Wie modelliere ich meine Antenne in EZNEC ?

Icebird Talk mit Workshop

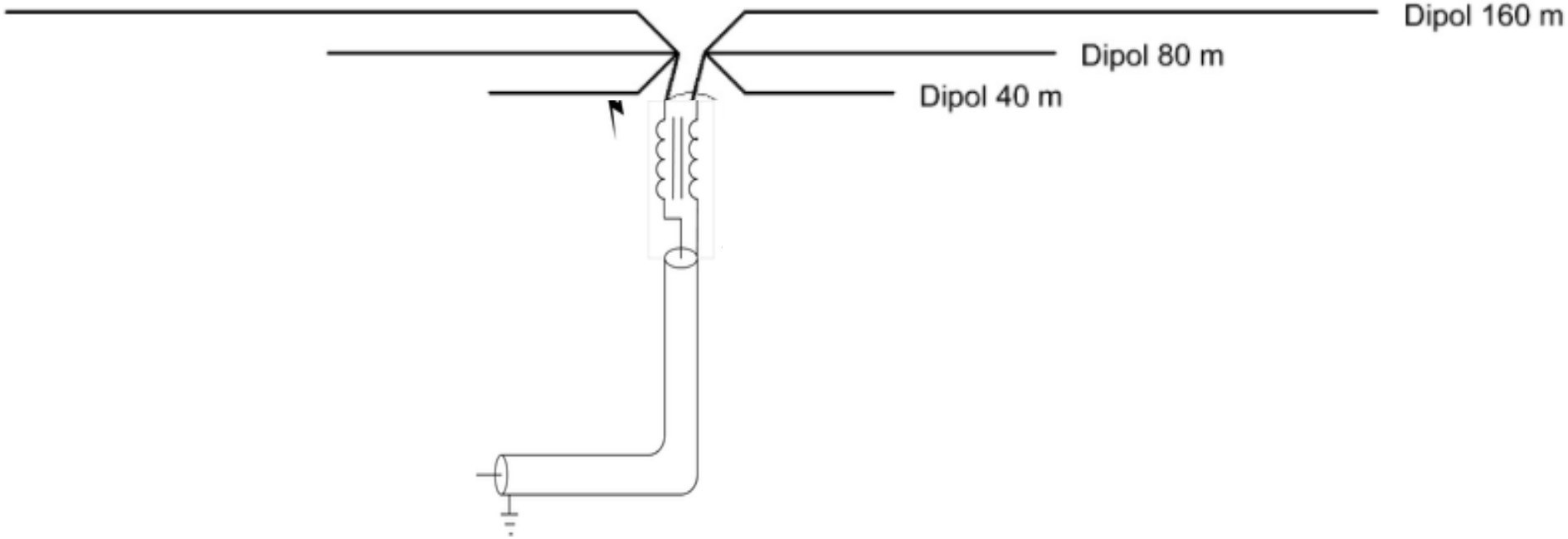
ÖVSV Landesverband Wien

Eisvogelgasse 4/3, 1060 Wien

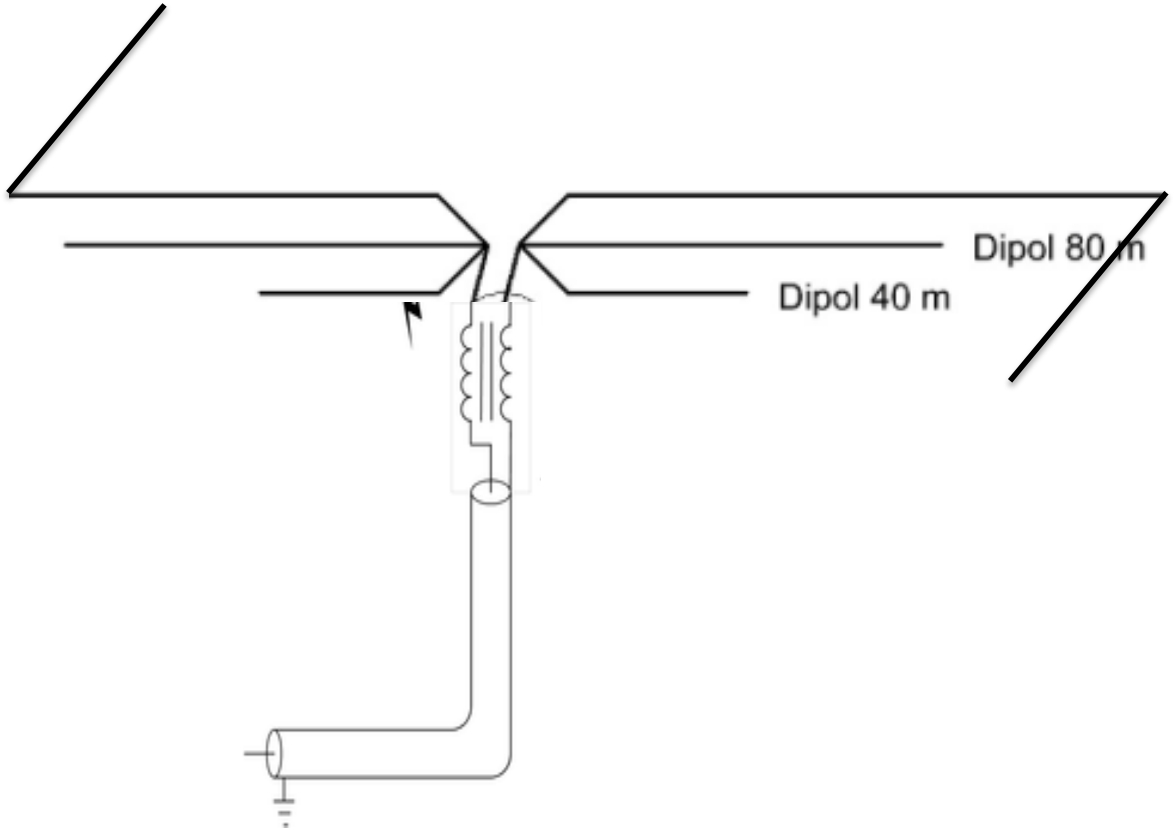
23. November 2017

Chris, OE1VMC

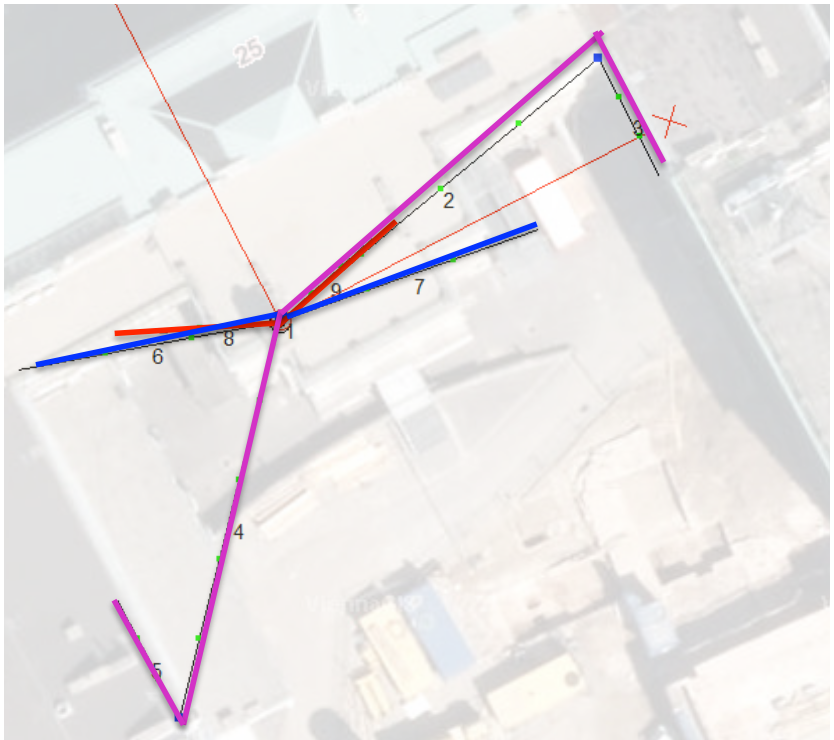
Beispiel: Fächerdipol - Prinzip



Beispiel: Fächerdipol in Raumnot



Beispiel: Fächerdipol OE1XTU
Geht das auch so?



Der Plan für heute

- Grundlagen: Antennen
- Grundlagen: EZNEC

- Fokus auf Drahtantennen, Vertikalstrahler

- Praxisteil:
  - Dipol, Inverted-V
  - Vertikalantenne
  - Vertikalantenne verkürzt mit Dachkapazität
  - Vertikalantenne verkürzt, induktiv verlängert

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

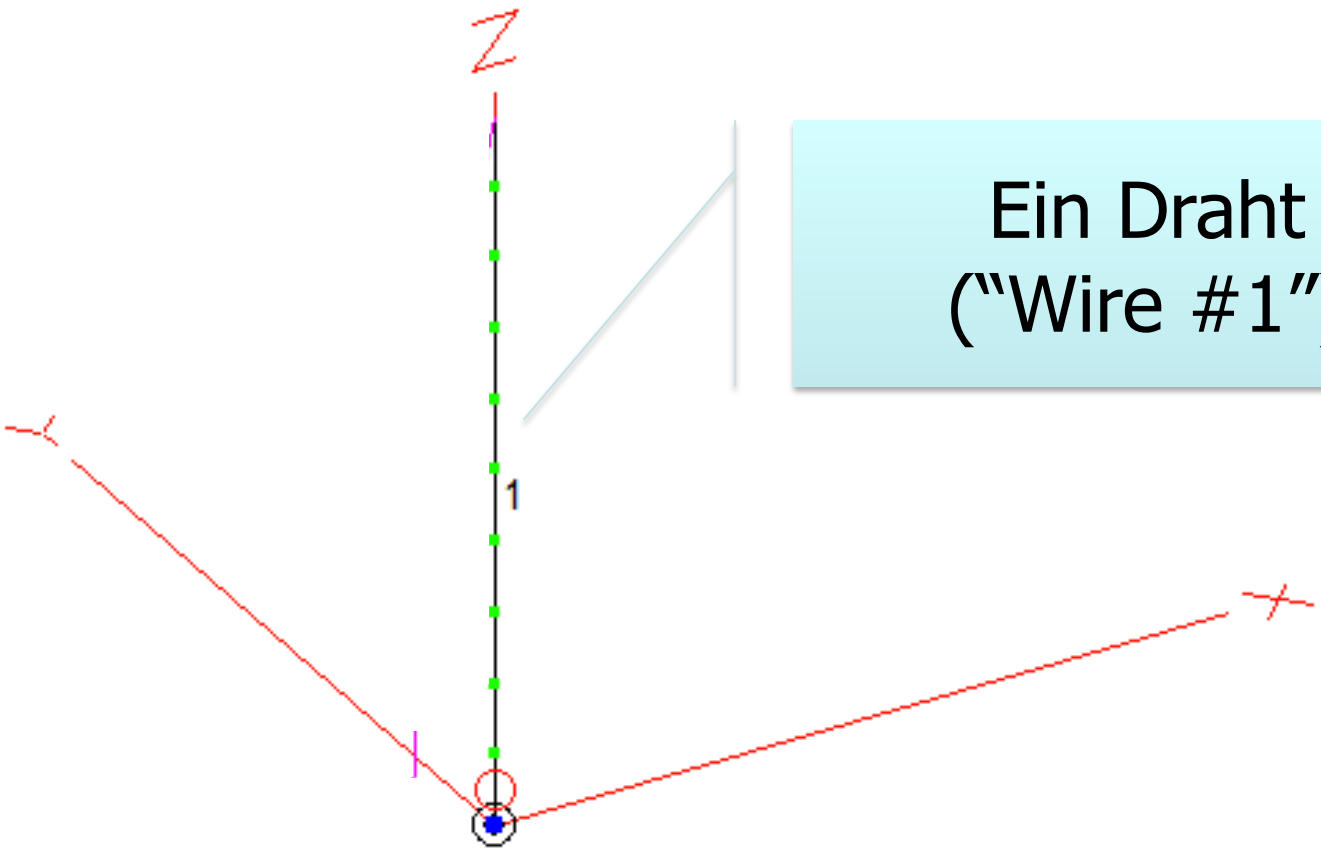
eigentlich: deren zeitliche Änderungen

Grundlagen: Antenneneigenschaften

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

λ/4 - Vertikalantenne über perfekter Erde

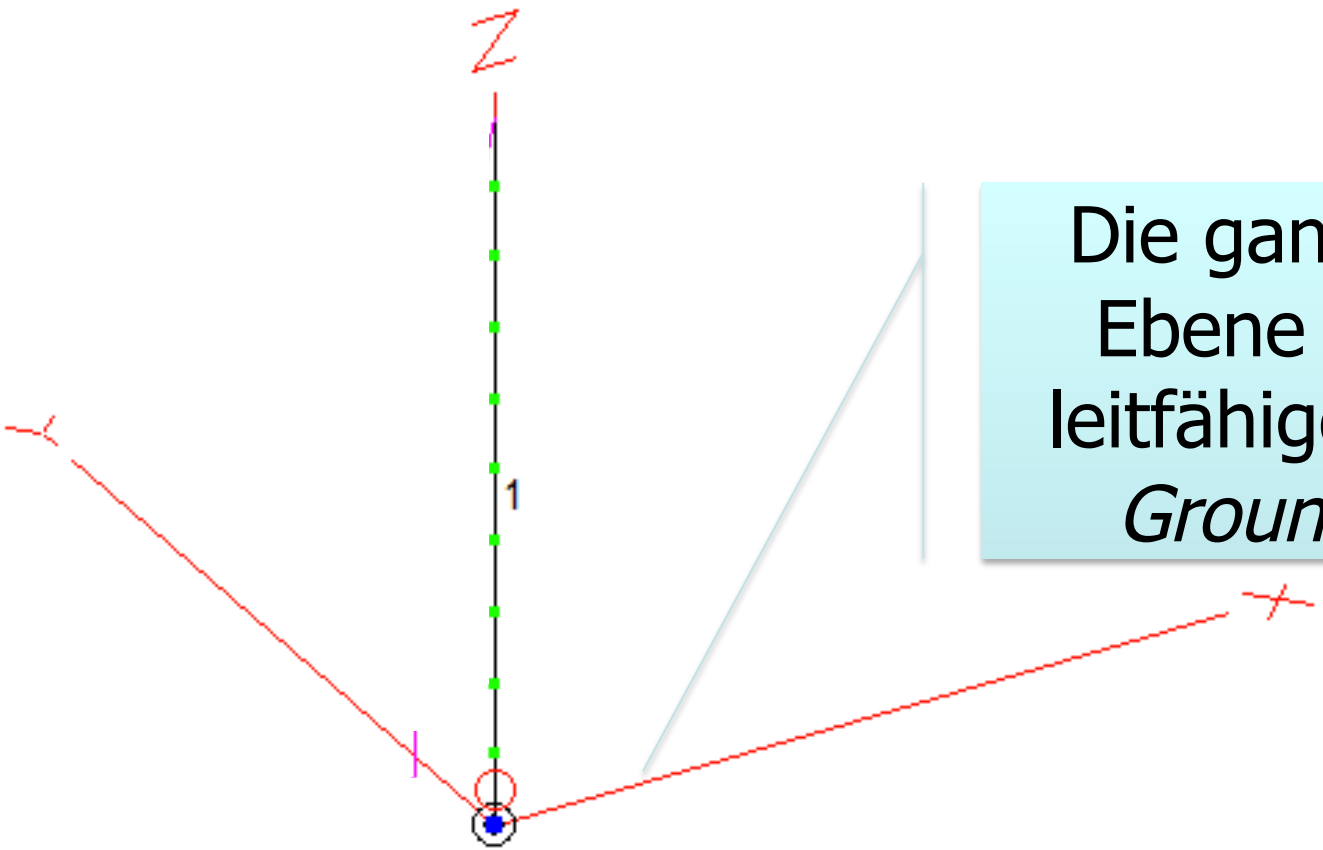
EZNEC Demo



Ein Draht
(“Wire #1”)

