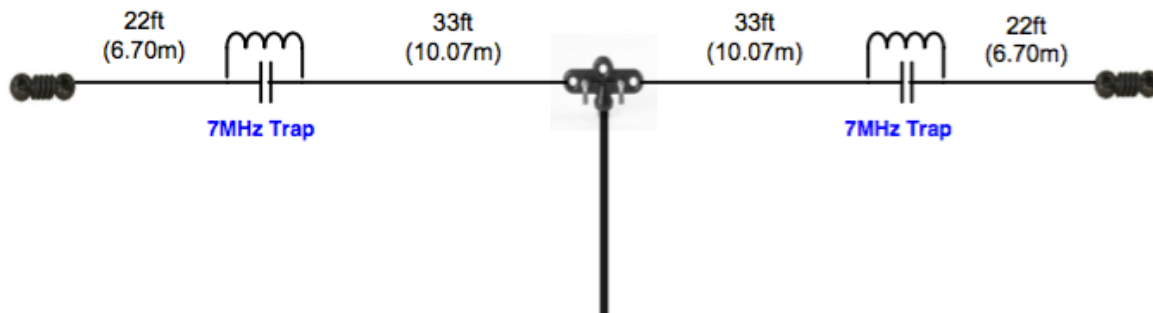


Wie modelliere ich meine Antenne in EZNEC ?

Icebird Talk mit Workshop
ÖVSV Landesverband Wien
Eisvogelgasse 4/3, 1060 Wien
22. Februar 2018

Chris, OE1VMC



Der Plan für heute

- Grundlagen: Antennen
- Grundlagen: EZNEC
- Praxisteil:
 - Dipol, Inverted-V
 - W3DZZ Sperrkreis-Dipol für 40m/80m
 - 3-elementige Yagi-Uda Antenne für 40m

Antenne

- Antennen strahlen Radiowellen ab, wenn sich Elektronen auf der Antennenstruktur beschleunigt bewegen.
- Antennen empfangen Radiowellen, wenn Elektronen auf der Antennenstruktur bewegt werden durch die einfallenden Wellenfelder.
- Antennen strahlen Radiowellen ab und empfangen sie in derselben Weise.

Wellenfelder

- Radiowellen sind eine Kombination aus einem elektrischen und einem magnetischen Feld.
- Elektronen auf der Antennenstruktur erfahren eine Kraft parallel zum elektrischen Feld und wollen sich daher auch parallel zum elektrischen Feld bewegen
- Stärkste Abstrahlung erfolgt dort, wo die Elektronen auf gerader Strecke stark beschleunigt werden,
- Das ist dort, wo die Sinusströme am stärksten sind.

Der Schlüssel zur Antennenmodellierung

ist die

Stromverteilung auf der Antenne

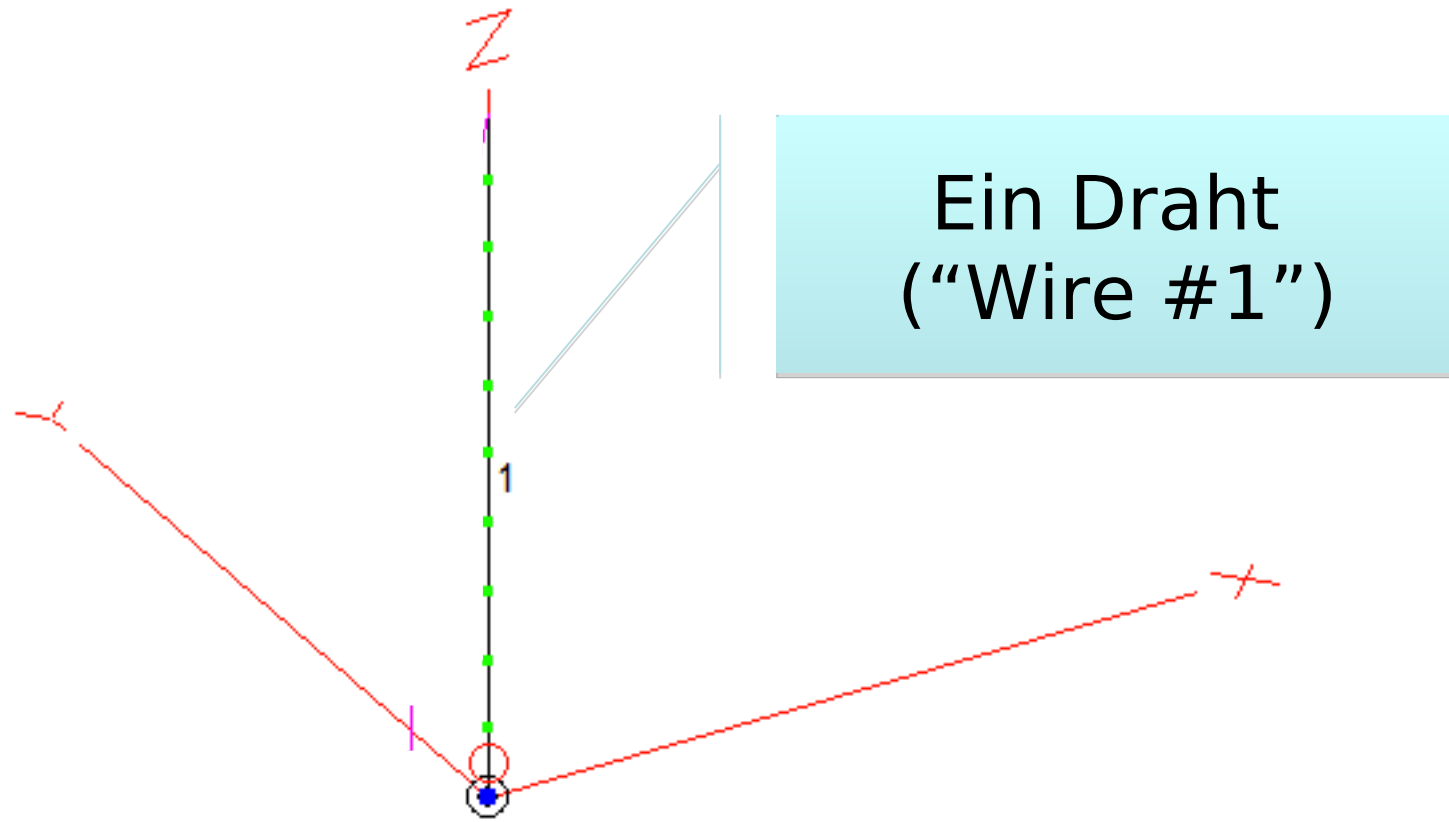
eigentlich: deren zeitliche Änderungen

Grundlagen: Antenneneigenschaften

- Polarisation
- Antennencharakteristik, Richtdiagramm
 - Direktivität, äquivalenter Raumwinkel
- Gewinn (dBi, dBd) und wirksame Antennenfläche
- Impedanz: $Z_A = (R_{\text{Verlust}} + R_{\text{Strahlung}}) + jX$
 - Anpassung und Stehwellenverhältnis
- Verluste und Effizienz der Antenne
- Frequenzbereich(e), Bandbreite

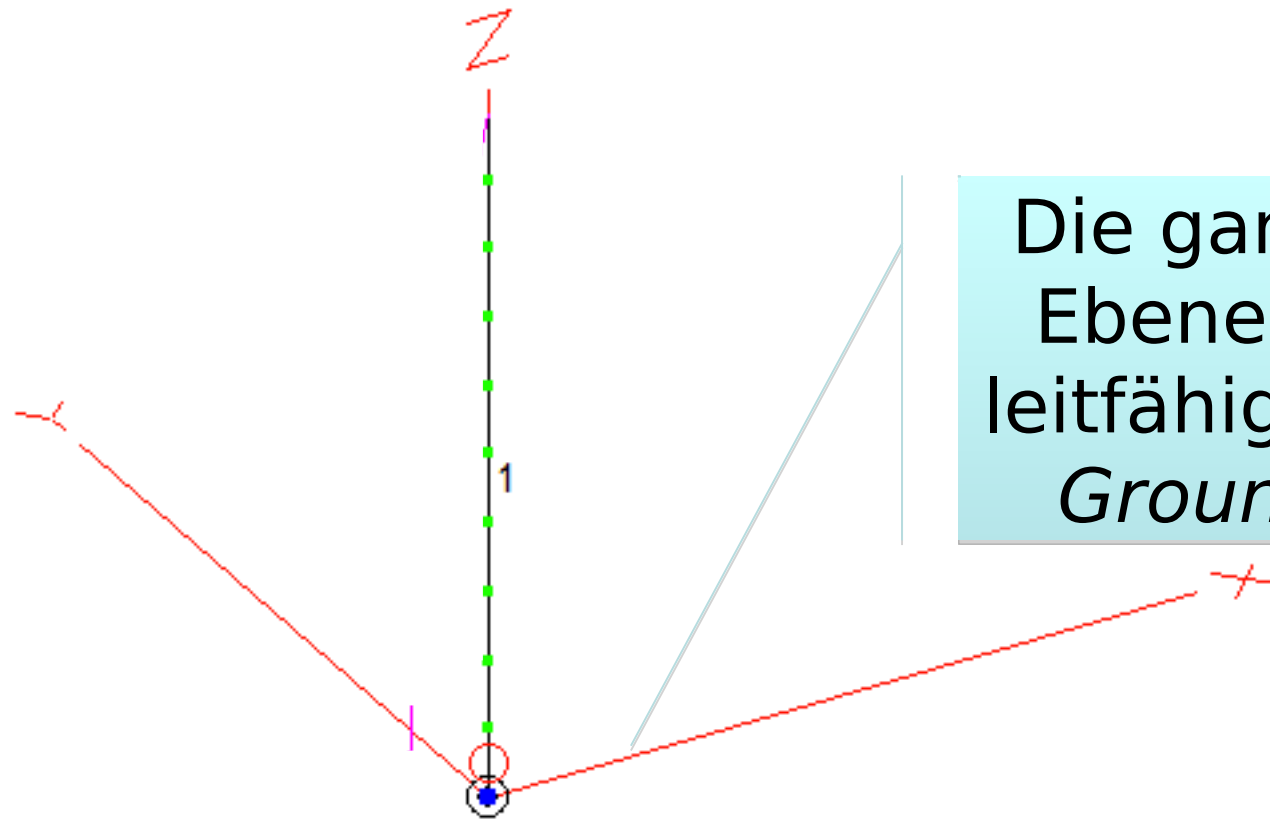
$\lambda/4$ - Vertikalantenne über perfekter Erde

