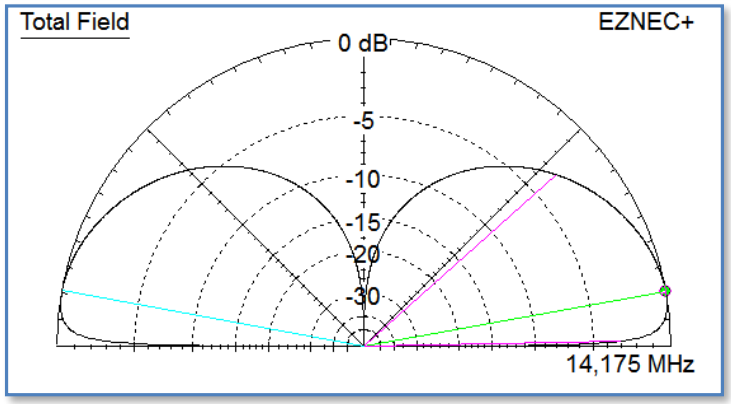
# Vertikalantenne λ/4 (Radials)




**Trockener Boden:**
Strahler: 4,55m Yf 1,5
Radiale: 8x4,12m Yf 1,5
Fußpunkt: 1m hoch
Z=54,35 Ω, SWR 1,087:1
Gewinn -2,57dB
Elevation 27,7°

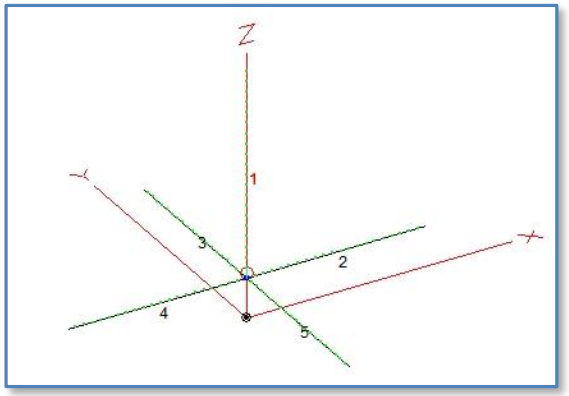


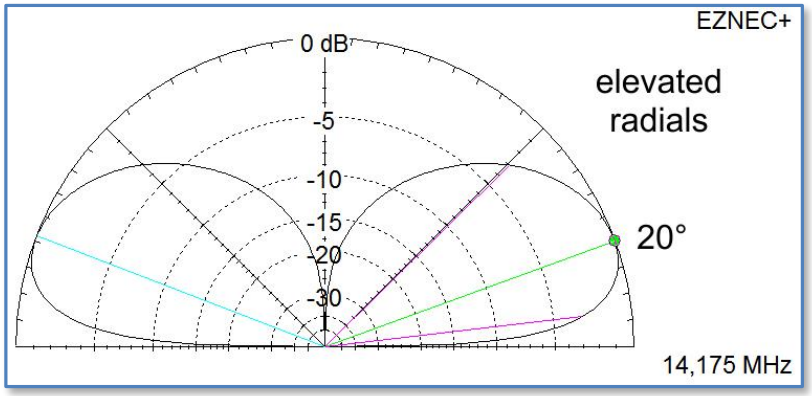

**Feuchter Boden:**
Strahler: 4,55m Yf 1,5
Radiale: 8x4,12m Yf 1,5
Fußpunkt: 1m hoch
Z=54,35 Ω, SWR 1,087:1
Gewinn -1,05 dB
Elevation 23°

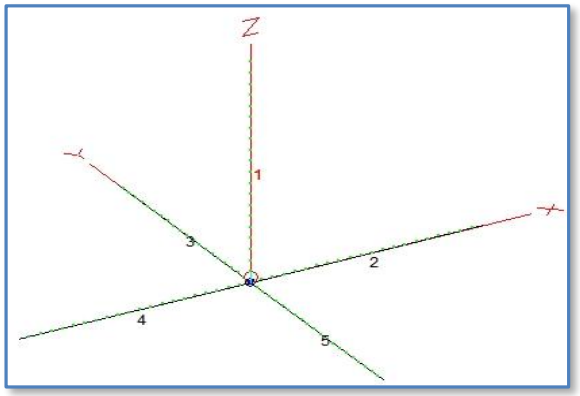
**Meerwasser:**
Strahler: 4,55m Yf 1,5
Radiale: 4,12m Yf 1,5
Fußpunkt: 1m hoch
Z=54,35 Ω, SWR 1,087:1
Gewinn 2,39 dB
Elevation 10,3°