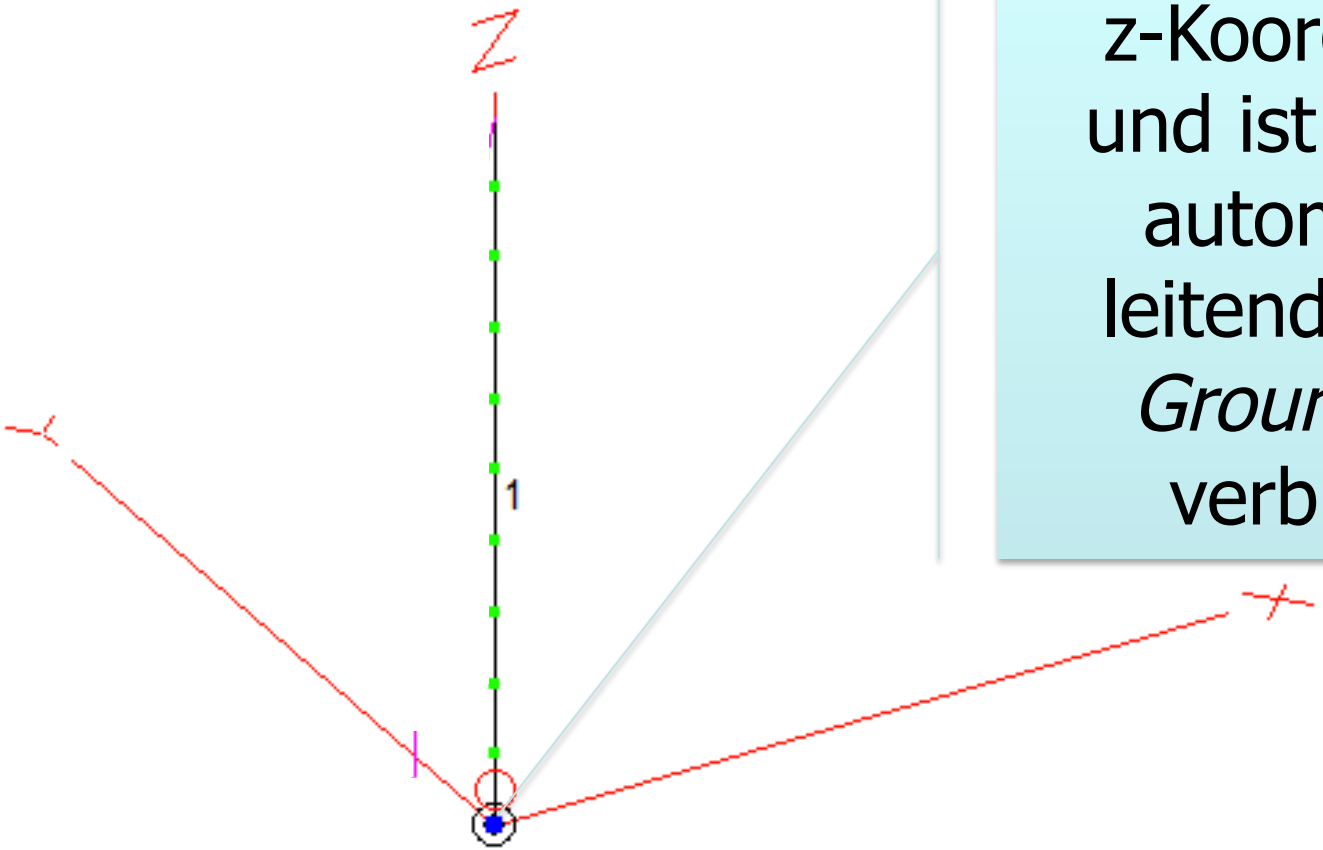
λ/4 - Vertikalantenne über perfekter Erde

EZNEC Demo



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

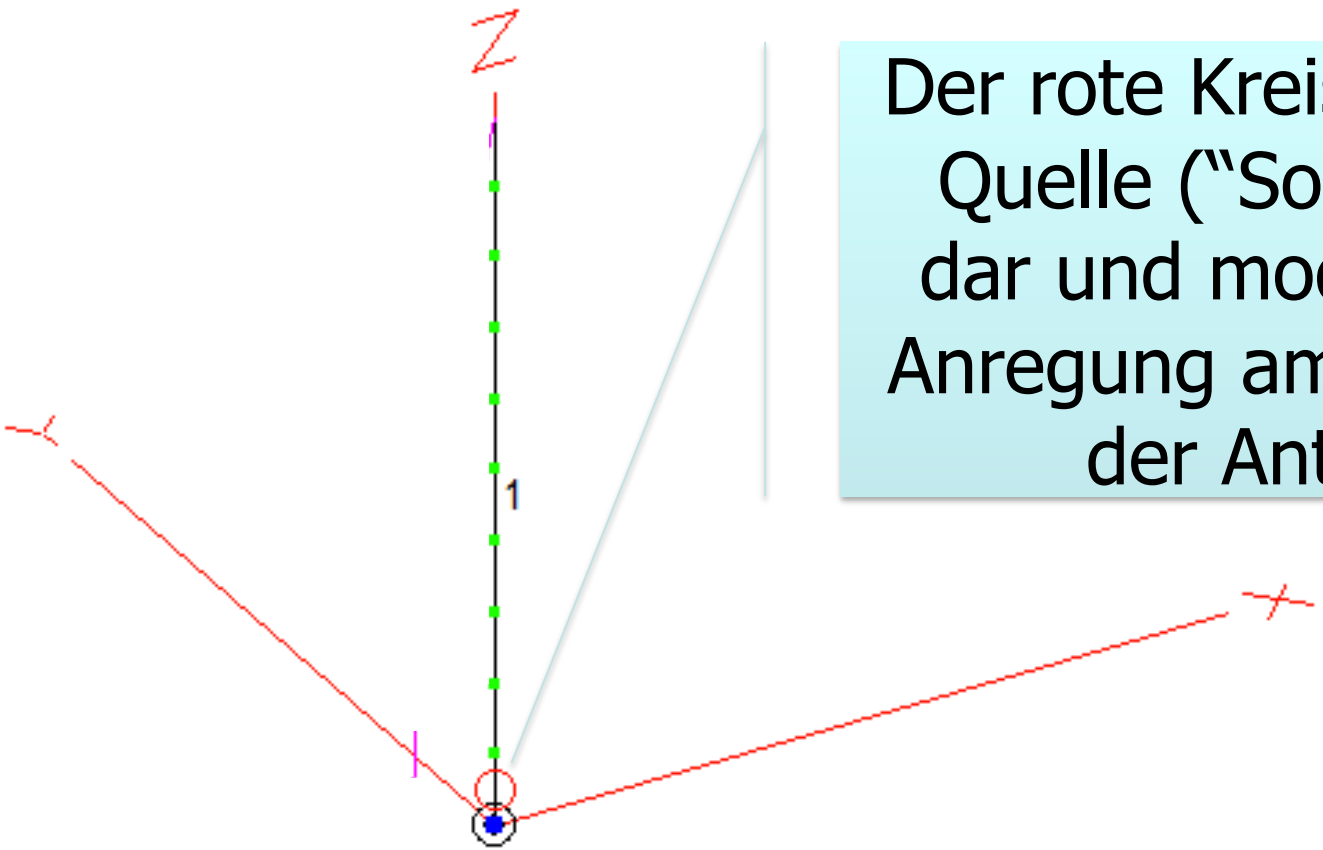
λ/4 - Vertikalantenne über perfekter Erde