EZNEC Demo



$\lambda/4$ - Vertikalantenne über perfekter Erde

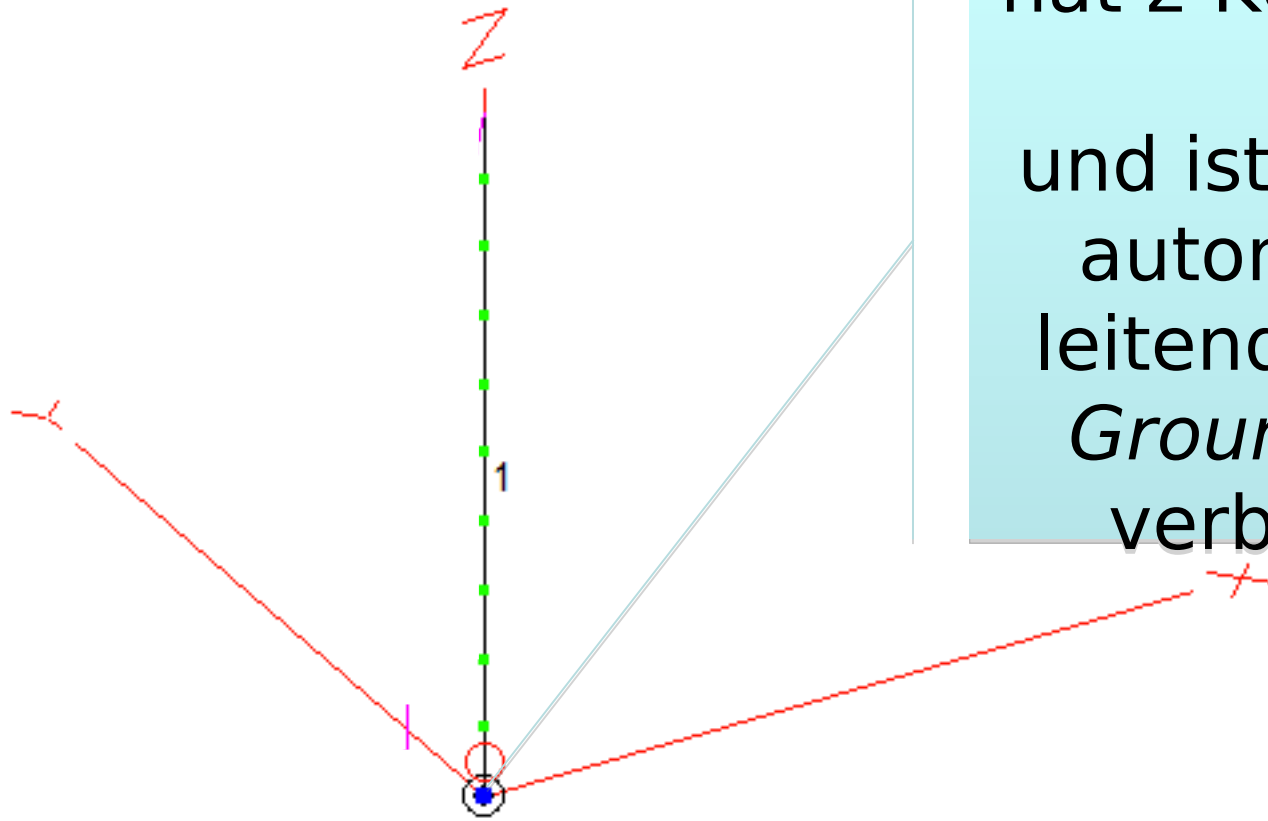
EZNEC Demo



Die ganze (X,Y)
Ebene ist eine
leitfähige Ebene:
Groundplane

$\lambda/4$ - Vertikalantenne über perfekter Erde

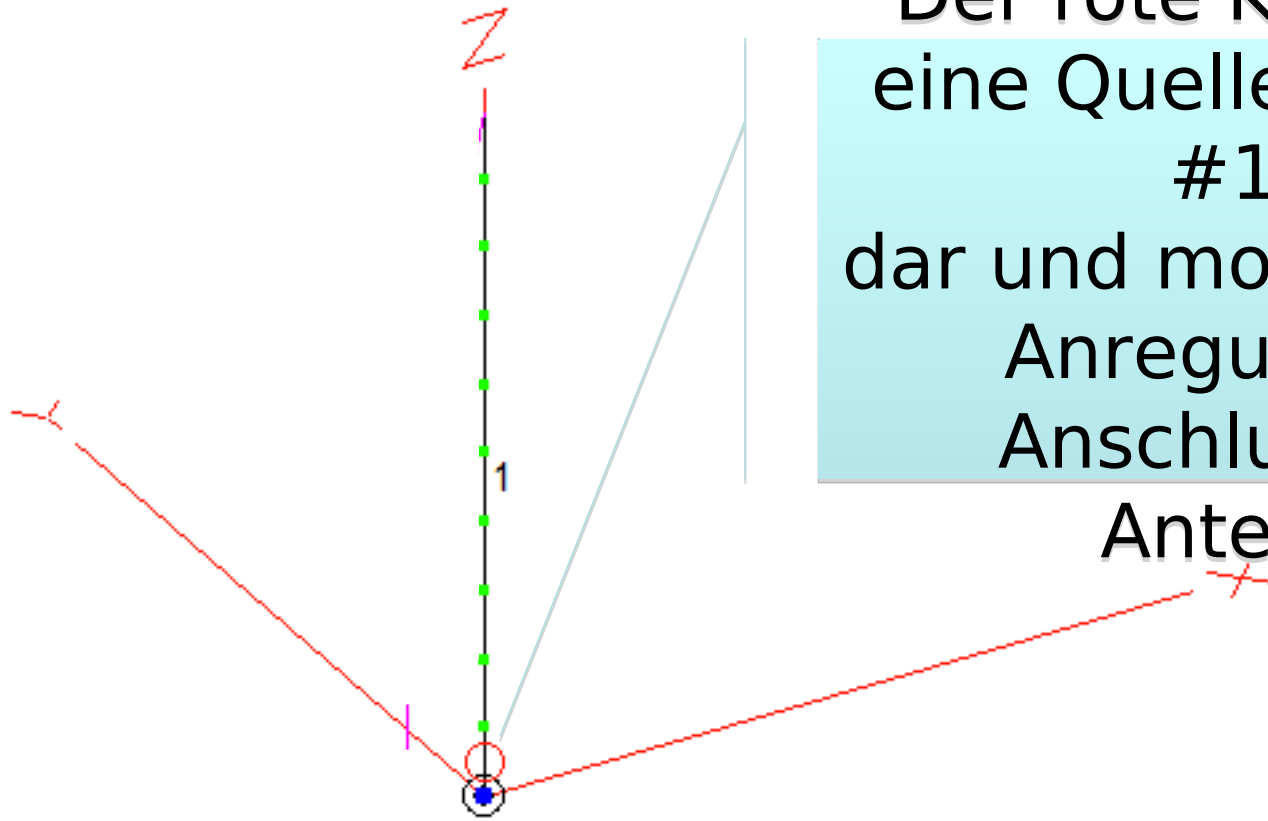
Das Drahtende
hat z-Koordinate
0
und ist dadurch
automatisch
leitend mit der
Groundplane
verbunden



$\lambda/4$ - Vertikalantenne über perfekter Erde

EZNEC Demo

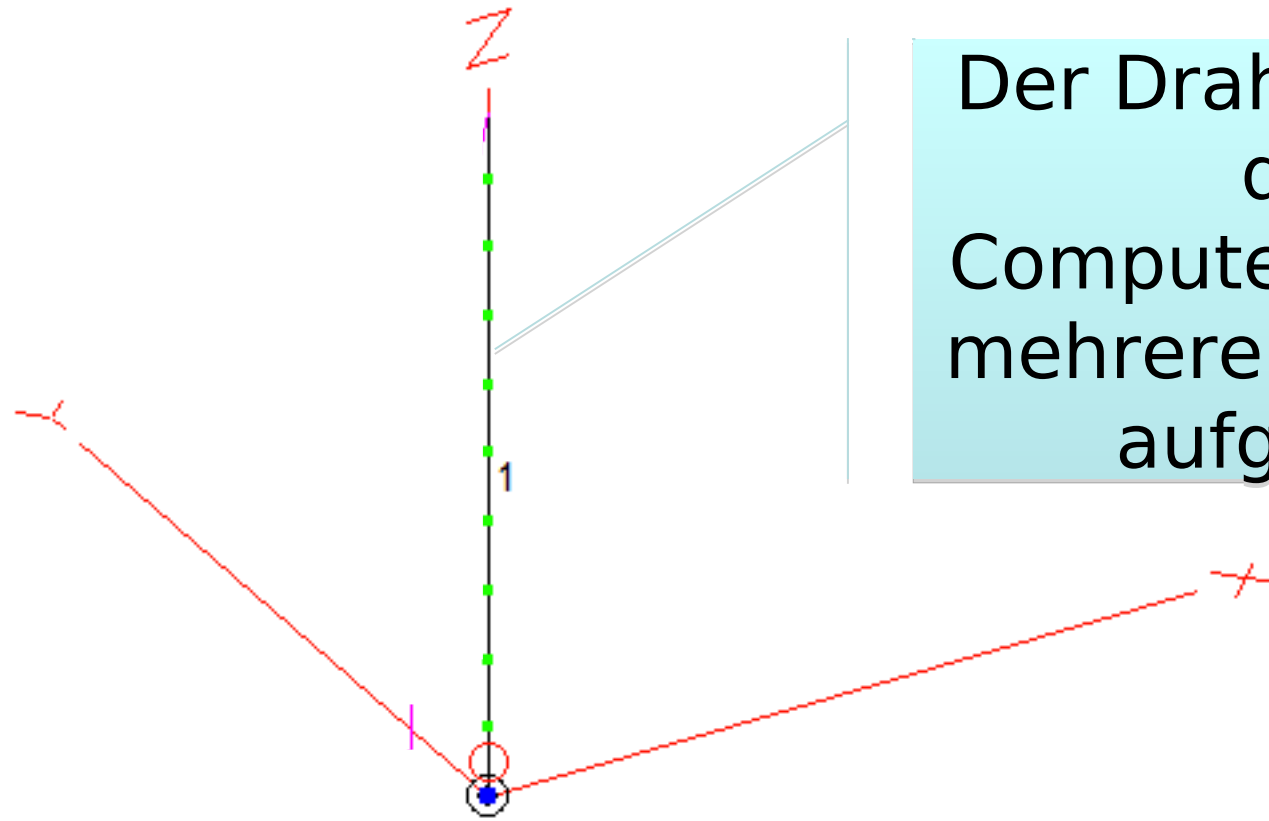
Der rote Kreis stellt eine Quelle ("Source #1") dar und modelliert die Anregung am Anschluss der Antenne