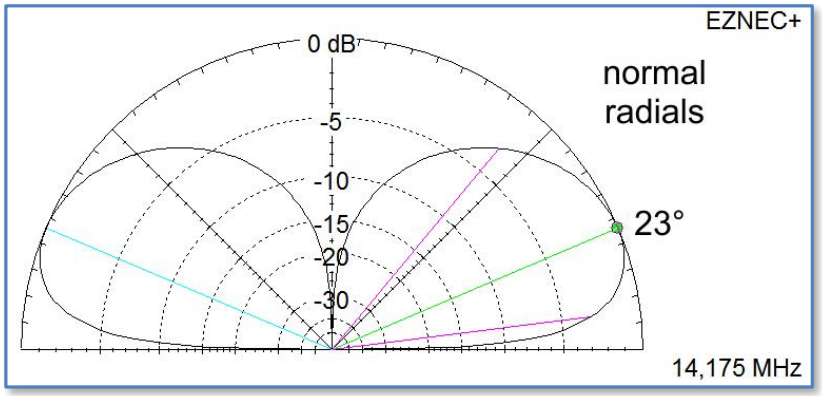
# Vertikalantenne λ/4 (elevated radials)

- Durch angehobene Radiale flachere Abstrahlung
  - Bessere Wirkung als Erdnetz

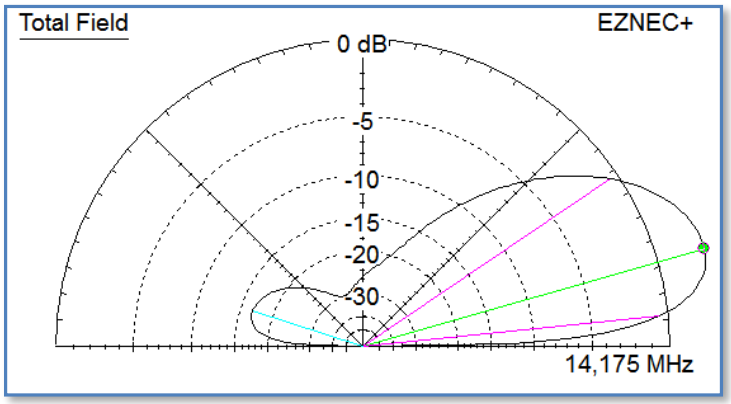


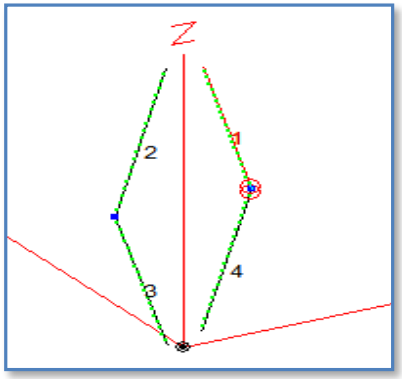



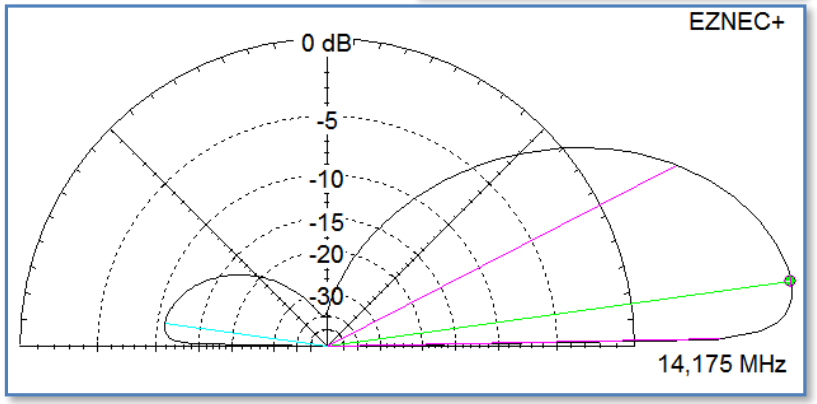



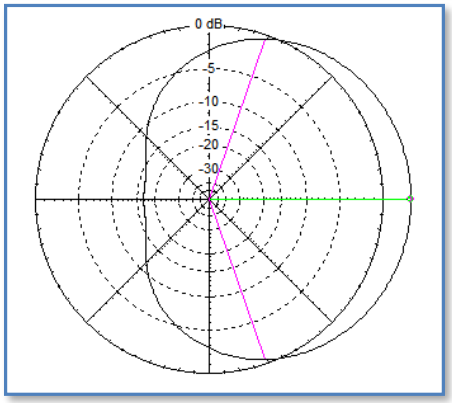



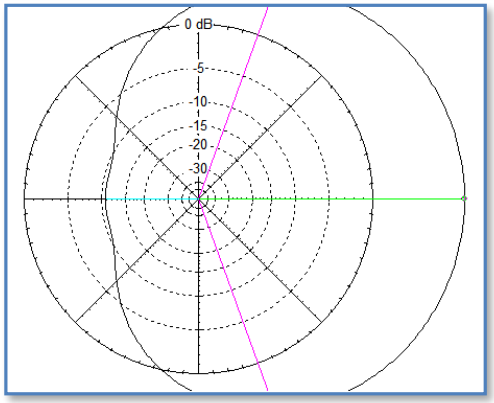
# Vertical Dipole Array (VDA)




**Feuchter Boden:**
Strahler: 9,69m 1,1mm
