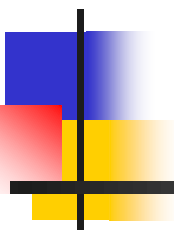


# Antennas

## FÜR DUMMIES®

Dr. Hans E. Krüger, DJ8EI/PA8EI  
OV Bad Honnef, G09, 2015

# Wikipedia zur Bücherserie „Für Dummies“:



---

....vermitteln...in gut aufbereiteter und leicht fasslicher Form komplexe Themen an Leser, die im behandelten Thema weitestgehend unerfahren sind.

und:

„A Reference for the Rest of Us!“

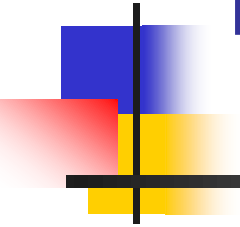


# Quellen

---

- Praxisbuch Antennenbau, Max Ruegger, HB9ACC
- Rothammels Antennenbuch, Alois Krischke, DJ0TR, 13. Auflage
- Zeitschrift Funk 04/2004
- Radio Communication 07/1984
- Zeitschrift Funkamateure 01/2016
- Internet Recherchen
- Alles Folgende bezieht sich im Wesentlichen auf Drahtantennen für die HF Bänder

# 6 Grundweisheiten für den praktischen Antennenbau





# 1. Viel Draht

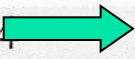

---

- 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.



## ...und „richtiger“ Draht!

**Tabelle 5.2: Gewinnunterschied bei einem Dipol entsprechend dem verwendeten Material des Antennendrahtes**

| Material des Antennendrahtes | spezifischer elektrischer Widerstand $\rho/\Omega \text{ mm}^2 \text{ m}^{-1}$             | Gewinn bei Durchmesser |            |
|------------------------------|--|------------------------|------------|
|                              |  | 1 mm [dBi]             | 2 mm [dBi] |
| 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



## 2. Möglichst hoch

---

- Im Verhältnis zur Wellenlänge hängen unsere Antennen meist zu niedrig.
- Optimal  $> \lambda$
- Jeder Höhengewinn ist positiv für die DX - Abstrahlung (Sonderfall gewollte Steilstrahlung)
- Raus aus dem Störnebel („man made noise“)



# Höhe über Grund und Abstrahlung (Vertikaldiagramm)

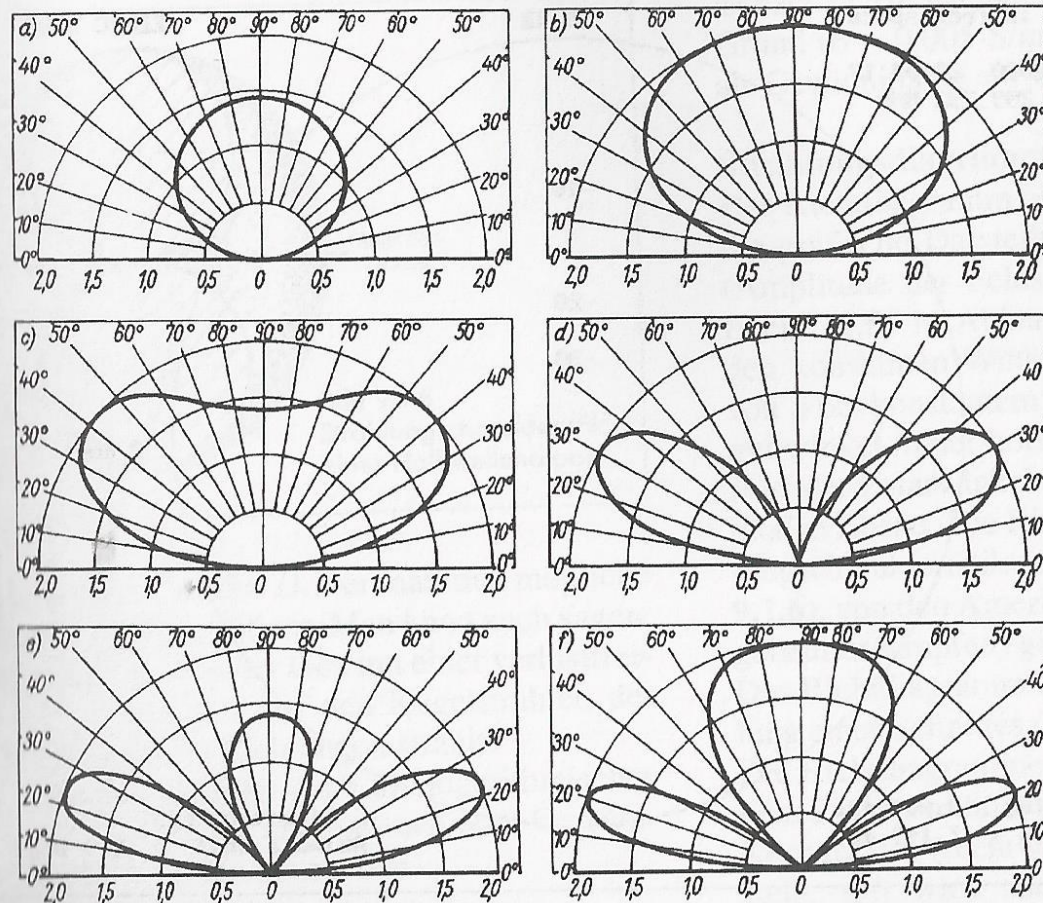
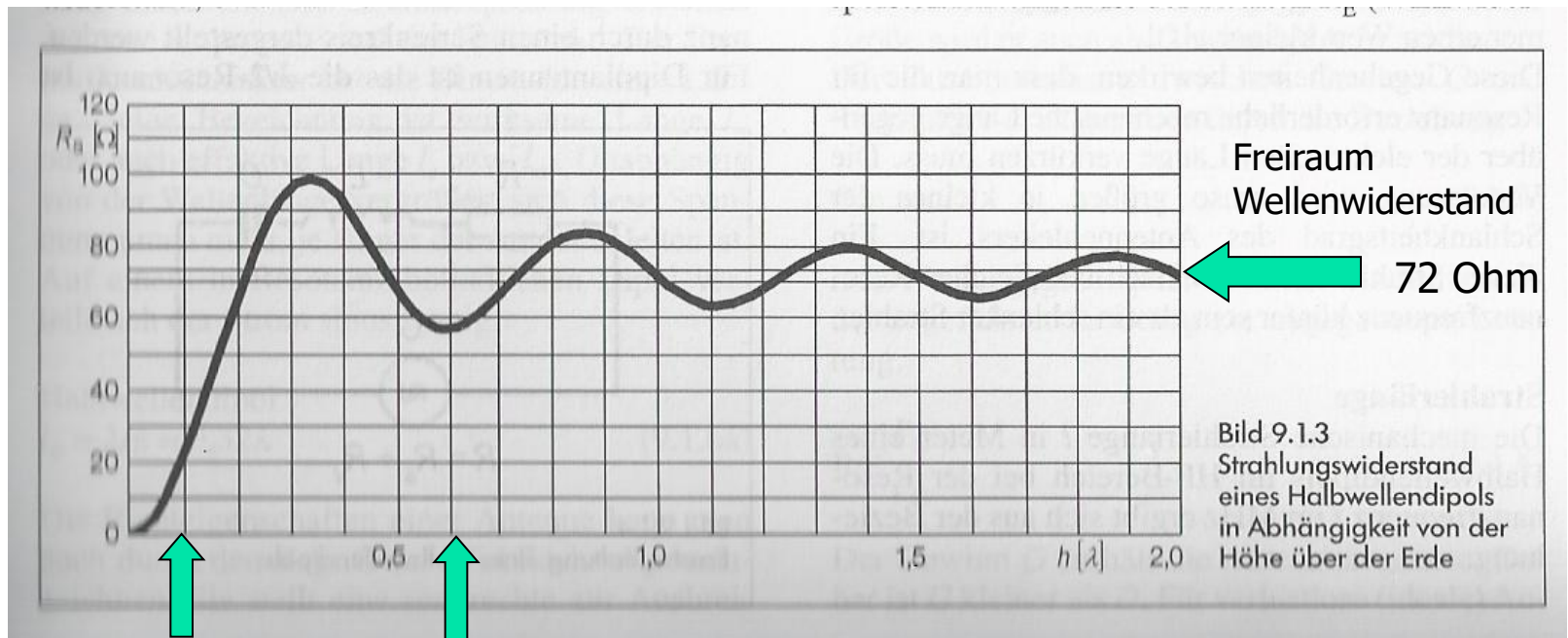


Bild 9.1.9  
Vertikaldiagramme  
eines horizontalen  
Halbwelldipols  
in Abhängigkeit von  
der Höhe über ideal  
leitender Erde (I)  
a)  $1/8\lambda$   
b)  $1/4\lambda$   
c)  $3/8\lambda$   
d)  $1/2\lambda$   
e)  $5/8\lambda$   
f)  $3/4\lambda$

Quelle: Rothammel



# Aufbauhöhe und Fußpunktwiderstand



Quelle: Rothammel



## 3. 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!

# Stromverteilung Dipol

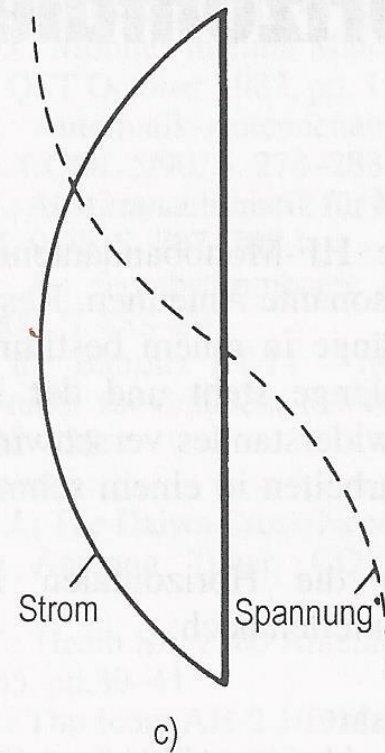
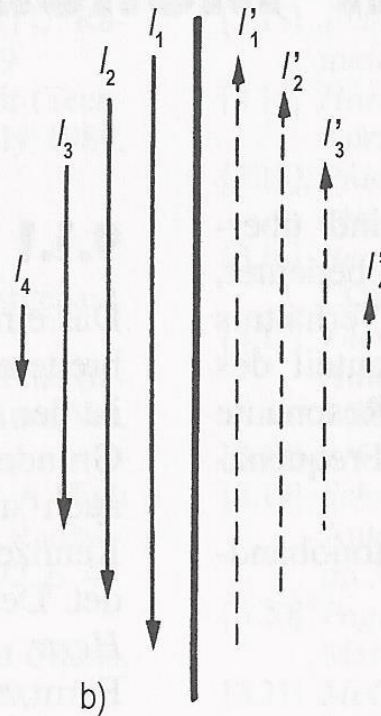
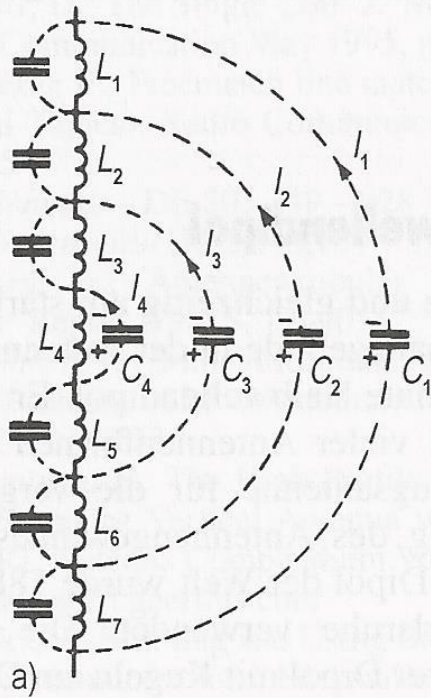


Bild 9.1.2  
Stromverteilung auf dem Halbwelldipol

Quelle: Rothammel

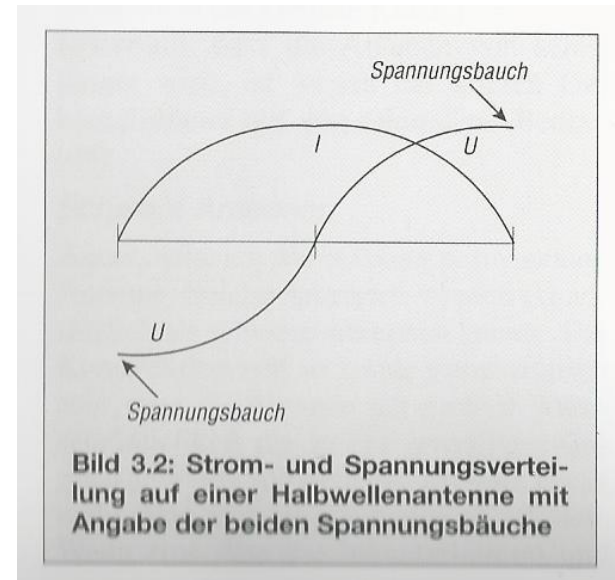
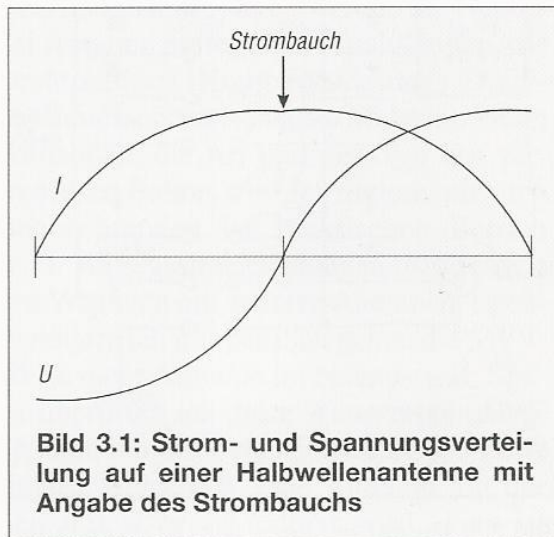
## 4. Freie Enden - Spannungsbauch