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

λ/4 - Vertikalantenne über perfekter Erde

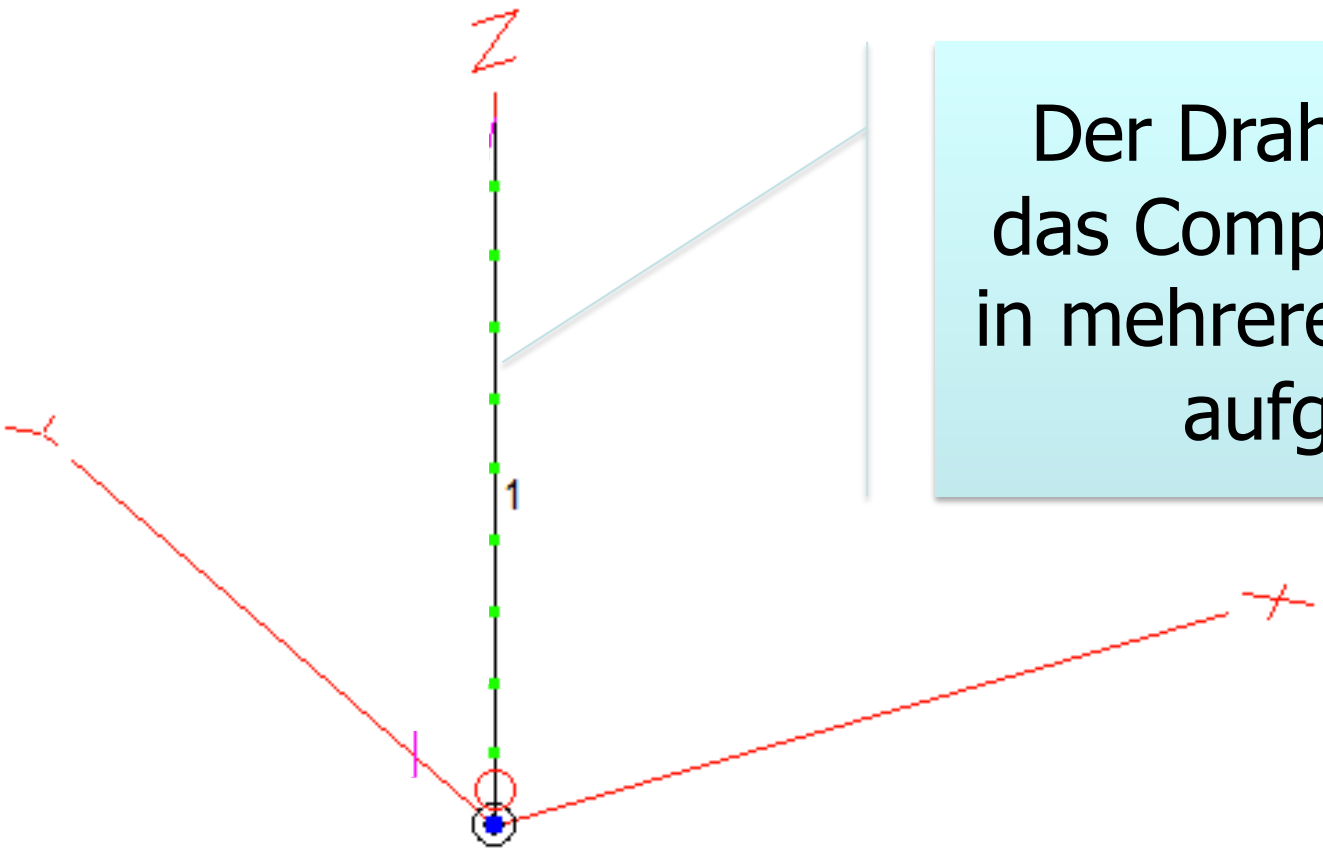
EZNEC Demo



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

λ/4 - Vertikalantenne über perfekter Erde

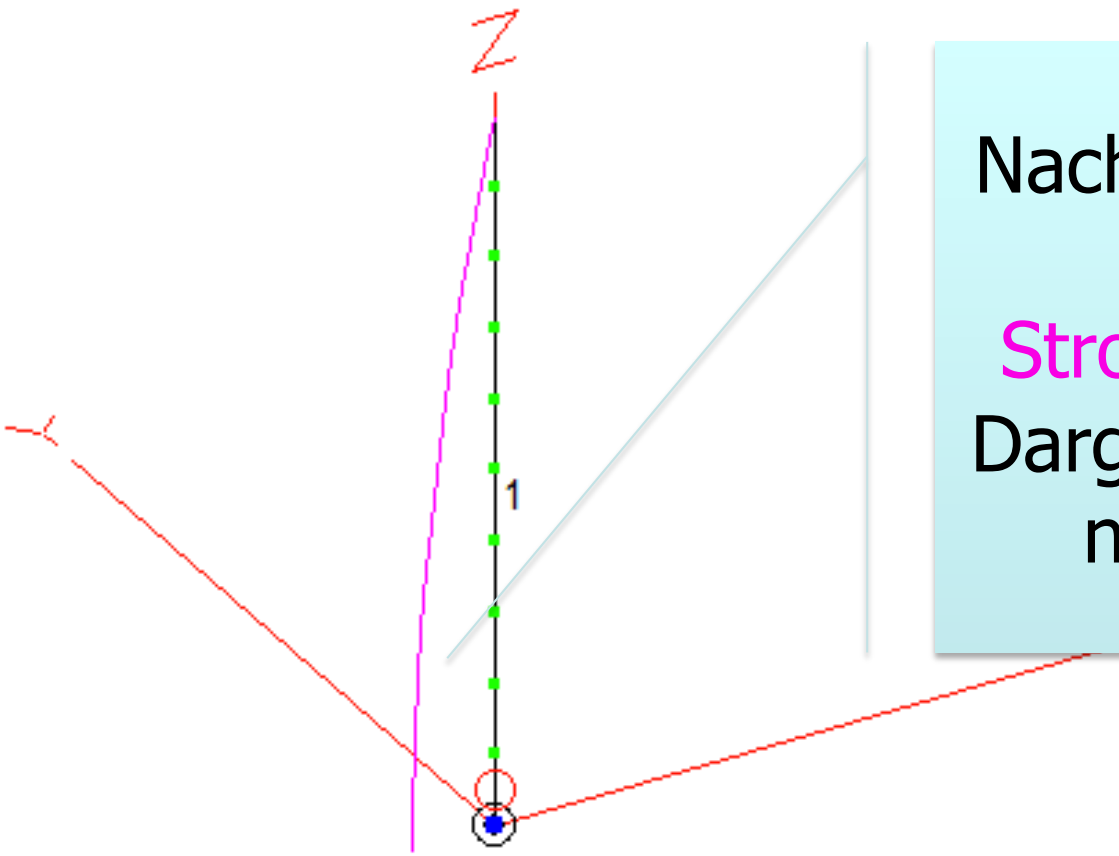
EZNEC Demo



Der Draht wird für das Computermodell in mehrere Segmente aufgeteilt

λ/4 - Vertikalantenne über perfekter Erde

EZNEC Demo



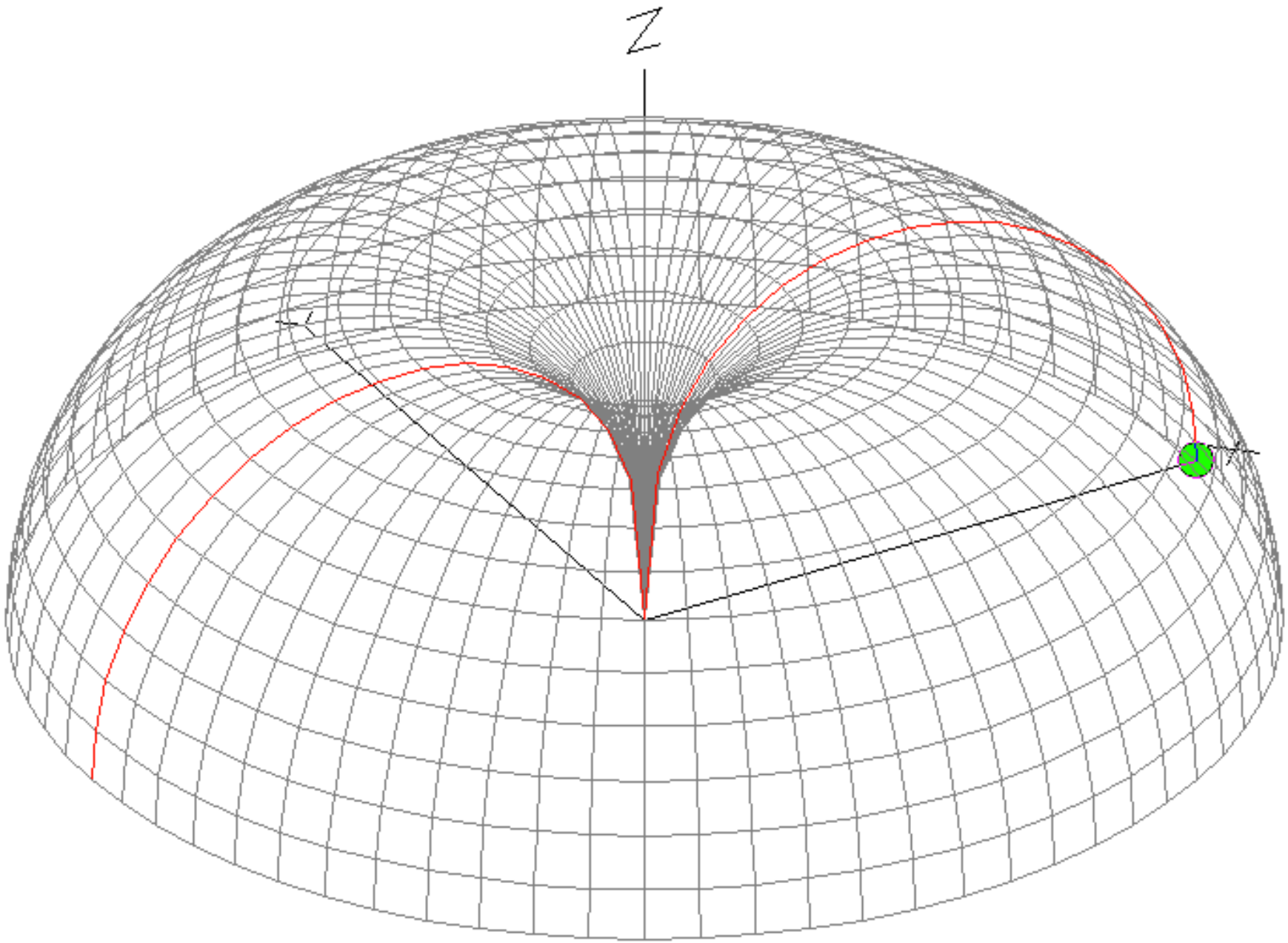
Nach der Berechnung liegt die Stromverteilung vor. Dargestellt wird meist nur der Betrag.

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

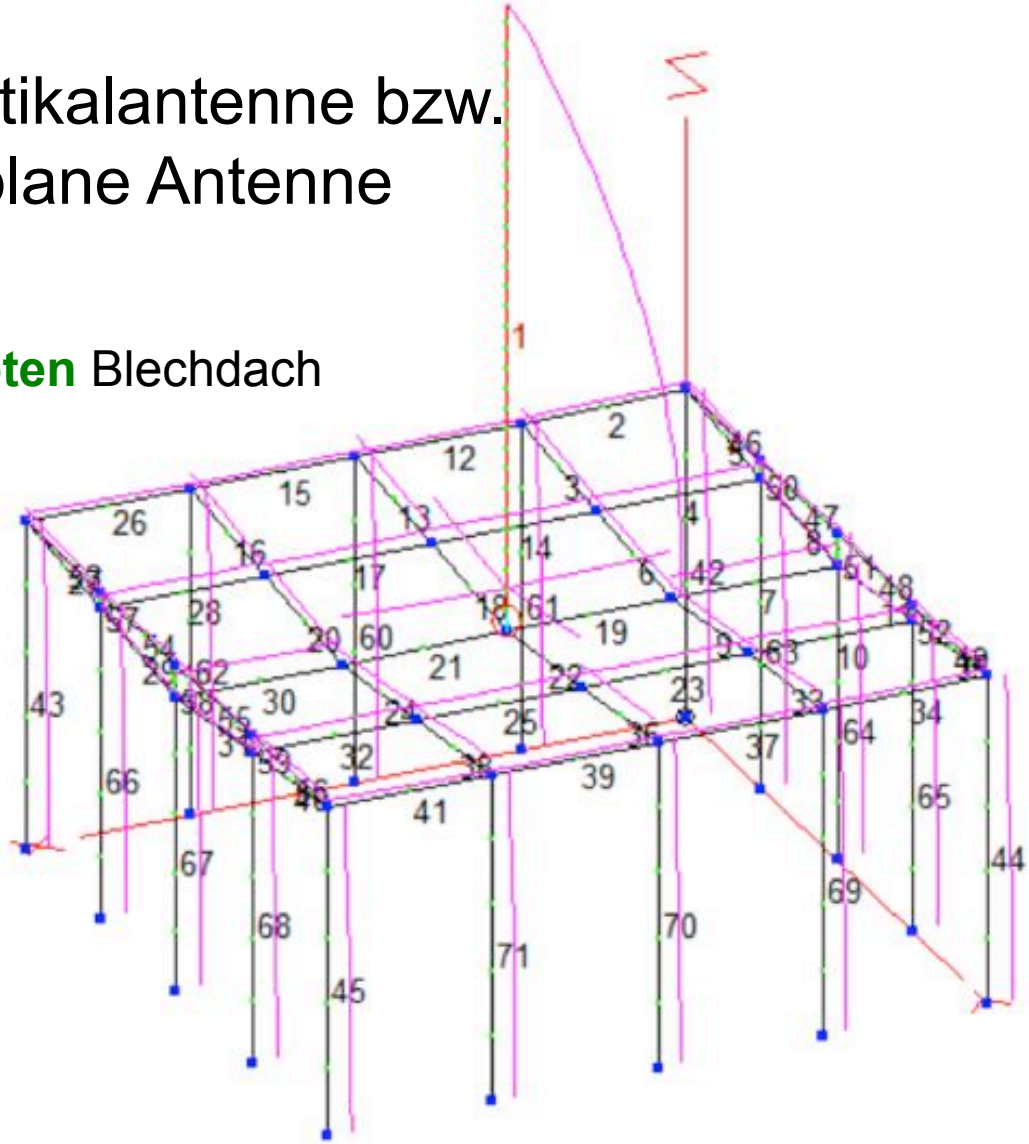
- Manche Antennen sind Rundstrahler, andere haben eine starke Richtwirkung