Ein Drahtmodell ohne eine einzige Quelle ist kein gültiges EZNEC Modell 11

$\lambda/4$ - Vertikalantenne über perfekter Erde

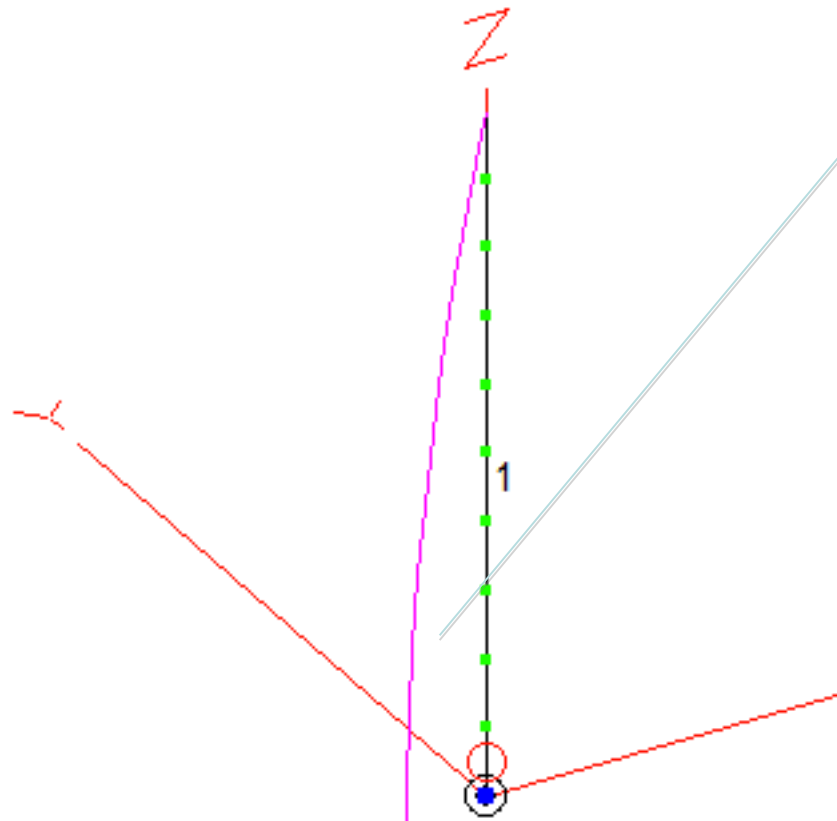
EZNEC Demo



Der Draht wird für
das
ComputermodeLL in
mehrere Segmente
aufgeteilt

$\lambda/4$ - Vertikalantenne über perfekter Erde

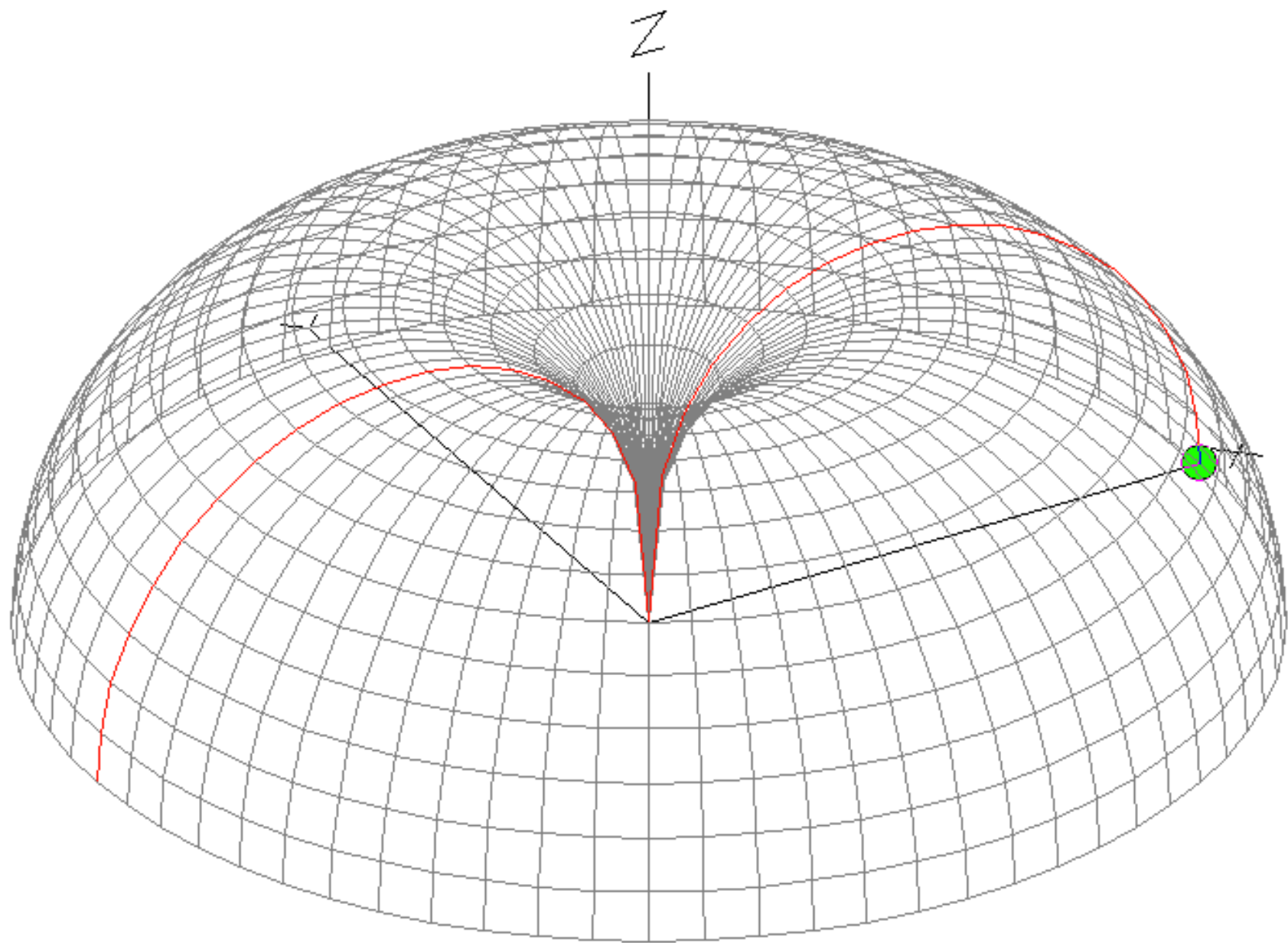
EZNEC Demo



Nach der Berechnung liegt die **Stromverteilung** vor.
Dargestellt wird meist nur der **Betrag**.

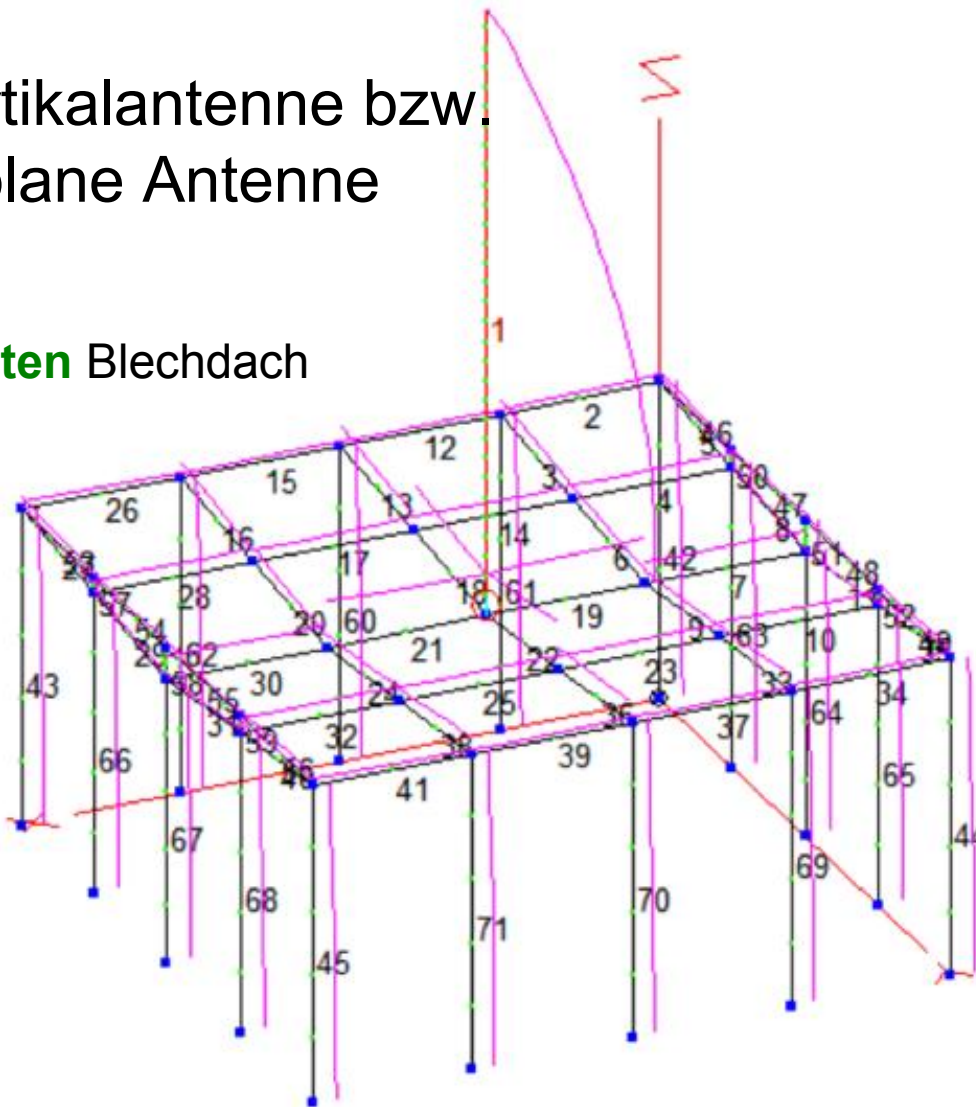
Polarisation und Richtdiagramm

- Die Orientierung des elektrischen Feldes bestimmt die Polarisationsrichtung, weil das E-Feld die Kraft auf die Elektronen vermittelt und sie bewegt.
- Das Richtdiagramm veranschaulicht die räumliche Verteilung der von der Antenne abgestrahlten Leistung
- Manche Antennen sind Rundstrahler, andere haben eine starke Richtwirkung