---

- 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

# Strombauch und Spannungsbauch



Quelle: HB9ACC

# 5. 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!)





## 6. 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) Draht,  $f_{\text{res}} - 7\%$

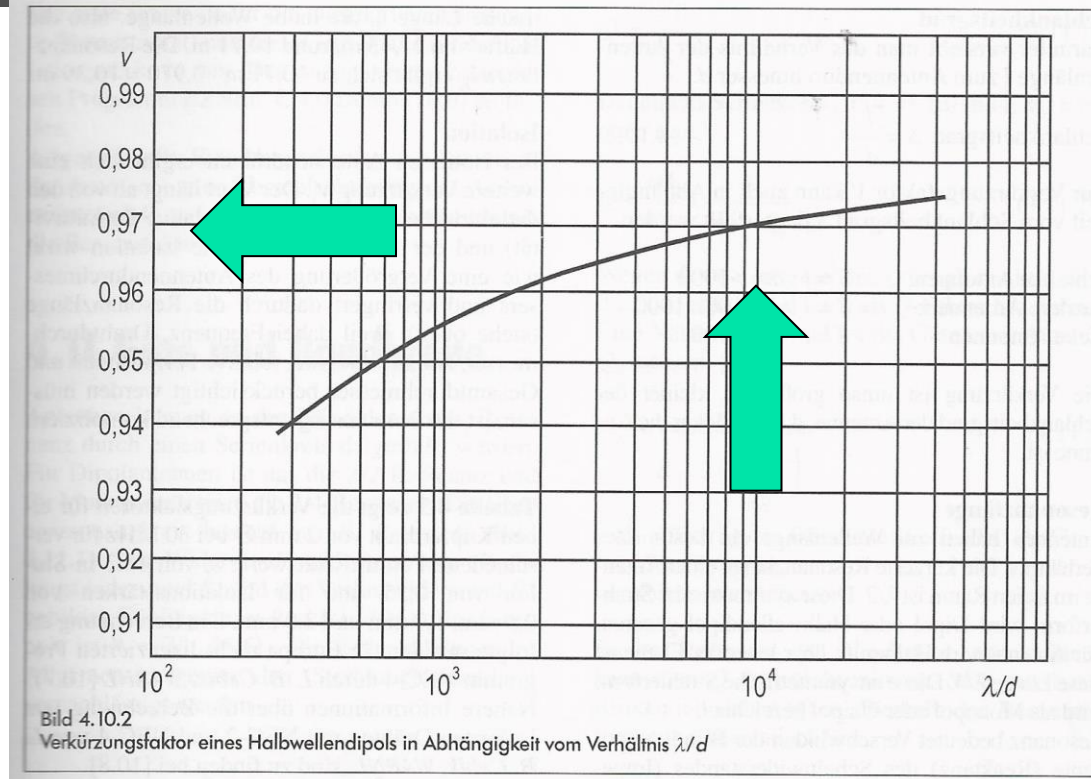


# Verkürzungsfaktor Drahtantennen

---

- 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  $\lambda = c_0 / f$

# Verkürzungsfaktor Drahtantennen



Beispiel: 20m Band: 2mm Drahtdurchmesser

$\lambda/d = 10^4$   $v=0.97$

Länge  $\lambda/2$  Dipol – 30 cm (bei 80m: – 1,20 m!)

Quelle: Rothammel



# 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 Dipolantenne

---

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





# Der klassische 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!

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

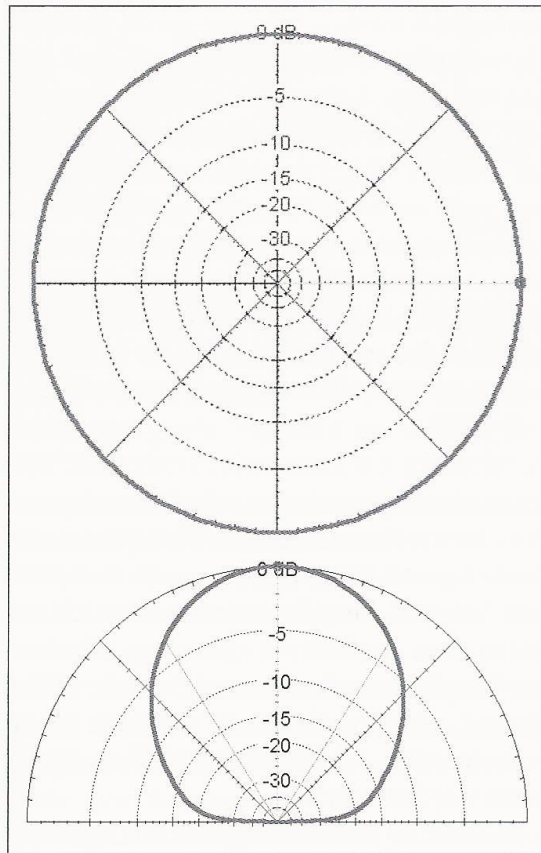


Bild 21.10: Abstrahldiagramm eines tief hängenden Dipols

Tief hängend bedeutet:

0,1 – 0.25 Lambda

0,1 Lambda Höhe bei 160m = 16 m

0,25 Lambda Höhe bei 40m = 10 m

**Rundstrahler mit  
Steilstrahlungs-  
charakteristik**

Quelle: HB9ACC

# Realer Dipol

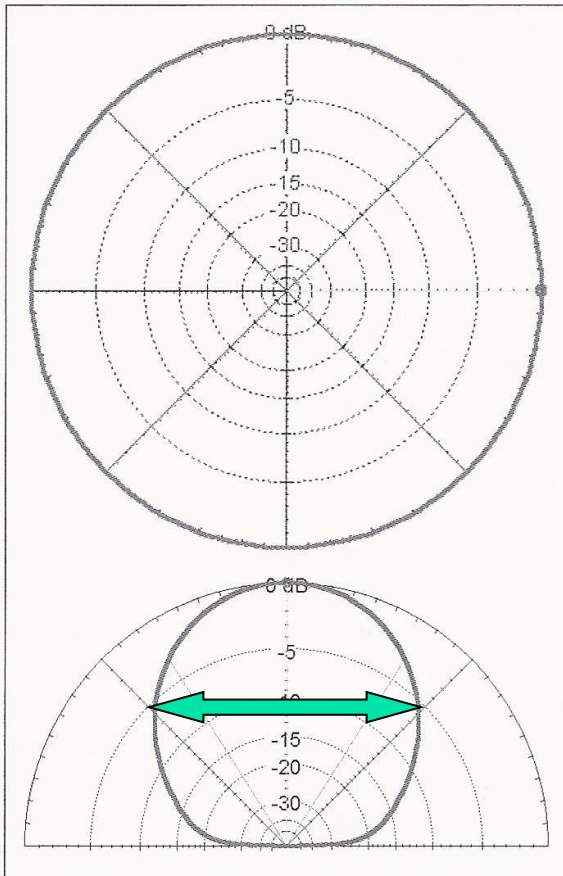


Bild 21.10: Abstrahlendiagramm eines tief hängenden Dipols

Tief hängend....

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....

DX ist schwierig aber möglich.....!



# Realer Dipol

---

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

# Der Erdboden als Spiegel

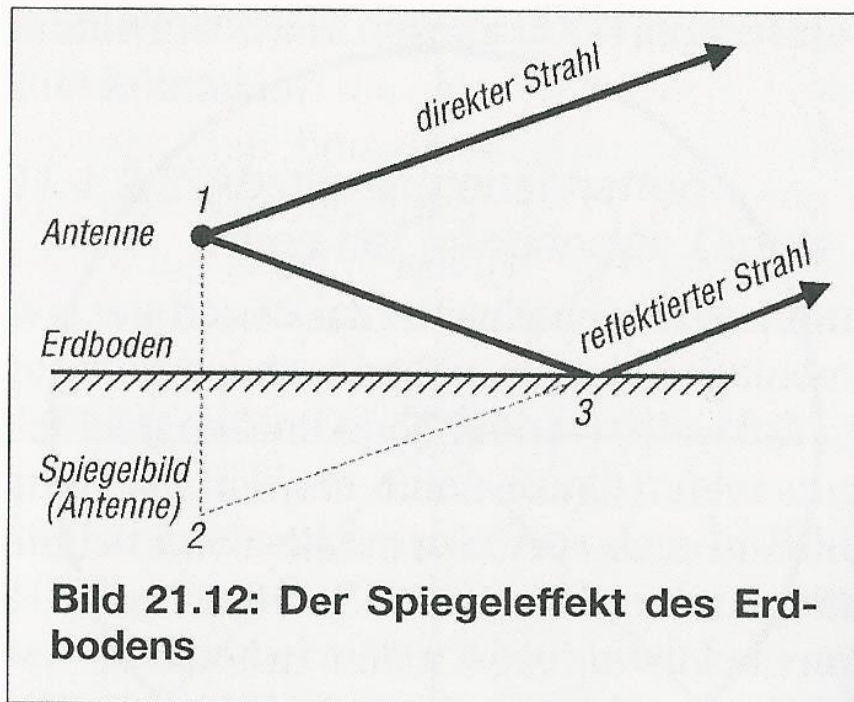


Tabelle 21.1: Typischer Einfluss der Bodenleitfähigkeit

| Bodentyp                 | Dielektrizitätszahl $\epsilon_r$ | Leitfähigkeit $\sigma$ [S/m] | Gewinn [dBi] |
|--------------------------|----------------------------------|------------------------------|--------------|
| Meerwasser               | 81                               | 5                            | 8,4          |
| feuchter Boden           | 20                               | 0,03                         | 7,2          |
| mittlerer Boden          | 13                               | 0,005                        | 5,8          |
| trockener Boden, Berge   | 10                               | 0,002                        | 4,9          |
| Stadt mit hohen Gebäuden | 3                                | 0,001                        | 4,4          |

Quelle: HB9ACC



# Woher kommt die ominöse Formel für die Dipollänge?

---

- Literatur: Länge eines Lambda Halbe Dipols  
( $\lambda = c/f$ )

$$\mathbf{L \text{ (m)} = 145,3 / f \text{ (MHz)}}$$

- Lichtgeschwindigkeit im Vacuum  
 $c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$
- Wellenausbreitung im Draht mit  $v = 0.97$
- $L/2 \text{ (m)} = 299\dots/2 \times 0.97 / f \text{ (MHz)}$  ergibt  
obige Formel



# 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

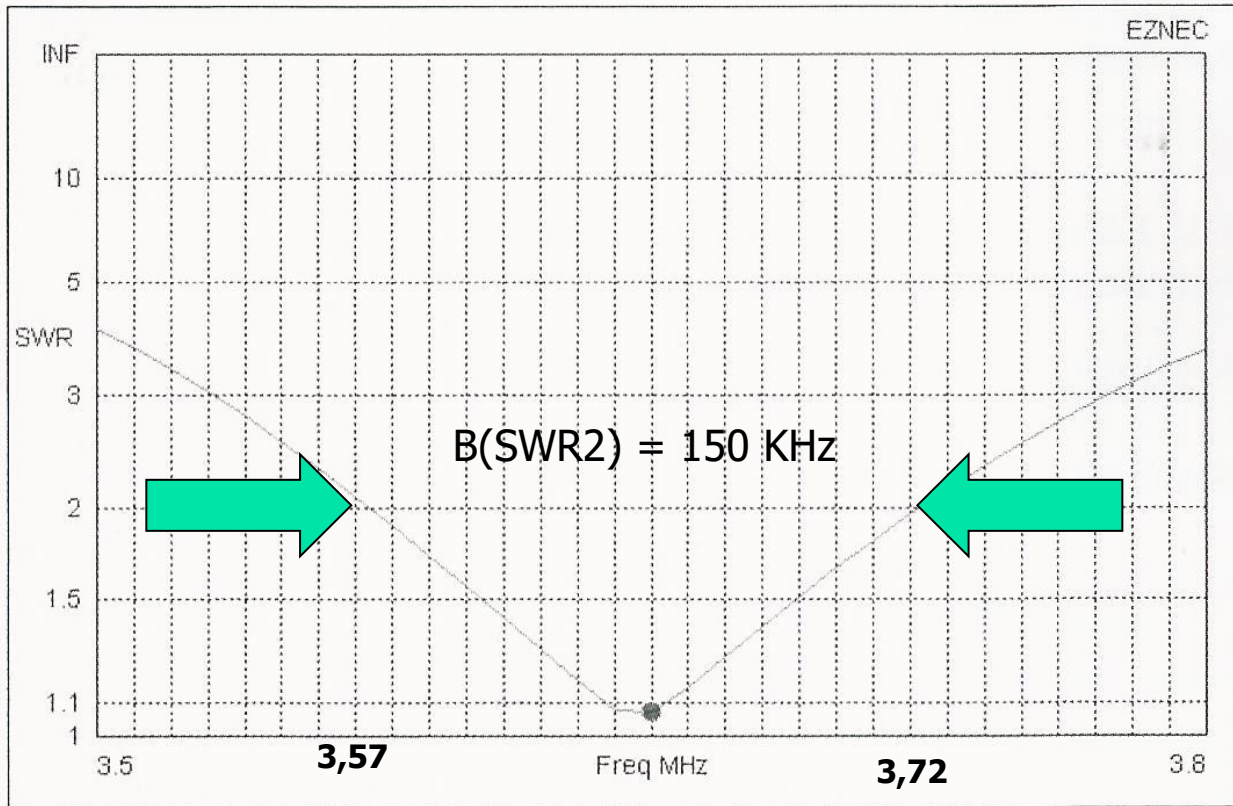


# SWR und Bandbreite eines Dipols

---

- Moderne Funkgeräte arbeiten i.A. in einem Bereich des SWR von kleiner gleich 2:1, 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 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 2313 0.45 dB - vernachlässigbare Verluste an den Bandgrenzen ( $SWR=4$ ) ggü. der Resonanzfrequenz ( $SWR = 1$ )