Direktor: 10,2m 1,1mm
Fußpunkt: 40cm hoch
Z=51,57 Ω, SWR 1,04:1
Gewinn 2,84dB
Elevation 16°

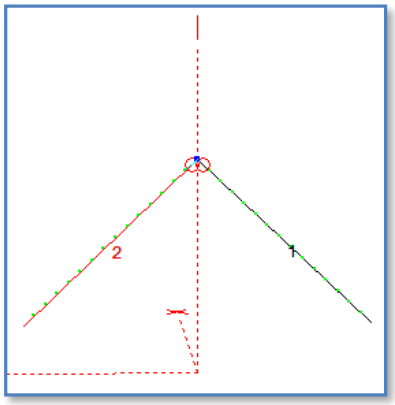
**Meerwasser:**
Strahler: 9,69m 1,1mm
Direktor: 10,2m 1,1mm
Fußpunkt: 40cm hoch
Z=50,54 Ω, SWR 1,01:1
Gewinn 7,37dB
Elevation 7,3°
Öffnungswinkel 135°

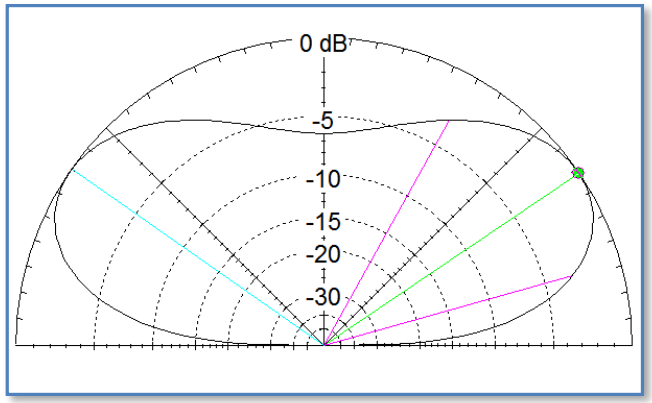
http://www.lagunaria-dx-group.org/projects/4ElementVerticalDipoleArray_EN.pdf