$\lambda/4$ - Vertikalantenne bzw. Groundplane Antenne

Auf einem
gut geerdeten Blechdach



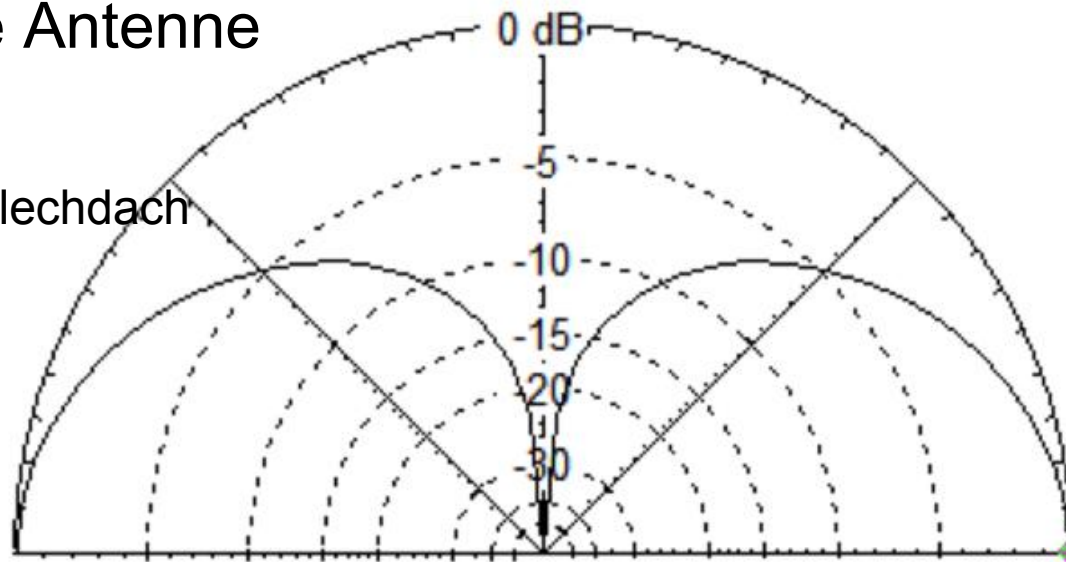
Jetzt mit 12m x 12m
Blechdach in 6m Höhe

40m Band

QRG 7,1 MHz

$\lambda/4$ - Vertikalstrahler bzw. Groundplane Antenne

Auf einem
gut geerdeten Blechdach

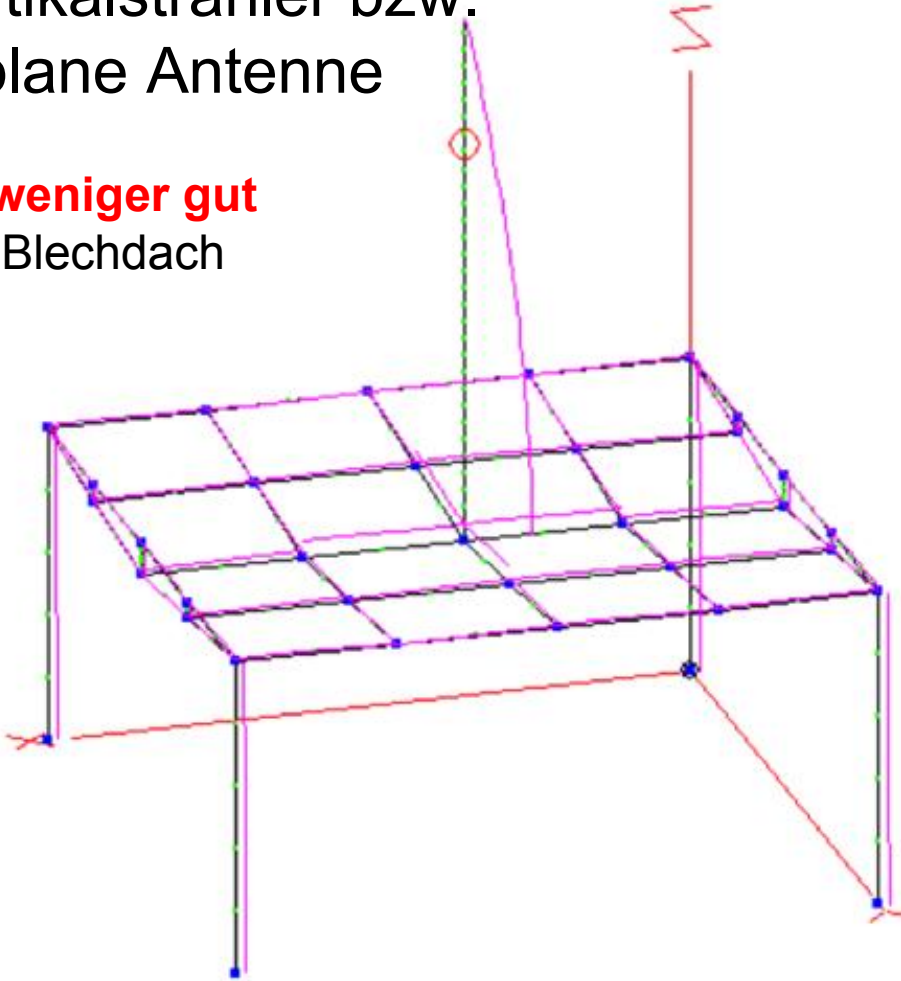


7,1 MHz

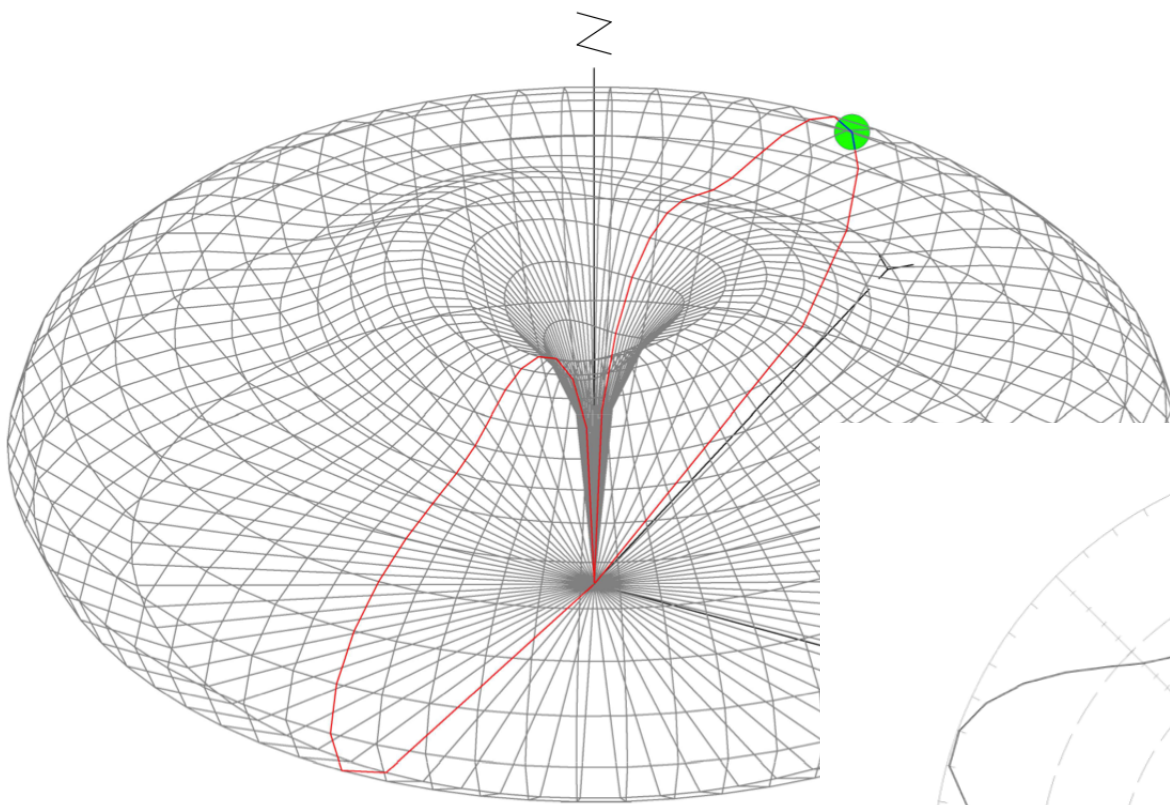
Elevation Plot		Cursor Elev	0,0 deg.
Azimuth Angle	0,0 deg.	Gain	5,24 dBi
Outer Ring	5,27 dBi		0,0 dBmax
			-0,03 dBmax3D
3D Max Gain	5,27 dBi		
Slice Max Gain	5,24 dBi @ Elev Angle = 0,0 deg.		
Beamwidth	?, -3dB @ 34,9 deg.		
Sidelobe Gain	< -100 dBi		
Front/Sidelobe	> 100 dB		

$\lambda/4$ - Vertikalstrahler bzw. Groundplane Antenne

Auf einem **weniger gut
geerdeten** Blechdach

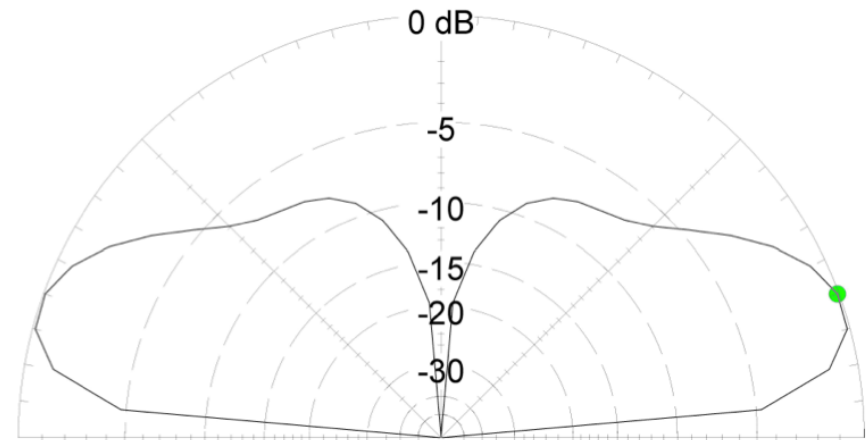


EZNEC+



Vertikalantenne

Richtdiagramm
berechnet mit EZNEC

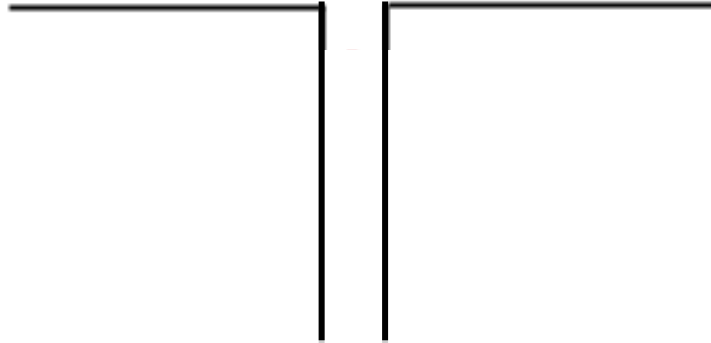


OE1VMC vertical antenna 40m

7,1 MHz

Elevation Plot		Cursor Elev	20,0 deg.
Azimuth Angle	90,0 deg.	Gain	0,78 dBi
Outer Ring	0,84 dBi		0,0 dBmax
			-0,05 dBmax3D
3D Max Gain	0,84 dBi		
Slice Max Gain	0,78 dBi @ Elev Angle = 20,0 deg.		
Beamwidth	27,5 deg.; -3dB @ 7,4, 34,9 deg.		
Sidelobe Gain	0,78 dBi @ Elev Angle = 160,0 deg.		
Front/Sidelobe	0,0 dB		