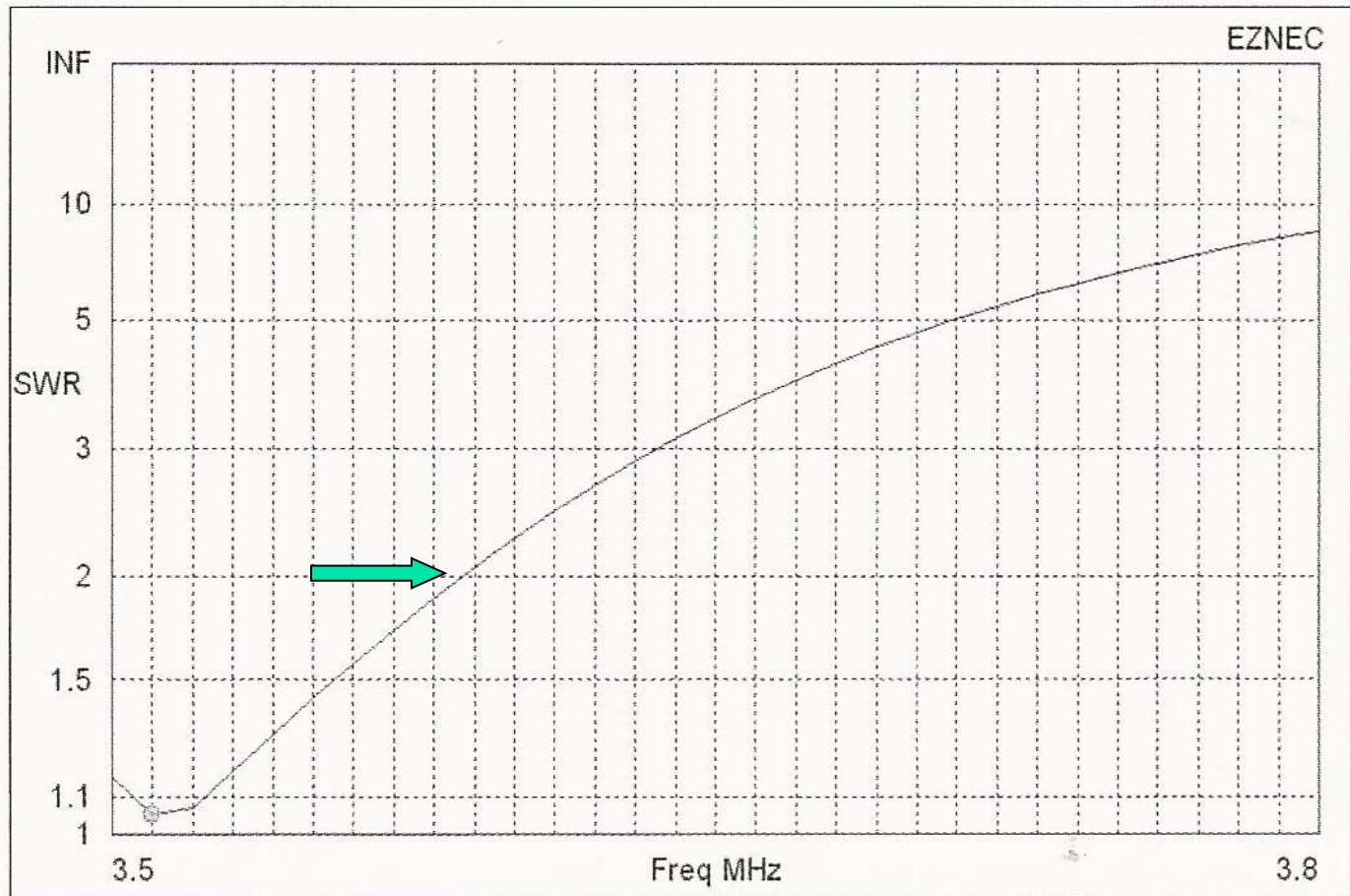


# SWR Bandbreite von Antennen

---

- 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).

# Beispiel 2: CW / SSB Betrieb



SWR = 8

Quelle: HB9ACC



# 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 vom Drahtdurchmesser

| Frequenz | 1 mm Ø<br>kHz | 2,1 mm Ø<br>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            |

Tabelle 4.4  
2 : 1-Bandbreiten für Dipole

Quelle: Rothammel



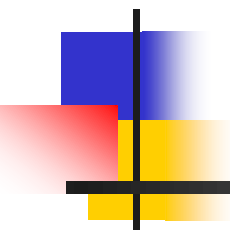


# SWR 2 – Bandbreite

## 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 60 %
  - Full Size Realer Dipol 150 kHz 50 %
  - Kelemen Trap Dipol 80 kHz 26 %
  - KFZ Mobilantenne 25 kHz 8 %



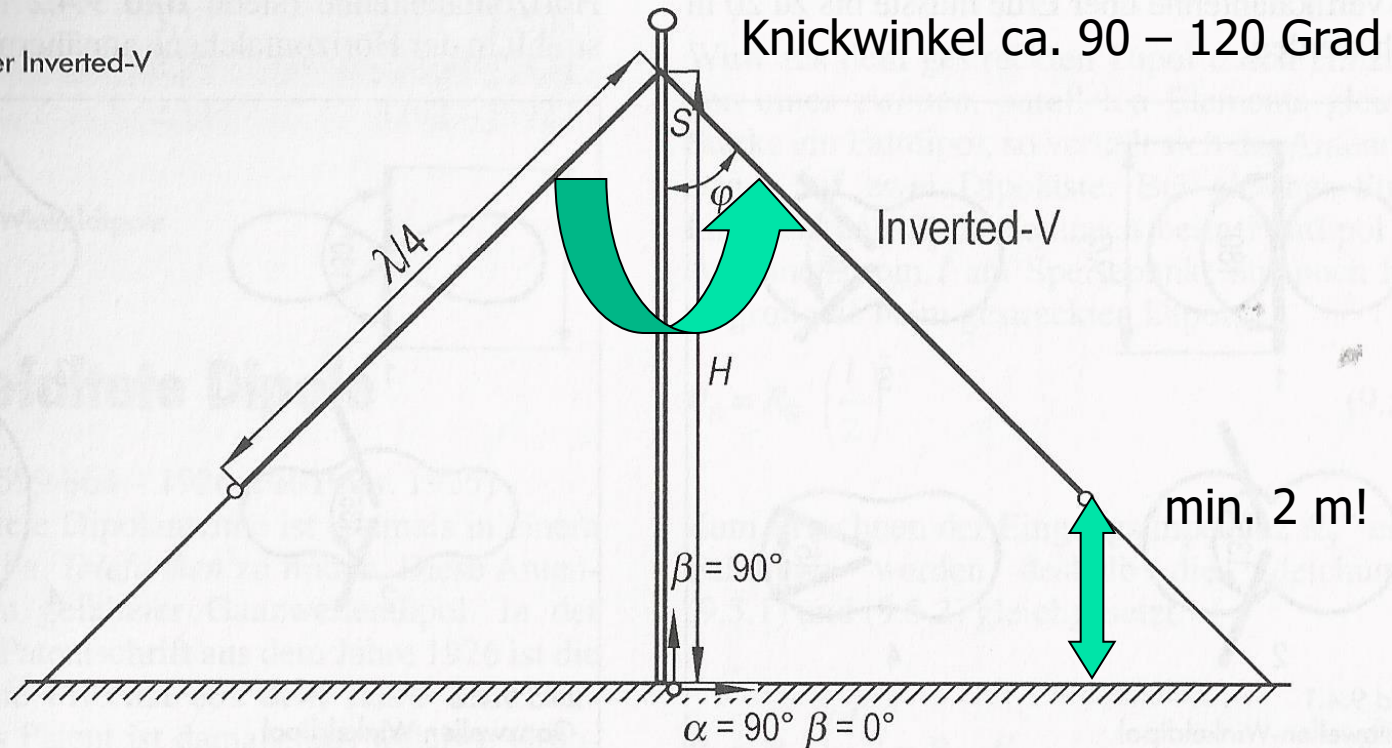
....und wenn ich den Dipol  
abknicke??

---

„Strom strahlt“

# Inverted V - Dipol

Bild 9.3.1  
Skizze einer Inverted-V



Quelle: Rothammel

# Inverted V – Einfluss auf Resonanzfrequenz



---

- Durch das Abknicken eines gestreckten Dipols verändern sich
  - Abstrahldiagramm
  - Strahlungswiderstand
  - Resonanzfrequenz

# Gestreckter Dipol versus Inverted V am Beispiel G5RV - Abstrahldiagramm

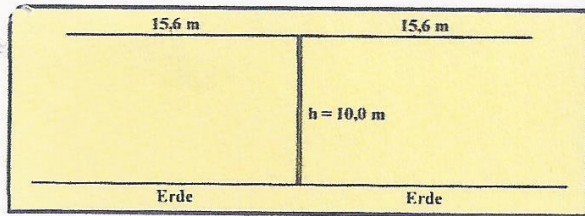


Bild 1: Horizontale G5RV.

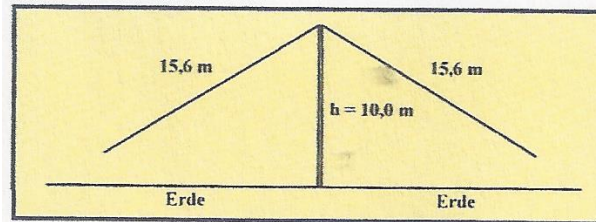
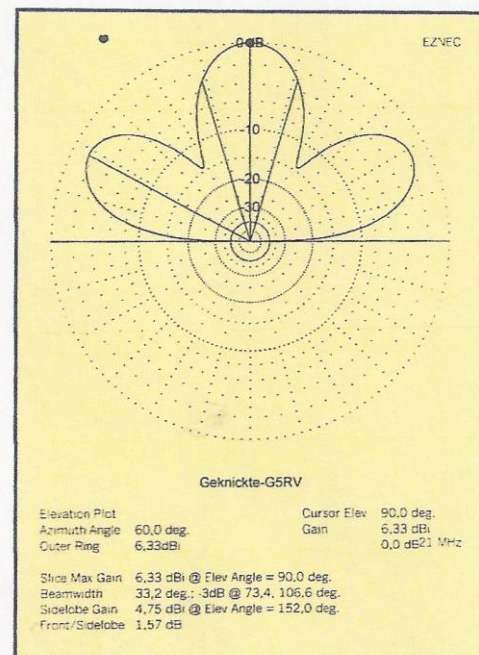
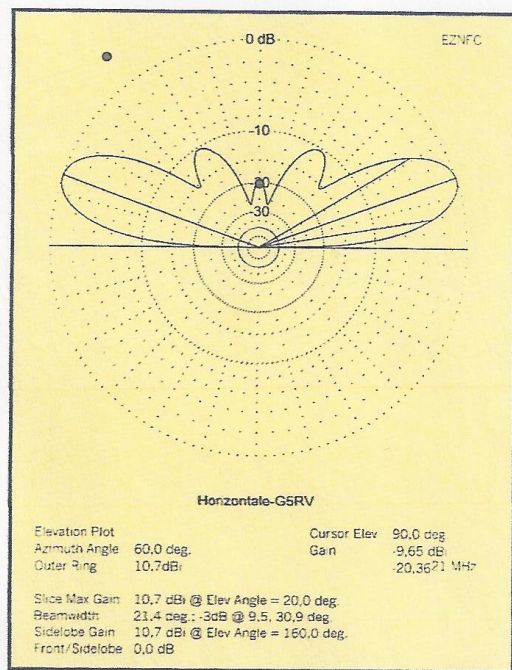


Bild 2: Geknickte G5RV.



