

ANTENNEN-SIMULATION

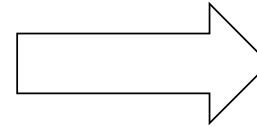


mit:

4nec2

ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

Inhalt



Ziel heute:

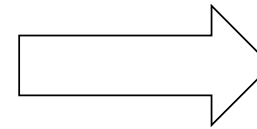
- Barrieren-Abbau, „*nothing magic in here*“
- Anleitung zum Einstieg und zum Weiterlernen



ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

Inhalt

1. Antennensimulation: Geschichte und Hintergrund
2. Nahfeld, Fernfeld
3. Grundelemente des Programms 4nec2
4. Simulation 1
5. weiterer Schritt: „optimization“, Simulation 2
6. Simulation 1‘
7. ausgewählte Online Ressourcen



Ziel heute:

- Barrieren-Abbau, „*nothing magic in here*“
- Anleitung zum Einstieg und zum Weiterlernen



ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

1. Geschichte Antennensimulation

- die Lösung der durch **Maxwell** erkannten und formulierten Beziehungen für bewegte Ladung im elektrischen Leiter, die Wechselwirkung zwischen Stromfluss und Magnetfeld
- verbunden mit dem Fortschritt von elektronischer Rechentechnik
- führte unter anderem in den 70ern zum in Fortran geschriebenen „Numerical Electromagnetics Code“, bis nec2 lizenzfrei verfügbar, ursprünglich eine Entwicklung im Auftrag des US Militärs
- mehr Details hier:
https://en.wikipedia.org/wiki/Numerical_Electromagnetics_Code

History of Antennas and Propagation

Timeline

1870	Maxwell's Equations
80	Heinrich Hertz's Loop Experiment (1886)
90	
1900	Guglielmo Marconi (1901) Transatlantic Tran
10	Spark gap telegraphy
20	Audio broadcasting
30	
40	WWII: Microwave sources Radar
1950	MTS system in USA
60	Computers, Numerical CEM
70	Analog Cellular
80	GPS satellites launched
90	Digital cellular, wireless LAN
2000	Advanced integrated devices/MIMO
10	???



1973..74: TCP/IP
Spezifikation,
1975: erste trans-
atlantische TCP/IP-
Verbindung



ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

2. Nahfeld, Fernfeld

- elektrisches und magnetisches Feld im Nahbereich erzeugen die Charakteristik im Fernfeld für Senden und Empfangen
- typisch interessiert den Funkamateure das Fernfeld



ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

2. Nahfeld, Fernfeld

- elektrisches und magnetisches Feld im Nahbereich erzeugen die Charakteristik im Fernfeld für Senden und Empfangen
- typisch interessiert den Funkamateure das Fernfeld

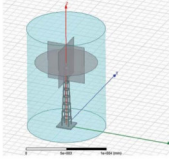
ANTENNEN

Mehrere UKW-Antennen an einem Mast (1)

Induktion in eine benachbarte Antenne

Dipl.-Phys. Sebastian Schramm, DH3YAV

Dieser zweiteilige Artikel richtet sich an Funkamateure, die auf 2 m und 70 cm QRV sind und dabei eng benachbarte Antennen nutzen.



Bei größeren Feldstärken, z.B. bei 200 W HF auf 2 m, sind die Oberwellen auf 70 cm nicht zu unterschätzen und man bekommt eine störende Einstrahlung. Bei der Wahl der Frequenzen wurden damals den Amateuren absichtlich Bilder zugewiesen, die auf zweifelhafte Harmonischen liegen. Dies hat den Vorteil, dass man Antennen für zwei Bänder nutzen kann, aber eben dem Nachteil, dass man auf gute Oberwellenunterdrückung achten muss. Selbst bei der moderneren Technik ist die Unterdrückung nur bedingt möglich und man hat immer einen gewissen Anteil, die in den Verstärkern bei der Endstufe entstehen. Die Geräte selbst haben meist eine wirklich gute Filterung, aber die PA, gerade wenn es Selbstbau-PA sind, strahlen auch auf der Oberwelle ab [1].