Z
-X
Y

EZNEC+

λ/4 - Vertikalantenne bzw. Groundplane Antenne

Auf einem
gut geerdeten Blechdach



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

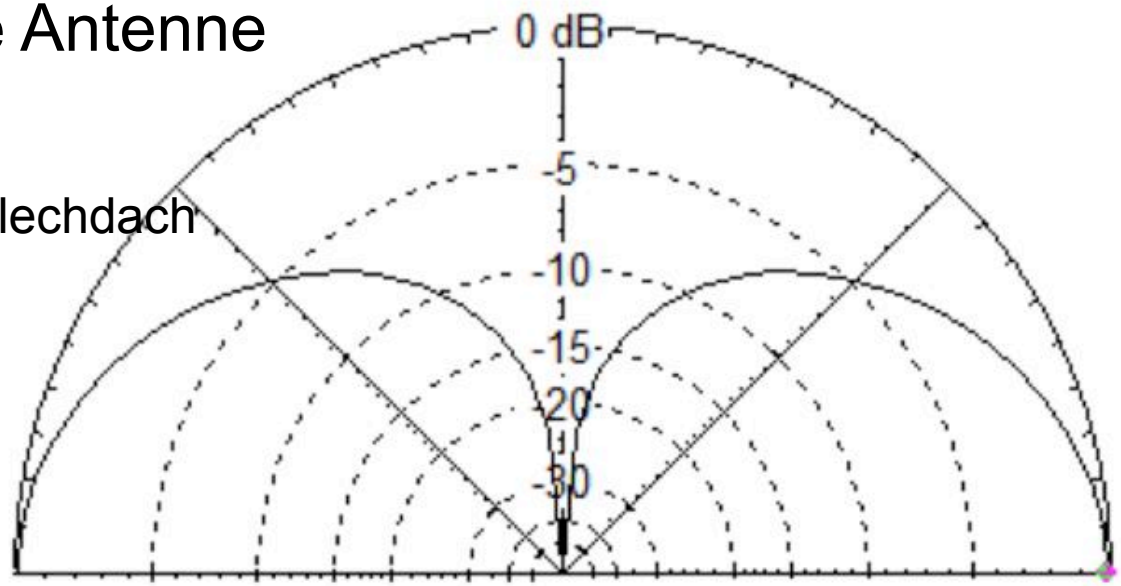
40m Band

QRG 7,1 MHz

Total Field EZNEC+

λ/4 - Vertikalstrahler bzw. Groundplane Antenne

Auf einem
gut geerdeten Blechdach



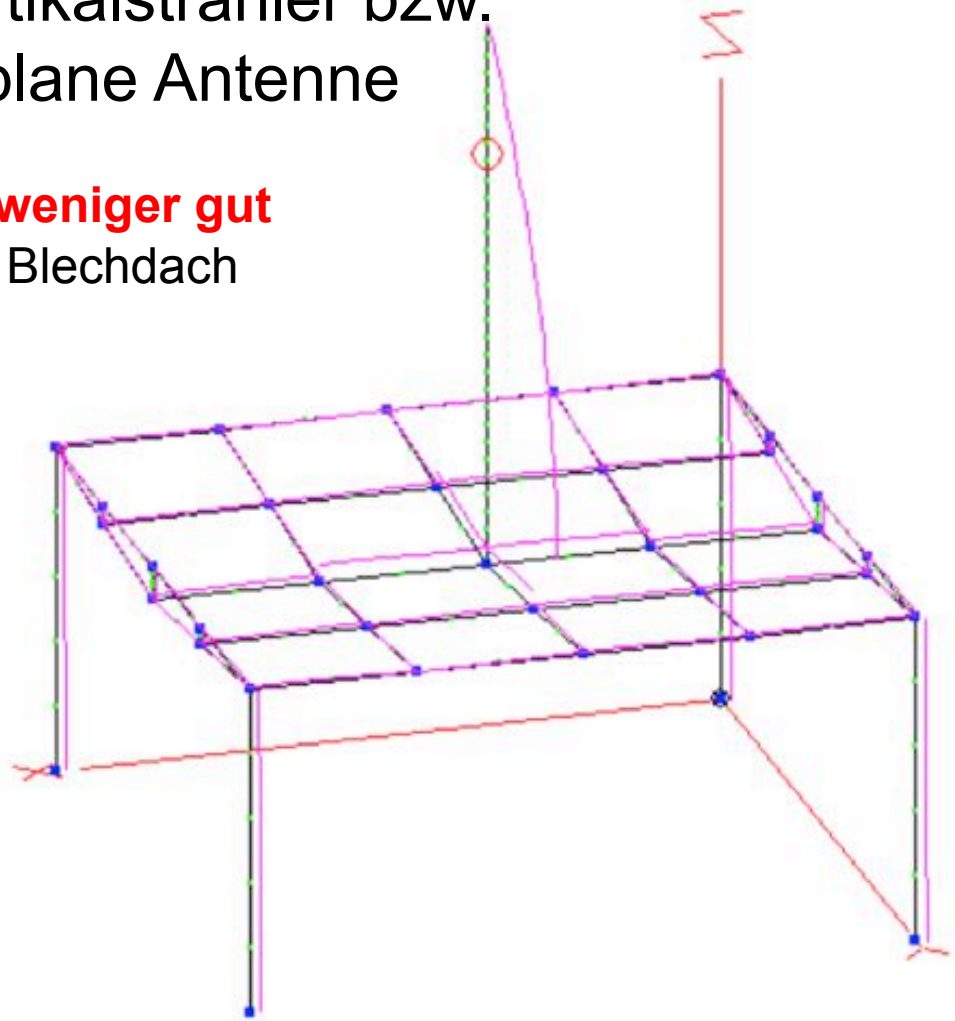
7,1 MHz

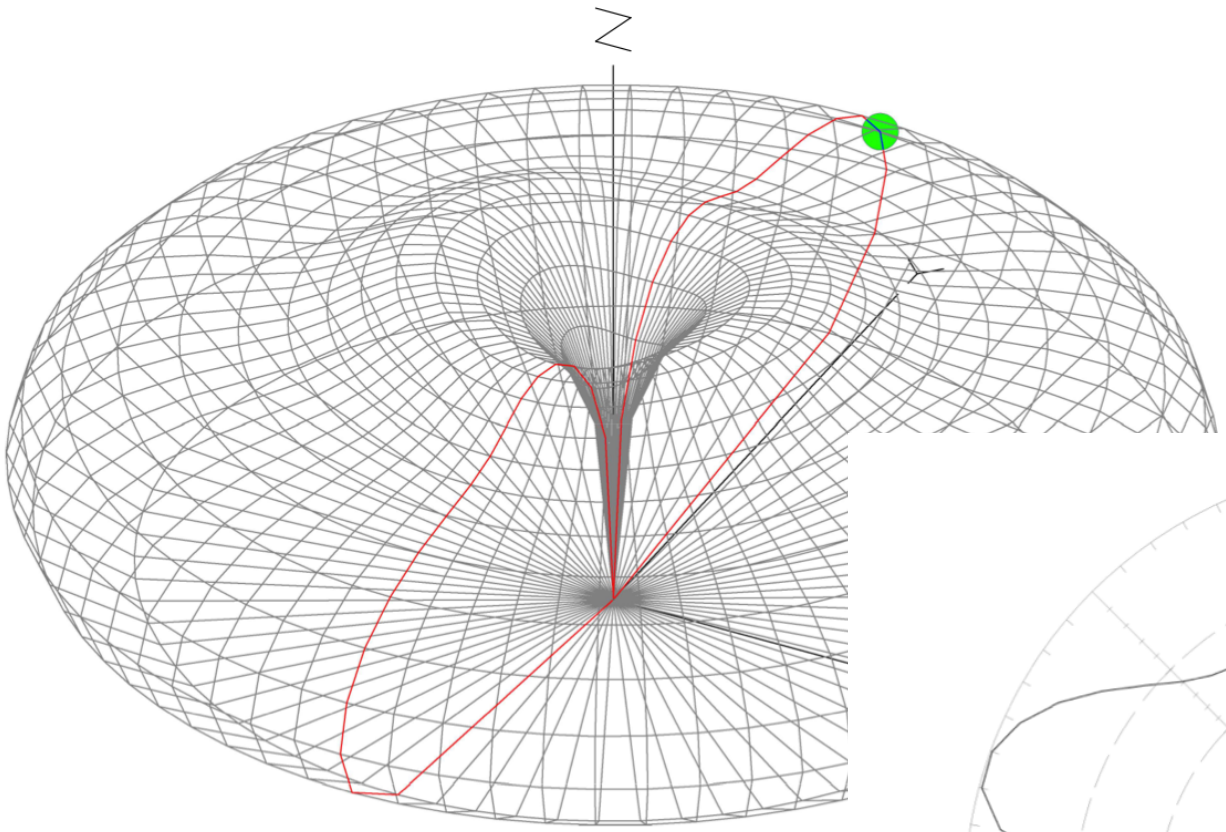
Elevation Plot		Cursor Elev	0,0 deg.
Azimuth Angle	0,0 deg.	Gain	5,24 dBi
Outer Ring	5,27 dBi		0,0 dBmax
			-0,03 dBmax3D
3D Max Gain	5,27 dBi		
Slice Max Gain	5,24 dBi @ Elev Angle = 0,0 deg.		
Beamwidth	?; -3dB @ 34,9 deg.		
Sidelobe Gain	< -100 dBi		
Front/Sidelobe	> 100 dB		

λ/4 - Vertikalstrahler bzw. Groundplane Antenne

EZNEC+

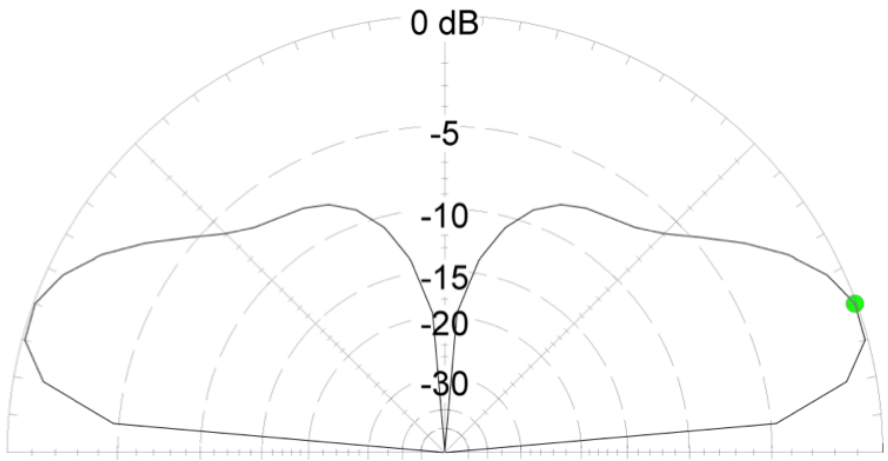
Auf einem **weniger gut geerdeten** Blechdach





Vertikalantenne

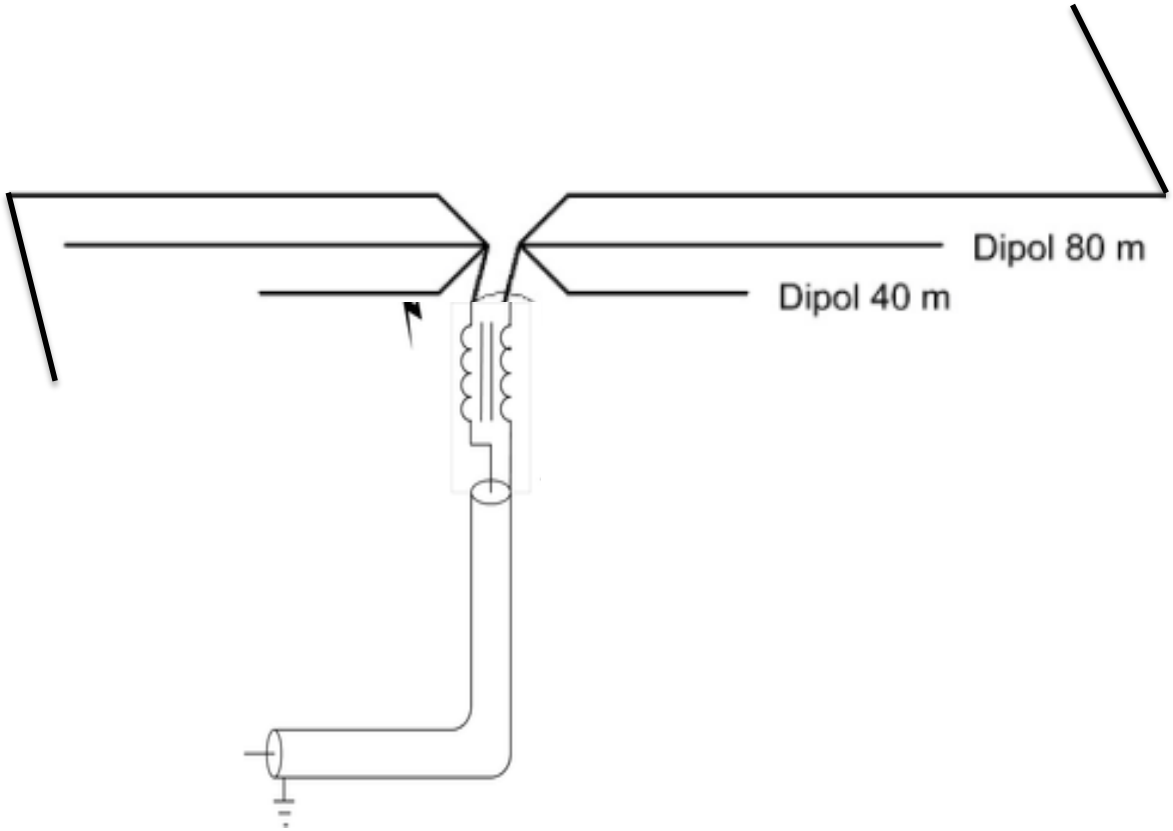
Richtdiagramm berechnet mit EZNEC



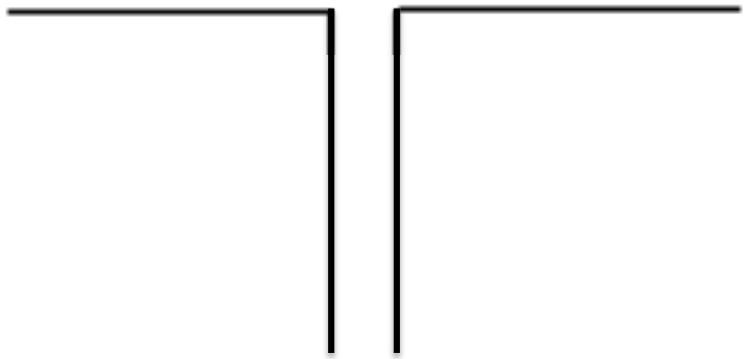
OE1VMC vertical antenna 40m 7,1 MHz

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		

Beispiel: Fächerdipol in Raumnot



Modellierung der Anregung

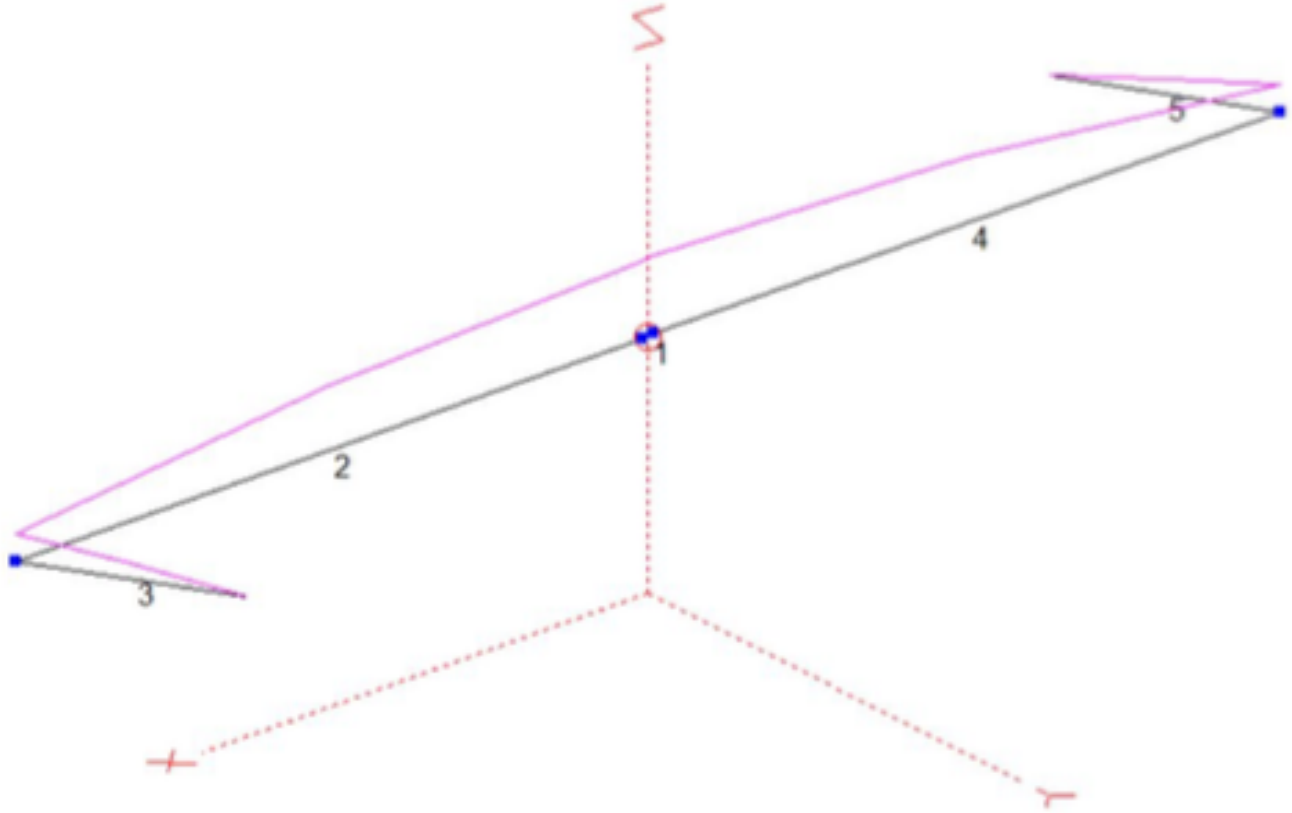


Wir müssen (nur) die strahlenden Strukturen der Antenne modellieren.