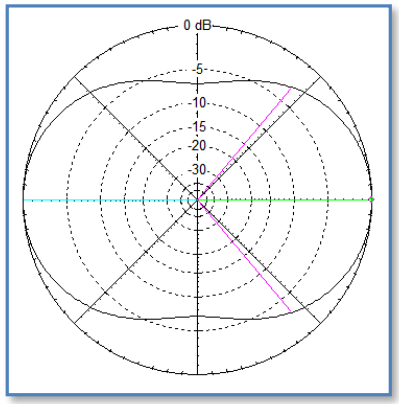
# Vertikalantennen

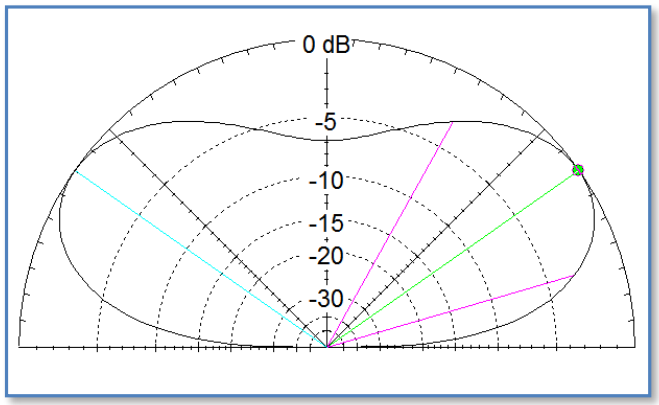
- Elevationswinkel stark abhängig von den Bodenverhältnissen (Leitfähigkeit)
- Resonanzfrequenz ändert sich kaum
- SWR ändert sich kaum
- niederfrequente Bänder (160-40m) erfordern hohe Maste (VDA für 40m – 20m Mast erforderlich)
- Konstruktionen, die Radiale benötigen: mehrere Radiale (Radialnetz) verbessern Elevationswinkel
- Elevated Radials (über dem Boden)

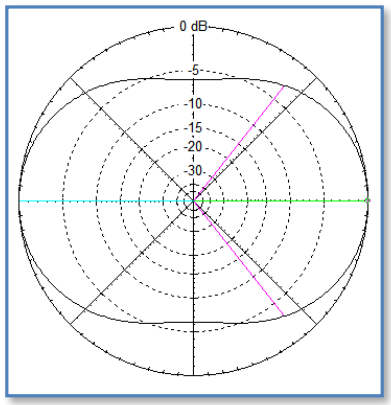
# Inverted Vee




**Mittlerer Boden:**
Dipol: 10,48m 3mm²
Höchster Punkt: 10m
Winkel: etwa 2x 45°
Z=50,16 Ω, SWR 1,004:1
Gewinn 0dB
Elevation 34°

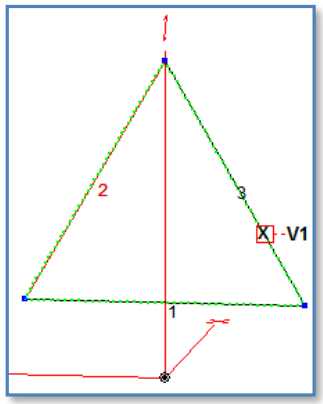
**Feuchter Boden:**
Dipol: 10,56m 3mm²
Höchster Punkt: 10m
Winkel: etwa 2x 45°
Z=51,73 Ω, SWR 1,035:1
Gewinn 2dB
Elevation 35°

# Inverted Vee (Sloper)

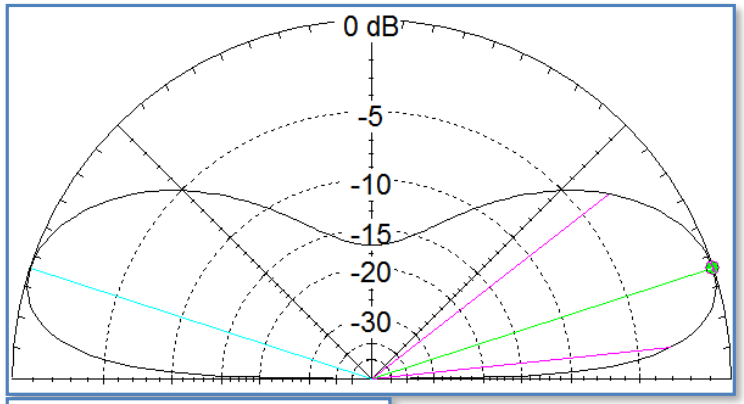
- Bei besserer Bodenleitfähigkeit verschiebt sich die Resonanzfrequenz nach oben
- Bei gleicher Resonanzfrequenz verkürzt sich die Länge bei besserer Bodenleitfähigkeit
- Nahezu keine Änderung der Diagramme und des SWR
- Geringe Gewinnzunahme
- Keine Nullstelle

