

# Theoretische Betrachtung von Antennen

## 6. Antennentestwochenende

09. – 11. Mai 2014

# Antennensimulation

MMANA-GAL basic C:\MMANA-GAL\_Basic\ANT\VHF beams\3DQ6.MAA

Geometrie Antennenansicht Berechnen Fernfelddarstellung

Name 3ele (Diamond) Quad 6m Freq 50.25 MHz  Lambda

Drähte 12 Automat. Segmentation: DM1 400 DM2 40 SC 2 EC 2  Verbunden halten

No.	X1(m)	Y1(m)	Z1(m)	X2(m)	Y2(m)	Z2(m)	R(mm)	Seg.
1	0.0	1.093	0.0	0.0	0.0	-1.093	0.8	-1
2	0.0	-1.093	0.0	0.0	0.0	-1.093	0.8	-1
3	0.0	-1.093	0.0	0.0	0.0	1.093	0.8	-1
4	0.0	1.093	0.0	0.0	0.0	1.093	0.8	-1
5	-1.161	1.118	0.0	-1.161	0.0	-1.118	0.8	-1
6	-1.161	-1.118	0.0	-1.161	0.0	-1.118	0.8	-1
7	-1.161	-1.118	0.0	-1.161	0.0	1.118	0.8	-1
8	-1.161	1.118	0.0	-1.161	0.0	1.118	0.8	-1
9	0.839	1.043	0.0	0.839	0.0	-1.043	0.8	-1

Quellen 1

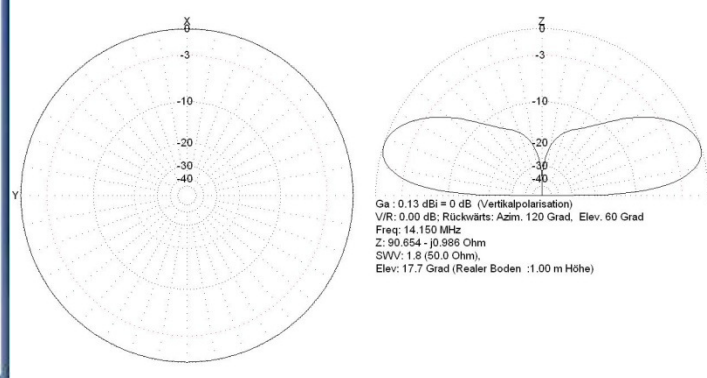
No.	PULSE	Volt. V	Phase dg
1	w2e	1.0	0.0
next			

Lasten 0 (L - uH; C - pF; R/jX - Ohm)  Lasten verwenden

No.	PULSE	Type	L/R/A0	C/jX/B0	Q/A1	F/B1
next						

MMANA-GAL Basic Freeware  
 (deutsche Version)

<http://dl2kq.de/mmana/4-7.htm>

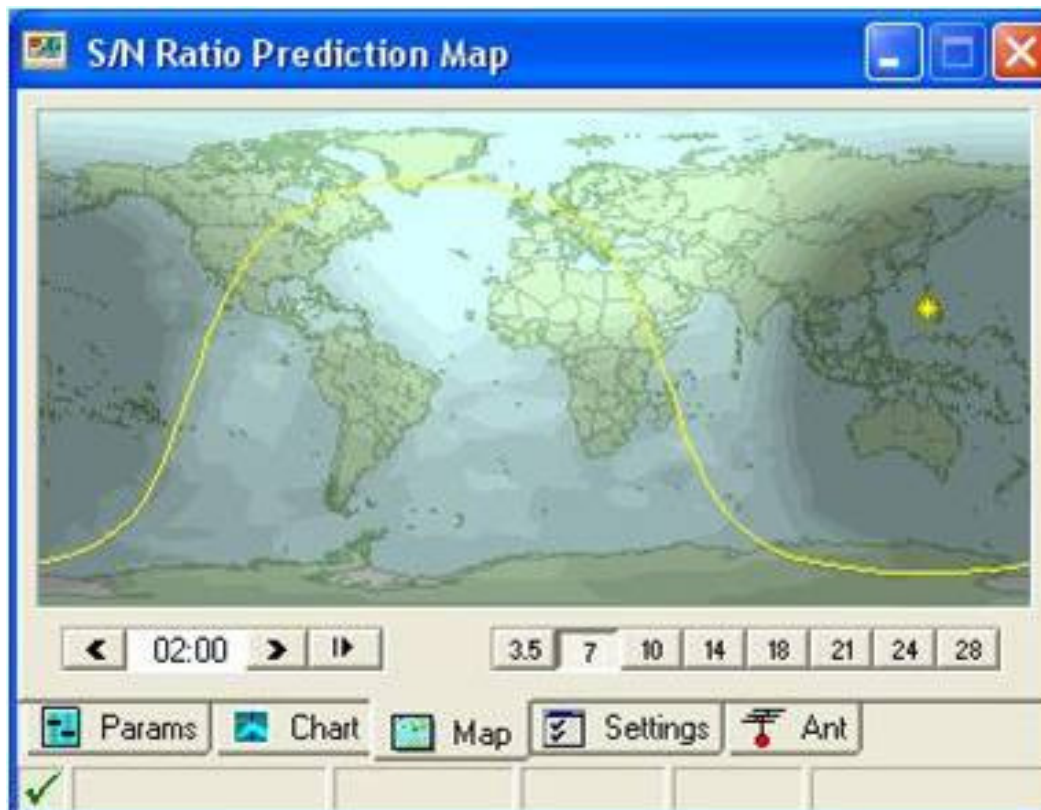


# Beeinflussung des Sendesignals

- **Ausbreitungsbedingungen**
- **Antennenpolarisation**
- **Abstrahlcharakteristik der Antenne und Elevationswinkel (-> Funkziel)**
- **Montagehöhe der Antenne über Grund**
- **Bodenbeschaffenheit**
- **Hindernisse (Bäume, Häuser, Berge usw.)**
- **Erdnetz (vertikal polarisiert)**

# Einflüsse auf Antennen

## - Ausbreitungsbedingungen



Freeware von VE2NEA

<http://www.dxatlas.com/HamCap/>

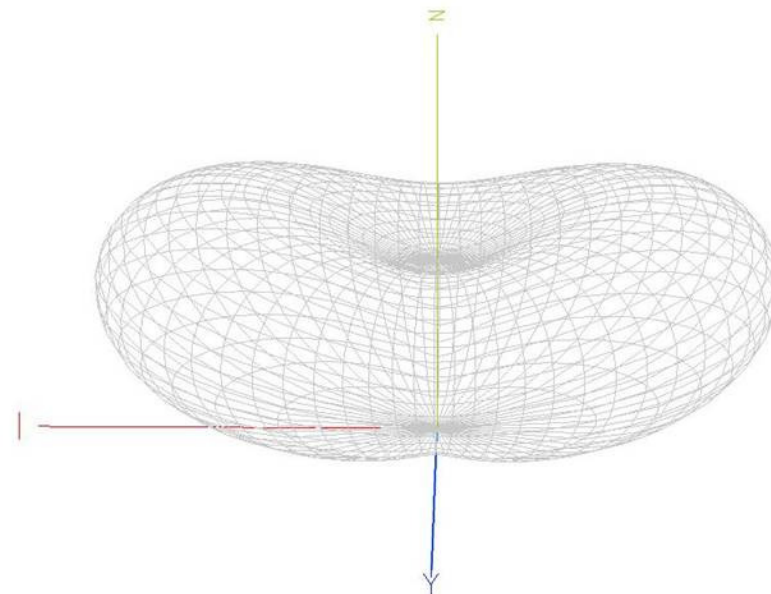
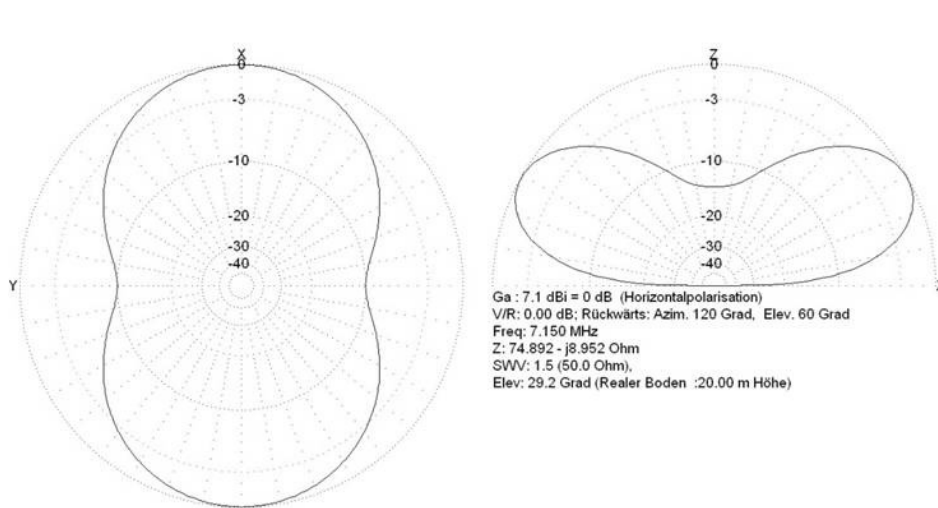
Propagation-Programm VOACAP  
(wird durch HamCap aufgerufen)

<http://www.greg-hand.com>

# Antennenpolarisation auf Kurzwelle

## horizontal

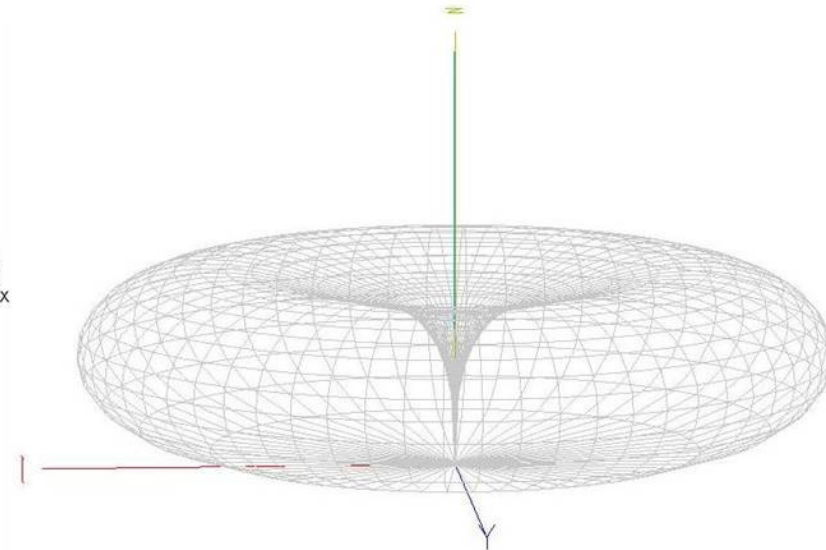
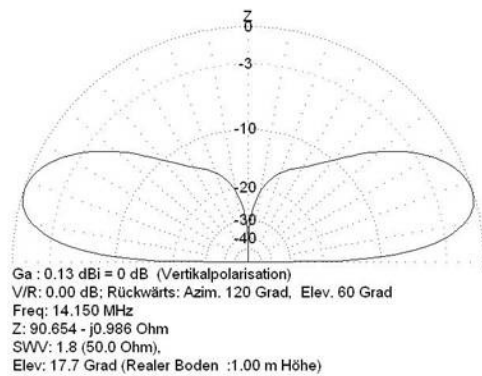
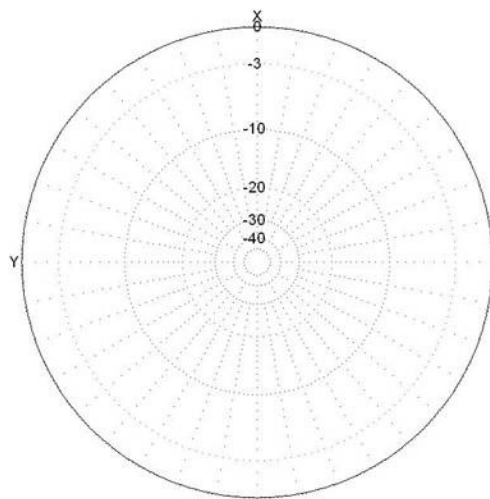
Beispiel: 40m-Dipol ( $1/2 \lambda$ ), 20m hoch