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

Die Zuleitungen zur Antenne werden wir ersetzen durch Strom/Spannungsquellen

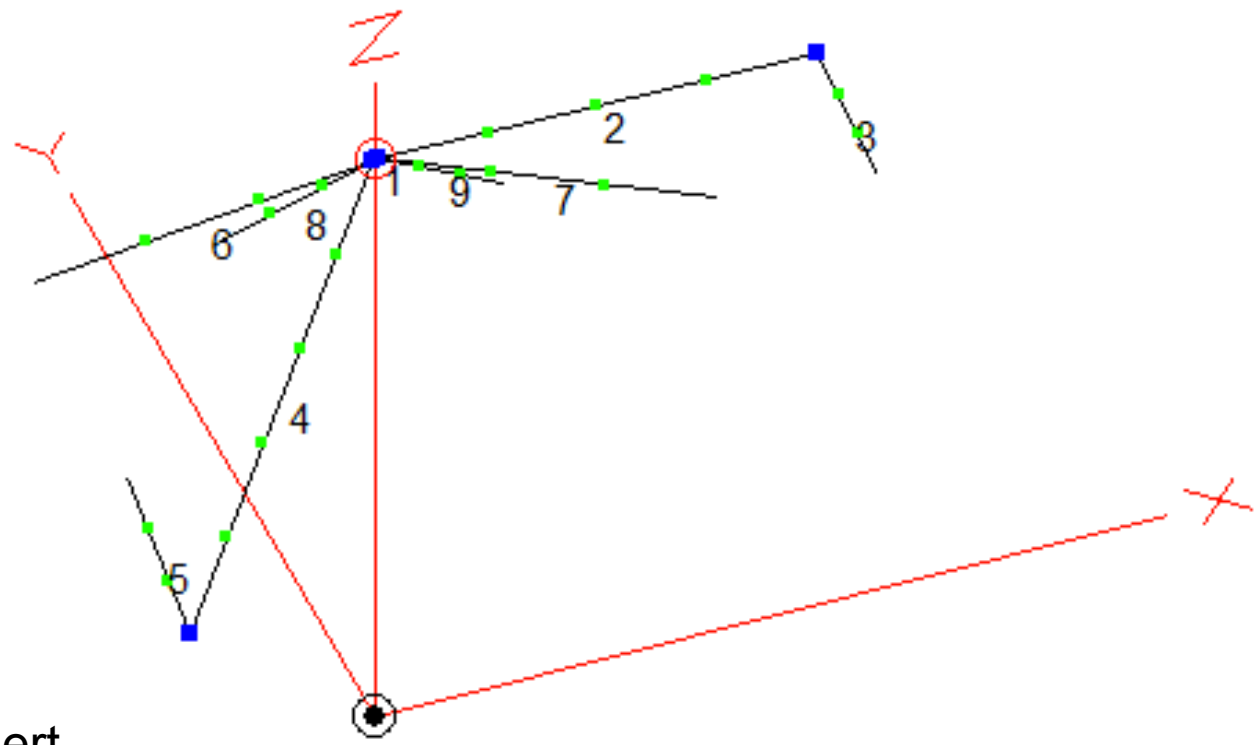
Z-Dipol für 160m



David, unlizensiert
Andreas, OE1AJW
Lukas, OE1LZW

Fächerdipol OE1XTU Drahtmodell

EZNEC

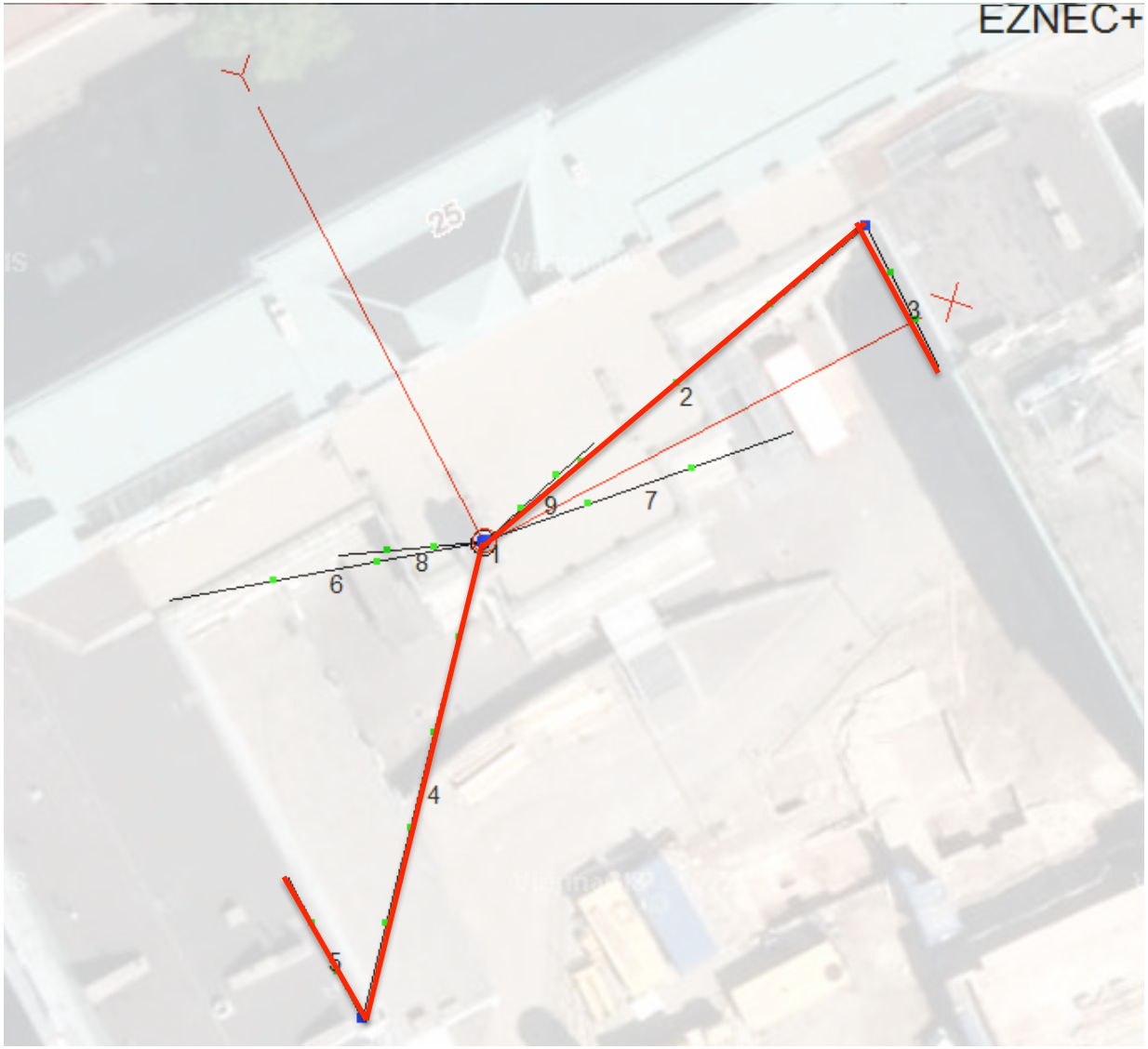


David, unlizensiert
Andreas, OE1AJW
Lukas, OE1LZW

Fächerdipol OE1XTU (Z-Dipol für 160m)

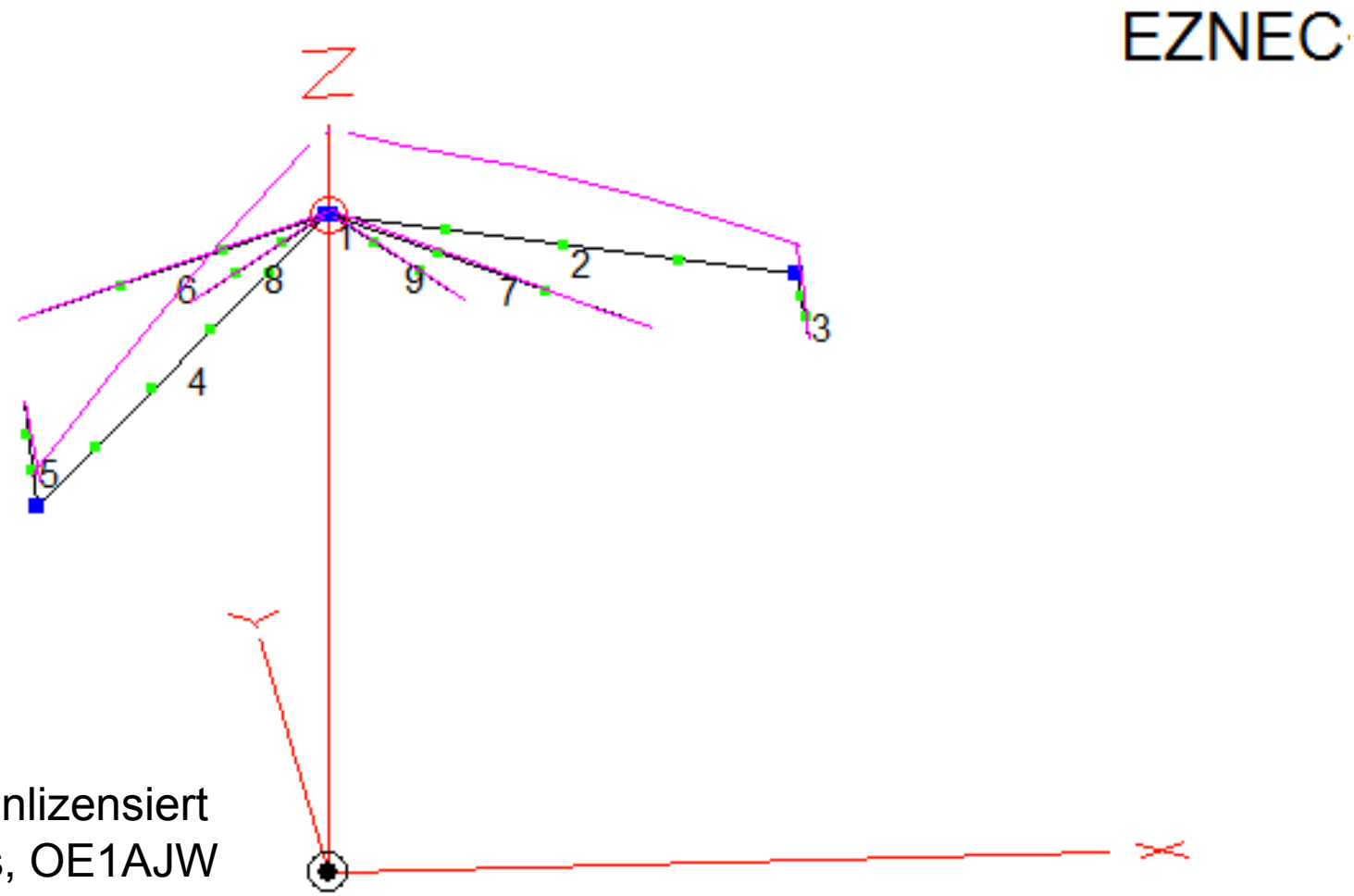
Wire Geometry

5-4-1-2-3 = Z-Dipole 160m
6-1-7 = Inverted-V 80m
8-1-9 = Inverted-V 40m



Seit Sommer 2016

Fächerdipol OE1XTU Drahtmodell Stromverteilung bei 1,86 MHz

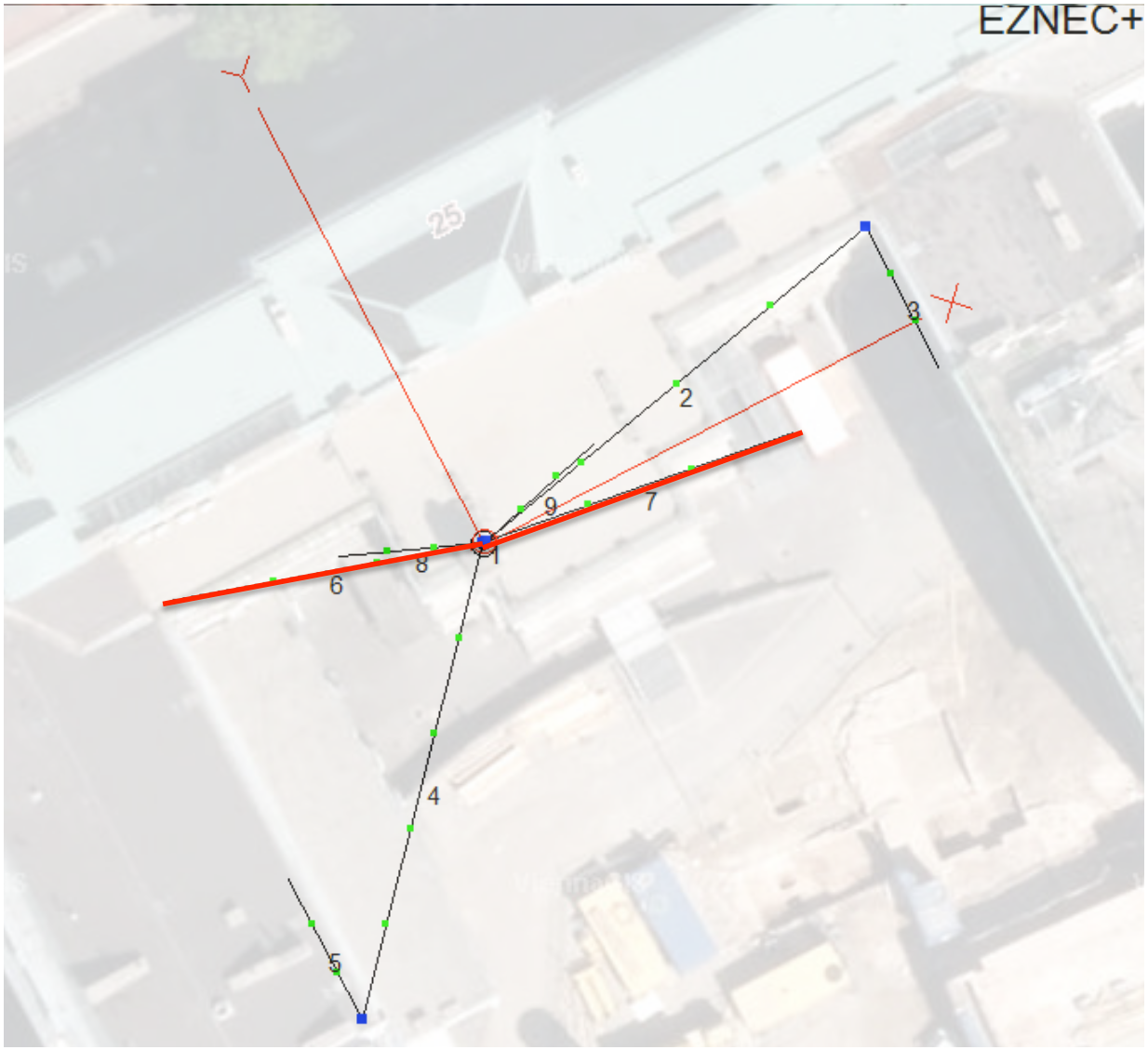


David, unlizensiert
Andreas, OE1AJW
Lukas, OE1LZW

Fächerdipol OE1XTU (Inv-V für 80m)