2-m-Oberwellen treffen 70 cm

Es soll das Nahfeld von drei 2-m-Antennen auf seine Feldstärke hin untersucht werden und damit auf die mögliche induzierte Spannung in einer benachbarten Antenne. Meist haben UKW-Amateure eine Antenne für 2 m und für 70 cm. Das 70-cm-Band liegt genau auf der zweiten Oberwelle des 2-m-Bands. Wenn man auf 144.200 MHz ruft, so erhält man im Empfänger für 70 cm Oberwellen auf 432.000 MHz, also im SSB-Bereich.

Antennen am Mast

Hier soll man die Situation untersucht werden, die dann herrscht, wenn ein Mast eine Antenne für 2 m und eine für 70 cm trägt.

Die untersuchten Antennen für 2 m sind:

- eine Selbstbau-Groundplane
- eine HB9CV
- die DF0SS Antenne als Richtantenne

Die Antenne für 70 cm ist jeweils eine Groundplane für Horizontal. Es soll die Nahfeldstärke der 2-m-Antennen simuliert werden, die bei 200 W HF an einer normalen Leistungsquelle herrscht und die induzierte Feldstärke und damit der Störpegel in der 70-cm-Groundplane.


Simulation

Zur Simulation wird das Programm HFSS [2] benutzt. HFSS ist ein Industriestandard zur Simulation von elektromagnetischen Feldern.

Die Antennen werden eingegeben und es wird eine Untersuchung mit herkömmlichen Antennenparametern vorgenommen. Das unter Antennenparametern übliche Programm EZNEC+ [3] ermöglicht diese Nahfelduntersuchung nur tabellarisch und ist recht unanschaulich. Man kann EZNEC+ dafür verwenden, aber man muss die errechneten Daten mit einem Graphenprogramm mitbauen darstellen, damit man einen anschaulichen Überblick über die Situation bekommt. HFSS hat diese grafische Möglichkeit integriert und man kann damit solche Bilder einfach und anschaulich darstellen. Dafür ist die Programmierung eines fortgeschrittenen Antennen in HFSS immer ein großer Aufwand. In EZNEC+ kann man die Distanz einfach und oben oben Spielraum eingeben. HFSS ist viel strikter, ermöglicht aber auch weit ein kreatives Spielraum. Allerdings ist in HFSS wirklich jedes Detail von Grundobjekten (Kugel, Kugel, Rechteck, Zylinder etc.) her aufbauen werden. Die Programmierung der HB9CV hat mit Literaturrecherche zusammen drei Stunden

CG DL, 4-2020

6-2020

CQ DL 

DAS AMATEURFUNKMAGAZIN 6-2020

www.reichelt.de

UTC Uhr Tunerdaten angezeigt 1.11

Speisekabel Ableitung mal anders 1.11

HF-PA 1.11

S-Parameter ermittelt 1.11

OO-100 Einfacher Empfang 1.11

Art der Antenne	Reaktives Nahfeld (1. Nahfeld)	Strahlendes Nahfeld (2. Nahfeld)	Fernfeld
Magn. Antenne (H-Antenne)	$H(r) = H_0 \times r^{-1}$ $E(r) = E_0 \times r^{-2}$	$H(r) = H_0 \times r^{-1} + \text{Terme höherer Ordnung}$ $E(r) = E_0 \times r^{-1} + \text{Terme höherer Ordnung}$	$S(r) = E(r) \times H(r) = S_0 \times r^{-2}$
Elektr. Antenne (E-Antenne)	$H(r) = H_0 \times r^{-2}$ $E(r) = E_0 \times r^{-1}$	$H(r) = H_0 \times r^{-1} + \text{Terme höherer Ordnung}$ $E(r) = E_0 \times r^{-1} + \text{Terme höherer Ordnung}$	$S(r) = E(r) \times H(r) = S_0 \times r^{-2}$



ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

2. Nahfeld, Fernfeld

- elektrisches und magnetisches Feld im Nahbereich erzeugen die Charakteristik im Fernfeld für Senden und Empfangen
- typisch interessiert den Funkamateure das Fernfeld

Ausnahme:

- Anzeige nach § 9 BEMFV („Selbsterklärung“) → da interessiert insbesondere das Nahfeld!
- ... und auch der Antennentyp (vorwiegend magnetisch oder elektrisch wirkende Antenne, s. auch CQ DL 6/2020)

ANTENNEN

Mehrere UKW-Antennen an einem Mast (1)

Induktion in eine benachbarte Antenne

Dipl.-Phys. Sebastian Schramm, DH3YAV

Dieser zweiteilige Artikel richtet sich an Funkamateure, die auf 2 m und 70 cm QRV sind und dabei eng benachbarte Antennen nutzen.