# Antennenpolarisation auf Kurzwelle

## vertikal

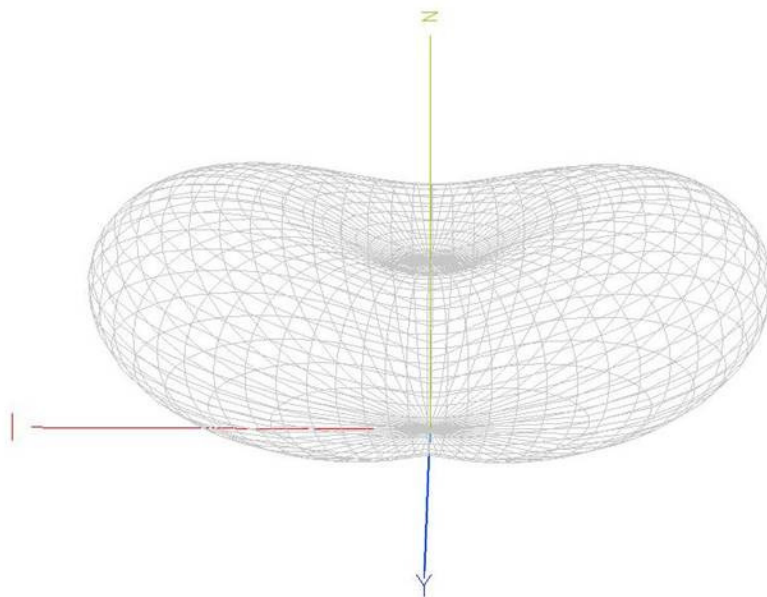
Beispiel: 20m-Dipol vertikal ( $1/2 \lambda$ ), 1m hoch





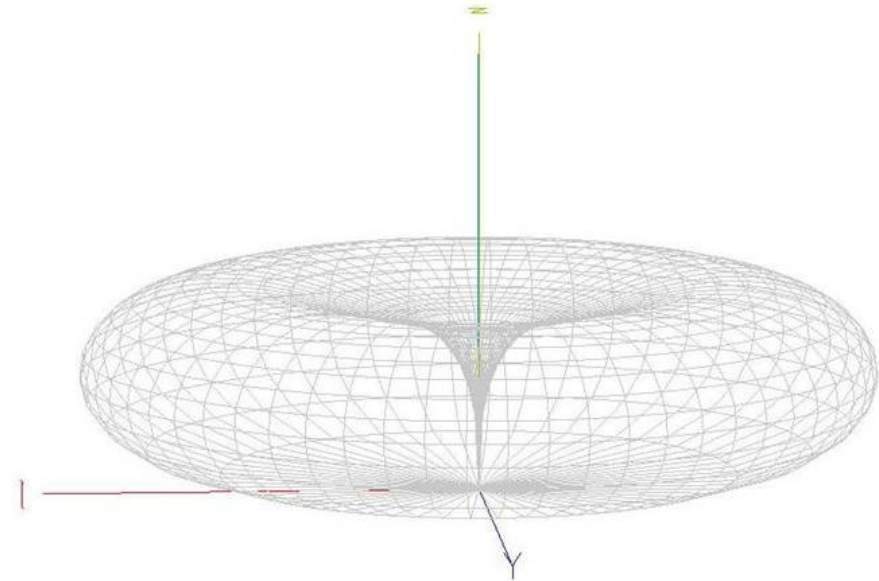
# Antennenpolarisation auf Kurzwelle

horizontal



Elevation: 29,2°  
Gewinn: 7,1 dBi

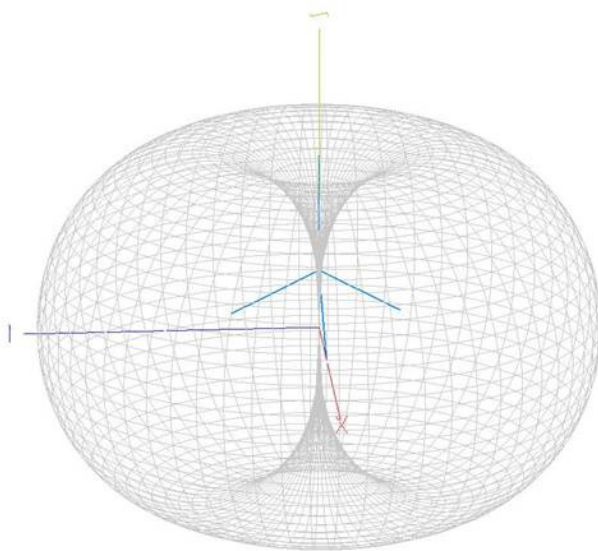
vertikal



Elevation: 17,7°  
Gewinn: 0,13 dBi

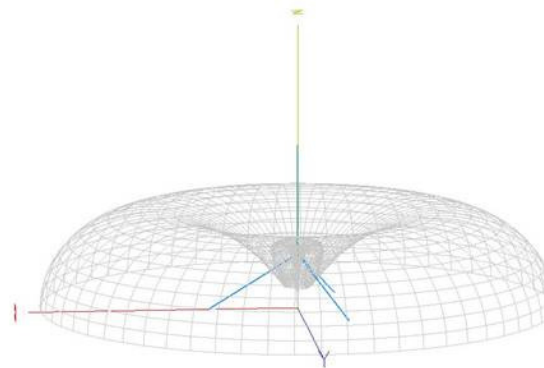
# Antennensimulation

## „Triple leg“-Simulation



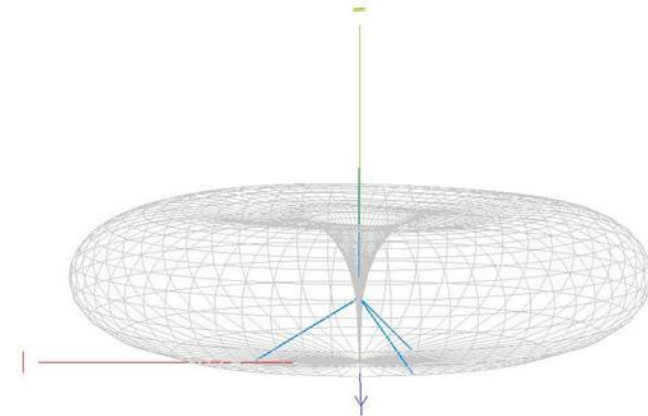
**Freiraum  
(Theorie)**

Antenne befindet sich unendlich  
weit weg von anderen Objekten



**Ideal  
(ohne Bodenverluste)**

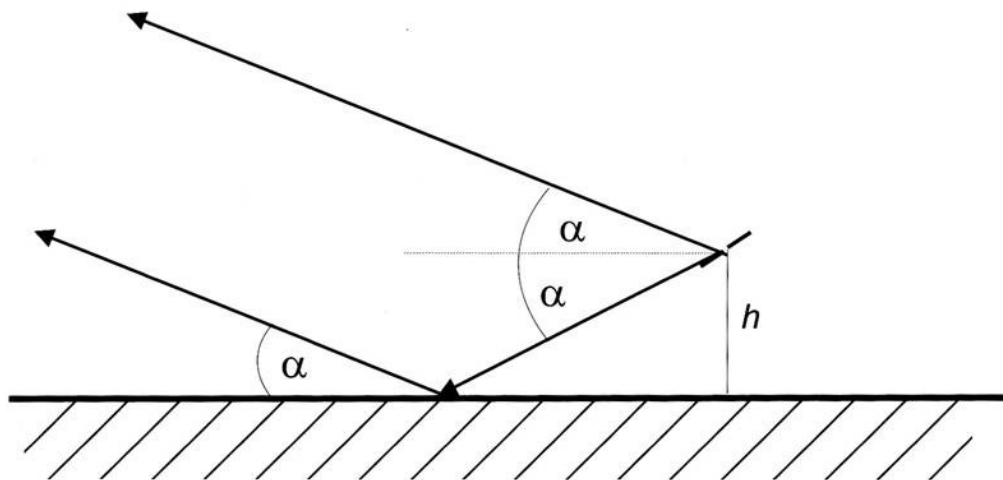
Die Erde ist eine unendliche Ebene,  
die die nach unten gerichtete  
Strahlung reflektiert



**Real  
(mit Bodenverlusten)**



# Abstrahlcharakteristik (Dipol über realem Boden)



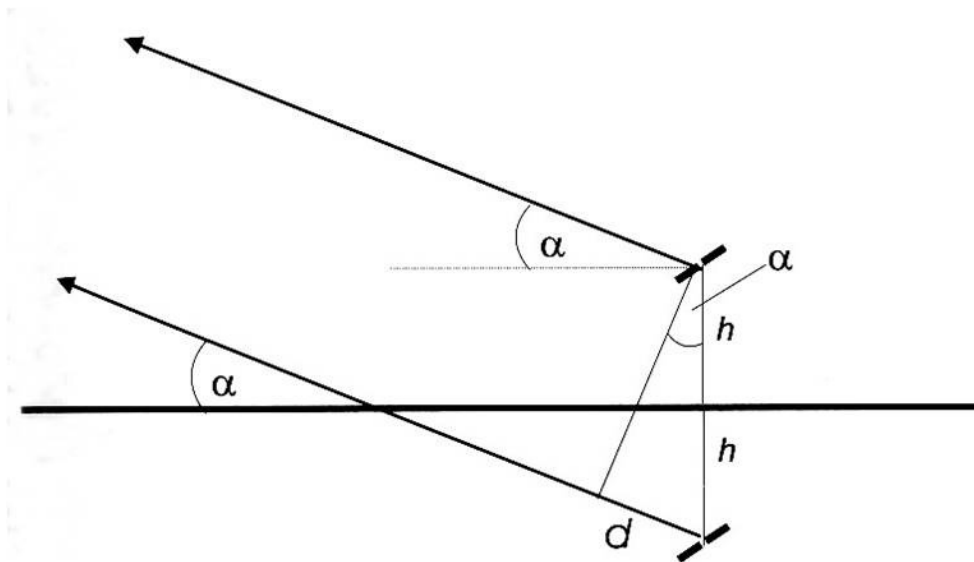
Die in Richtung Erde gehende Strahlung wird von dort reflektiert