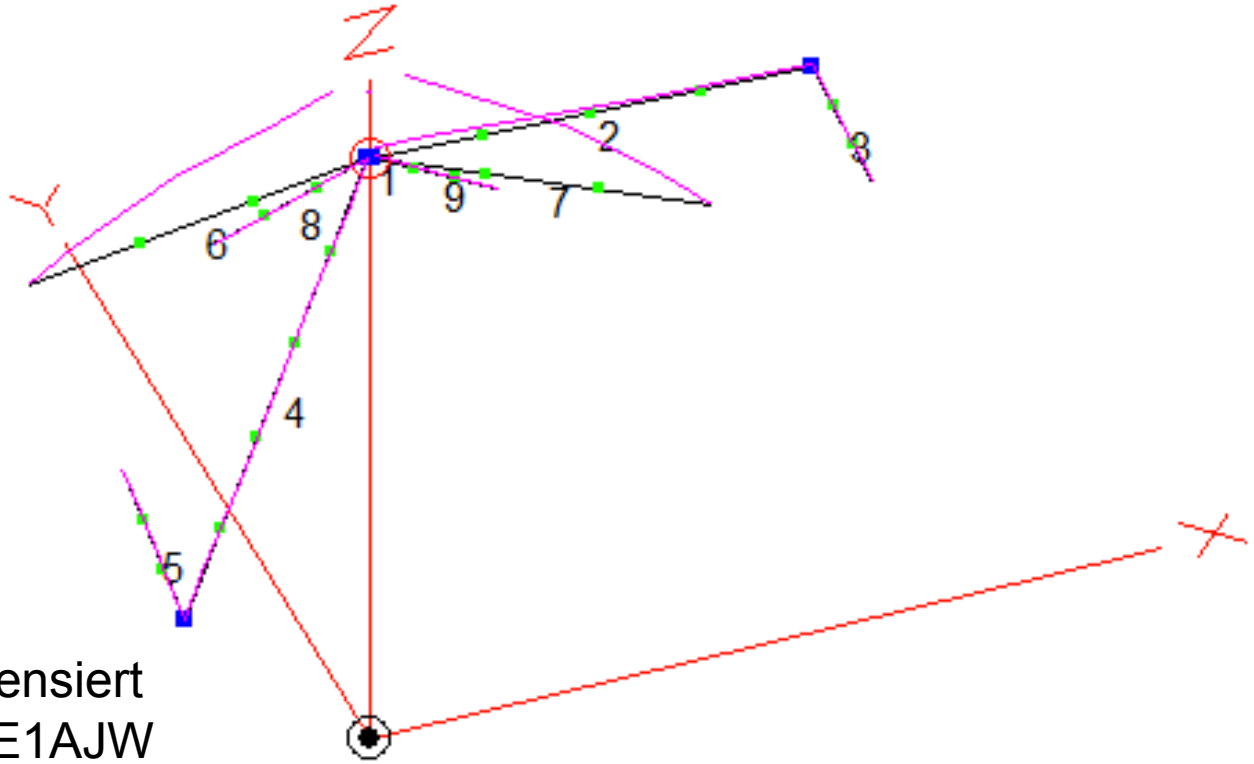
Wire Geometry

5-4-1-2-3 = Z-Dipole 160m
6-1-7 = Inverted-V 80m
8-1-9 = Inverted-V 40m



Fächerdipol OE1XTU Drahtmodell Stromverteilung bei 3,65 MHz

EZNEC

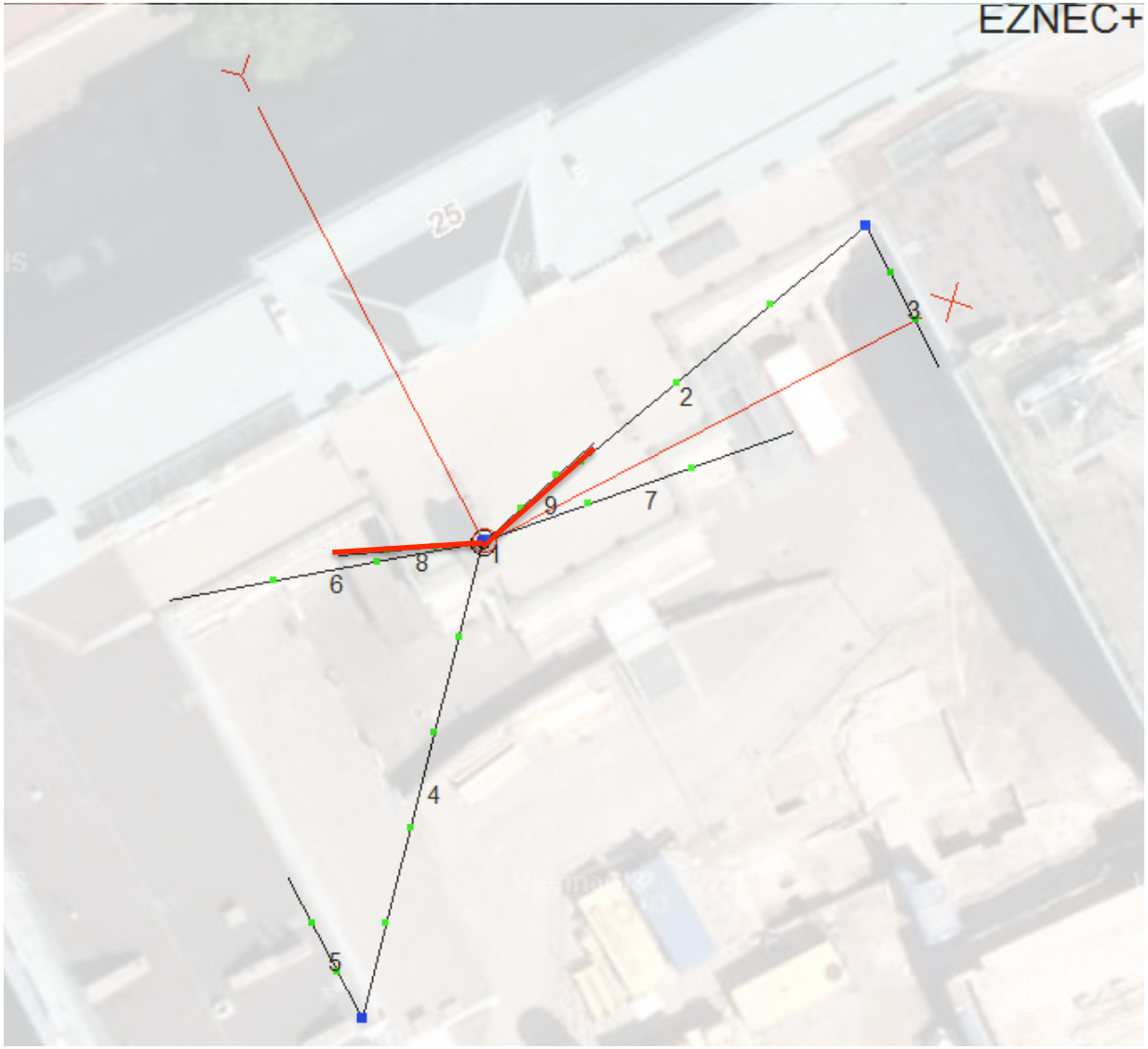


David, unlizensiert
Andreas, OE1AJW
Lukas, OE1LZW

Fächerdipol OE1XTU (Inv-V für 40m)

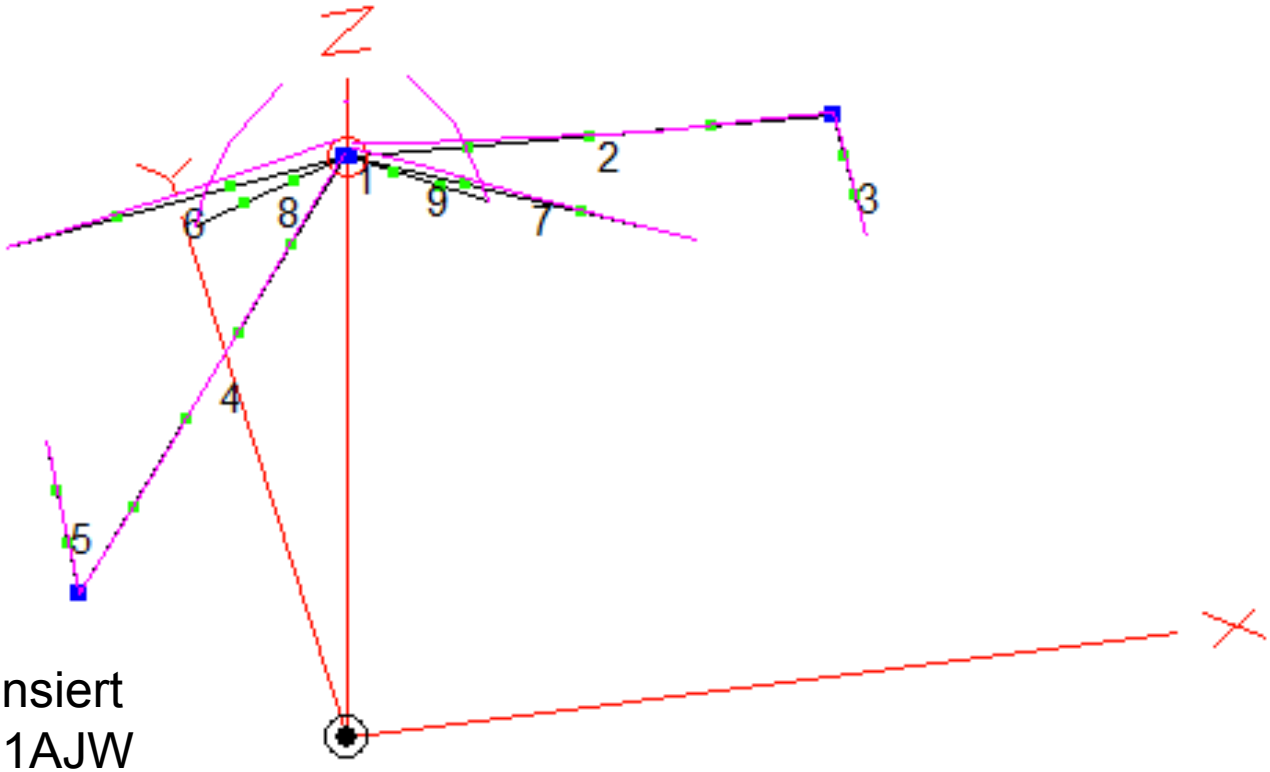
Wire Geometry

5-4-1-2-3 = Z-Dipole 160m
6-1-7 = Inverted-V 80m
8-1-9 = Inverted-V 40m



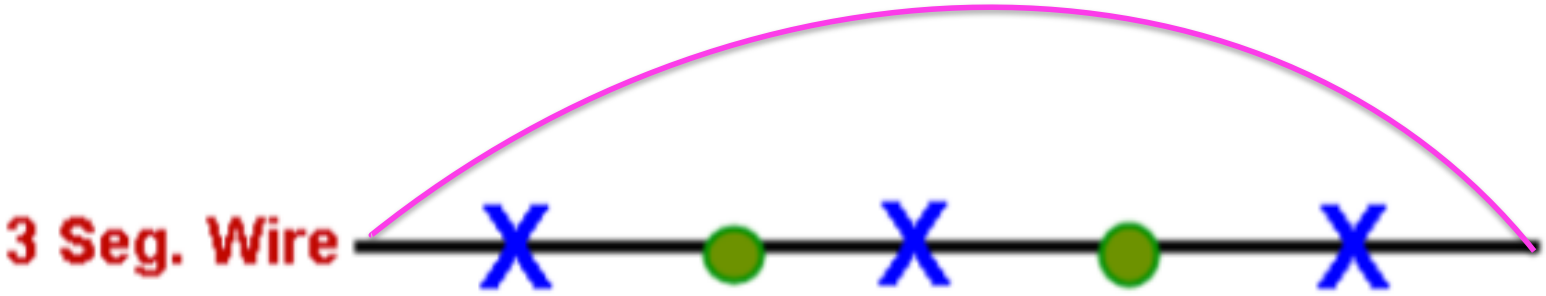
Fächerdipol OE1XTU Drahtmodell Stromverteilung bei 7,10 MHz

EZNEC



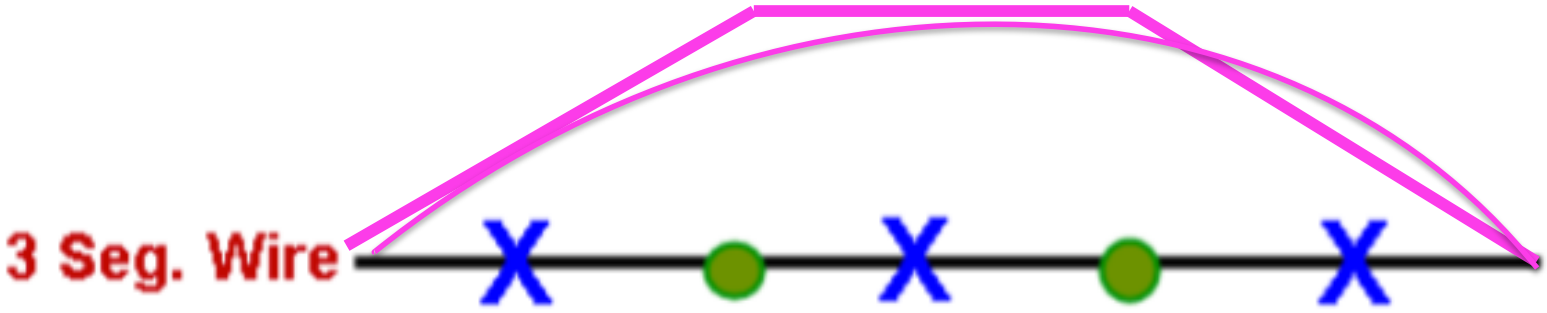
David, unlizensiert
Andreas, OE1AJW
Lukas, OE1LZW

Drahtsegmente in EZNEC
Modellierung der Stromverteilung



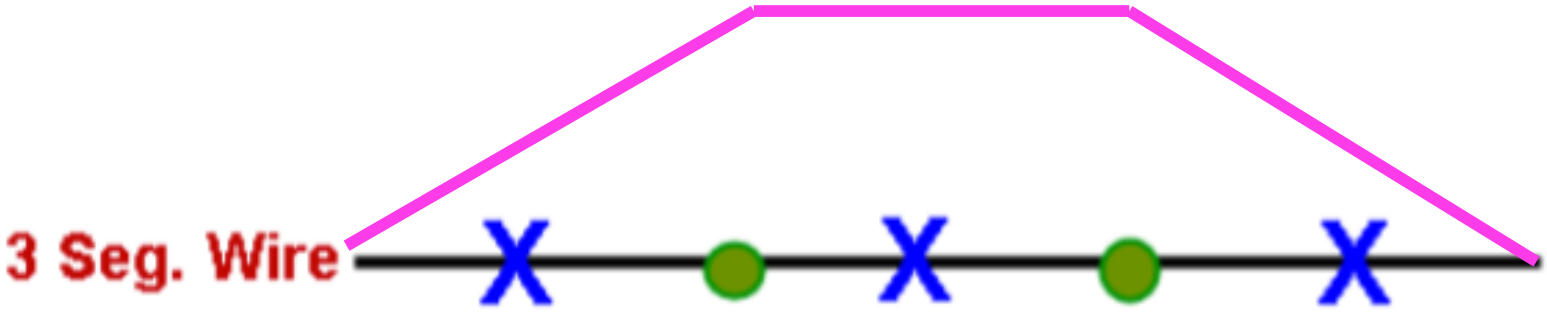
EZNEC nimmt vereinfachend an, dass sich der Stromverlauf auf einem einzelnen Drahtsegment gut darstellen lässt durch eine lineare Funktion

Drahtsegmente in EZNEC
Modellierung der Stromverteilung



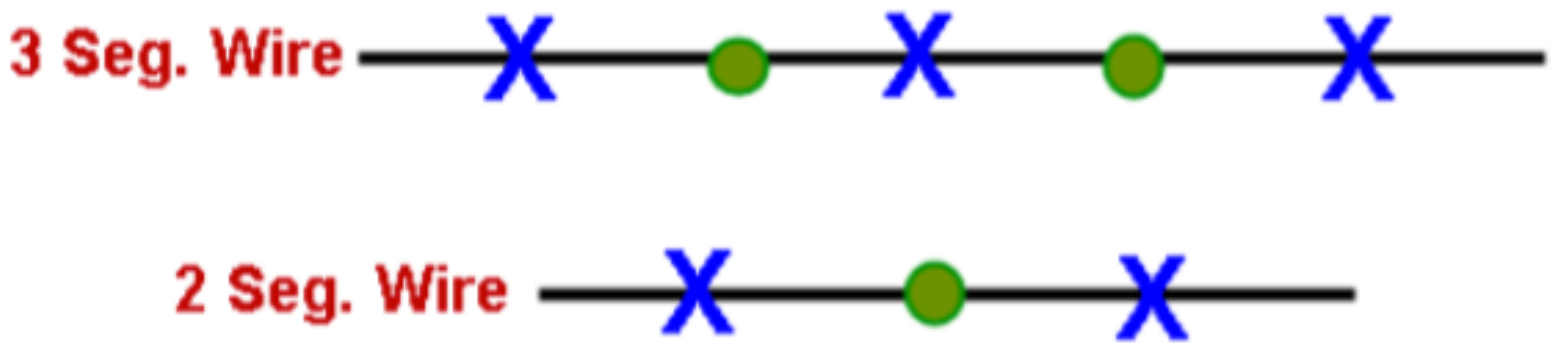
EZNEC nimmt vereinfachend an, dass sich der Stromverlauf auf einem einzelnen Drahtsegment gut darstellen lässt durch eine lineare Funktion