Quelle:  
Zeitschrift Funk

# Inverted V - Strahlungswiderstand

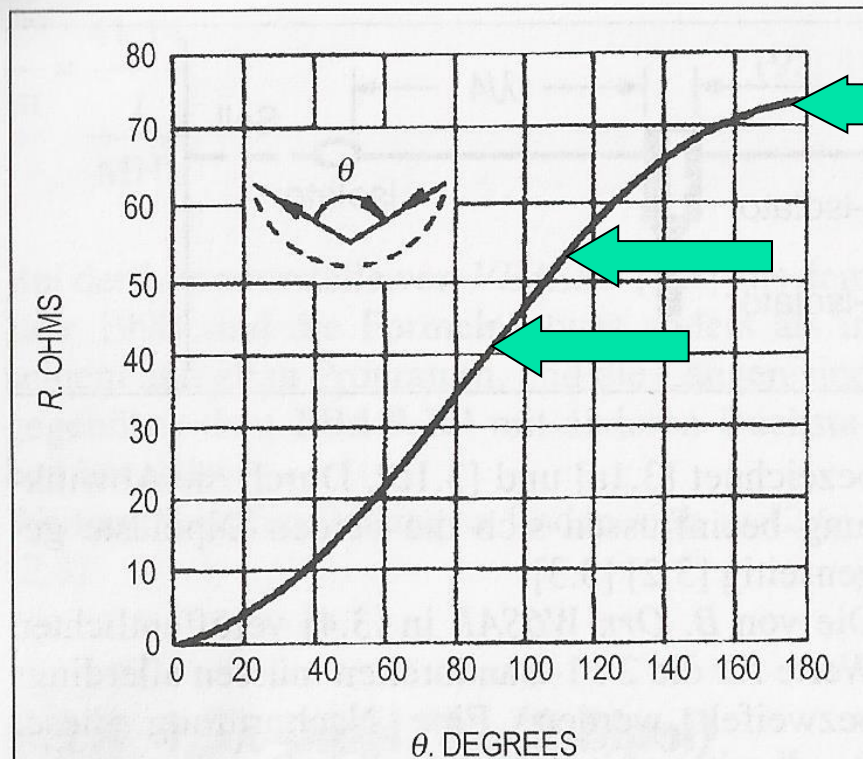


Bild 9.3.2  
Inverted-V-Dipol - Strahlungswiderstand

Quelle:  
Rothammel

# 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



---

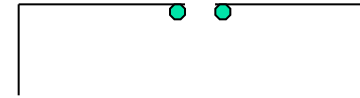
- Beispiel 2 x 5 m Dipol in 10 m Höhe
  - Gestreckt 180 °,  $F_{\text{res.}}$  14,218
  - Winkel 120 °,  $F_{\text{res.}}$  14,327
  - Winkel 90 °,  $F_{\text{res.}}$  14,468
- Resonanzverschiebung 250 Khz,  
Drahtlänge ca. + 22cm

Quelle: FA 01/2016. S. 58ff



# Inverted V – Abwinkelung ausserhalb des Einspeisepunktes

## ■ Beispiel von KØNM



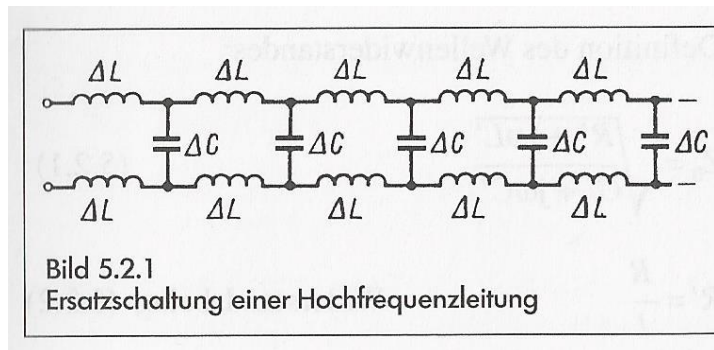
- Lambda/2 Dipol, 50 % Horizontal, 50% beidseitig abgewinkelt, Gewinnrückgang nur 0,6 dB (13%)
- Verringerung der Eingangsimpedanz von 70 auf 40 Ohm
- Verformung der Abstrahlkeule, kann übrigens auch positiv wirken.....
- Also.....kein Problem!



# Speiseleitungen

---

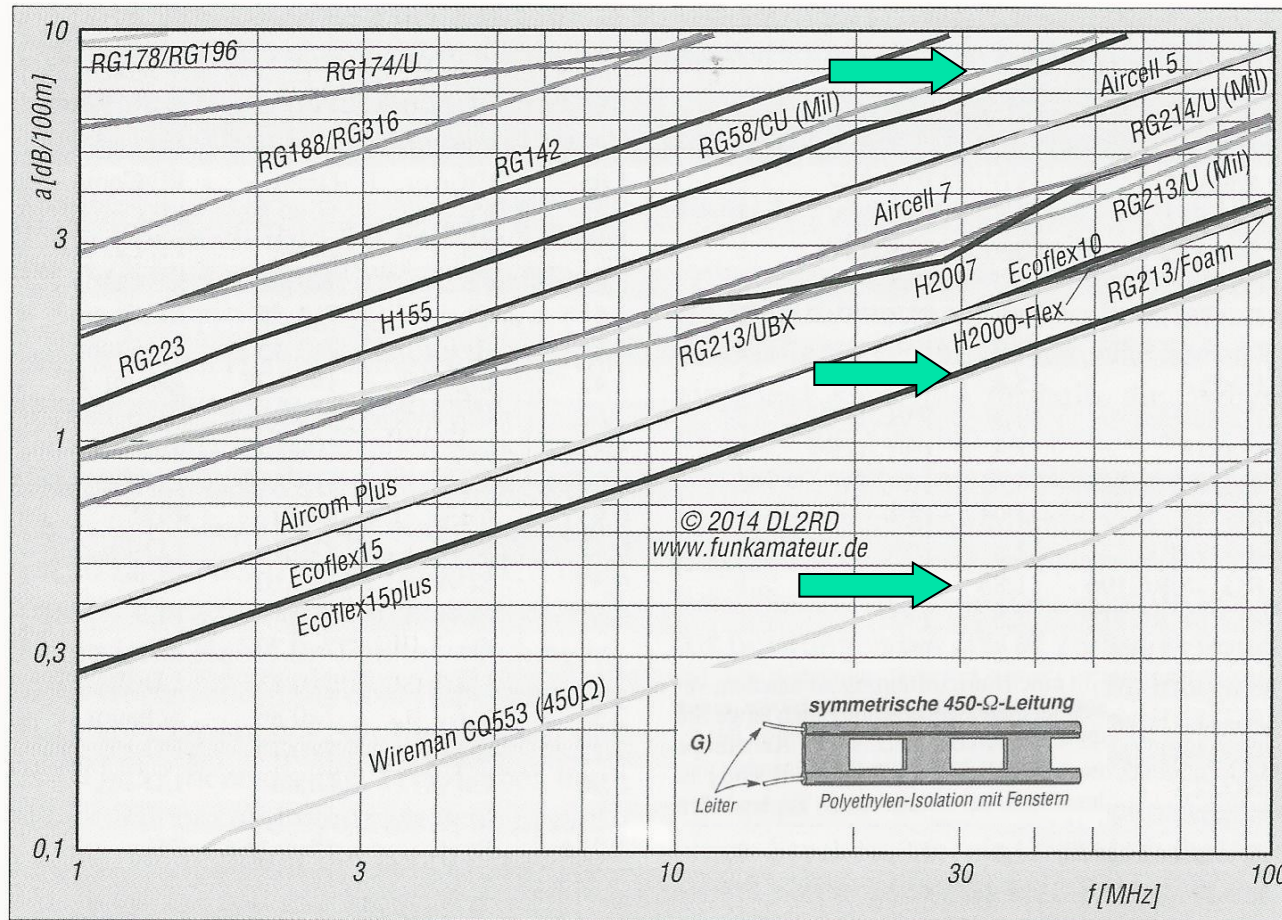
# Dämpfung bei Speiseleitungen – was ist das?



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

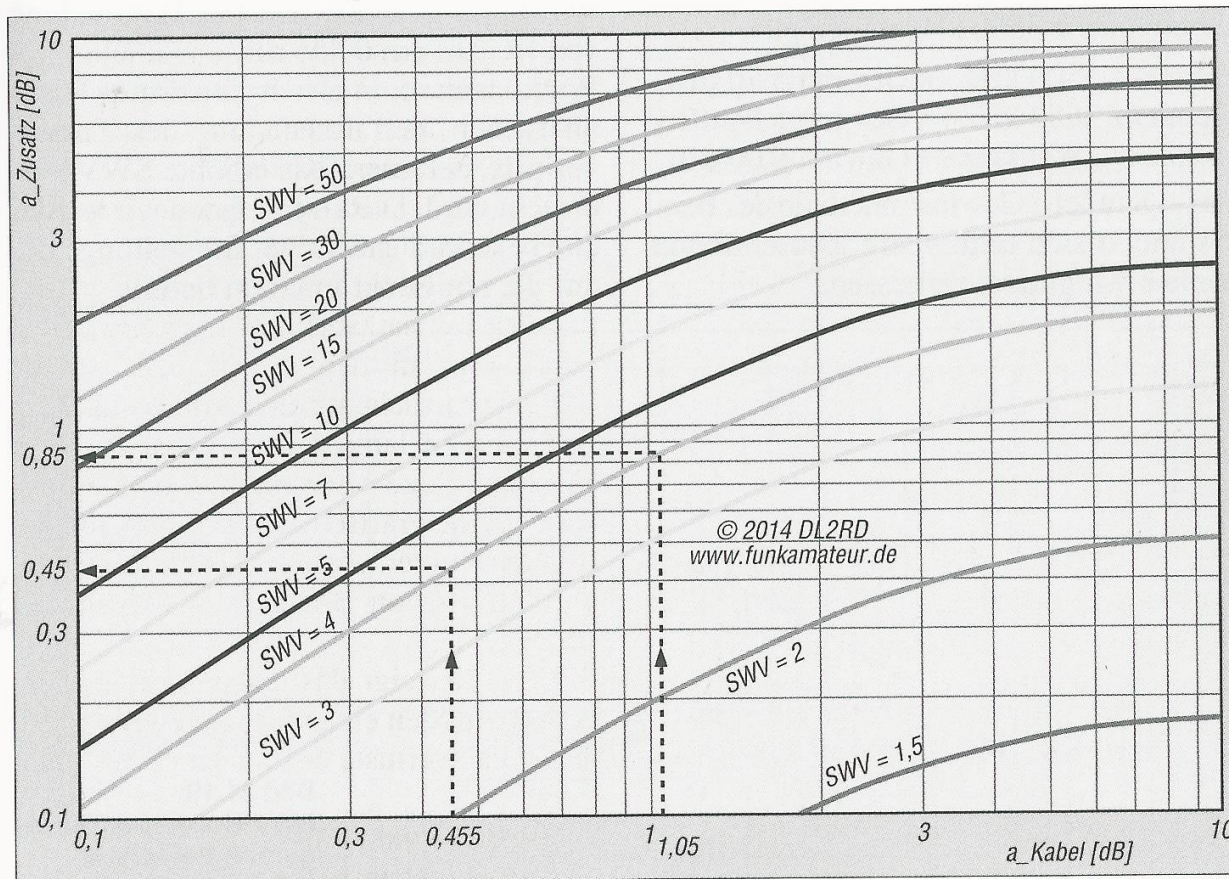


Bild 21.18: Zusatzverluste, die durch das SWV 4,0 verursacht werden

Quelle:  
Rothammel  
HB9ACC

# Belastbarkeit von Speiseleitungen

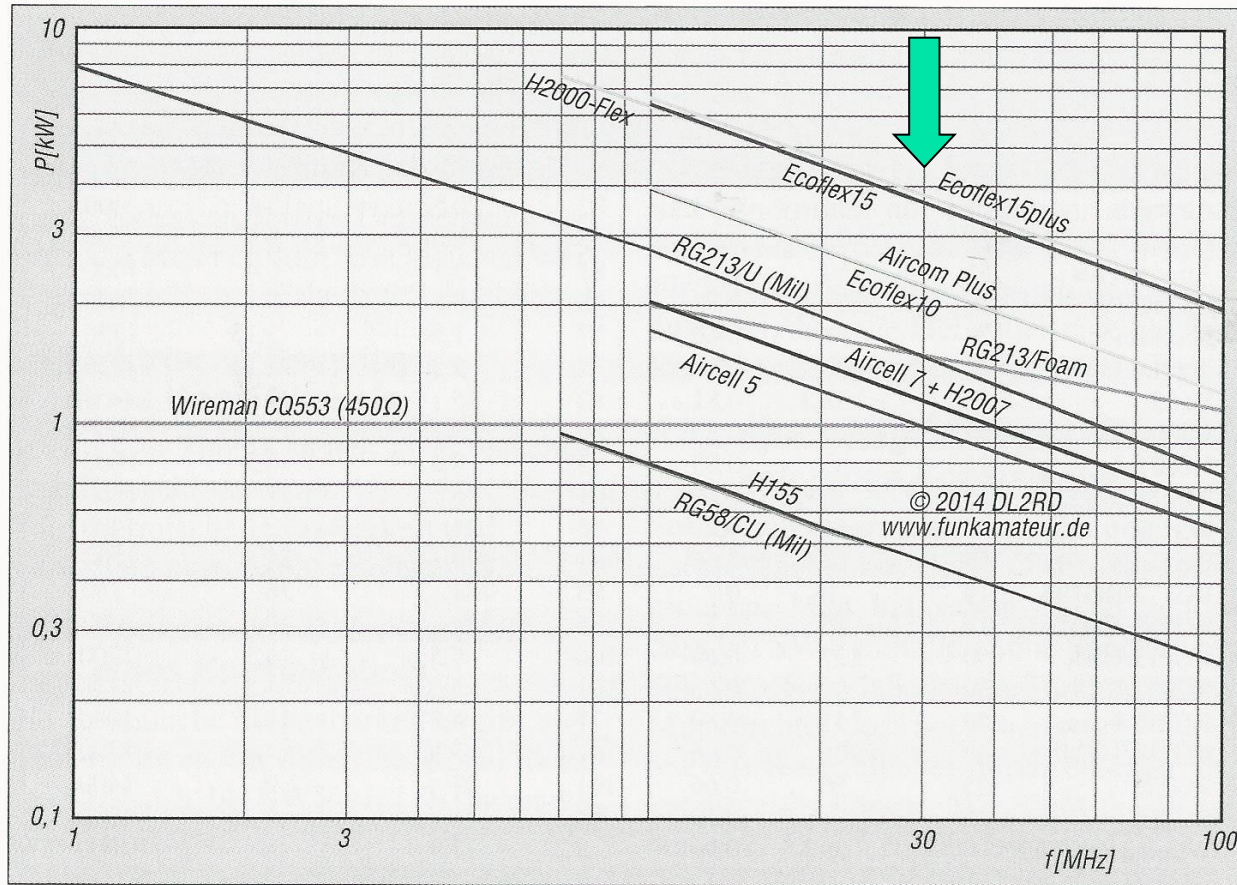


Bild 8.9: Belastbarkeiten (Dauerstrich) handelsüblicher Speisekabel (bei SWV  $\approx 1,0$ )