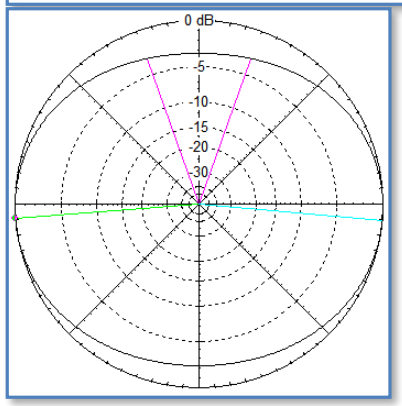
- λ/2-Sloper: Z im Bereich 80 Ω, SWR daher hoch, einseitige Mastbelastung, benötigt flachen Winkel

# Schleifenantennen (Deltaloop)

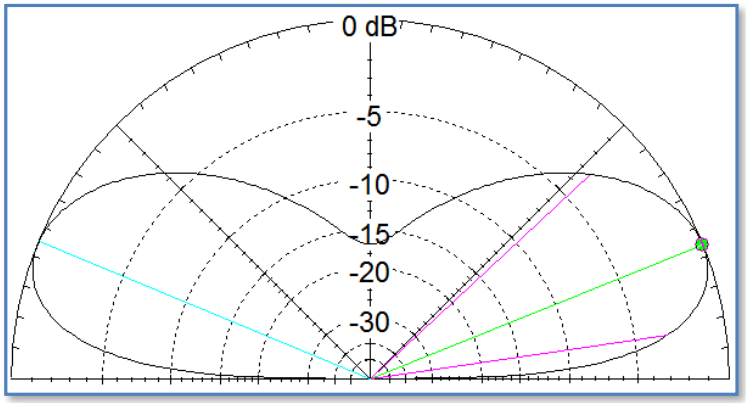



- „Cloud Warmer“ bei horizontaler Polarisation (Steilstrahler)
- Flachstrahler bei vertikaler Polarisation (DX)
- Elevationswinkel wird kleiner mit besserer Bodenleitfähigkeit
- Anspeisung über 4:1 Balun
- Schneller Aufbau

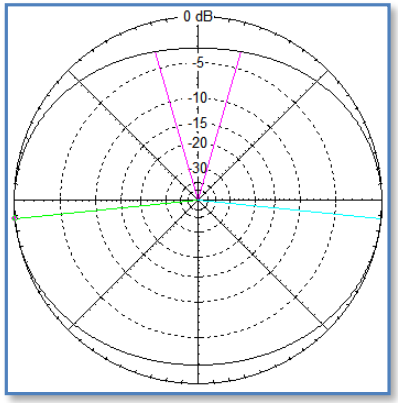



**Feuchter Boden:**
Delta: 3x 7,48m 3mm²
Höchster Punkt: 8,47m
Winkel: etwa 60°
Z=39,01 Ω, SWR 1,28:1
Gewinn 1dB
Elevation 18°

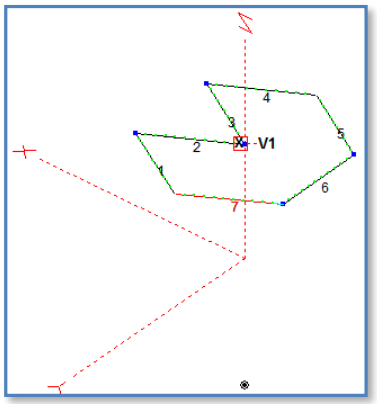



**Trockener Boden:**
Delta: 3x 7,48m 3mm²
Höchster Punkt: 8,47m
Winkel: etwa 60°
Z=36,54 Ω, SWR 1,37:1
Gewinn -0,8dB
Elevation 22°