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:

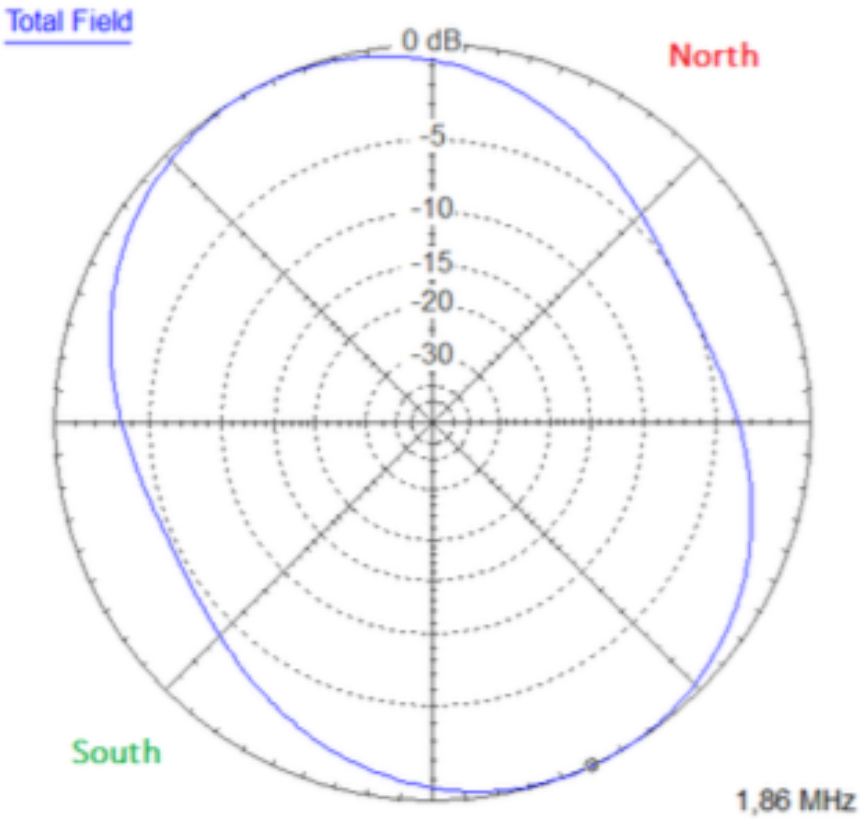
Es ist in vielen Fällen sinnvoll, eine UNGERADE ANZAHL an Segmenten zu wählen, Da dann eine Strom- bzw. Spannungsquelle genau in die Mitte eines Segments Gelegt werden kann.

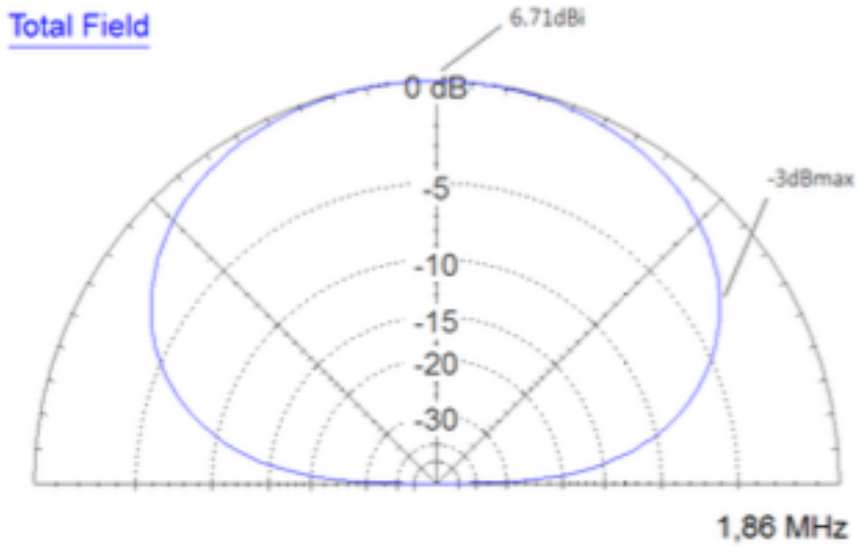
Drahtsegmente in EZNEC
Modellierung der Stromverteilung

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

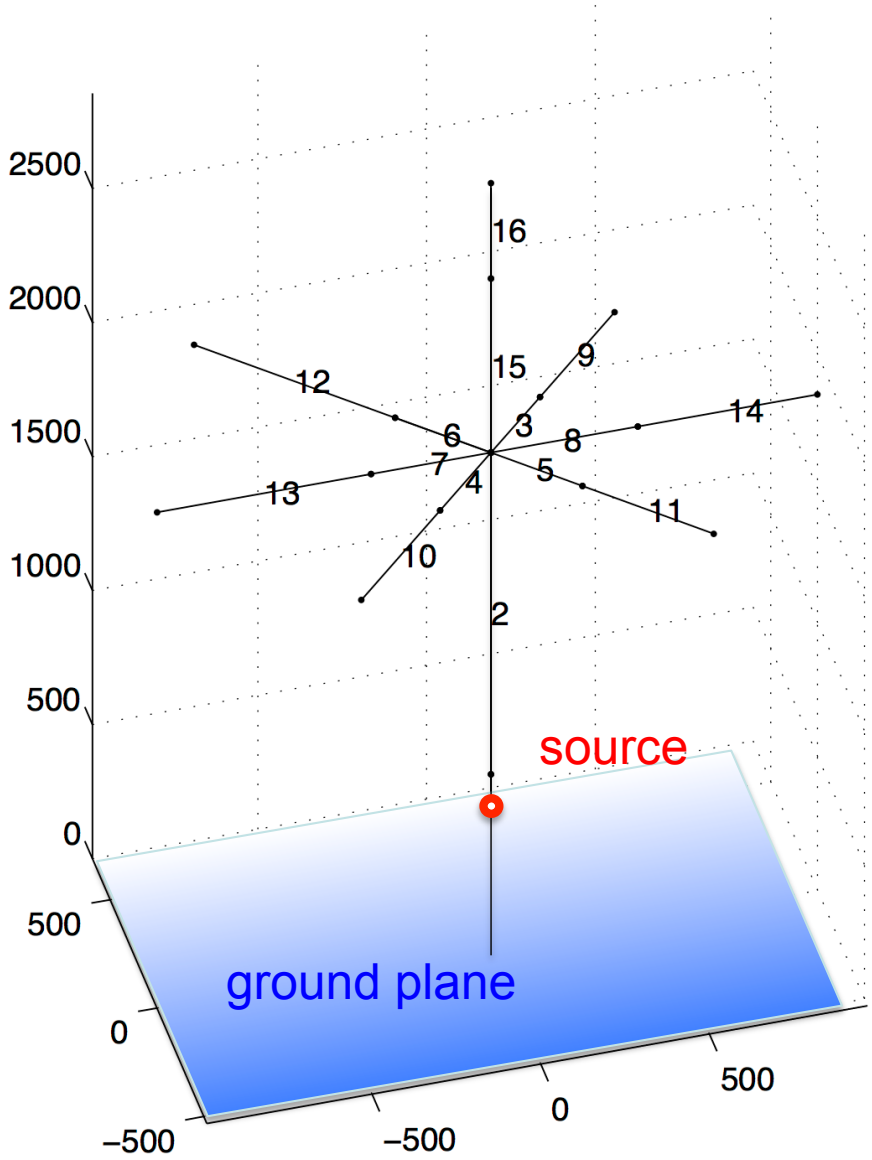
- Der Gewinn ist ein Vergleichswert:

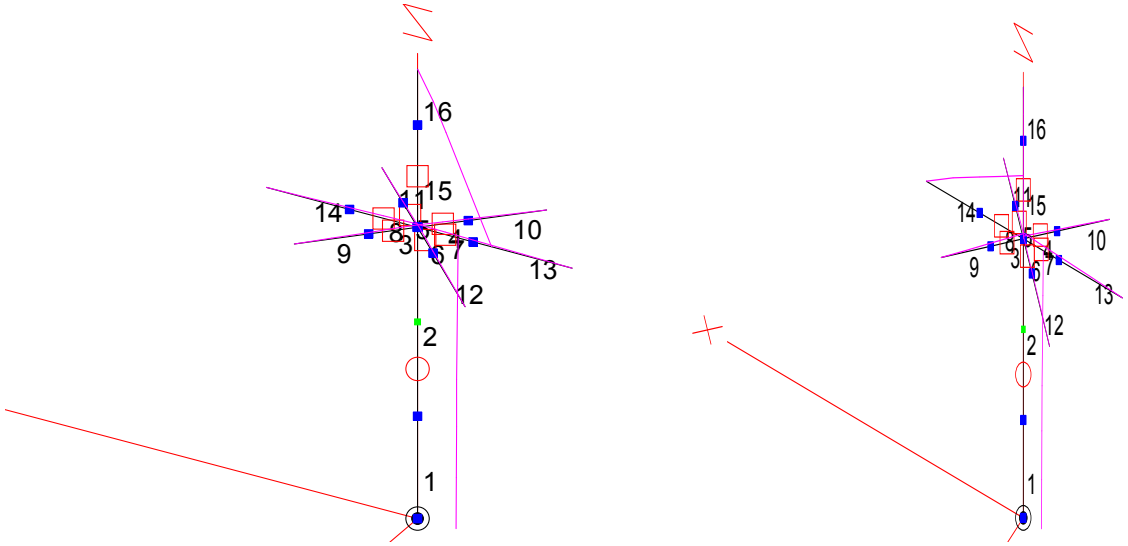
- Wieviel mehr strahlt meine Antenne verglichen mit einer gut bekannten Referenzantenne? Beurteilt wird das durch jemanden, der weit entfernt ist.

- Übliche Referenzantennen sind
  - der Isotropstrahler
  - der Halbwellendipol

Sandpiper MV 6+3

EZNEC Modell

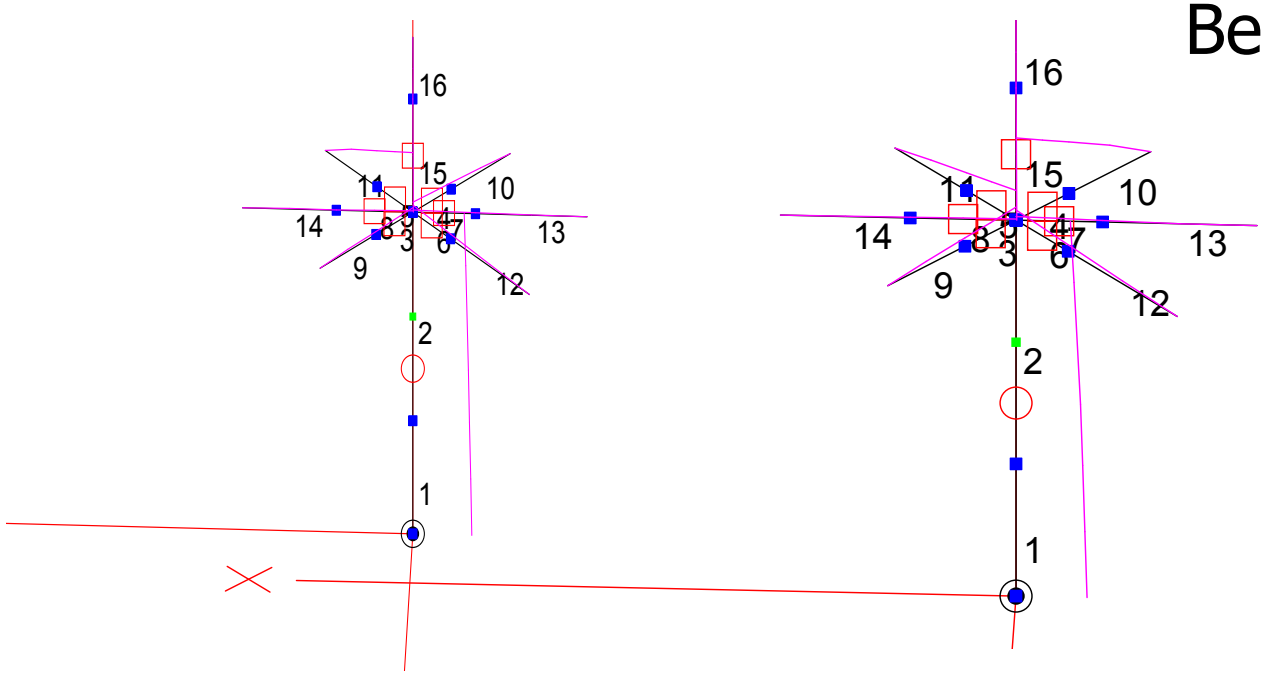




left: 80m (3,728 MHz) and right: 40m (7,088 MHz)

Stromverteilung ändert sich von Frequenzband zu Frequenzband

(Wie auch schon Beim Fächerdipol)

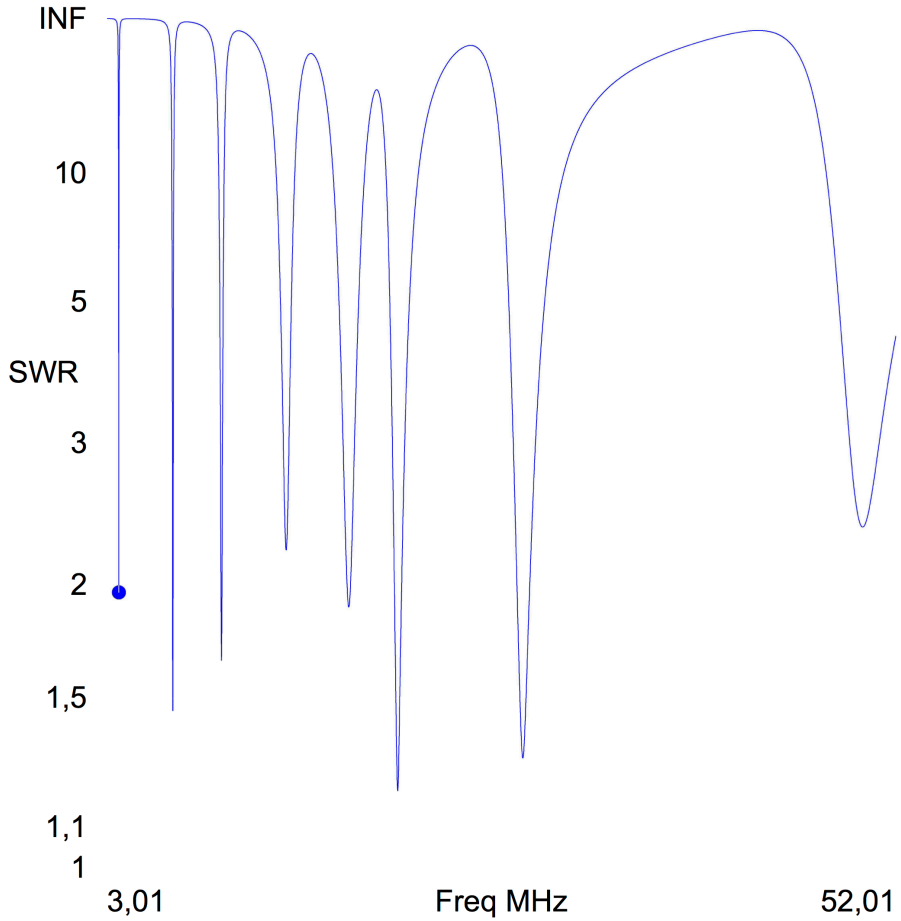


left: 17m Band (18,022 MHz) and right: 15m Band (21,060 MHz)