# Verkürzungsfaktor $V$ von Speiseleitungen

- Wellenausbreitung im Medium langsamer als im Freiraum/Vakuum ( $C_0 = 299\,792\,458$  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-<br>radius<br>[mm] | relative<br>Masse<br>[g/m] | Verkür-<br>zungs-<br>faktor<br><i>VF</i> | Kapa-<br>zität<br>[pF/m] | Gleichstrom-<br>widerstand<br>[Ω/km]<br>Innenleiter | Gleichstrom-<br>widerstand<br>[Ω/km]<br>Außenleiter | max.<br>Betriebs-<br>spannung<br>[V] |
|----------------|------------------------------------|----------------------------|--|--------------------------|---|---|--------------------------------------|
| 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                                 |
| Ecoflex 10     | 40                                 | 131                        | 0,85                                     | 78                       | 3,3   | 8,4   | 1000                                 |
| Ecoflex 15     | 70                                 | 258                        | 0,86                                     | 77                       | 1,56  | 5,15  | 1550                                 |
| Ecoflex 15plus | 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 CQ553* |                                    | 39,3                       | 0,905                                    | 8,2                      | 17,9  | –   | 10 000                               |

\* 450-Ω-Doppelleitung

Quelle:  
HB9ACC

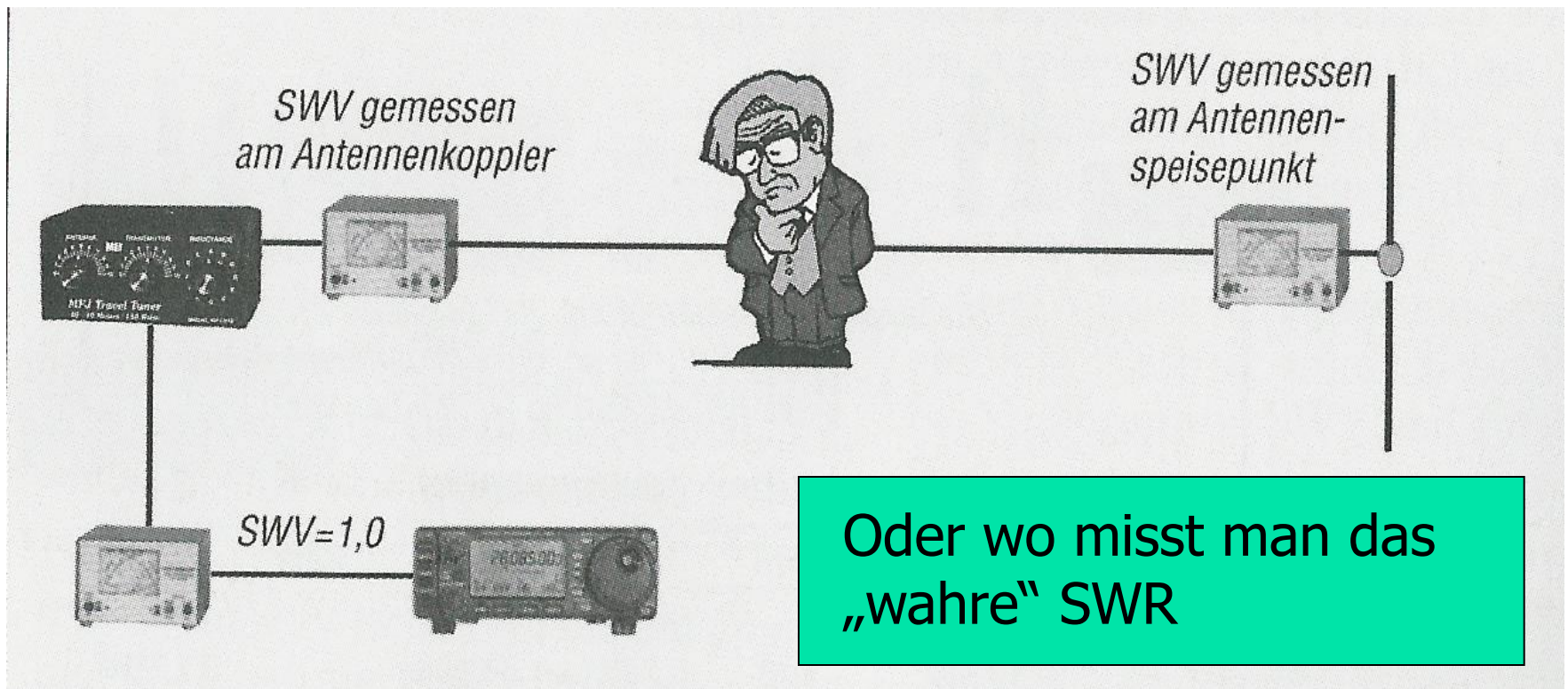


# SWR Messungen an der Funkanlage

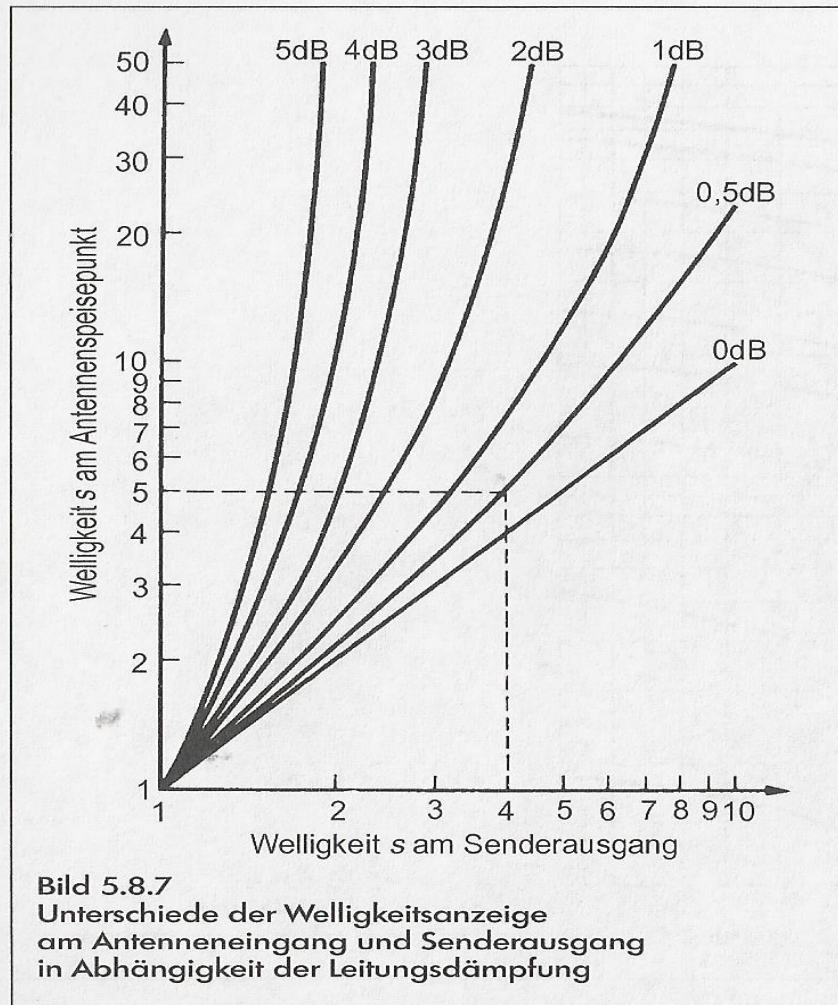


---

# Die wundersame SWR Verbesserung durch lange/dämpfungsreiche Speiseleitungen



# 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 ohne Zusatzdämpfung durch SWR und – da hohe Symmetrie – absolut keine Störungen durch Mantelwellen.



# SWR – „Thema Nr. 1“

---

- Eine Antenne hat kein SWR!!!!



# SWR – Thema Nr. 1

---

- Eine Antenne hat lediglich einen Speisepunkt – Impedanz (Antennenfußpunktimpedanz)
- Das SWR entsteht durch Fehlanpassung der Speiseleitung an den Antennenfußpunkt-widerstand
- 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 Fußpunktwideerstand der Antenne



# SWR – „Thema Nr. 1“

---

- 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 (ATU am Antenneneinspeisepunkt!)
- Leider hat auch das beste Anpassgerät eine Dämpfung in der Größenordnung von bis zu  $0.5\text{dB} = 10.8\%$  Verlust
- Und man kann damit dafür sorgen, dass der TRX die Leistung nicht zurückregelt sondern die volle Sendeleistung an das Antennensystem abgibt