Direkte und indirekte Strahlung (bei beliebigen Winkel  $\alpha$ ) verlaufen parallel, aber zeitlich unterschiedlich

Die vektorielle Addition kann durch die zeitliche Phasenverschiebung zu einer Stärkung oder Schwächung des Signals führen

Bodenbeschaffenheit und Antennenhöhe  $h$  beeinflussen das Signal zusätzlich

# Abstrahlcharakteristik (Dipol über realem Boden)



Zum besseren Verständnis der zeitlichen Phasenverschiebung wird die Antenne gespiegelt

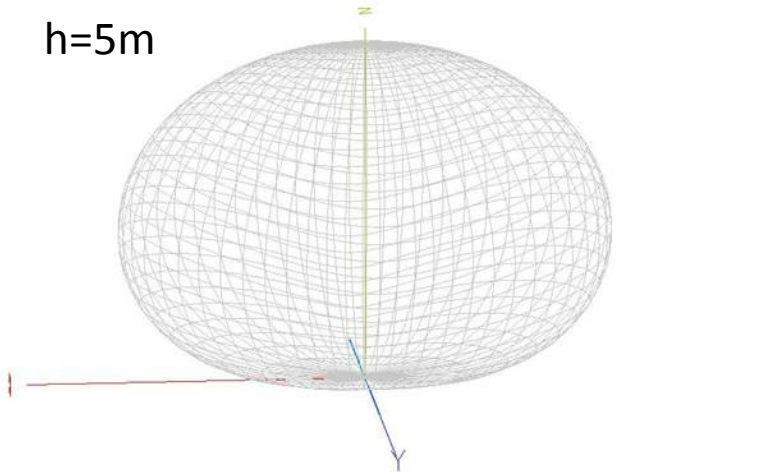
Die reflektierte Welle legt einen längeren Wegabschnitt „d“ zurück und benötigt dadurch mehr Zeit

So kann die vektorielle Addition das Signal verstärken oder abschwächen

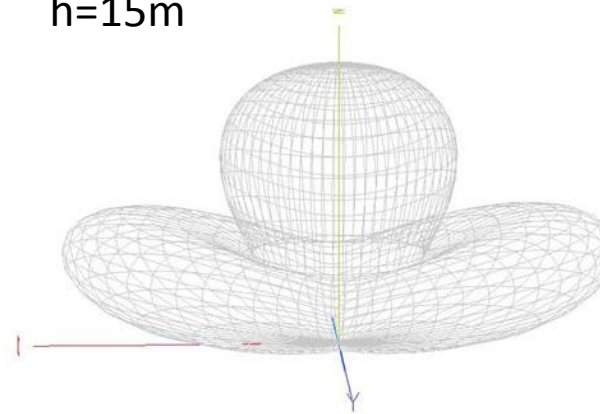
Es entsteht ein entsprechend geformtes Richtdiagramm

# Montagehöhe 20m-Dipol ( $\frac{1}{2} \lambda$ ) über realem Grund

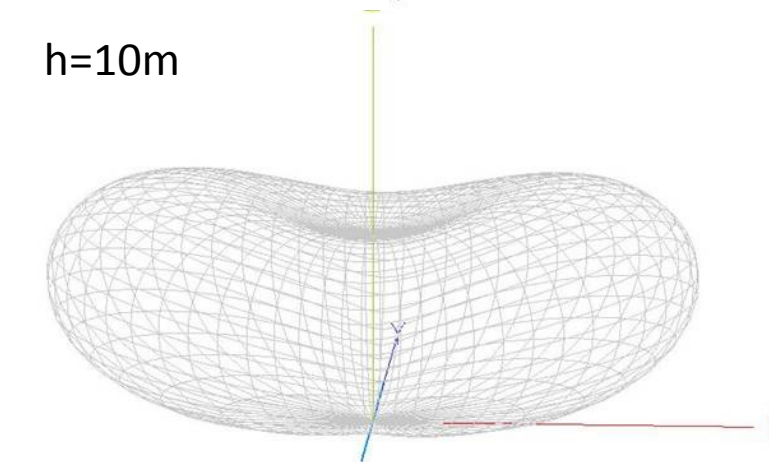
h=5m



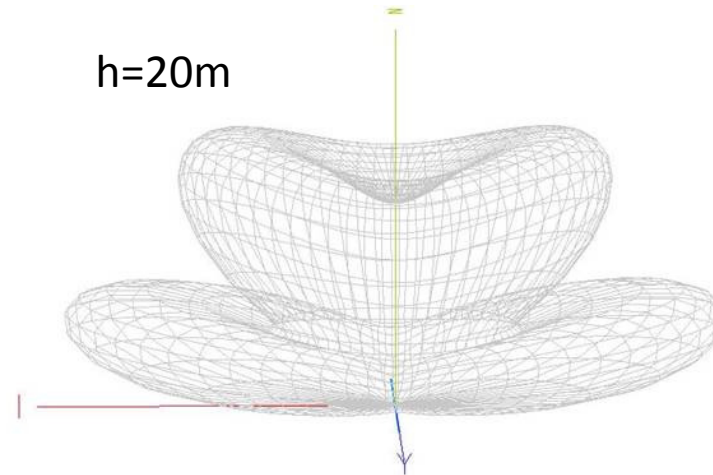
h=15m



h=10m

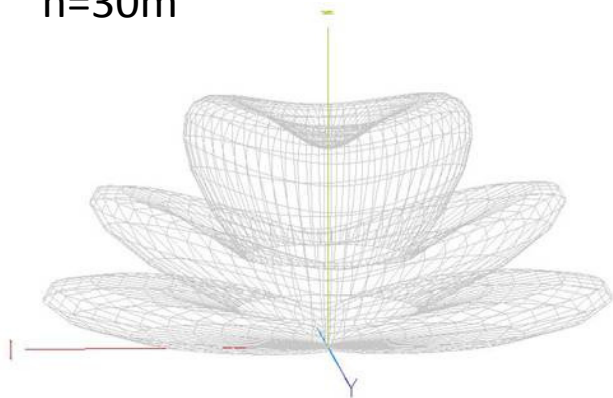


h=20m



# Montagehöhe $\frac{1}{2} \lambda$ -Dipol über Grund

h=30m



MMANA-GAL basic

Datei Bearbeiten Tools Einstellungen Hilfe MMANA-GALpro

Geometrie Antennenansicht Berechnen Fernfelddarstellung

Freq 14.150 MHz

Erdboden  
 Freiraum  
 Ideal  
 Real Eigenschaften

Höhe 30.00 m

Material Cu Draht

WELLENLÄNGE = 21.187 (m)  
 PULSENANZAHL = 45  
 DER NIEDRIGSTE PUNKT DER ANTENNE = 30.000 M  
 FILL MATRIX...  
 FACTOR MATRIX...  
 QUELLE U (V) I (mA) Z (Ohm) SWW  
 w1c 1.00+j0.00 9.47-j4.43 86.60+j40.55 2.24  
 STROME...  
 FERNFELD ...  
 KEINE FEHLER  
 0.06 sec

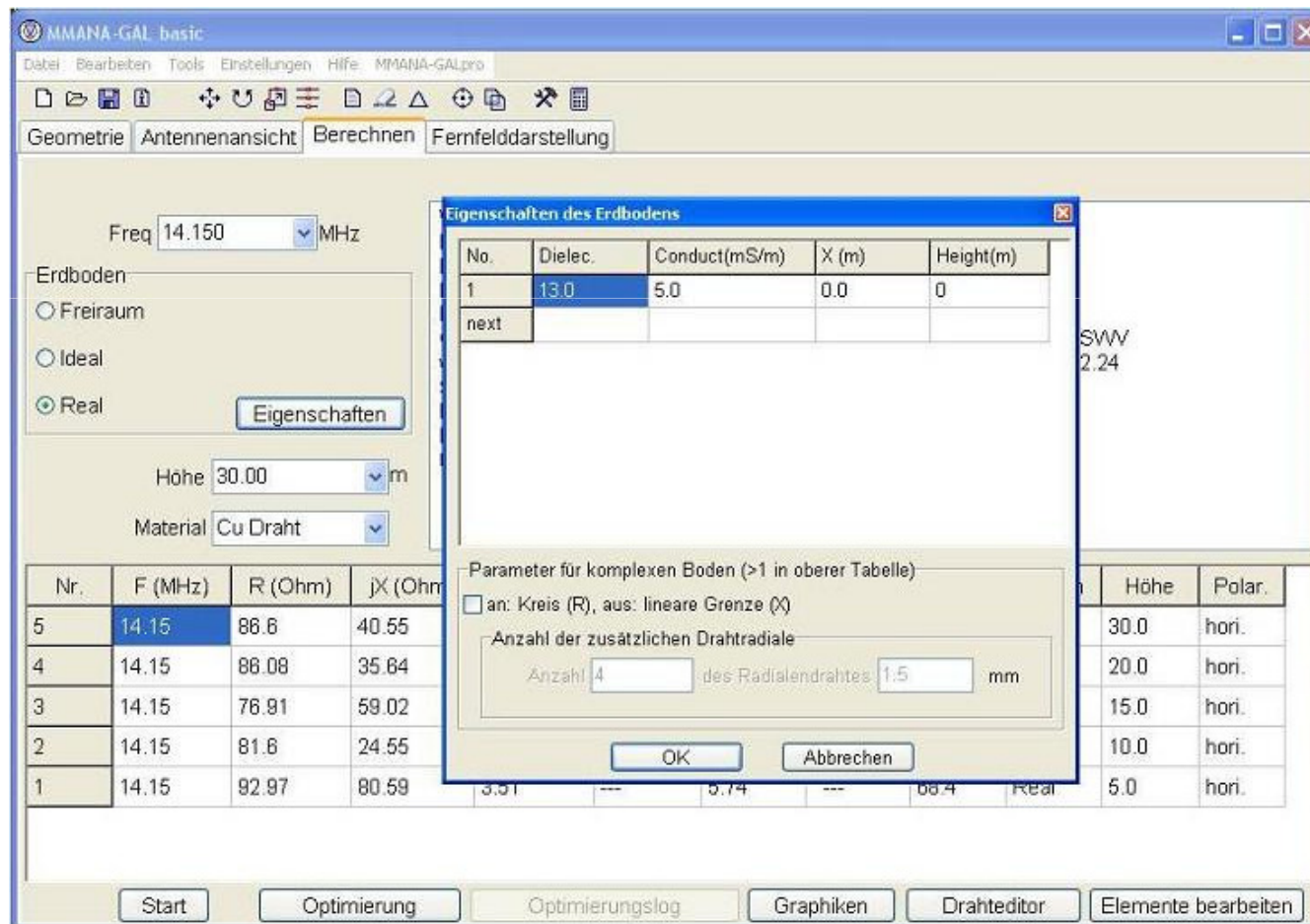
Nr.	F (MHz)	R (Ohm)	jX (Ohm)	SWV 50	Gh dBd	Ga dBi	V/R dB	Elev.	Boden	Höhe	Polar.
5	14.15	86.6	40.55	2.24	---	7.4	---	9.9	Real	30.0	hori.
4	14.15	88.08	35.64	2.13	---	7.22	---	14.8	Real	20.0	hori.
3	14.15	76.91	59.02	2.73	---	7.64	---	19.6	Real	15.0	hori.
2	14.15	81.6	24.55	1.85	---	6.89	---	29.5	Real	10.0	hori.
1	14.15	92.97	80.59	3.51	---	5.74	---	68.4	Real	5.0	hori.