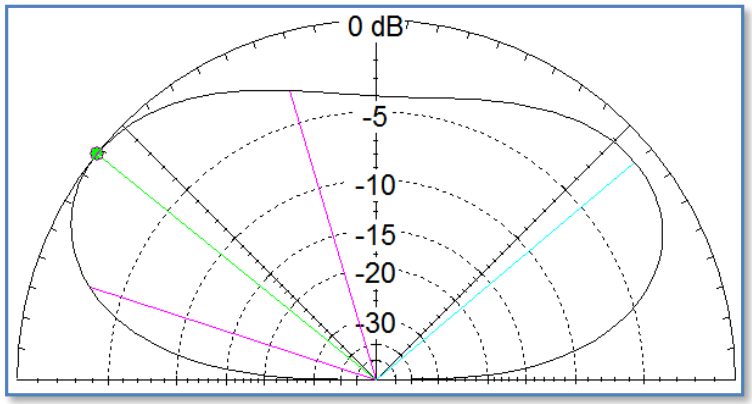
# Mehrelementantennen

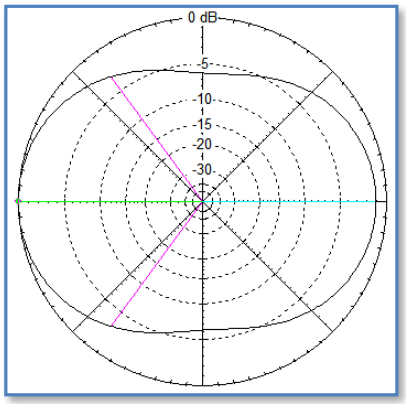
**Hexbeam (20m Band, 2 Elemente), 7,5m Höhe**




**Mittlerer Boden:**

- Z=43,49 Ω, SWR=1,15:1
- Elevationswinkel 39°, vert. Öffnungswinkel 55°
- horiz. Öffnungswinkel 107°
- Gewinn ca. 4,3 dB



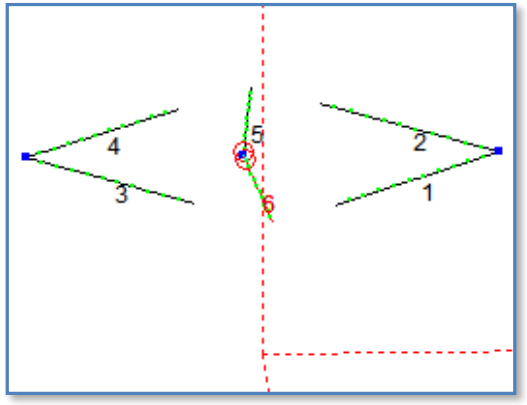

**Stadtboden:**

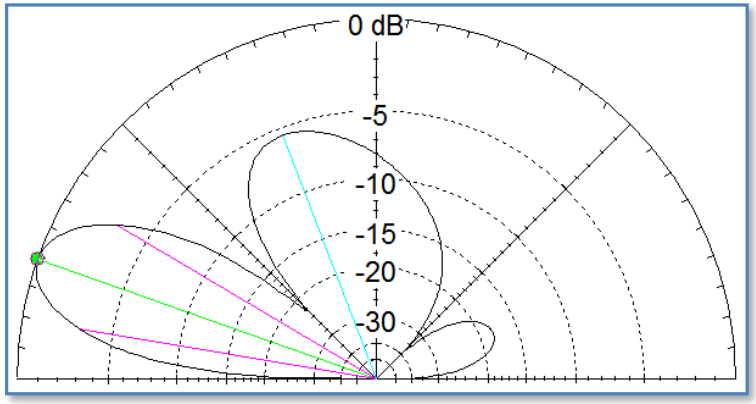
- Z=38,79 Ω, SWR=1,29:1
- Elevationswinkel 34°, vert. Öffnungswinkel 53°
- horiz. Öffnungswinkel 96°
- Gewinn ca. 3 dB