Impedanz:

Frequenzverlauf der Anpassung an 50 Ohm

Stehwellenverhältnis



Sandpiper MV-6+3

Freq	3,73 MHz	Source #	1
SWR	**1,96**	Z0	50 ohms
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		

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

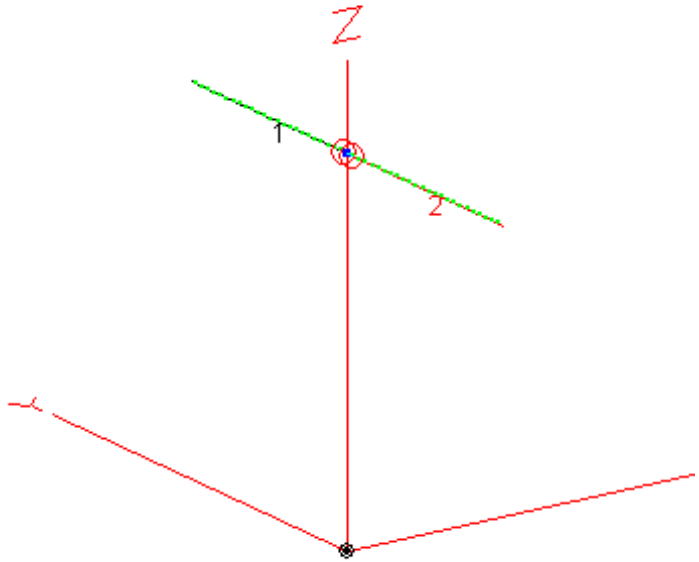
Das Demo Program ist das ***EZNEC v. 6.0*** Program mit allen Features und vollständiger Online Doku.
Der einzige Unterschied zwischen der Demo und dem Standardprogramm ist die Zahl der Segmente (20).

Das Demoprogramm limitiert die Geometrie des Antennenmodells.

Dipol
20m Band
14,0 – 14,35 MHz

c_0 / 14,17 MHz = 21,2 m

21,2 m / 4 = 5,3 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]

Groundplane Antenne

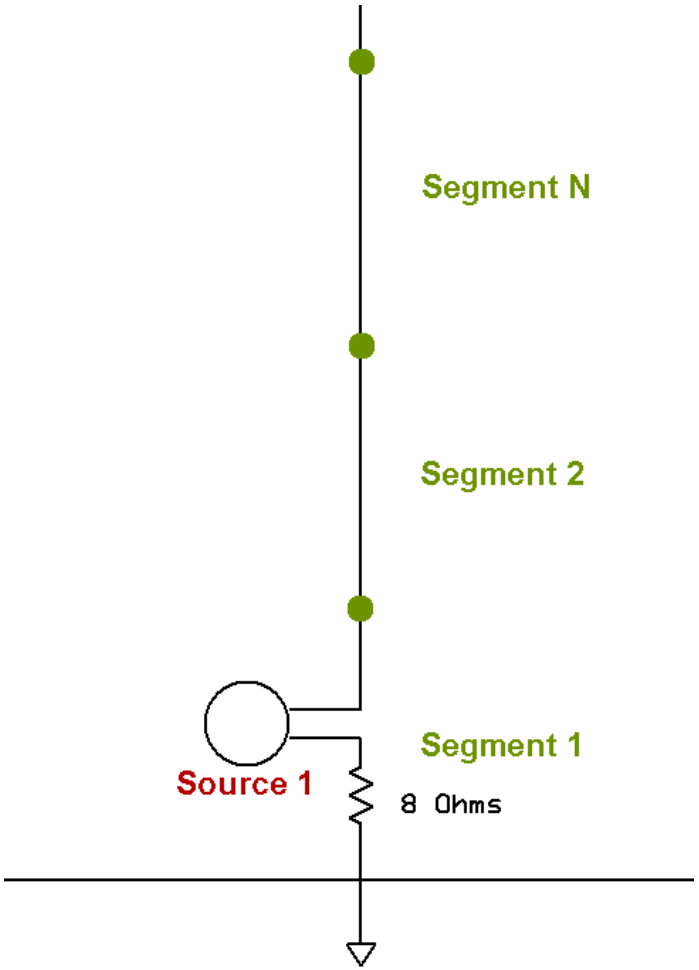


Figure 30 – Vertical Wire Segment Details

Quelle: Ref. [3]

Groundplane Antenna

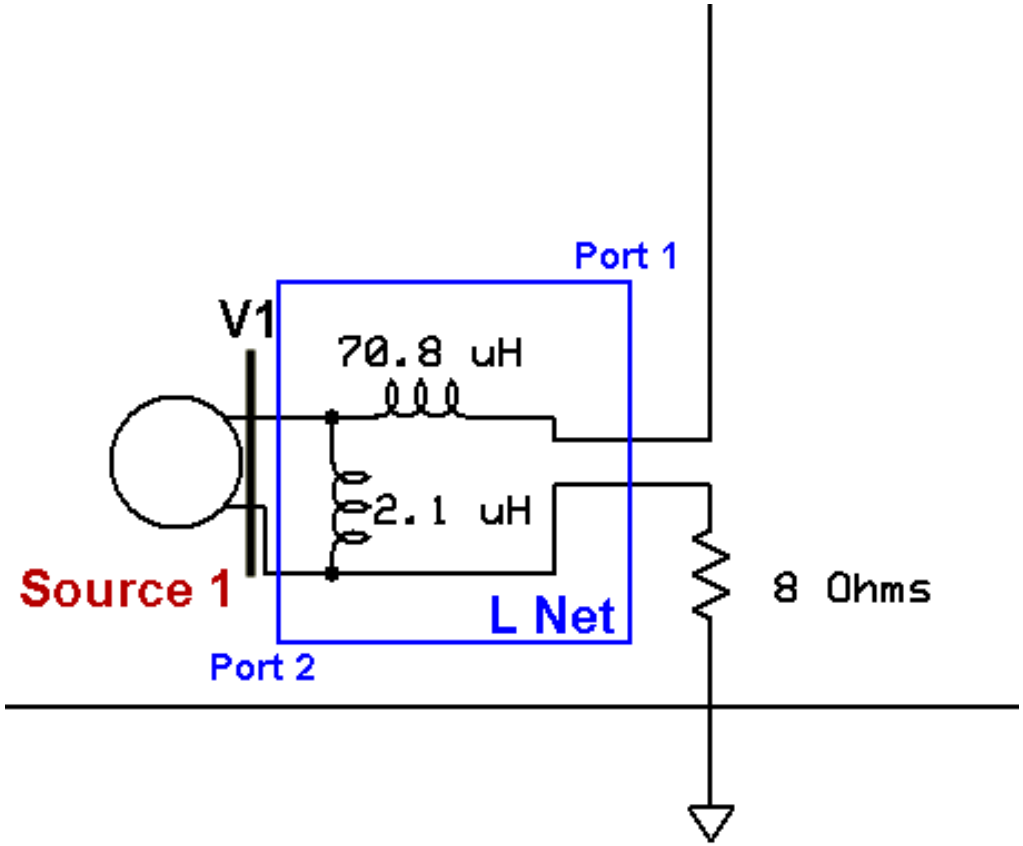
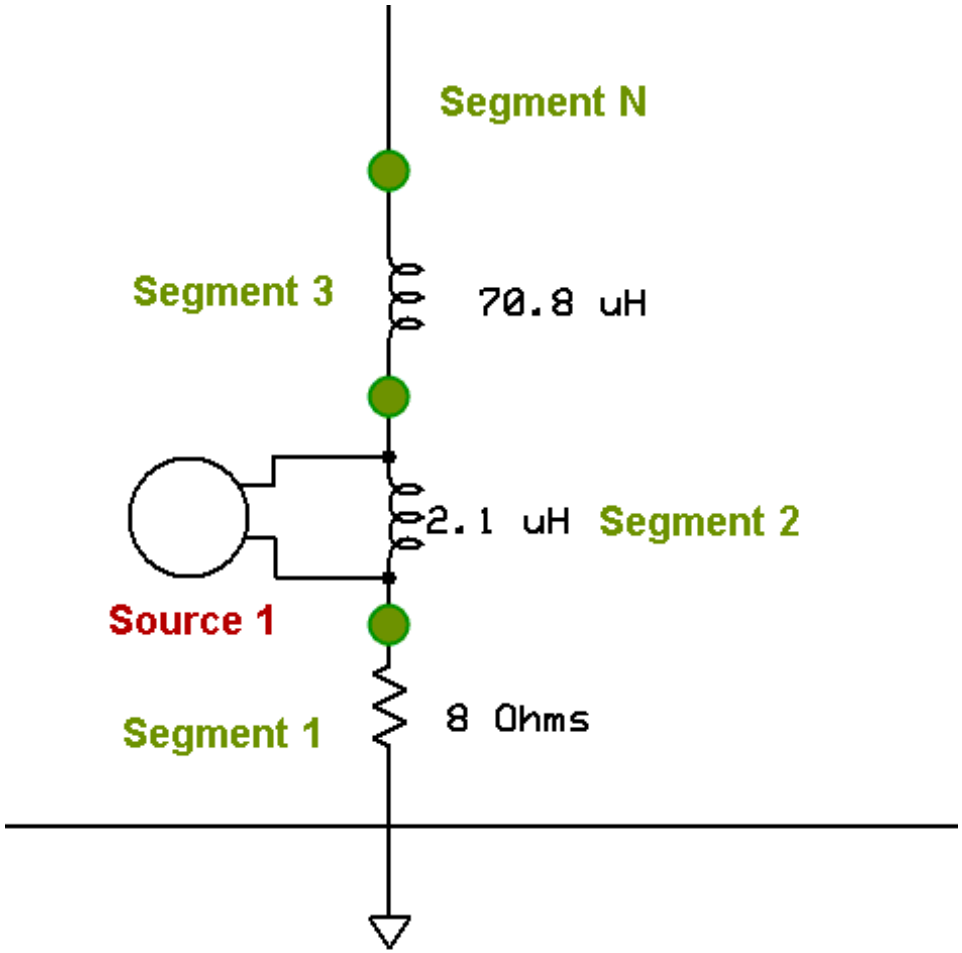


Figure 36 – L Network Primitive

Quelle: Ref. [3]

Groundplane Antenna with Loads



Quelle: Ref. [3]

Figure 44 – L Network Composed of 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.

MNI TNX TO

Arpad, OE1SZW

Gerald, OE1GAQ

Stefan, OE1ABU

David, unlizensiert

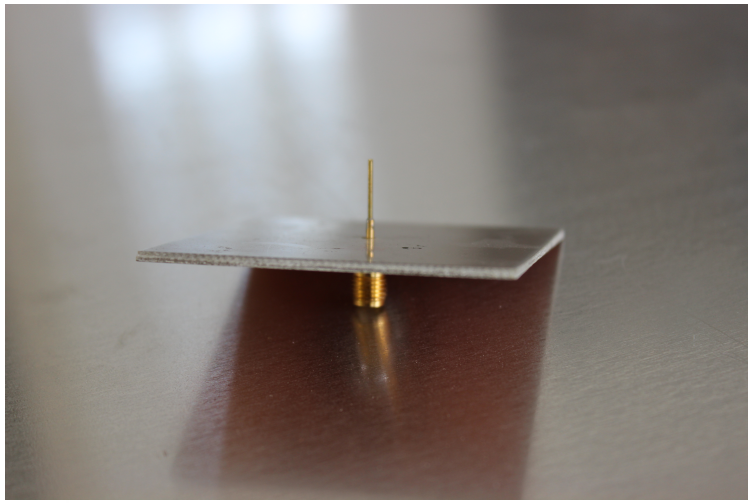
Andreas, OE1AJW

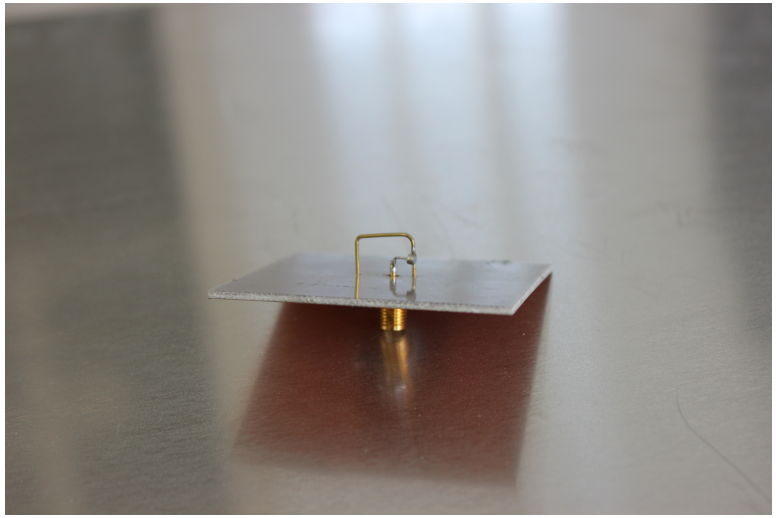
Lukas, OE1LZW

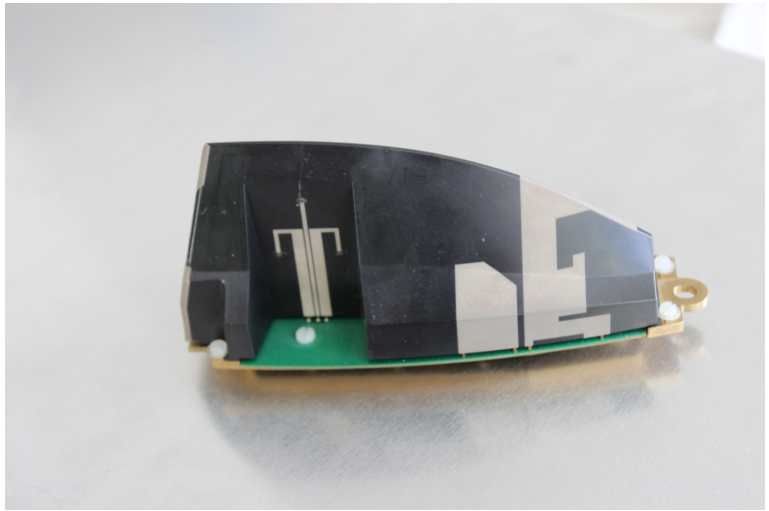
Gregor, OE1GLC

Gerald, OE1GPA

An die Arbeit







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

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?