Start Optimierung Optimierungslog Graphiken Drahteditor Elemente bearbeiten

## Bodenbeschaffenheit

	Leitfähigkeit $\sigma$ [mS/m]	rel. Dielektrizitätskonstante $\epsilon_r$
Salzwasser	5.000,0	80
Süßwasser	1,0	81
Ländliches Gebiet, sehr gute LF	30,3	20
Ländliches Gebiet, gute LF	10,0	14
Ländliches Gebiet, sumpfig	7,5	12
Ländliches Gebiet, mittlere LF	6,0	13
Lehmboden	5,0	13
Felsiger Boden	2,0	13
Trockener, sandiger Boden	2,0	10
Städtisches Gebiet, sehr schlechte LF	1,0	5
Industriegebiet, hohe Gebäude, sehr schlechte Bodenverhältnisse	1,0	3

# Bodenbeschaffenheit (Simulation)



The screenshot shows the MMANA-GAL basic software interface. The 'Eigenschaften des Erdbodens' dialog box is open, displaying the following table:

No.	Dielec.	Conduct(mS/m)	X (m)	Height(m)
1	13.0	5.0	0.0	0
next				

Below the table, there are input fields for 'Anzahl' (4) and 'des Radialendrahles' (1.5 mm). The 'OK' and 'Abbrechen' buttons are visible at the bottom of the dialog box.

In the background, the main software window shows the 'Eigenschaften' button for the 'Real' ground model, a frequency of 14.150 MHz, a height of 30.00 m, and a material of 'Cu Draht'. A table at the bottom of the main window shows the following data:

Nr.	F (MHz)	R (Ohm)	jX (Ohm)
5	14.15	86.6	40.55
4	14.15	86.08	35.64
3	14.15	76.91	59.02
2	14.15	81.6	24.55
1	14.15	82.97	80.59

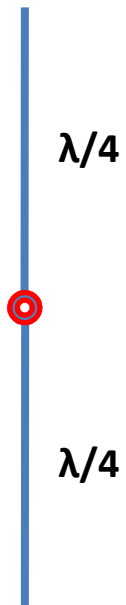


## Hindernisse (Bäume, Häuser, Berge usw.)

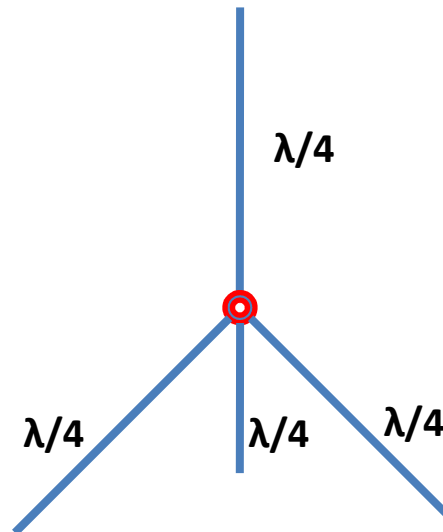
- Jegliche Art natürlicher (Bäume, Berge) oder künstlicher Hindernisse (Häuser) führen zu einer Veränderung der Antennenabstrahlung im Freiraum.
- Die Beeinträchtigung durch Bäume hängt von Typ und Jahreszeit ab (Blätter) (\*)
- Nach Untersuchungen von Carl Luetzelschwab (K9LA) sollten Vertikale einen Abstand von mindestens 0,023 Wellenlängen zum Baumstamm haben. (\*)  
(d.h. 3,8m auf 160m; 2m auf 80m; ca. 1m auf 40m)
- Die zusätzlichen Verluste durch Belaubung bei im Wald aufgespannten Antennen sind höher, je niedriger das Band und je niedriger der Abstrahlwinkel sind. (\*)  
(Abstrahlwinkel von 20° führen auf 160m zu 9dB Verlust, auf 80m 6dB)
- Antennenstandorte an abfallenden Geländen können durch Mehrfachreflexion an der schiefen Ebene zur Stärkung der Abstrahlcharakteristik führen.

(\*) Quelle: „Der Einfluss von Bäumen auf Antennen für die unteren Bänder“ nach einem Beitrag von Carl Luetzelschwab (K9LA) in NCJ, Vol. 34, N° 2; übersetzt von J. A. Weigl (OE5CWL)

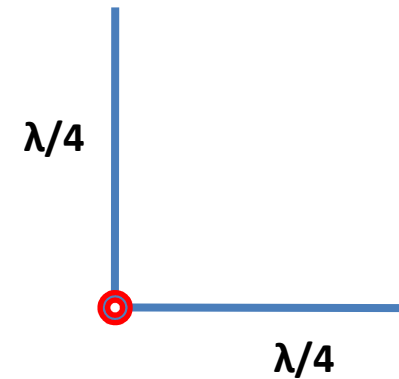
# Das Erdnetz von Vertikalantennen



Vertikaler Dipol

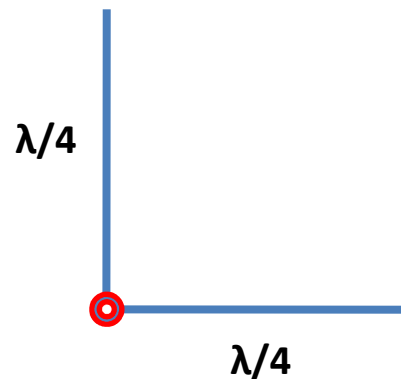


„Triple leg“  
3 Radials, 45°



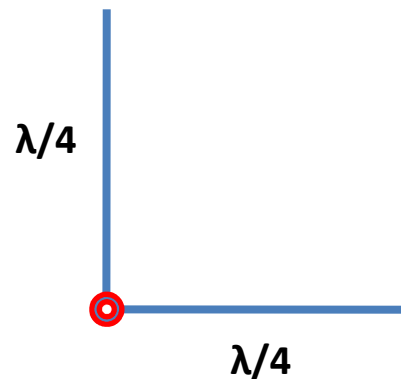
Vertikal mit  
1 Radial

# Das Erdnetz von Vertikalantennen



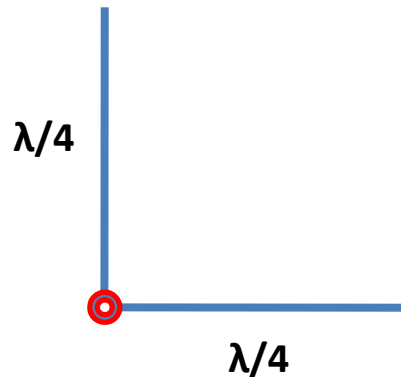
- mindestens 1 Radial pro Band
- auf dem Boden liegende Radials sind längenunkritisch
- Elevated Radials sind isoliert aufzubauen
- Die mechanische Feinabstimmung einer Vertikalen erfolgt
  - a) bei elevated Systemen über die Länge der Radials
  - b) bei Ground-Systemen über die Länge der Vertikalen
- Die Bodenverhältnisse beeinflussen die Effektivität  
(Vertikale am/im Salzwasser haben ein stärkeres Signal)

## Was ist die Aufgabe des Erdnetzes?



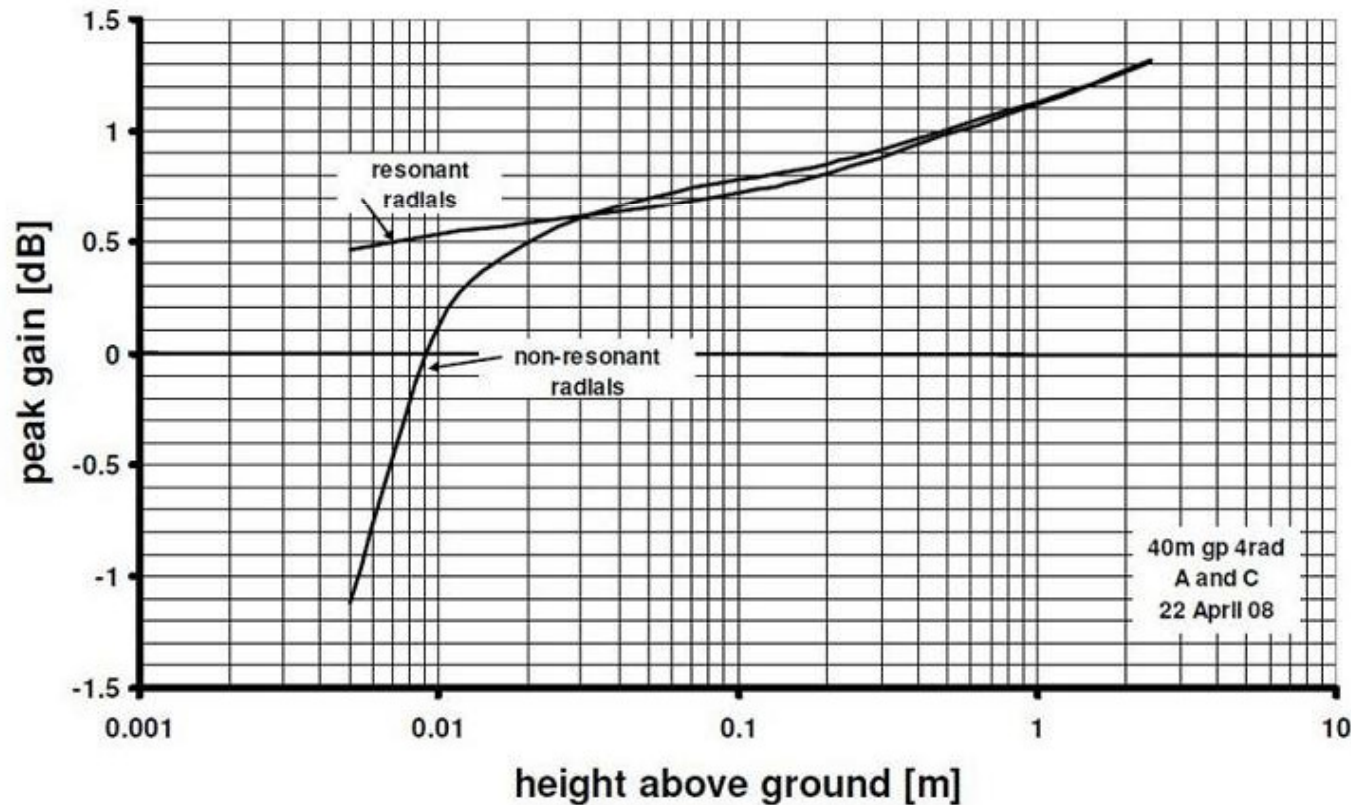
- Es soll die Verlustleistung reduzieren, die in der Nähe der Antenne (innerhalb ca.  $\frac{1}{4}$  Wellenlänge) durch den Boden verursacht wird
- Das Erdnetz vergrößert das Nutzsignal durch Reduzierung der Streuverluste im Boden und maximiert die abgestrahlte Leistung
- Ein Erdnetz wird weder den Abstrahlwinkel noch das Fernfeld einer Vertikalantenne beeinflussen