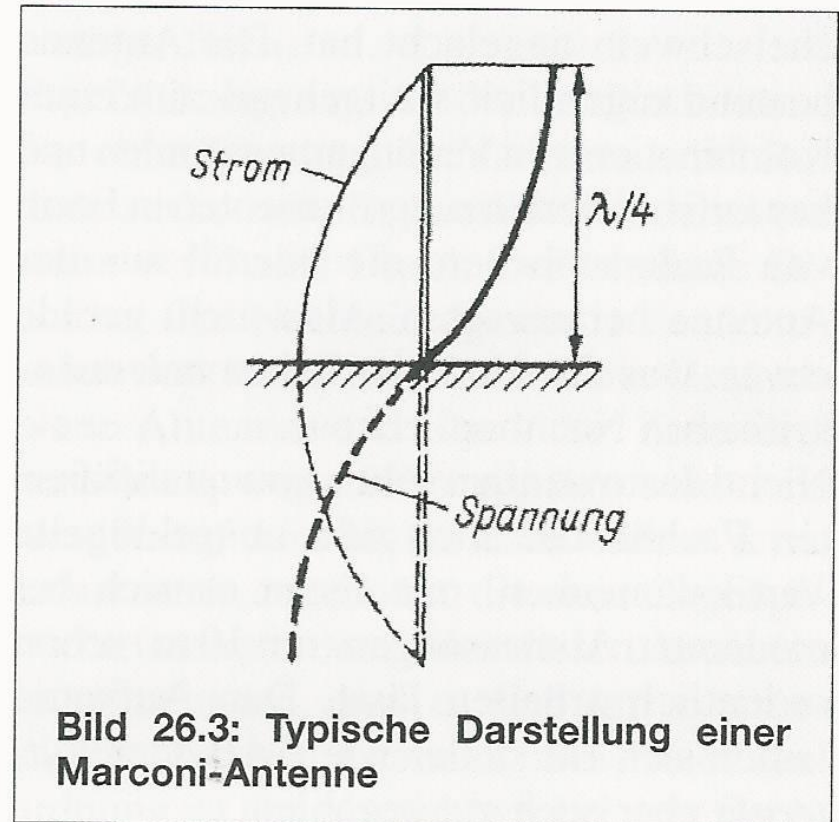


# Vertikal Antennen

---

# 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

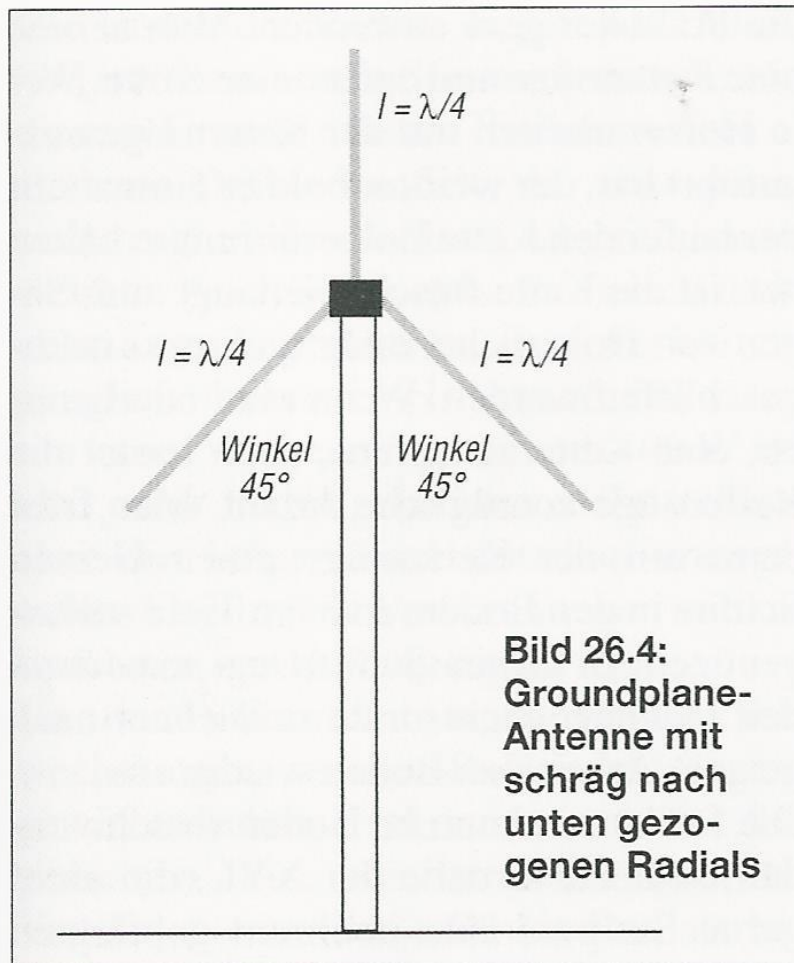


# Radials und Gegengewichte

---

- „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“

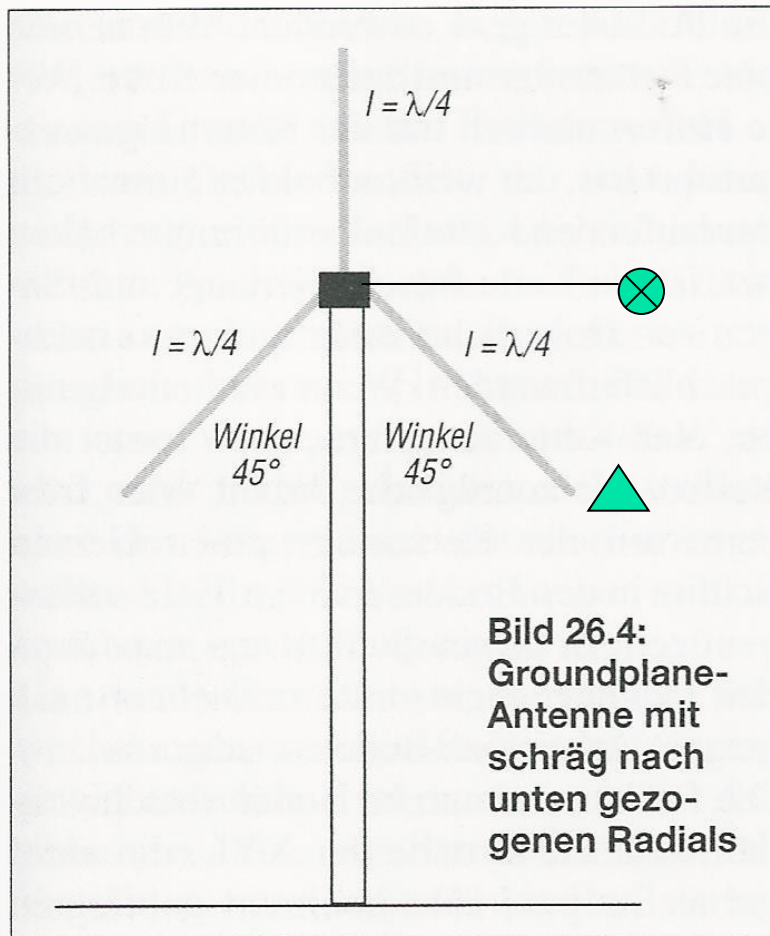
# Vertikalantenne – Groundplane 1



- 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  $\otimes$  beträgt ca. 36 Ohm
- Bei Abwinkelung der Radials um 45 Grad  $\blacktriangle$  ca. 50 Ohm
- Bei Abwinkelung um 90 Grad ca. 70 Ohm
- Dann ist es ein vertikaler Dipol.....

Quelle: HB9ACC

Rothammel



# Vertikalantenne Groundplane 3

---

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

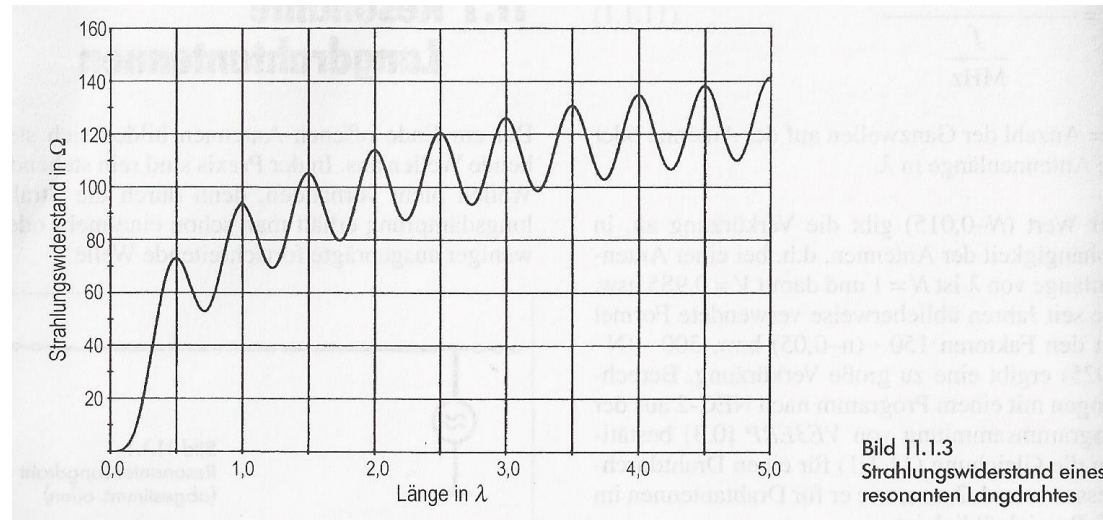
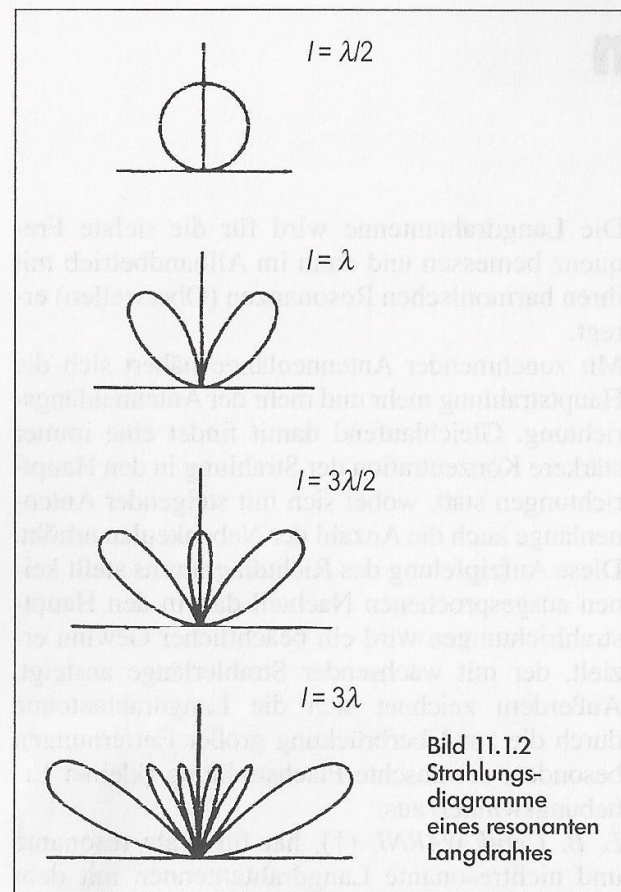


# Langdrahtantennen

---



# Langdrahtantenne, resonant



Quelle: Rothammel

# Langdrahtantenne

„Jede Antenne ist ein Dipol“

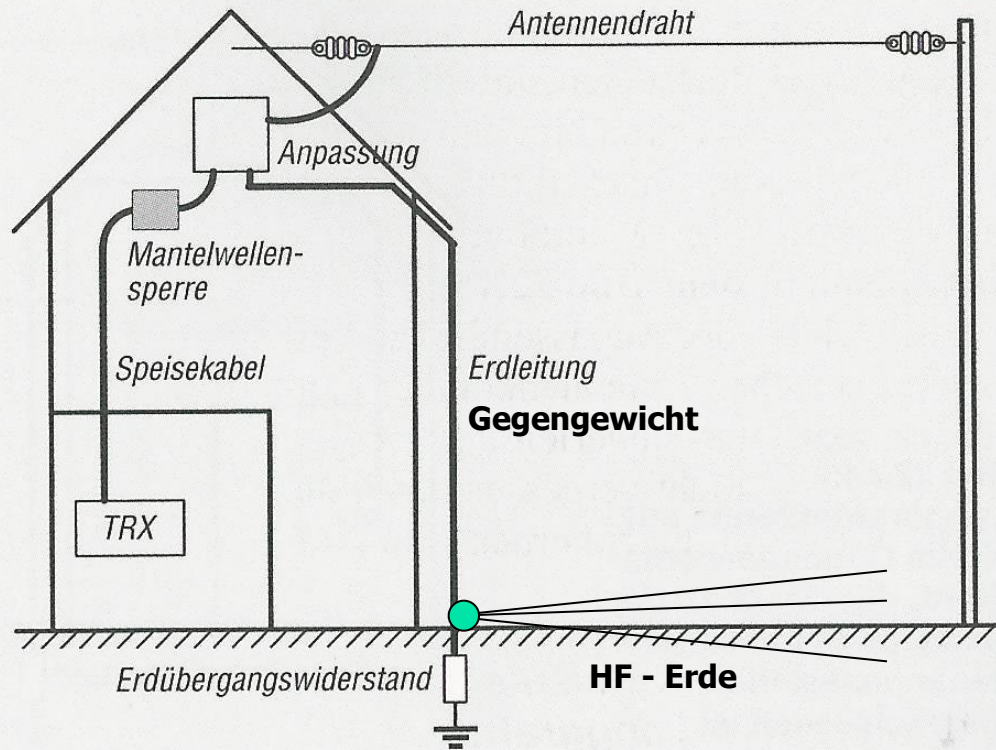
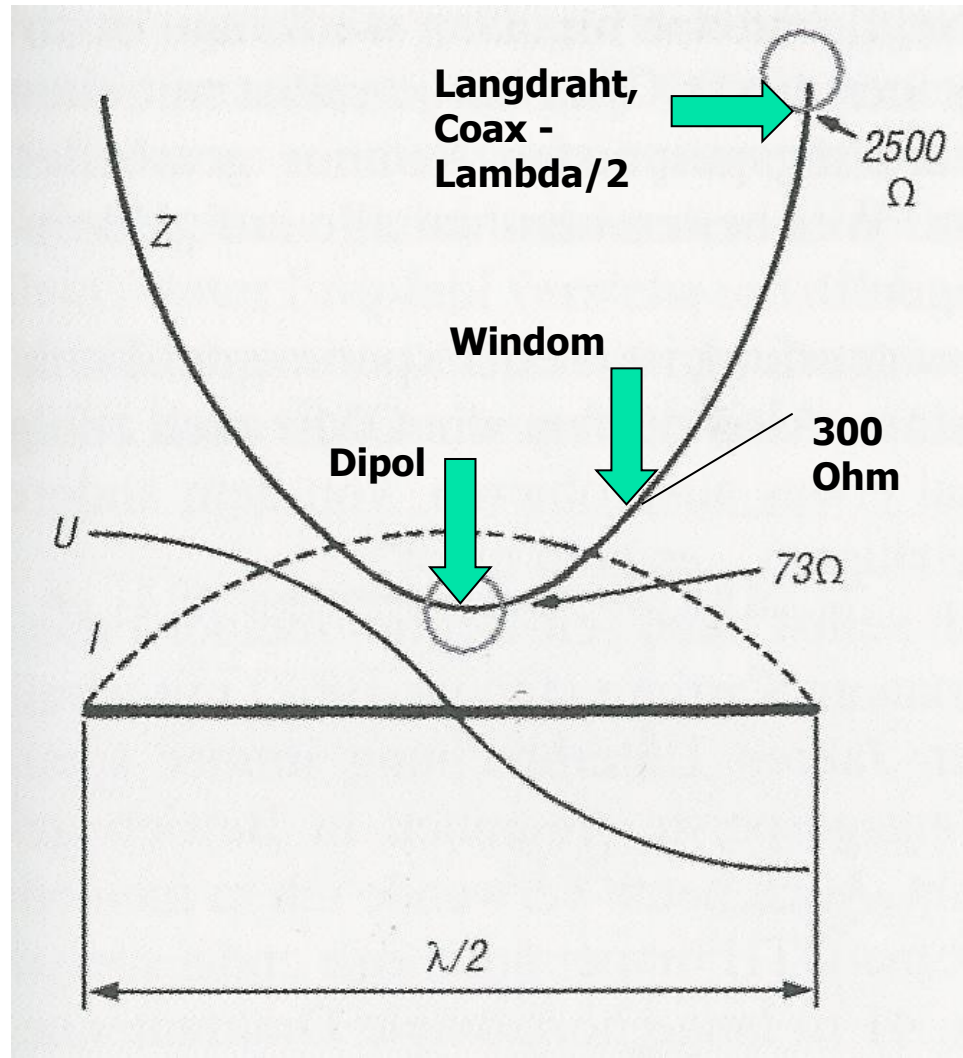


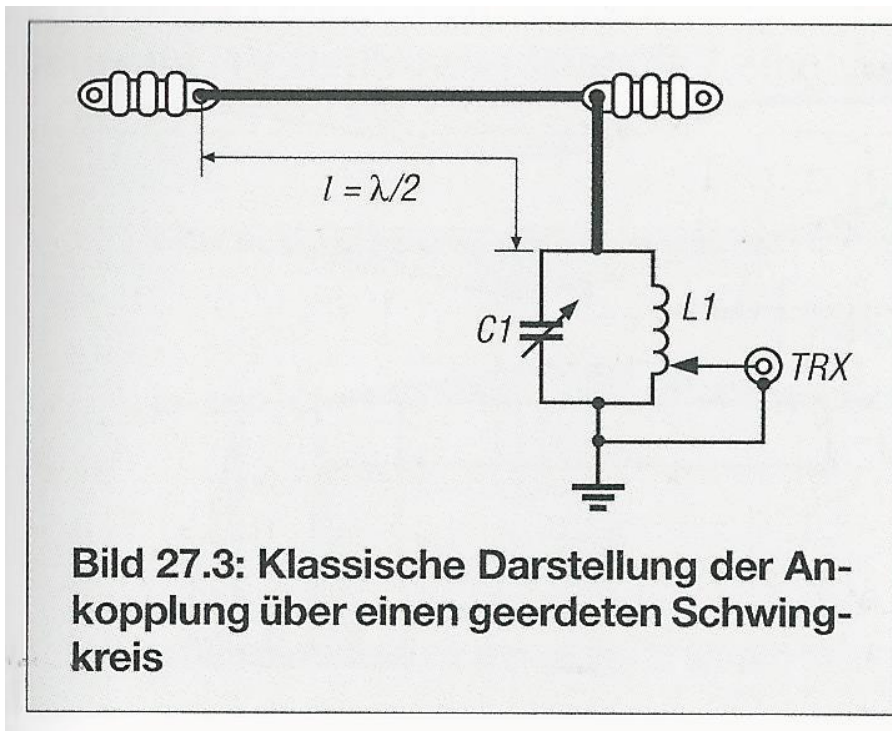
Bild 22.15:  
Langdrahtantenne  
mit Mantelwellensperre  
in der Speiseleitung

# Impedanzverteilung Lambda/2 Antenne



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!”