Modellierung der Anregung



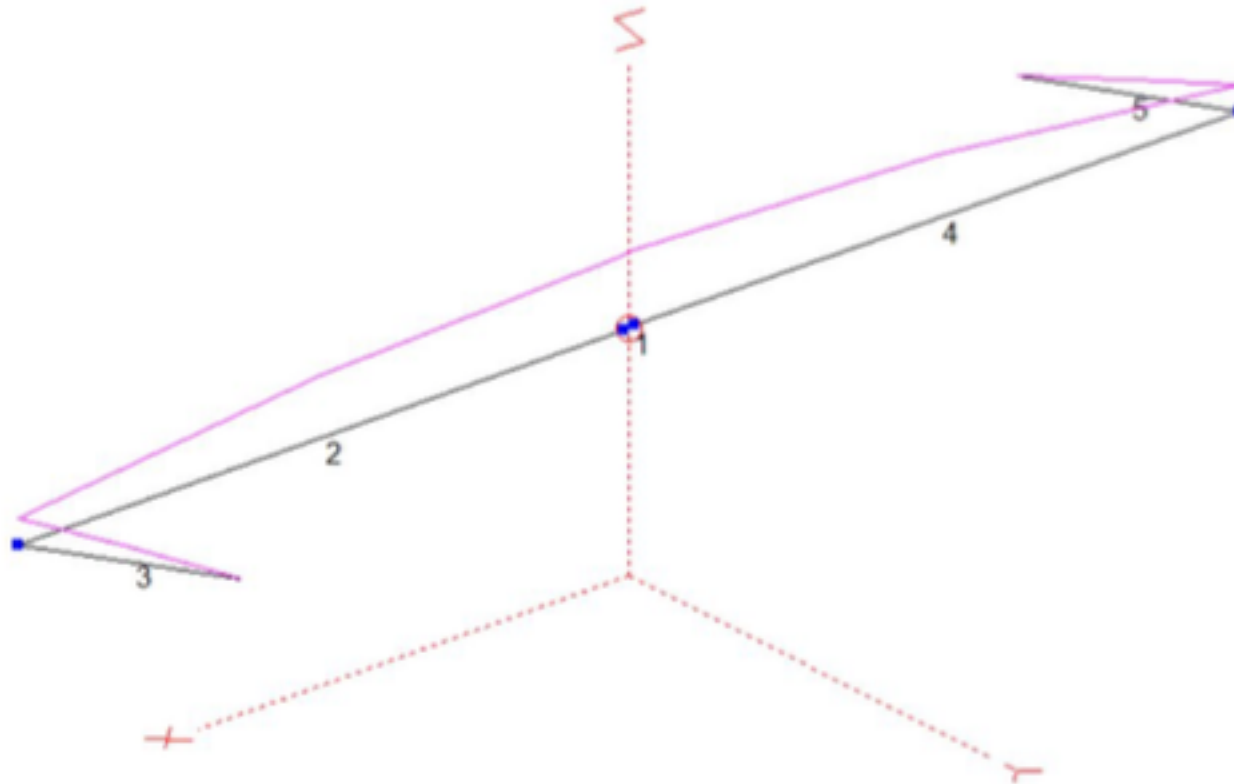
Wir müssen (nur) die strahlenden Strukturen der Antenne modellieren.

Die Geometrie der strahlenden Teile muss detailliert modelliert werden (wie genau?)

Die Zuleitungen zur Antenne werden wir ersetzen durch Strom/Spannungsquellen



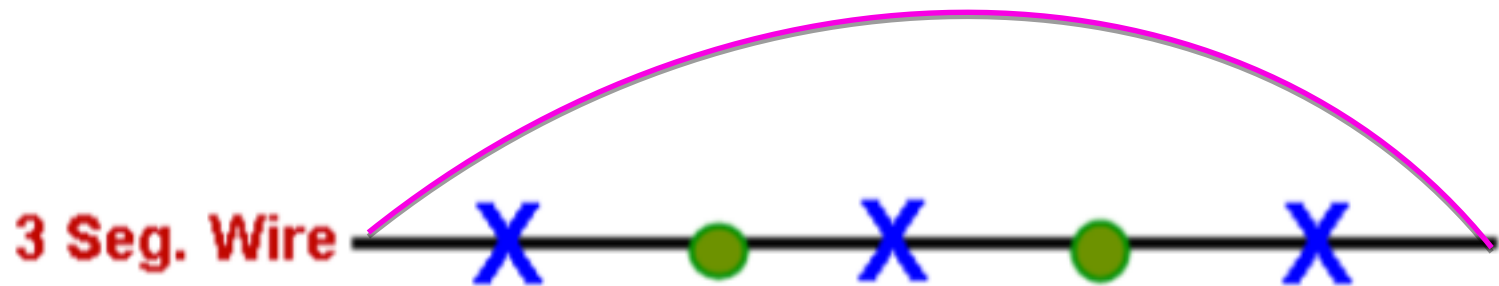
Z-Dipol für 160m



David, unlizenziert
Andreas, OE1AJW
Lukas, OE1LZW

Drahtsegmente in EZNEC

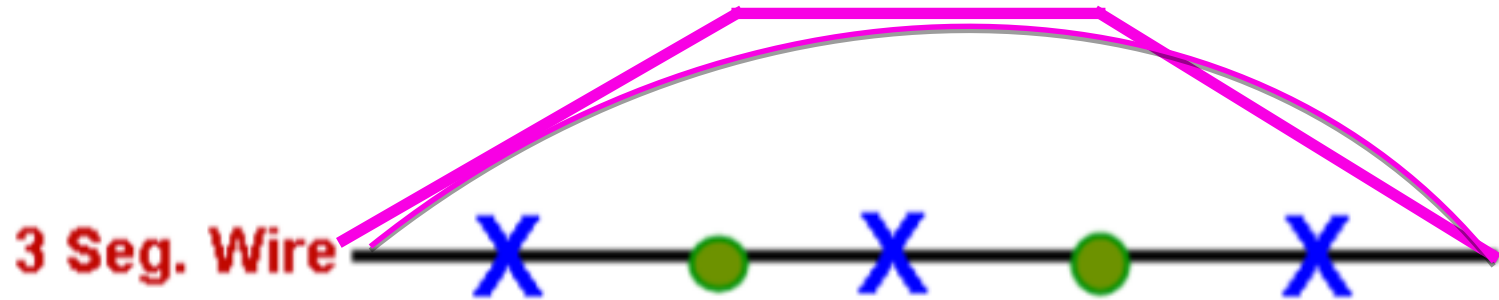
Modellierung der Stromverteilung



EZNEC nimmt vereinfachend an, dass sich der Stromverlauf auf einem einzelnen Drahtsegment gut darstellen lässt durch eine lineare Funktion

Drahtsegmente in EZNEC

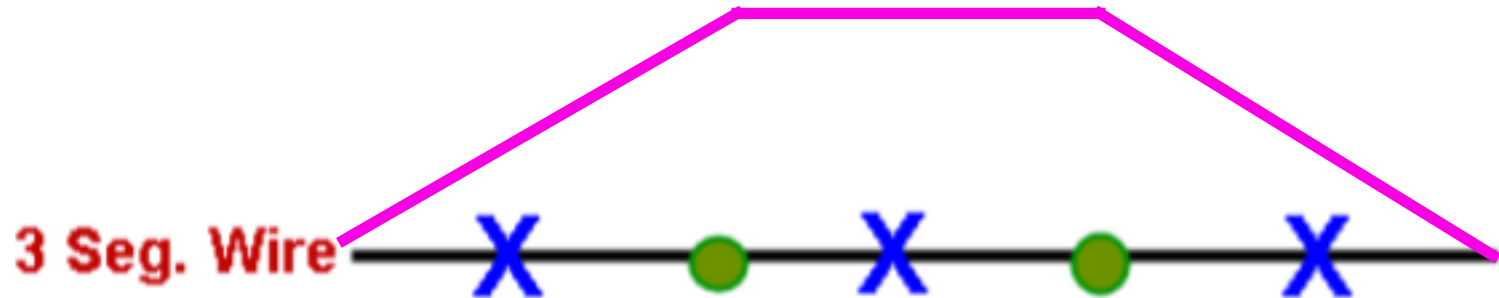
Modellierung der Stromverteilung



EZNEC nimmt vereinfachend an, dass sich der Stromverlauf auf einem einzelnen Drahtsegment gut darstellen lässt durch eine lineare Funktion

Drahtsegmente in EZNEC

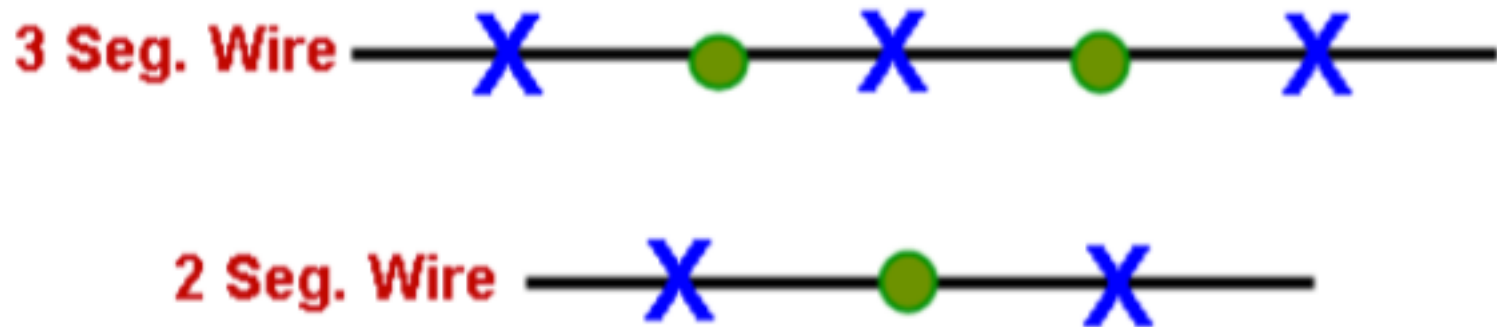
Modellierung der Stromverteilung



EZNEC nimmt vereinfachend an, dass sich der Stromverlauf auf einem einzelnen Drahtsegment gut darstellen lässt durch eine lineare Funktion

Drahtsegmente in EZNEC

Modellierung der Stromverteilung



EZNEC Praxistipp:

Es ist in vielen Fällen sinnvoll, eine UNGERADE ANZAHL an Segmenten zu wählen, Da dann eine Strom- bzw. Spannungsquelle genau in die Mitte eines Segments Gelegt werden kann.