## Einige typische Fragen zu Vertikalen



- Wie umfangreich muss das Erdnetz sein?
- Kann ich durch Hinzufügen von mehr Radials dB gewinnen?
- Sind einige lange Radials von Vorteil?
- Ist es von Bedeutung, wenn die Radials auf dem Boden liegen?
- Verhalten sich 4 elevated Radials wirklich so gut im Gegensatz zu auf der Erde liegenden Radials?

# Wie ist der Unterschied einiger elevated zu auf der Erde liegenden Radials?



Non-resonant radials =  
gleichbleibende  
Länge 33 ft (10,89m)

resonant radials =  
auf jeweils Resonanz  
angepasste Länge

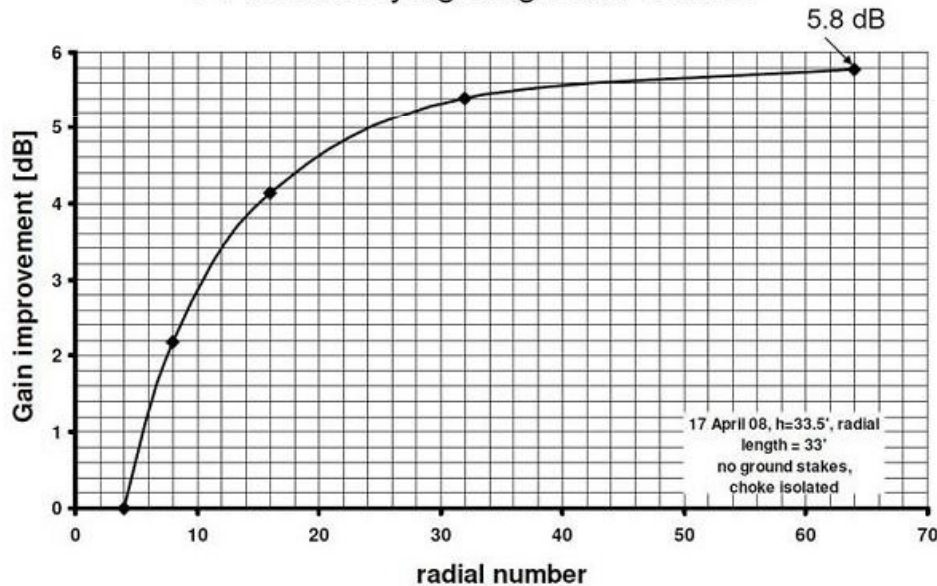


## Wie ist der Unterschied einiger elevated zu auf der Erde liegenden Radials?

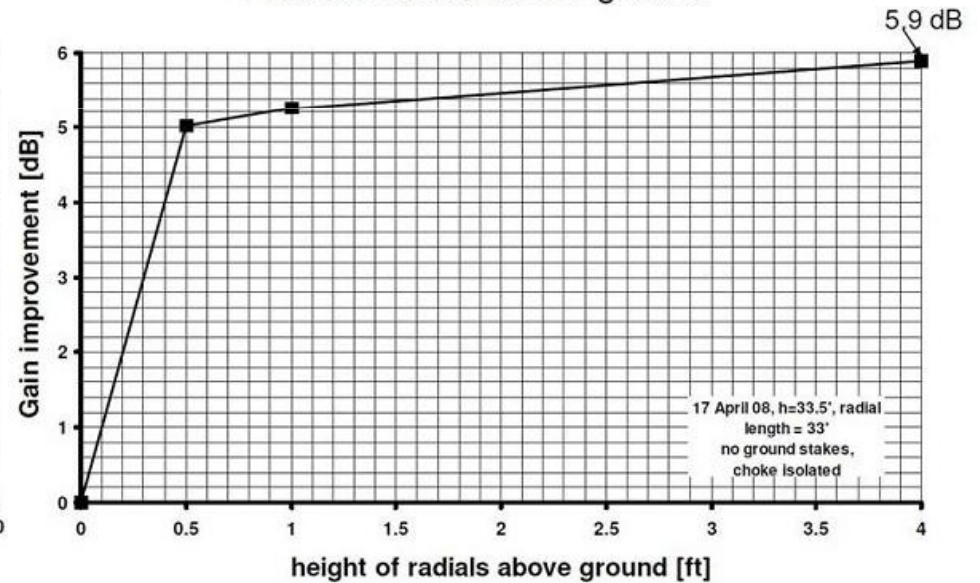
- Sobald der Antennenfußpunkt einschließlich der Radials vom Boden angehoben werden, steigt der Antennengewinn (Peak Gain) sehr schnell an
- Dabei macht schon das Anheben der Radials um wenige Zentimeter einen wesentlichen Unterschied
- Wird der Antennenfußpunkt einschließlich der Radials um mehrere Fuß (ft = 33cm) angehoben, wird der maximal erreichbare Antennengewinn von 4 elevated Radials nahezu dem von 64 auf dem Boden liegenden Radials entsprechen
- Auch eine Anzahl kurzer, resonanter Radials sind dabei nicht so effektiv wie 4 elevated Radials

# Wie ist der Unterschied einiger elevated zu auf der Erde liegenden Radials?

4-64 radials lying on ground surface



4 radials raised above ground



# Wie ist der Unterschied einiger elevated zu auf der Erde liegenden Radials?

Demnach würde das Ergebnis lauten:

**4 elevated Radials sind alles was man braucht!**

Das ist aber so nicht ganz richtig!

Antennen mit nur wenigen elevated Radials leiden unter mehreren Problemen:

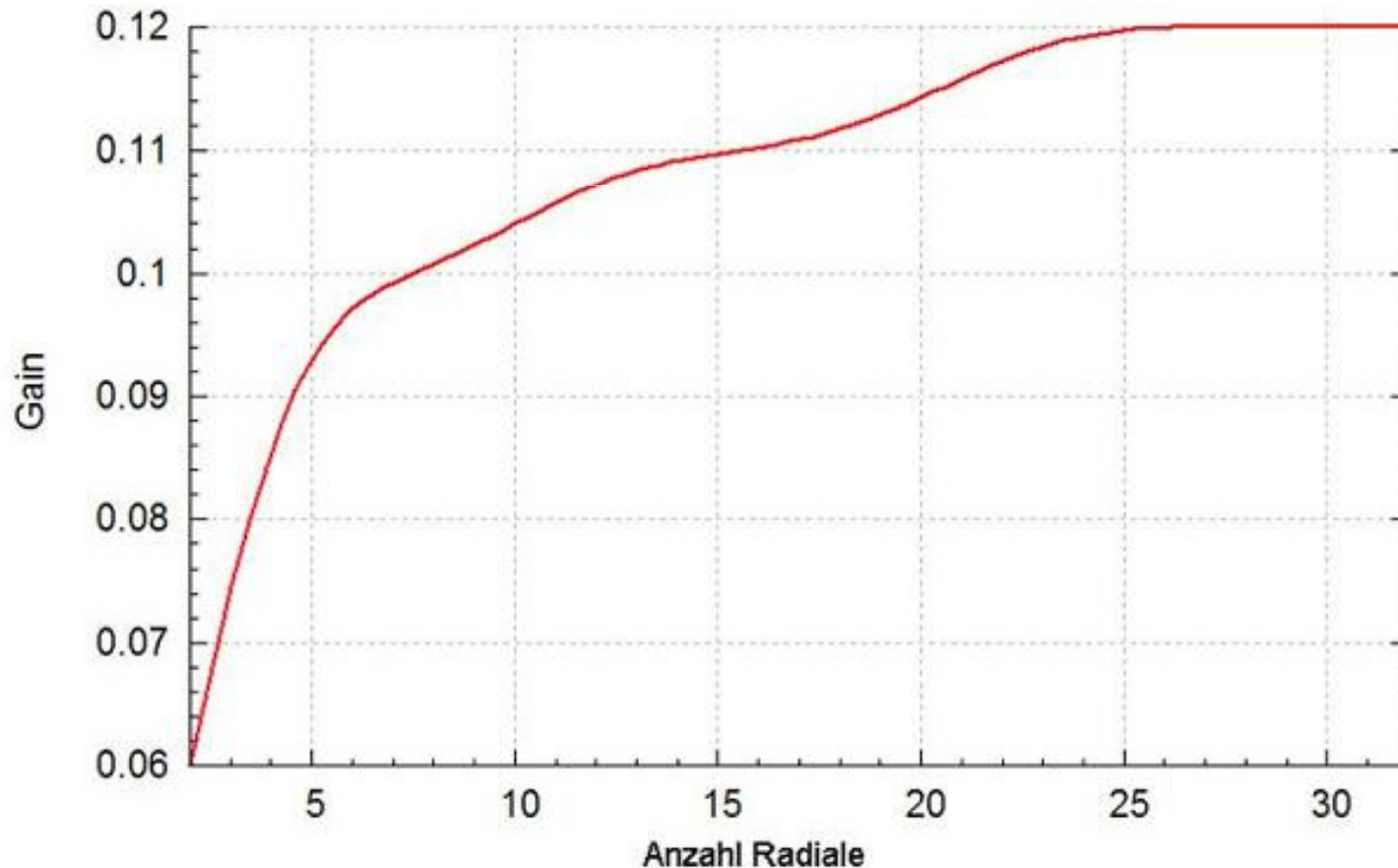
- Elevated Radials tunen die Vertikale
- Asymmetrische Ströme in den Radials führen zu ungleichförmiger Abstrahlung
- Antennenabstimmung und Stromsymmetrie sind sehr empfindlich gegenüber den Bodenverhältnissen, mechanischen Bewegungen der Radials sowie der Nähe von stromführenden Leitern