# Multiband Antennen

---



# Multiband Dipole (G5RV, ZS6BKW, Doppelzepp )

---

## ■ 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)

Quelle: Internet





# Multiband Dipole (G5RV, ZS6BKW)

## Resonanzen ZS6BKW - G5RV

| Band | Best VSWR | Worst VSWR |
|------|-----------|------------|
| 160m | >100      | >100       |
| 80m  | 8.3       | 18.8       |
| 40m  | 1.1       | 1.4        |
| 30m  | 87        | 89         |
| 20m  | 1.2       | 3.2        |
| 17m  | 1.4       | 1.6        |
| 15m  | 80        | 90         |
| 12m  | 1.2       | 1.4        |
| 10m  | 1.5       | 9.7        |

| Band | Best VSWR | Worst VSWR |
|------|-----------|------------|
| 160m | >100      | >100       |
| 80m  | 3.2       | 12.6       |
| 40m  | 4.9       | 5.9        |
| 30m  | 48        | 49.5       |
| 20m  | 2.5       | 3.7        |
| 17m  | 32.1      | 33.6       |
| 15m  | 6.1       | 12.9       |
| 12m  | 3.6       | 4.6        |
| 10m  | 51        | 59.6       |

Quelle: Internet



# Multiband Dipole G5RV – ZS6BKW

---

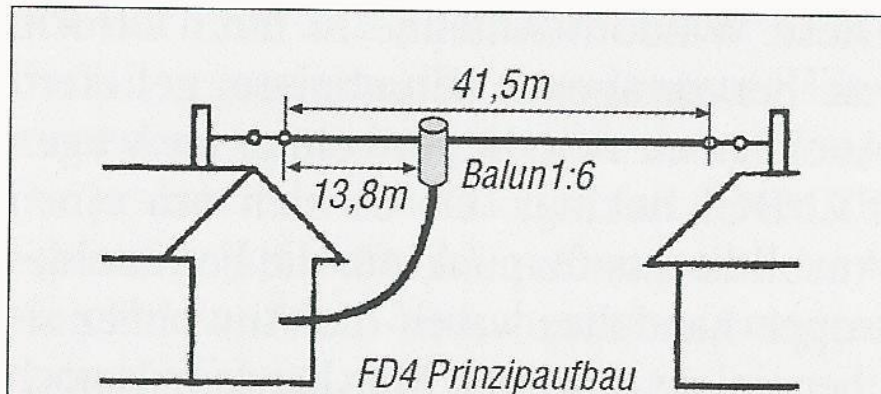
- G5RV als Multiband Antenne kommt ohne Antennentuner (ATU) nicht aus
- ZS6BKW hat einen optimaleren Speisepunkt gefunden, würde auf 20/17/12/10 ohne Tuner auskommen, nicht jedoch auf 80/30/15m
- Fazit: gute Multiband Dipole, aber ohne ATU bei beiden kein sauberer „All Band – Multiband“ Betrieb

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

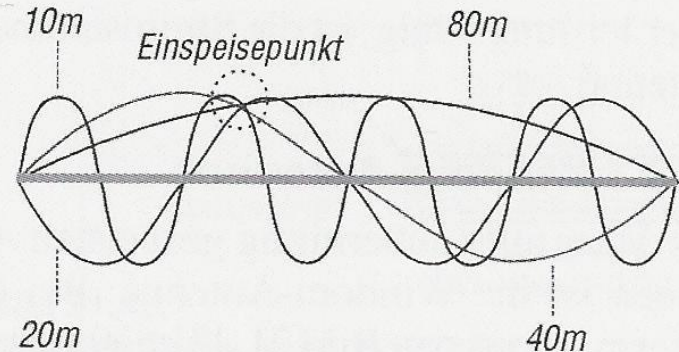
- Übergang 50 Ohm Coax auf 400 - 600 Ohm Hühnerleiter mit 1:1 Balun ist suboptimal, da Speisepunkt - Impedanz  $Z$  am Ende der Hühnerleiter über der Frequenz (fast) niemals 50 Ohm ist.
- Beispiele gemessen:

|           |                      |
|-----------|----------------------|
| 3.65 MHz  | $Z = 26 + j80$ Ohm   |
| 3.50 MHz  | $Z = 23 + j64$ Ohm   |
| 7.05 MHz  | $Z = 57 - j153$ Ohm  |
| 14.15 MHz | $Z = 105 - j30$ Ohm  |
| 14.20 MHz | $Z = 110 - j20$ Ohm  |
| 21.20 MHz | $Z = 250 + j209$ Ohm |
- Besser: ATU am Ende der Hühnerleiter !

# Windom Antennen – FD4



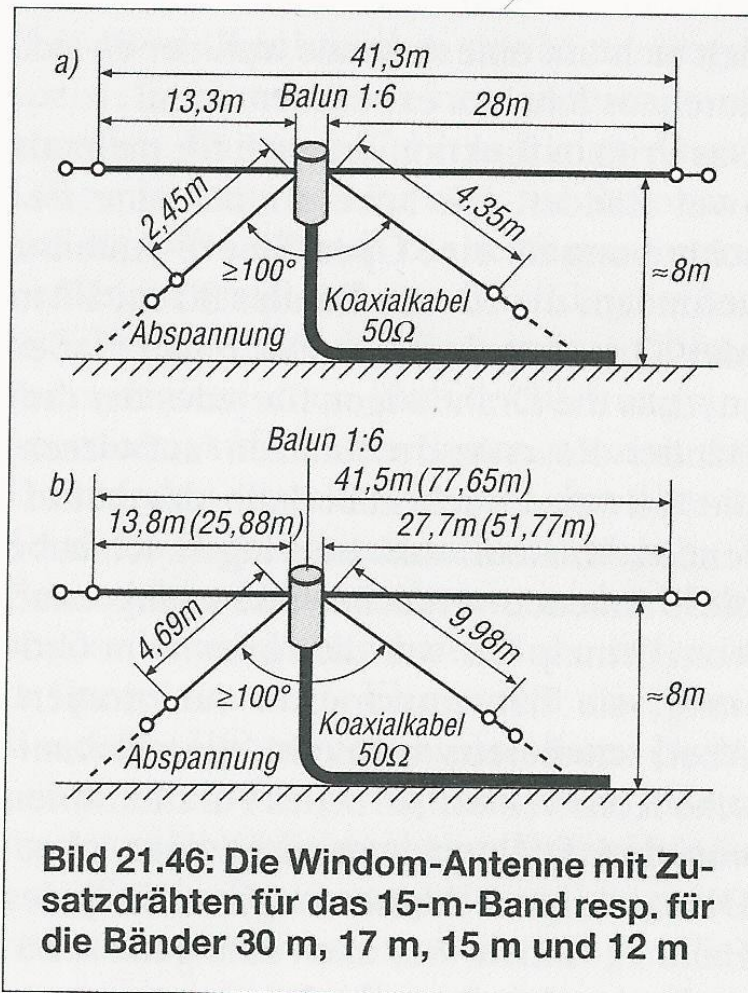
**Bild 21.45:** Grunddaten der bekannten Windom-Antenne FD4 der Fa. Fritzell



**Bild 21.44:** Stromverteilung auf einem ca. 41,5 m langen Antennendraht auf den klassischen Bändern 80 m, 40 m, 20 m, 10 m

Quelle: HB9ACC

# Windom Antenne FD4



+ Dipol für 15m

+ WARC Bänder

Quelle: HB9ACC



# Mantelwellen

---

- 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?

---

- Symmetrische Antennentypen verwenden
- Antennen symmetrisch aufbauen
- Mantelwellensperren verwenden (und an deren Wirkung glauben.....)
- Mantelwellensperren an der richtigen Stelle einbauen!
- .....oder damit leben.....



# Mantelwellen – wenn sie schon mal da sind - kreativ einsetzen

- Die Carolina Window Antenne

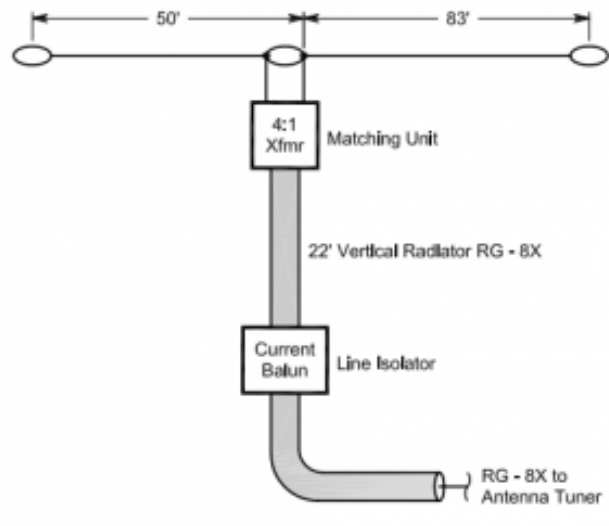
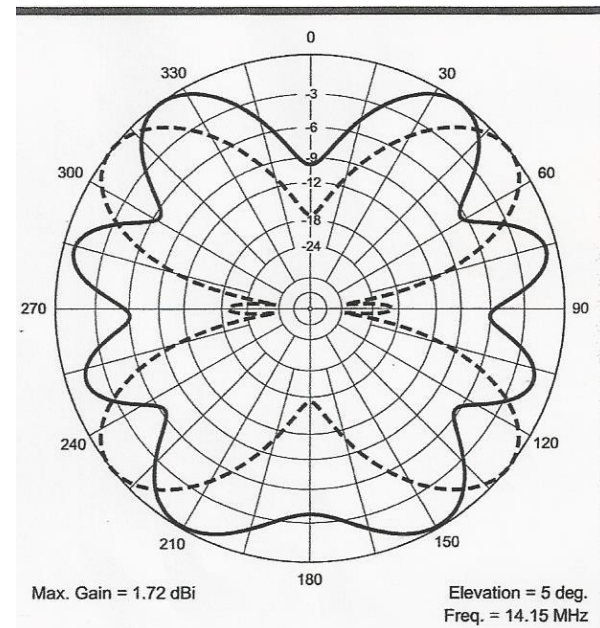
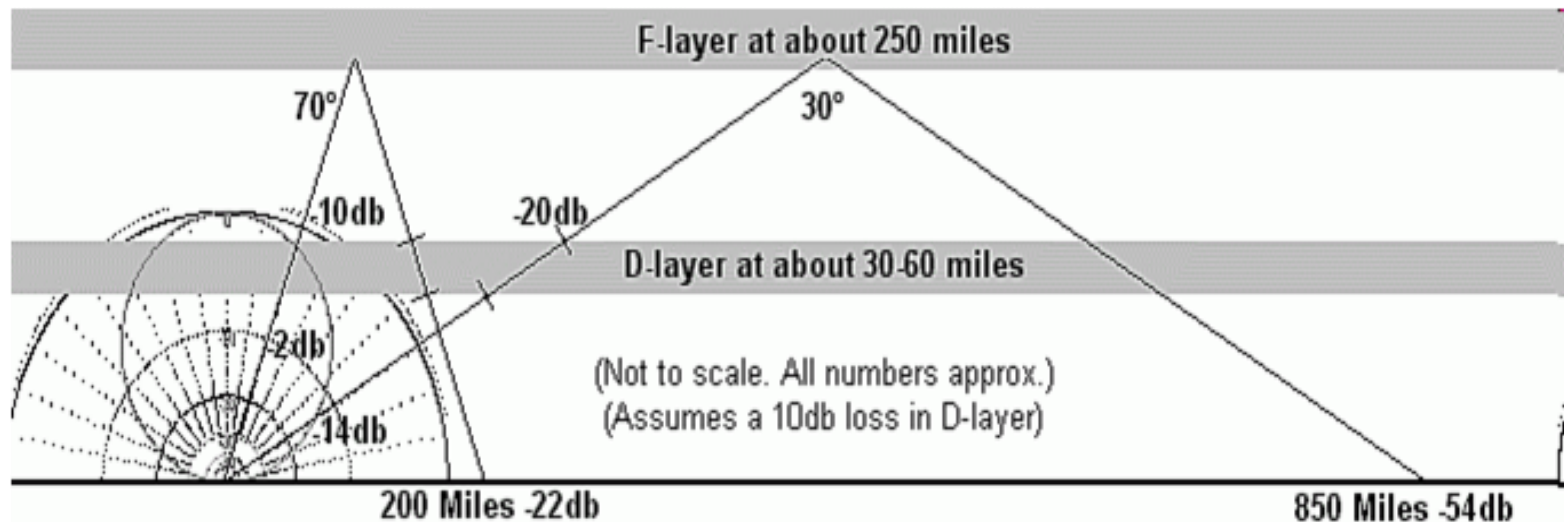


Fig 11—Layout for flattop "Carolina Window" antenna.