Drahtsegmente in EZNEC

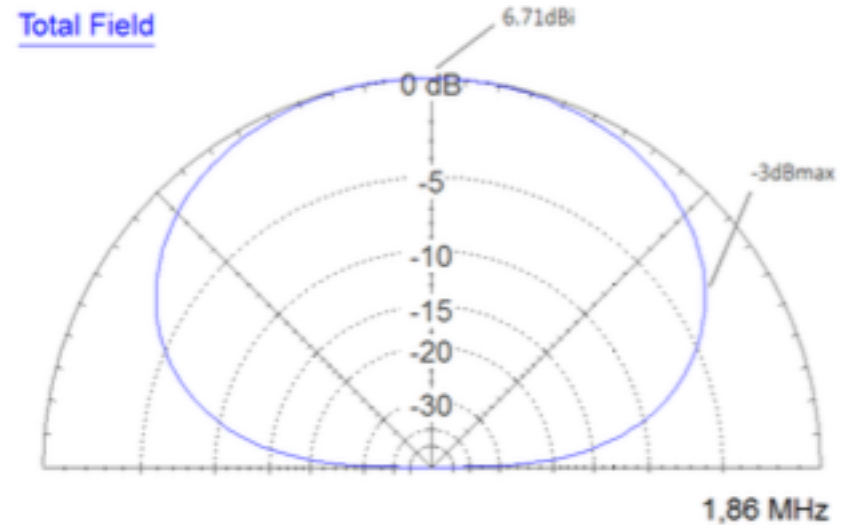
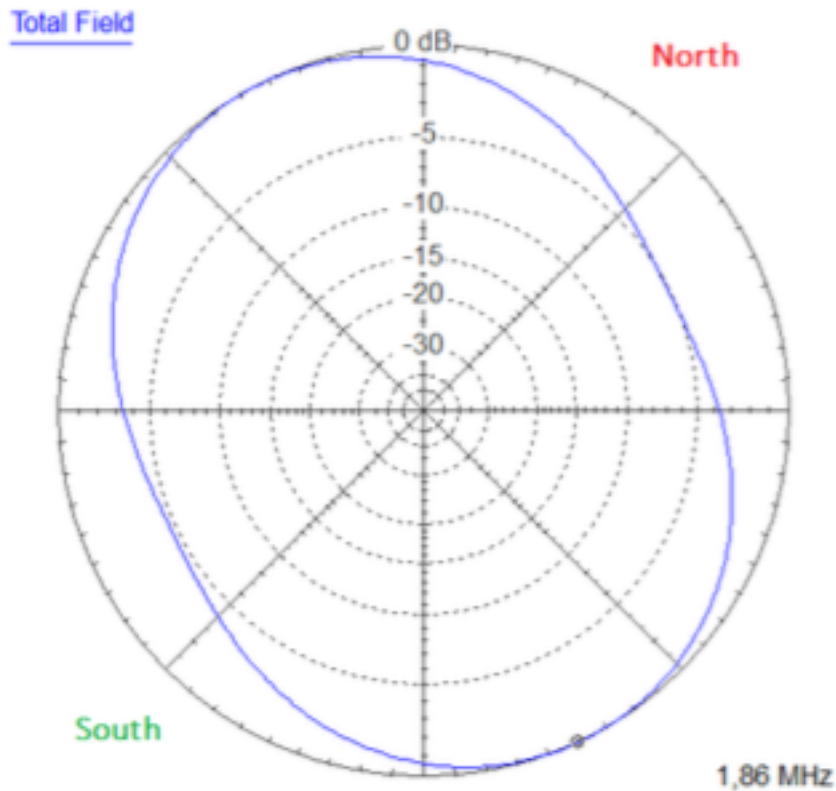
Modellierung der Stromverteilung



EZNEC Praxistipp:

Es ist in vielen Fällen sinnvoll, eine UNGERADE ANZAHL an Segmenten zu wählen, Da dann eine Strom- bzw. Spannungsquelle genau in die Mitte eines Segments Gelegt werden kann.

Richtcharakteristik



David, unlizensiert
Andreas, OE1AJW
Lukas, OE1LZW

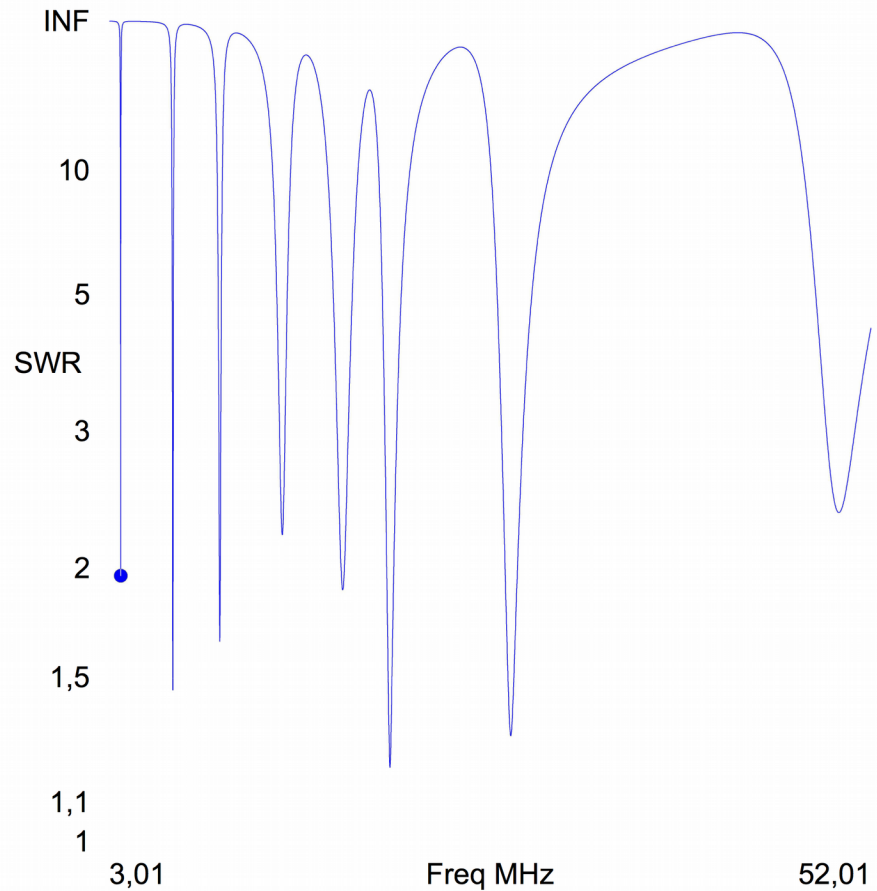
Gewinn

- Der Gewinn ist ein Vergleichswert:
- Wieviel mehr strahlt meine Antenne verglichen mit einer gut bekannten Referenzantenne? Beurteilt wird das durch jemanden, der weit entfernt ist.
- Übliche Referenzantennen sind
 - der Isotropstrahler
 - der Halbwellendipol

Impedanz:

Frequenzverlauf der
Anpassung an 50 Ohm

Stehwellenverhältnis



Sandpiper MV-6+3

Freq 3,73 MHz
SWR 1,96
Z 31,51 at 26,07 deg.
= 28,3 + j 13,85 ohms
Refl Coeff 0,3237 at 137,42 deg.
= -0,2384 + j 0,219
Ret Loss 9,8 dB

Source # 1
Z0 50 ohms

Methode der Randelemente: EZNEC

EZNEC© Software www.eznec.com (Ref. [6])

EZNEC v. 6.0 für Windows, Demo Program

Freie Version: <http://www.eznec.com/demoinfo.htm>

Das Demo Program ist das **EZNEC v. 6.0** Program mit allen Features und vollständiger Online Doku.

Der einzige Unterschied zwischen der Demo und dem Standardprogramm ist die Zahl der Segmente (20).

Das Demoprogramm limitiert die Geometrie des Antennenmodells.

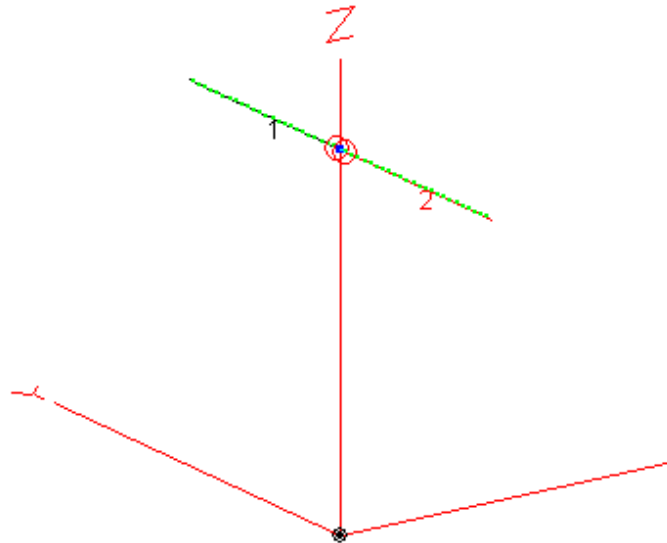
Dipol

20m Band

14,0 - 14,35 MHz

$$C_0 / 14,17 \text{ MHz} = 21,2 \text{ m}$$

$$21,2 \text{ m} / 4 = 5,3 \text{ m}$$



Wire End 1			Wire End 2						
X	Y	Z	X	Y	Z	Diameter	Segs	Diel	Thk
0	-5,3	10	0	5,3	10	1,5	11	1	0

Quelle: Ref. [3]

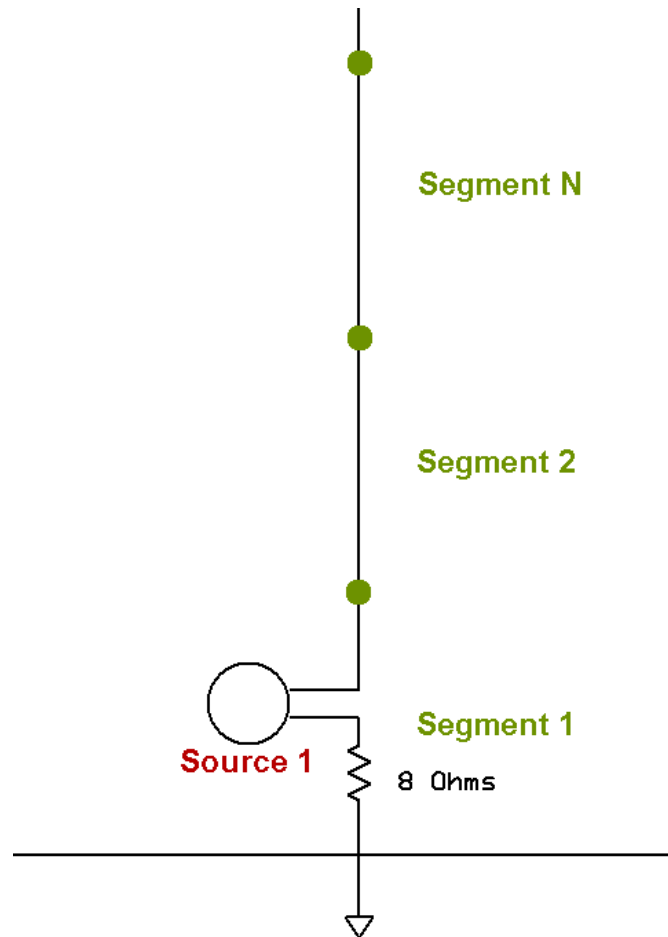
Verkürzte Vertikalantenne

Vert1.ez Eine Vertikalantenne für 7 MHz

Aufgabe 1: Wir kürzen den Draht und bauen eine einfache Dachkapazität dazu aus vier zusätzlichen waagrechten Drähten

Aufgabe 2: Wir kürzen den Draht und bauen eine Induktivität L zur elektrischen Verlängerung ein.
Wo muss L eingebaut werden?