## Mehr als 4 elevated Radials:

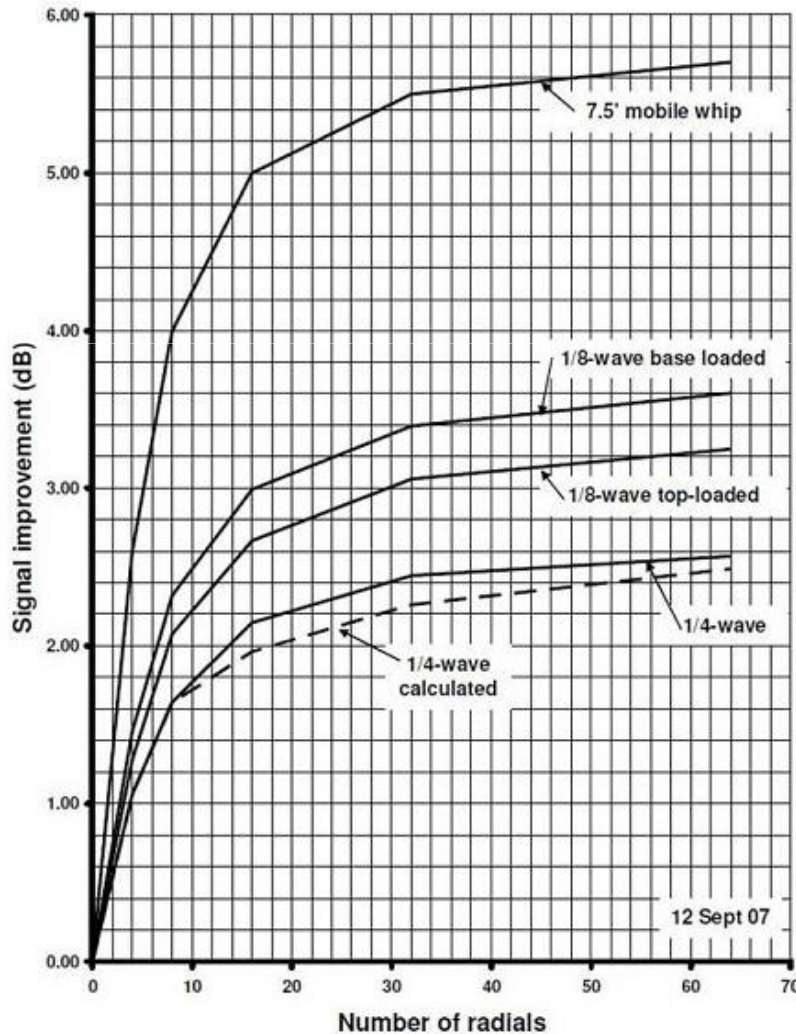
- Asymmetrien in den radialen Strömen nehmen ab
- Das Tunen ist weniger empfindlich
- Der reaktive Teil der Antennenfußpunkt-Impedanz wird sich mit dem Hinzufügen von immer mehr Radials langsamer ändern.
- Es ergibt sich eine höhere SWR-Bandbreite.
- Aber: Die Verluste durch den Boden werden sich nicht viel verringern!

# Resonante Radials oberhalb des Bodens

Simulation Anzahl der resonanten Radiale 3 Meter über Grund ( $\lambda/4$  GP, 7 MHz) [DL1GLH]



# Einige Experimente mit Boden-Radials



$f=7.2$  MHz

7,5' – „mobile Peitsche“ (GFK-Mast)

$1/8\lambda$  – Vertikalstrahler mit Spule am Fußpunkt

$1/8\lambda$  – Vertikalstrahler (Rohr) mit Topload

$1/4\lambda$  – Vertikalstrahler (Rohr)

$1/4\lambda$  – Vertikalstrahler (simuliert)



# Einige Experimente mit Boden-Radials

Simulation der Signalverbesserung bei variierender Anzahl Radials über verschiedenen Boden

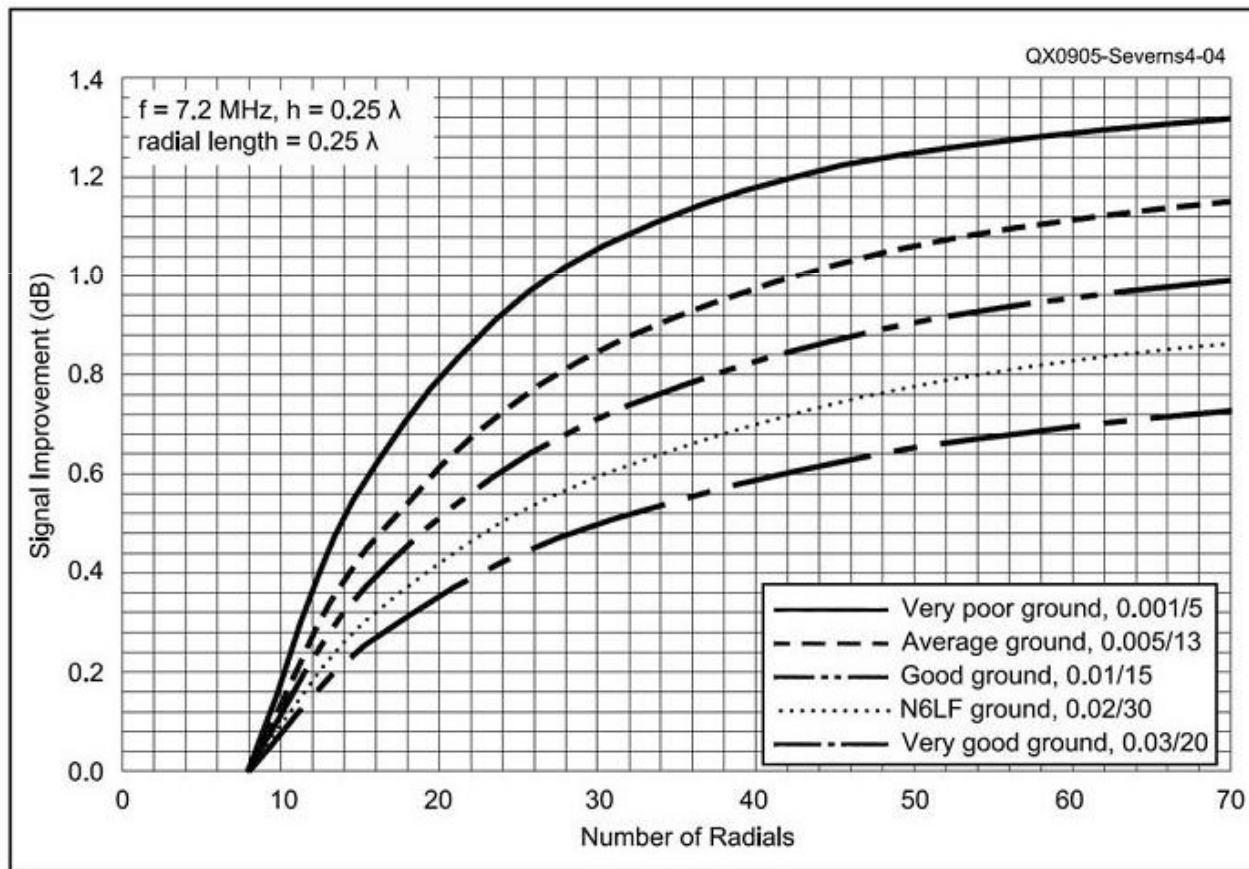


Figure 4 — Calculated signal improvement as we vary the number of radials over different soils with a  $\frac{1}{4} \lambda$  vertical with  $\frac{1}{4} \lambda$  radials at 7.2 MHz. Note: 0 dB is for the 8 radial case.

# Einige Experimente mit Boden-Radials

## WARNUNG

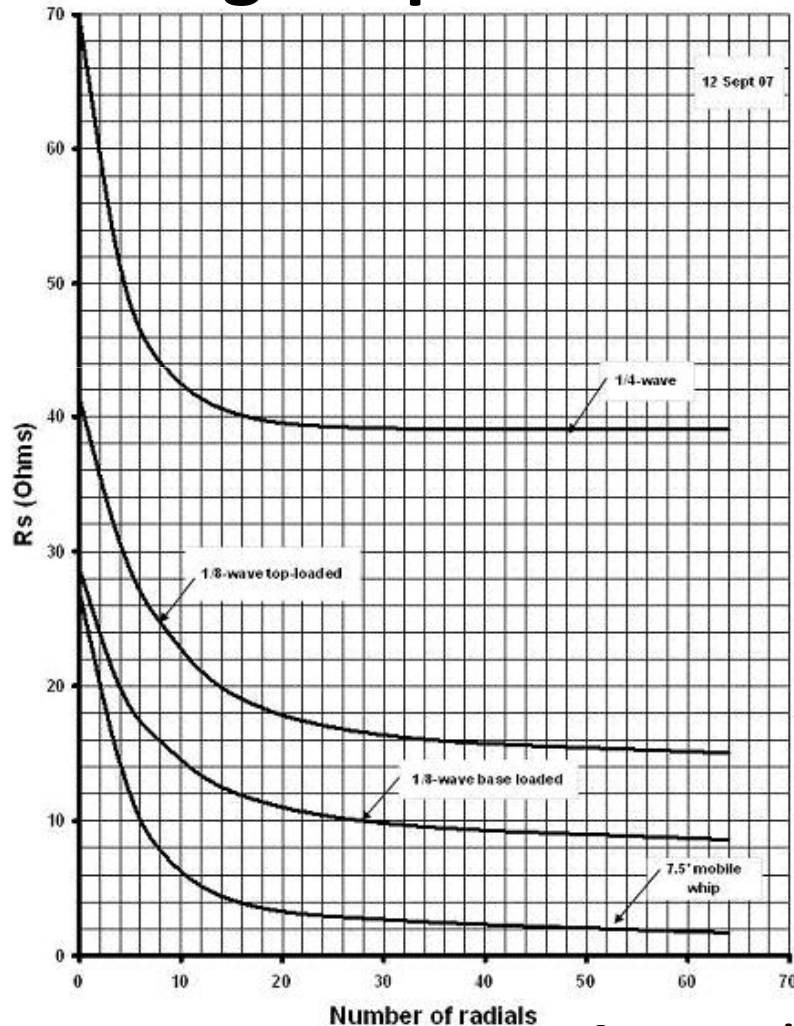
**Die eigenen Mess-Ergebnisse können abweichen!**