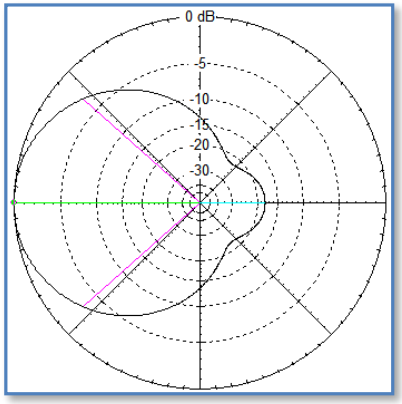
# 3 Element Yagi-Drahtantenne

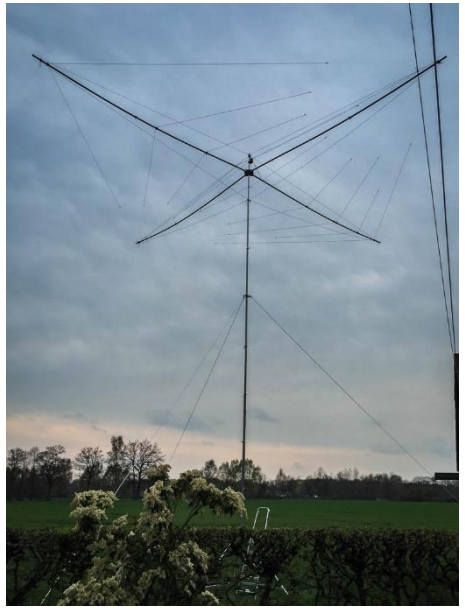
20m Band, 3 Element Yagi in 15m Höhe
- Z=62,37Ω, SWR 1,25:1 Bandmitte
- Elevation 20,5°, Öffnungswinkel vert. 21°
- horiz. Öffnungswinkel 83°
- Gewinn ca. 4 dB

Nur geringe Änderungen durch anderen Boden



# Interessante Seiten

| | |
|---|---|
| https://www.qsl.net/dk7zb/start1.htm | J-Pole-Antennen von 2m - 40m |
| https://www.qsl.net/dk7zb/Vertikal/c-pole.htm | C-Pole Antenne 20m |
| https://q82.uk/91unun-transformer | 9:1-Endfed-Antenne |
| https://rrdxa.org/wp-content/uploads/2017/12/4-Square-Antennen-in-Theorie-und-Praxis_03_04_15.pdf | 4square |
| https://www.egloff.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=4&Itemid=136&lang=en | 4square |
| https://people.zeelandnet.nl/wgeeraert/ferriet.htm | Ferrit-Herstellerliste |

**BALUNS:**

http://www.karinya.net/g3txq/baluns/baluns.pdf
http://www.karinya.net/g3txq/chokes/
https://www.nonstopsystems.com/radio/pdf-ant/article-cost-effective-chokes.pdf
http://www.audiosystemsgroup.com/2018Cookbook.pdf
https://owenduffy.net/blog/?s=Balun
https://owenduffy.net/blog/?s=Choke
https://tinyurl.com/Baluns-5
https://www.eznec.com/Amateur/Articles/Baluns.pdf

**OCFD-Antennen-Vortrag DJ0IP:**

| | |
|---|---|
| https://www.youtube.com/watch?v=JWt3sLEHgqQ | Part 1 |
| https://www.youtube.com/watch?v=uOQ1Tmn2J9w | Part 2 |
| https://tinyurl.com/DJ0IPPt1 | PDF Teil 1 |
| https://tinyurl.com/DJ0IPPt2 | PDF Teil 2 |
| https://www.dj0ip.com/hhg2-p1-commentary | Kommentare Part 1 |
| https://www.dj0ip.com/hhg2-p2-commentary | Kommentare Part 2 |

Dieser Vortrag:

https://oe3.oevsv.at/export/sites/oe3/.galleries/Downloads/Seminar_Antennen_20230617T1T2.pdf