Groundplane Antenne



Quelle: Ref. [3]

Figure 30 – Vertical Wire Segment Details

Groundplane Antenna

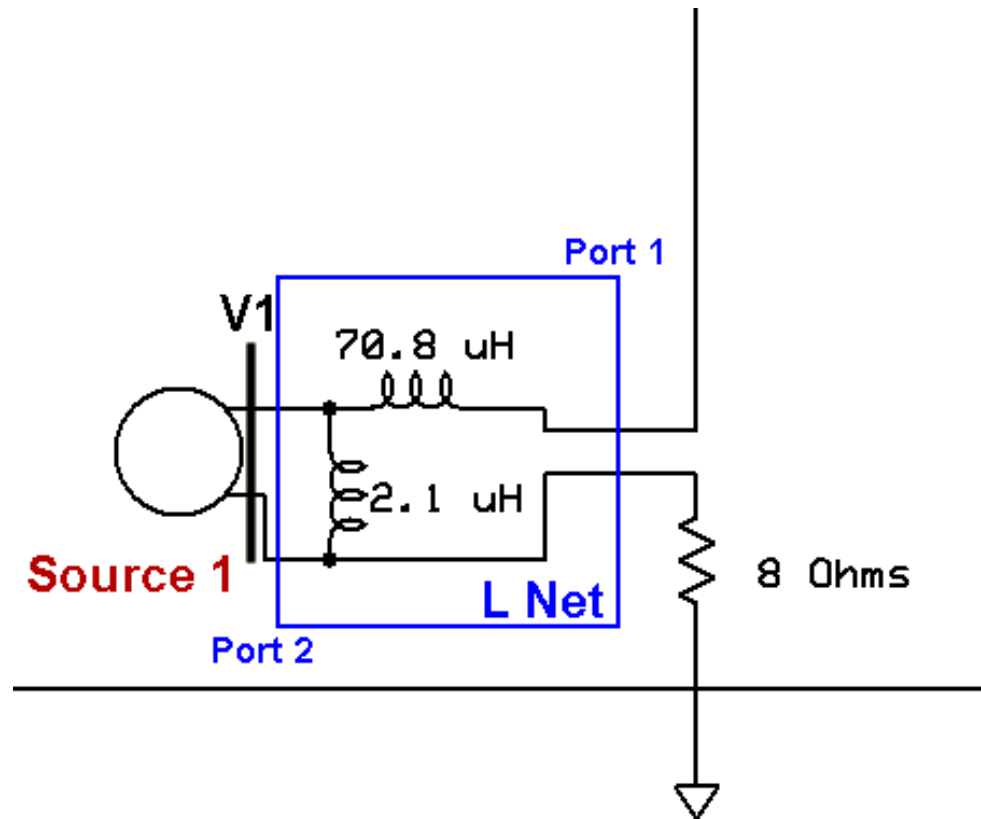
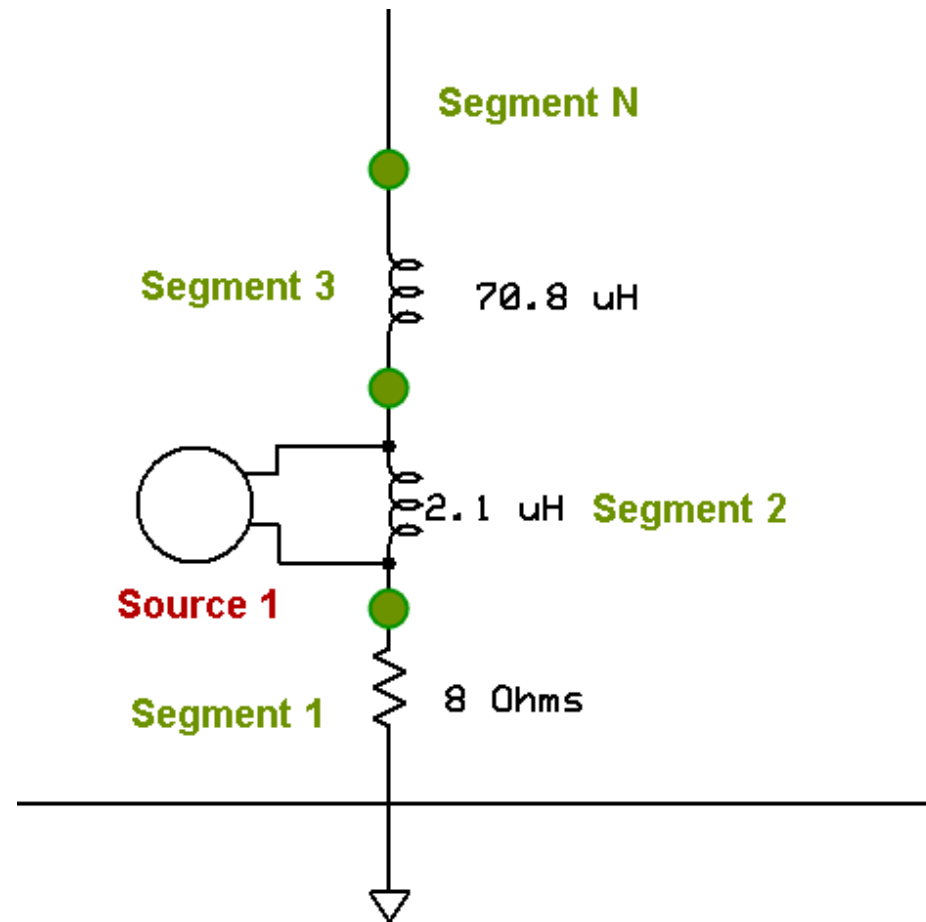


Figure 36 – L Network Primitive

Quelle: Ref. [3]

Groundplane Antenna with Loads



Links und Lesestoff

- [1] Ward Silver, N0AX, Antennas 101: The Basics
Verfügbar auf www.arrl.org

- [2] Roy Lewallen, W7EL, EZNEC Website <http://www.eznec.com/>

- [3] Greg Ordy, W8WWV, How to Start Modeling Antennas using EZNEC, CTU, Contest University Dayton, May 19, 2011 Version 1.01
Verfügbar auf www.arrl.org

- [4] The ARRL Antenna Book for Radio Communications: Antennas, Transmission Lines, and Radio Wave Propagation, 22nd Edition, Chapter 8 “Antenna Modeling”

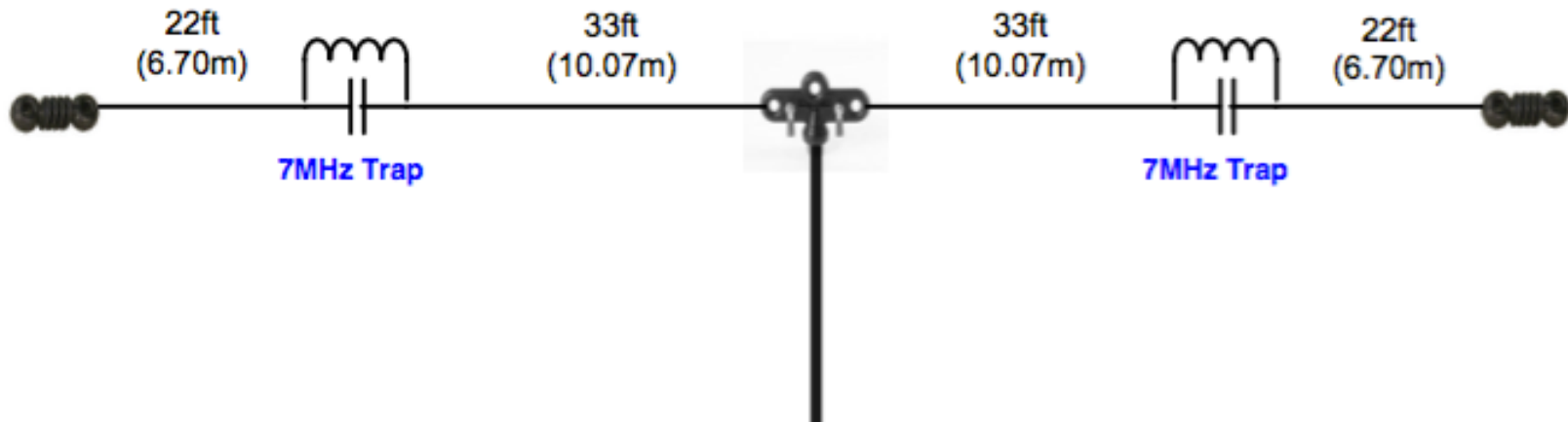
- [5] Eike Barthels (SK), DM3ML: „EZNEC 5.0 Antennenberechnungsprogramm“, Deutsche Übersetzung des EZNEC 5.0 Handbuchs, online
http://dl0tud.tu-dresden.de/Translate/EZNEC50_DeutscheHilfe_PDF.zip

- [6] Jerry Sevick, W2FMI, Transmission Line Transformers Handbook, 48 improved designs.

Fachliteratur

- [7] R. F. Harrington: *Matrix Methods for Field Problems*, Proceedings of the IEEE, Feb. 1967.
- [8] R. F. Harrington: *Field Computation by Moment Methods*, 1968 (reprinted 1996, Oxford University Press, ISBN: 0198592175)
- [9] M. M. Ney: *Method of Moments as Applied to Electromagnetic Problems*, IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques, vol. MTT-33, no. 10, pp. 972-980, Oct. 1985.
- [10] Henry Lau: *Practical Antenna Design for Advanced Wireless Products*, Webinar on March 10, 2015, sponsored by National Instruments (formerly AWR Corp.) online available at <http://www.ni.com/awr>
- [11] Skript zur VU Wellenausbreitung, LVA 389.064, TU Wien.

An die Arbeit: W3DZZ Sperrkreisdipol 40m/80m



Bildquelle:

<https://rsars.files.wordpress.com/2013/01/w3dzz-antenna-iss-1-31.pdf>

Open, Save as ..., **Last.ez**

In EZNEC fehlt ein Button mit der Aufschrift “New”.

Es gibt **keine** “neue leere EZNEC Modelldatei” (!)

Jedes EZNEC Modell besteht aus mindestens einem Draht und aus mindestens einer Quelle.