**Die Bodenverhältnisse der Versuchsreihe waren sehr gut.  
Aber: eine höhere Anzahl an Radials können schlechte  
Bodenverhältnisse ausgleichen.**

**Die Höhe der Verbesserungen hängen auch von der Frequenz ab**

- **Bodenverluste verändern sich mit der Frequenz**
- **Ab einer gegebenen Entfernung (in Wellenlängen) wird die Feld-Intensität mit der Frequenz steigen**

# Einige Experimente mit Boden-Radials



**1/4λ – Vertikalstrahler (Rohr)**

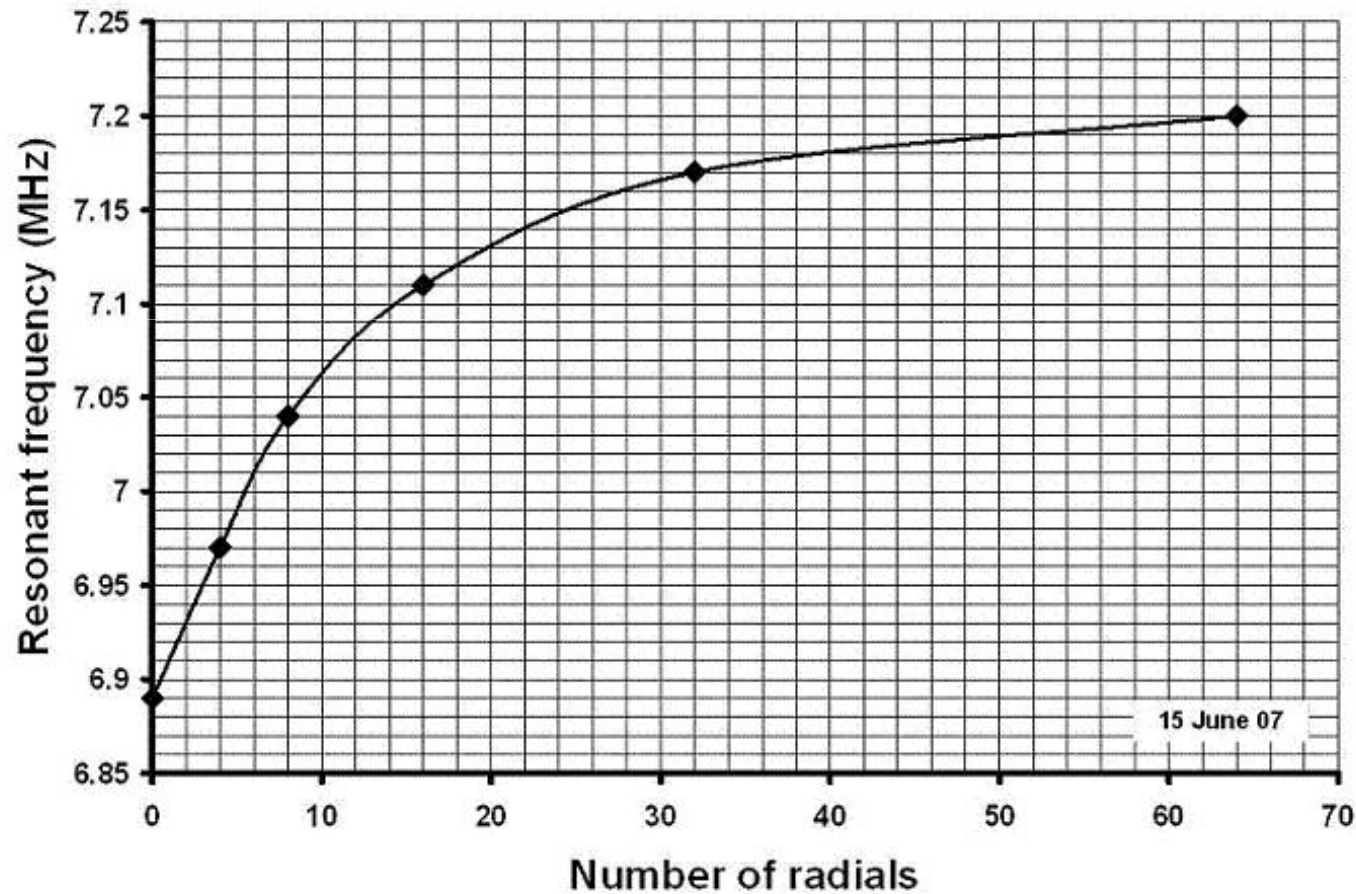
**1/8λ – Vertikalstrahler (Rohr) mit Topload**