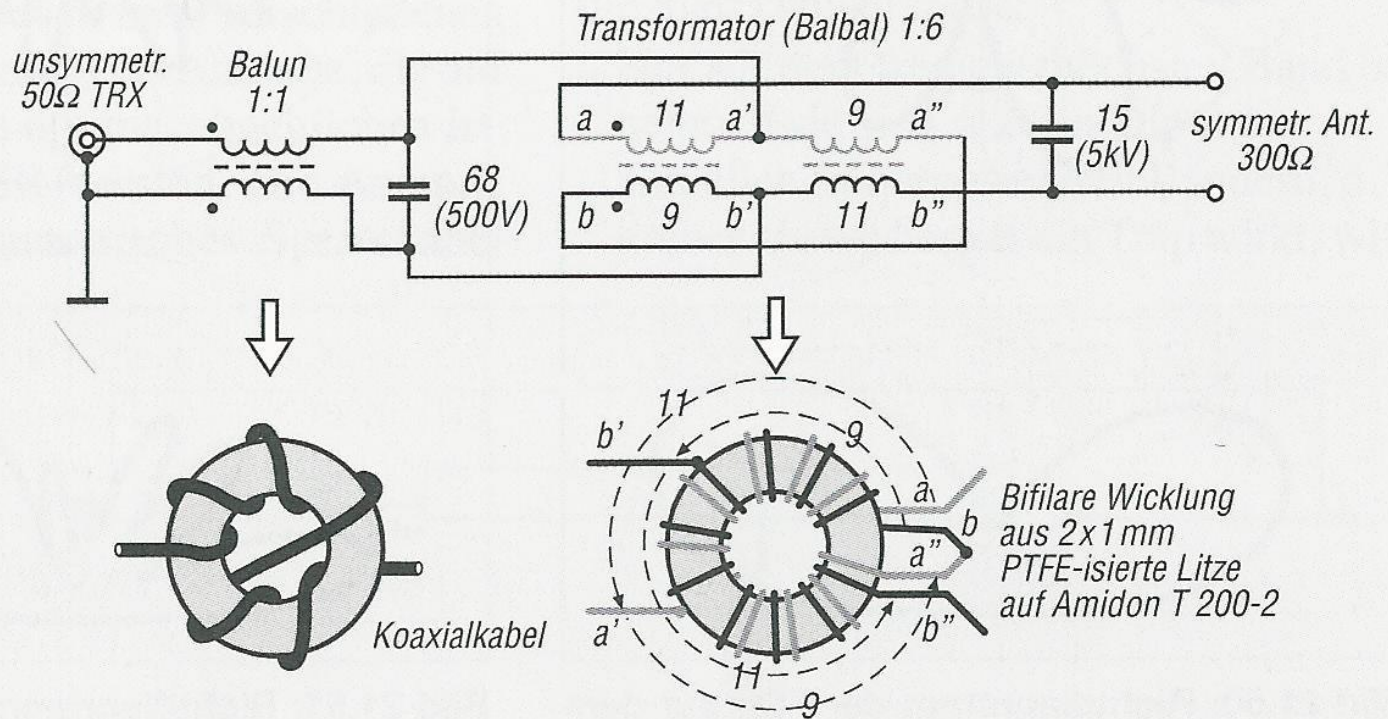
# Eine Anekdote....

- Die „Carolina Windom“ Antenne entstand dadurch, dass WY4R in Virginia und WA4LVB in North Carolina mit einer „normalen“ Dipol – oder Windom Antenne in Folge der fehlenden Steilstrahlung keine Verbindung bekommen konnten.
- Mit der Modifikation ging es dann.....



Quelle Rothammel 13., S. 301

# Windom Antenne Anpassung und Mantelwellen – Fritzel FD4



**Bild 21.47:**  
Schema  
der Anpass-  
schaltung  
am Speise-  
punkt einer  
FD4-Windom-  
Antenne

# 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

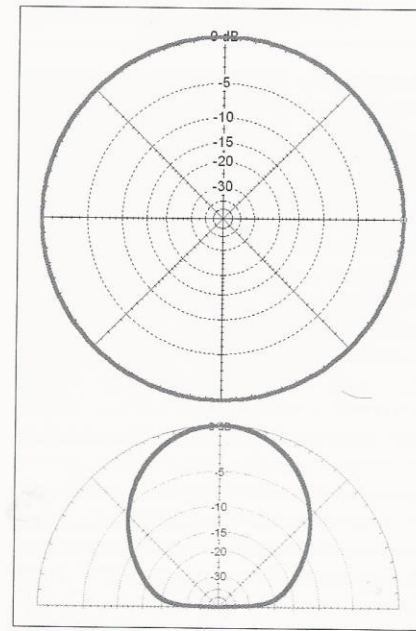


Bild 21.48: Richtdiagramm der FD4 auf dem 80-m-Band

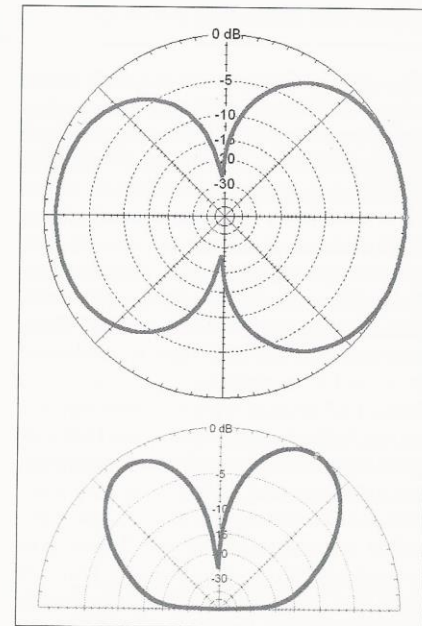


Bild 21.49: Richtdiagramm der FD4 auf dem 40-m-Band

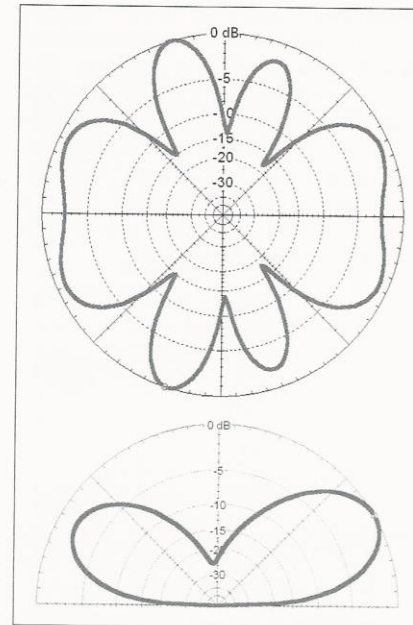


Bild 21.50: Richtdiagramm der FD4 auf dem 20-m-Band

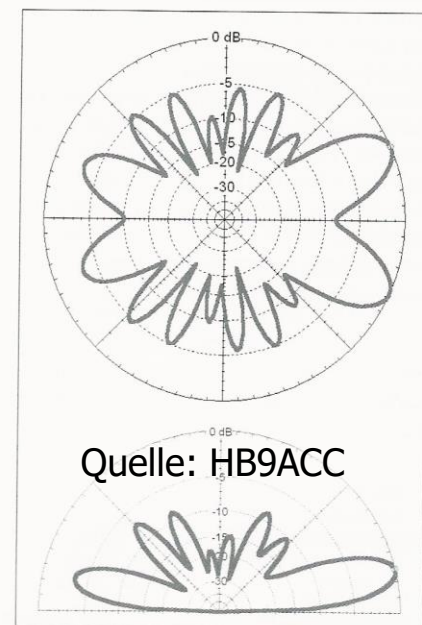
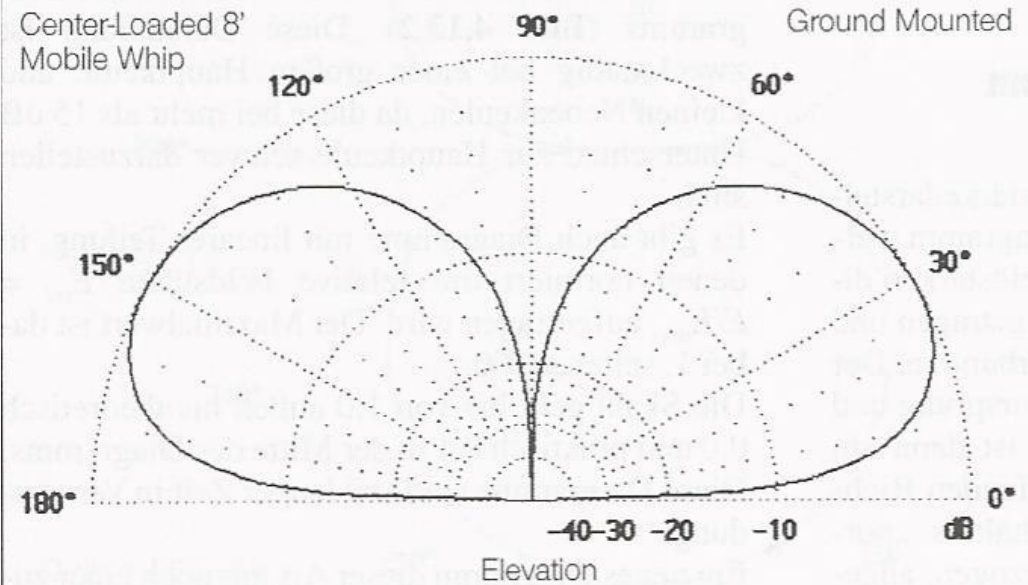
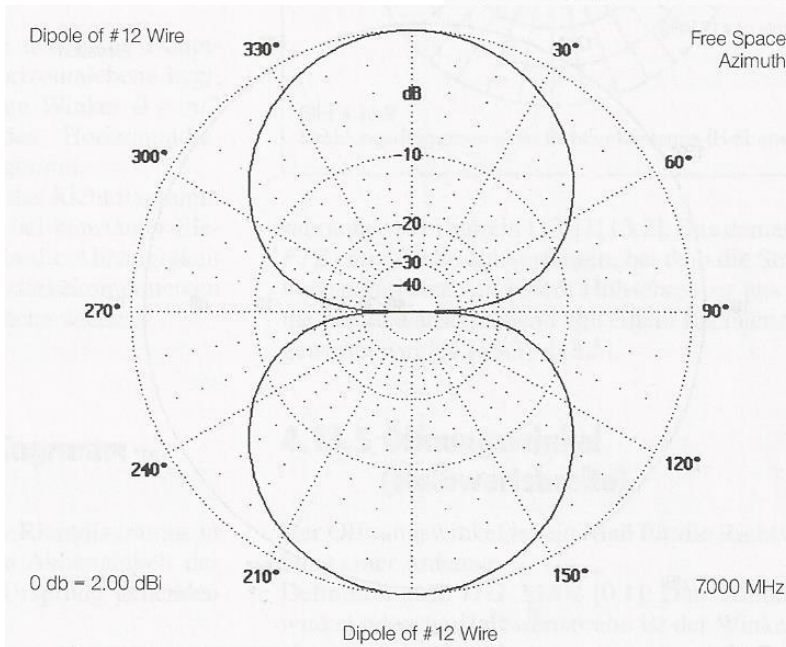
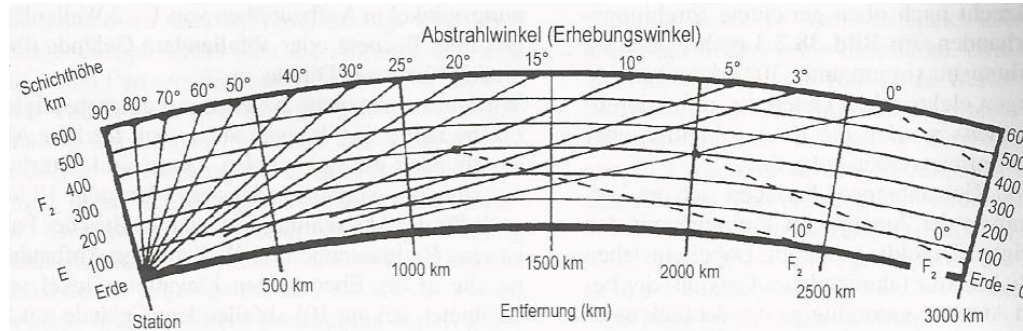


Bild 21.51: Richtdiagramm der FD4 auf dem 10-m-Band

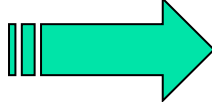


# Relevanz von Strahlungsdiagrammen

(oder -30 dB sind immerhin 5 S – Stufen weniger....)



Quelle: Rothammel 13, 38.2.4 , 4.13.1

DUMMIES ?  EXPERTS !

Tnx es cuagn!

---

Hans, DJ8EI/PA8EI

OV G09