Es geht eigentlich nichts verloren, wenn das Programm unerwartet beendet wird. Es wird laufend gespeichert in **Last.ez** aber nicht automatisch in der Datei, die man anfangs geöffnet hat (!!)

Es geht los

Bydipole.ez

Ein gerader Dipol für 14 MHz

Wir stellen um von Fuß auf Meter

Units: Meters

FF Plot, Richtdiagramm 2D, 3D

Stromverteilung

Einfluss des Bodens:

Freiraum, perfekte Erde, ...

Byvee.ez

Eine Inverted-V für 14 MHz

Von Bydipole zu W3DZZ (Schritt 1)

0	0	9,144	0	10,19	9,144
---	---	-------	---	-------	-------



0	-10,19	9,144	0	10,19	9,144
---	--------	-------	---	-------	-------

Um von einem 20m Dipol zu einem 40m Dipol zu kommen, wird die Drahtlänge verdoppelt.

Von Bydipole zu W3DZZ (Schritt 2)

0 -10,19 9,144

0 10,19

9,144

SWR Sweep

von 7,0 MHz bis 7,2 MHz

0 -10,19 20

0 10,19

20

Um von einem 20m Dipol zu einem 40m Dipol zu kommen, wird die Drahtlänge verdoppelt.

Und wir hängen ihn doch lieber etwas höher auf

Von Bydipole zu W3DZZ (Schritt 3)

0 -10,19 20

0 10,19

20

SWR Sweep

von 7,0 MHz bis 7,2 MHz

0 -10,4 20

0 10,4

20

Um von einem 20m Dipol zu einem 40m Dipol zu kommen, wird die Drahtlänge
etwas mehr als verdoppelt.

Von Bydipole zu W3DZZ (Schritt 4)

0 -10,4 20

0 10,4

20

SWR Sweep

von 7,0 MHz bis 7,2 MHz

0 -10,4 20

0 10,4

20

0 -17,1 20

0 -10,4

20

0 17,1 20

0 17,1

20

Jetzt fügen wir die Verlängerung für das 80m hinzu

Von Bydipole zu W3DZZ (Schritt 5)

2 Sperrkreise einfügen in Wire 1



Loads (Type: RLC)

$$R = 0 \, \Omega$$

$$f_{\text{Sperr}} = 7.1 \, \text{MHz} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Von Bydipole zu W3DZZ (Schritt 5)

2 Sperrkreise einfügen in Wire 1



Loads (Type: RLC)

Wire #1	0%	$R=10^{-10} \Omega$	$L=8,2\mu\text{H}$	$C=60\text{pF}$
Wire #2	100%	$R=10^{-10} \Omega$	$L=8,2\mu\text{H}$	$C=60\text{pF}$

Config: Trap

Ext. Conn.: Ser

ALTERNATIV:

Von Bydipole zu W3DZZ (Schritt 5)

2 Sperrkreise einfügen in Wire 1



Loads (Type: RLC)

Wire #1	0%	$R=10^{-10} \Omega$	$L=5,0\mu H$	$C=100pF$
Wire #2	100%	$R=10^{-10} \Omega$	$L=5,0\mu H$	$C=100pF$

Config: Trap

Ext. Conn.: Ser

Von Bydipole zu W3DZZ (Schritt 6)

0 -10,4 20

0 10,4

20

SWR Sweep

von 7,0 MHz bis 7,2 MHz

0 -11,8 20

0 11,8

20

0 -17,1 20

0 -11,8

20

0 17,1 20

0 11,8

20

Die Sperrkreise sitzen in EZNEC nicht genau bei 0% und 100% vom Leitungsende.
Die genaue Prozentzahl wird angezeigt im Fenster "Loads" (siehe "Actual Pos.")
Konsequenz: Wire 1 muss länger gemacht werden, damit die Sperrkreise
im Modell am richtigen Ort sitzen.

Von Bydipole zu W3DZZ (Schritt 7)

0 -10,4 20

0 10,4

20

SWR Sweep

von 3,5 MHz bis 3,8 MHz

0 -11,8 20

0 11,8

20

0 -17,7 20

0 -11,8

20

0 17,7 20

0 11,8

20

Jetzt passen wir die Verlängerung für das 80m auf korrekte Länge an

Von Bydipole zu W3DZZ (Schritt 8)



Save As ...

W3DZZ.ez

Geschafft !

Kurze Pause!

Dann geht's weiter

Von Bydipole zu 3EL Yagi (Schritt 1)

Open ...

Bydipole.ez

Von Bydipole 3EL Yagi (Schritt 2)

0 -10,19 20

0 10,19

20

SWR Sweep

von 7,0 MHz bis 7,2 MHz

0 -10,4 20

0 10,4

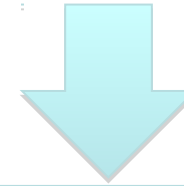
20

Um von einem 20m Dipol zu einem 40m Dipol zu kommen, wird die Drahtlänge etwas mehr als verdoppelt.

Dies wird der Erreger !

Von Bydipole 3EL Yagi (Schritt 3)

0	-10,4	20	0	10,4	20
---	-------	----	---	------	----



0	-10,4	20	0	10,4	20
-6	-11	20	-6	11	20

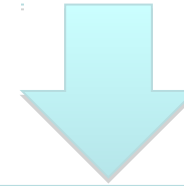
Wir fügen den **Reflektor** hinzu.

Der ist relativ nah am Erregerdipol und eine Spur länger

Relativ nah = Achtelwellenlänge bis Viertelwellenlänge

Von Bydipole 3EL Yagi (Schritt 4)

0	-10,4	20	0	10,4	20
---	-------	----	---	------	----



0	-10,4	20	0	10,4	20
-6	-10,7	20	-6	10,7	20

Wir optimieren die Länge des **Reflektors**.

Wir wollen das **Vorwärts / Rückwärtsverhältnis** der Yagi Antenne maximieren

Von Bydipole 3EL Yagi (Schritt 5)

0	-10,4	20	0	10,4	20
---	-------	----	---	------	----

SWR Sweep von 7,0 MHz bis 7,2 MHz

0	-10,2	20	0	10,2	20
-6	-10,7	20	-6	10,7	20

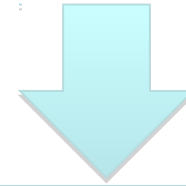
Durch den nun anwesenden Reflektor hat sich die Impedanz des Erregers verändert

Wir müssen den Erregerdipol nun wieder etwas kürzen

Von Bydipole 3EL Yagi (Schritt 6)

0	-10,4	20	0	10,4	20
---	-------	----	---	------	----

FF Plot



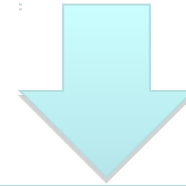
0	-10,2	20	0	10,2	20
-6	-10,7	20	-6	10,7	20
8	10	20	8	10	20

Wir fügen den Direktor hinzu: Wir wollen jetzt mehr Gewinn
Der Direktor ist etwas weiter weg vom Erreger als der Reflektor
Der Direktor ist etwas kürzer als der Erreger

Von Bydipole 3EL Yagi (Schritt 6)

0	-10,4	20	0	10,4	20
---	-------	----	---	------	----

FF Plot



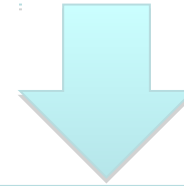
0	-10,2	20	0	10,2	20
-6	-10,7	20	-6	10,7	20
8	10	20	8	10	20

Wir sehen uns wieder die Anpassung an: SWR Sweep

Von Bydipole 3EL Yagi (Schritt 7)

0	-10,4	20	0	10,4	20
---	-------	----	---	------	----

FF Plot



0	-10,2	20	0	10,2	20
-6	-10,7	20	-6	10,7	20
8	10	20	8	10	20

Oops: Zahl der Segmente wird zuviel für die Demo Version

Wir sparen Segmente ein: $7 + 7 + 5$

Von Bydipole 3EL Yagi (Schritt 8)

0	-10,4	20	0	10,4	20
---	-------	----	---	------	----

FF Plot



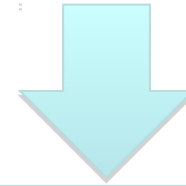
0	-10,2	20	0	10,2	20
-6	-10,7	20	-6	10,7	20
8	10	20	8	10	20

Save as: CALLSIGN_3EL_Yagi_40m.ez

Von Bydipole 4EL Yagi (Schritt 9)

0	-10,4	20	0	10,4	20
---	-------	----	---	------	----

FF Plot

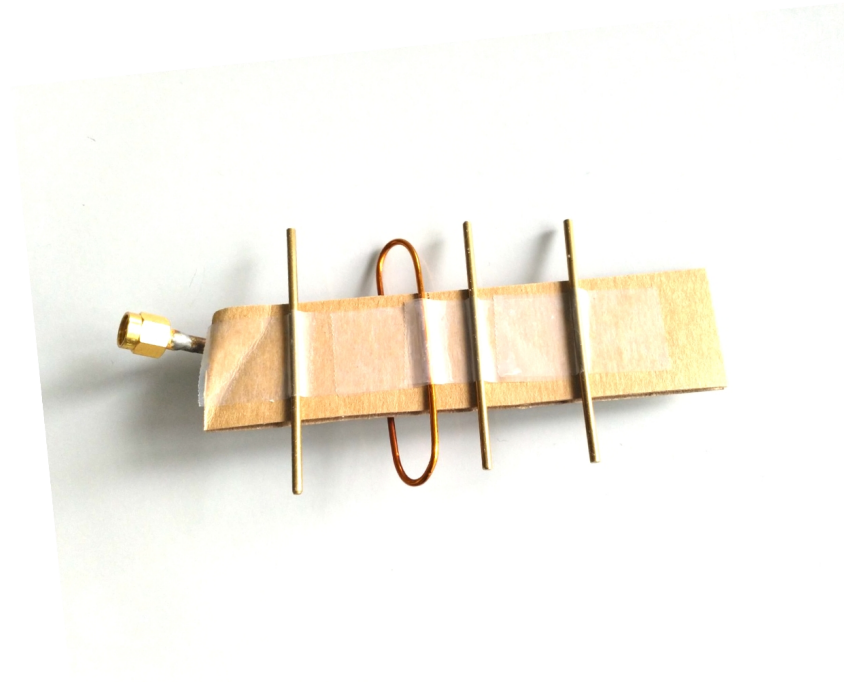


0	-10,2	20	0	10,2	20
-6	-10,7	20	-6	10,7	20
8	10	20	8	10	20
16	10	20	16	10	20

z.B. ein zweiter Direktor wird hinzugefügt: mehr Gewinn!

Oder Sperrkreise einfügen für Betrieb auf einem anderen Band

Viel Spaß beim Spielen!



MNI TNX TO

Arpad, OE1SZW

Gerald, OE1GAQ

Stefan, OE1ABU

David, unlizenziert

Andreas, OE1AJW

Lukas, OE1LZW

Gregor, OE1GLC

Gerald, OE1GPA