**1/8λ – Vertikalstrahler mit Spule am Fußpunkt**

**7,5' – „mobile Peitsche“ (GFK-Mast)**

**Antennenimpedanz zu Anzahl Radials**

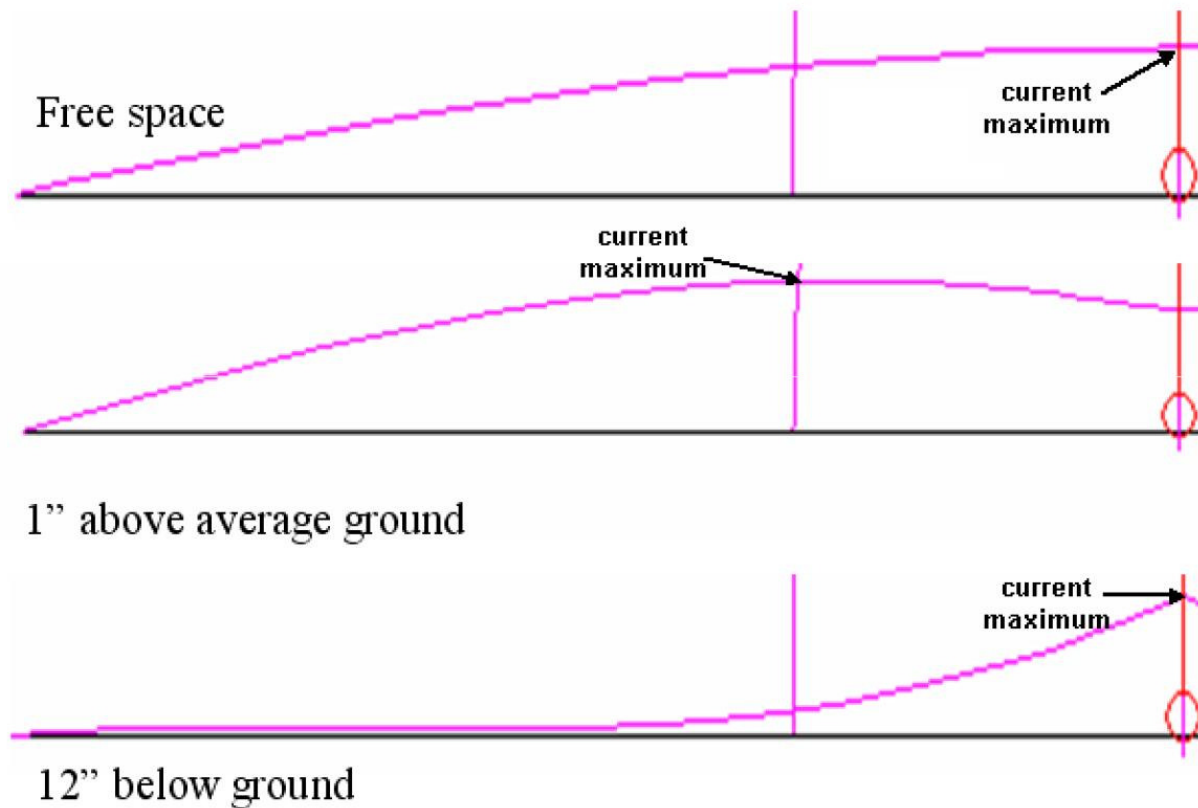
# Einige Experimente mit Boden-Radials



Antennenresonanz zu Anzahl Radials

# Einige Experimente mit Radials

## Radialer Strom bei verschiedenen Höhen





# Einige Experimente mit Boden-Radials

N6LF simuliert die Signalverbesserung anhand einer 160m Vertikalen

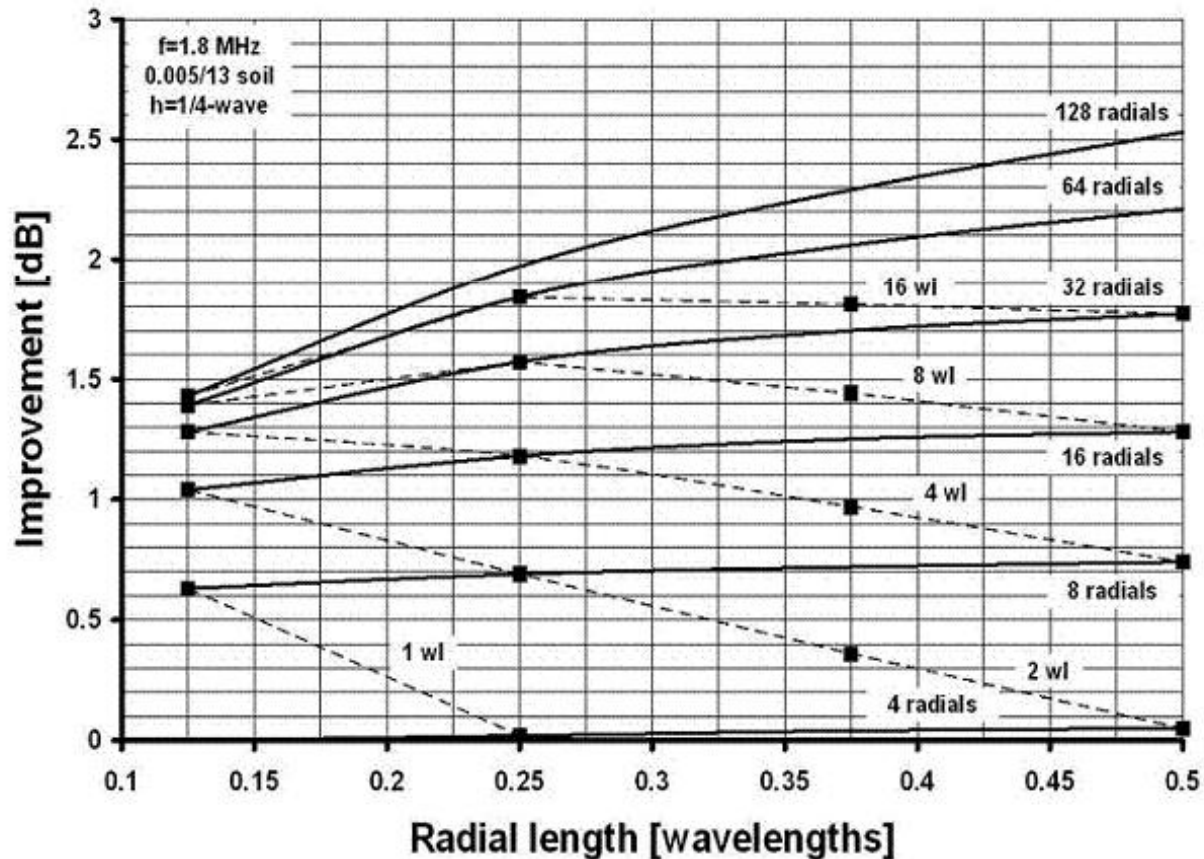
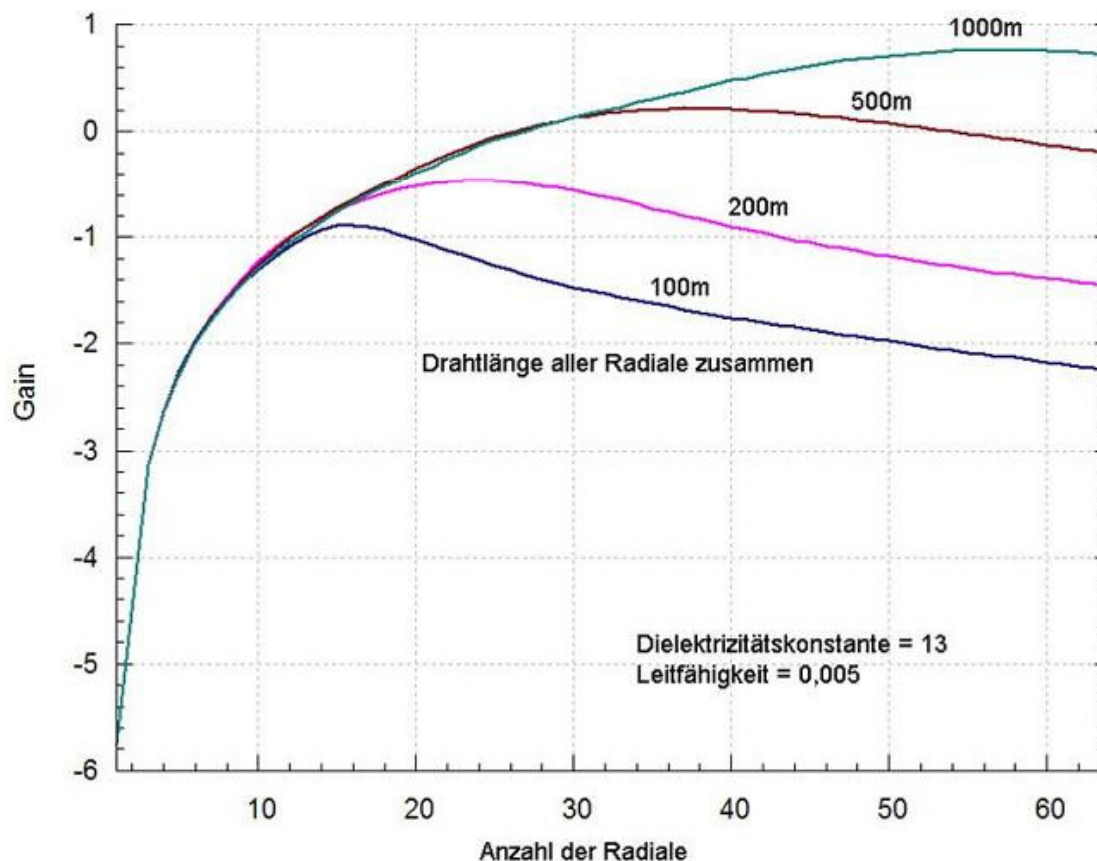


Figure 2, signal improvement for various radial combinations: 1/4-wave vertical.

# Einige Experimente mit Boden-Radials

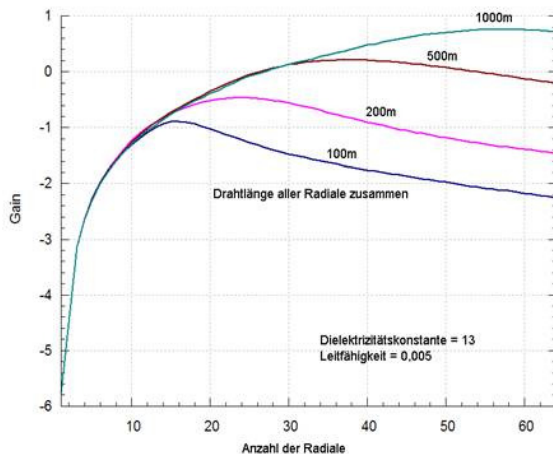
Isotroper Gewinn einer  $\lambda/4$ -Groundplane über einem Erdnetz mit variabler Anzahl jeweils gleich langer Radials, aber konstanter Gesamtlänge (Simulation DL1GLH)





# Einige Experimente mit Boden-Radials

Wie man schnell erkennen kann, gibt es für eine bestimmte Gesamtlänge aller Radiale zusammen ein eindeutiges Optimum der Anzahl und damit auch der Länge.



<u>Länge der Radiale</u>	<u>Optimale Anzahl</u>
6,66m	15
8,33m	24
13,10m	38
18,18m	55

Wenn nur wenige, lange Radials auf dem Boden liegen, können diese viel höhere Verluste verursachen als erwartet!

Diese Verluste können durch die Kürzung der Radials  
d. h. **weniger Kupfer = weniger Verlust** reduziert werden.

# Einige Experimente mit Boden-Radials

## Ein praktisches Beispiel – Fieldday-Szenario

Gegeben ist eine 40m Groundplane mit vier  $\lambda/4$  Radials auf der Erde.  
Nach dem Aufbau ist die Antenne resonant am Bandanfang. Was tun?

- |  |    |  |
|--|----|--|
| a) Nichts – einen Tuner einsetzen und weitermachen | => | G = 0,0 dB   |
| b) Die Vertikale kürzen bis sie resonant ist       | => | G = - 0,8 dB                                       |
| c) Kürzen der Radials bis Antenne resonant ist     | => | G = +3,5 dB  |
| d) Mehr Radials hinzufügen                         | => | 16 Radials: G = +4,0 dB<br>64 Radials: G = +5,9 dB |

**Was ist am Besten ???**

# Zusammenfassung A (Radial-Erdnetz)

**Kleine radiale Schirme (weniger als 16 Radials) können mehrere Probleme machen:**

- **Größerer Verlust bei längeren Radialdrähten**
- **Asymmetrische Stromverteilung zwischen den Radials**
- **Die Antennenresonanz verschiebt sich**
- **Wenige lange Radials sind schlechter als kürzere**
- **Schirmresonanzen können das Strahlenmuster verändern, weil die Radials beginnen, mit zu strahlen.**

# Zusammenfassung A (Radial-Erdnetz)

**Eine Vertikal sollte mindestens 8 Radials haben ... 16 sind besser**

**Je mehr Radials genutzt werden, desto länger können sie sein**

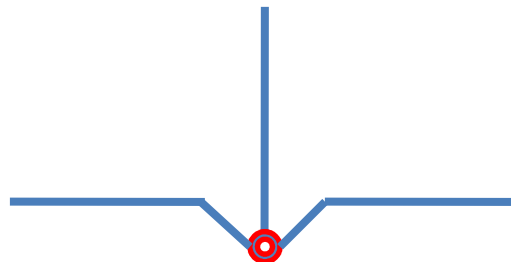
**Die doppelte Anzahl  $1/8 \lambda$  lange Radials ist besser als halb so viel  $1/4 \lambda$  lange Radials (bis ca. 8 Wellenlängen Radial-Gesamtlänge)**

## Zusammenfassung B (Elevated Radials)

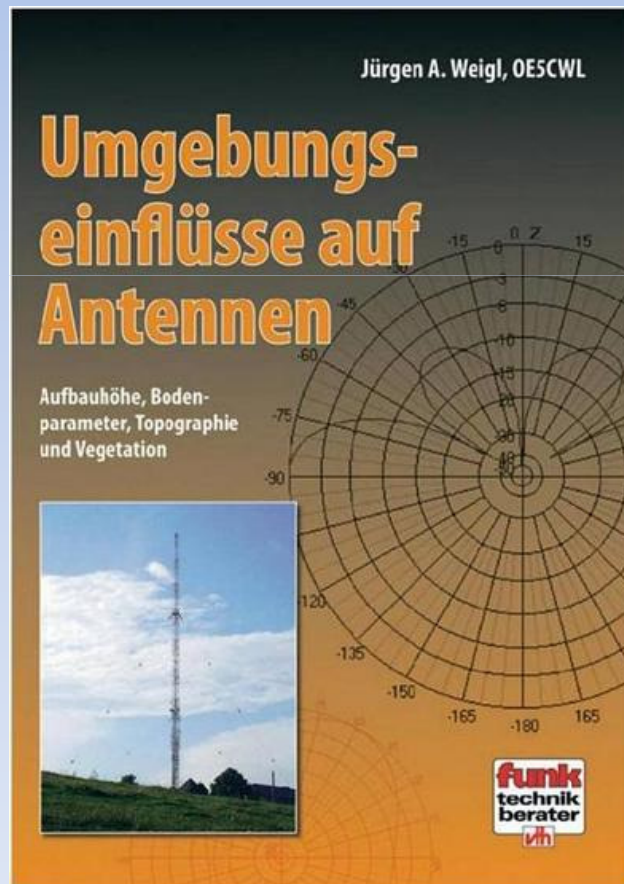
Es sollte versucht werden, mindestens 8 elevated Radials einzusetzen

Es können kürzere als  $\frac{1}{4} \lambda$  lange Radials verwendet werden, und dann die Antennenresonanz mit einer Spule oder durch Verlängern der Vertikal bzw. durch Zufügen eines Topload wieder herstellen

Auch das Möwenflügel-Radial Prinzip ist eine Alternative



## Quellen:



Rudy Severns, N6LF, [www.antennasbyn6lf.com](http://www.antennasbyn6lf.com)

„Experimental Determination of Ground System Performance for HF Verticals“

Part 1 – 6

(qex-ground-systems-part-1 .PDF), ff.

„ An Experimental Look at Ground Systems for HF Verticals“

(Radials by N6LF.PDF)

Hardy Lau, DL1GLH

[www.technik.dhbw-ravensburg.de/~lau/GPmitRadials/GPmitRadials.html](http://www.technik.dhbw-ravensburg.de/~lau/GPmitRadials/GPmitRadials.html)

„Groundplane mit Erdnetz oder Radialen“



# Antennen-Vortrag Noch Fragen???

6. Antennentestwochenende