Bei größeren Feldstärken, z.B. bei 200 W HF auf 2 m, sind die Oberwellen auf 70 cm nicht zu unterschätzen und man bekommt eine störende Einstrahlung. Bei der Wahl der Frequenzen wurden damals den Amateuren absichtlich Bilder zugewiesen, die auf zweifelhafte Harmonischen liegen. Dies hat den Vorteil, dass man Antennen für zwei Bänder nutzen kann, aber eben dem Nachteil, dass man auf gute Oberwellenunterdrückung achten muss. Selbst bei der moderneren Technik ist die Unterdrückung nur bedingt möglich und man hat immer einen gewissen Anteil, die in den Verstärkern bei der Endstufe entstehen. Die Geräte selbst haben meist eine wirklich gute Filterung, aber die PA, gerade wenn es Selbstbau-PA sind, strahlen auch auf der Oberwelle ab [1].

2-m-Oberwellen treffen 70 cm

Es soll das Nahfeld von drei 2-m-Antennen auf seine Feldstärke hin untersucht werden und damit auf die mögliche induzierte Spannung in einer benachbarten Antenne. Meist haben UKW-Amateure eine Antenne für 2 m und für 70 cm. Das 70-cm-Band liegt genau auf der zweiten Oberwelle des 2-m-Bands. Wenn man auf 144.200 MHz ruft, so erhält man im Empfänger für 70 cm Oberwellen auf 432.000 MHz, also im SSB-Bereich.

Antennen am Mast

Hier soll man die Situation untersucht werden, die dann herrscht, wenn ein Mast eine Antenne für 2 m und eine für 70 cm trägt.

Die untersuchten Antennen für 2 m sind:

- eine Selbstbau-Groundplane
- eine HB9CV
- die DF0SS Antenne als Richtantenne

Die Antenne für 70 cm ist jeweils eine Groundplane für Basisantenne. Es soll die Nahfeldstärke der 2-m-Antennen simuliert werden, die bei 200 W HF an einer normalen Leistungsantenne herrscht und die induzierte Feldstärke und damit der Störpegel in der 70-cm-Groundplane.

Simulation

Zur Simulation wird das Programm HFSS [2] benutzt. HFSS ist ein Industriestandard zur Simulation von elektromagnetischen Feldern.

Die Antennen werden eingegeben und es wird eine Untersuchung mit herkömmlichen Antennenparametern vorgenommen. Das unter Antennenparametern übliche Programm EZNEC+ [3] ermöglicht diese Nahfelduntersuchung nur tabellarisch und ist recht unanschaulich. Man kann EZNEC+ dafür verwenden, aber man muss die errechneten Daten mit einem Graphenprogramm mitarbeiten darstellen, damit man einen anschaulichen Überblick über die Situation bekommt. HFSS hat diese grafische Möglichkeit integriert und man kann damit solche Bilder einfach und anschaulich darstellen. Dafür ist die Programmierung eines fortgeschrittenen Antennen in HFSS aber ein großer Aufwand. In EZNEC+ kann man die Dreibeit-ein- und oben-oben-Spektrum eingeben. HFSS ist viel stärker, ermöglicht aber auch weit über das übliche Spektrum. Allerdings ist in HFSS wirklich jedes Detail von Grundobjekten (Kugel, Kugel, Rechteck, Zylinder etc.) her aufgaben werden. Programmierung der HB9CV hat mit Iterationsrechenze zusammen drei Stunden.

CQ DL 6-2020

6-2020

CQ DL

DAS AMATEURFUNKMAGAZIN

6-2020

heft PeakTron

205

www.reichelt.de

UTC Uhr Tunerdaten angezeigt s. 18

Speisekabel Ableitung mal anders s. 12

HF-PA

S-Parameter ermittelt s. 14

OO-100 Einfacher Empfang s. 19

Art der Antenne	Reaktives Nahfeld (1. Nahfeld)	Strahlendes Nahfeld (2. Nahfeld)	Fernfeld
Magn. Antenne (H-Antenne)	$H(r) = H_0 \times r^{-3}$ $E(r) = E_0 \times r^{-2}$	$H(r) = H_0 \times r^{-1} + \text{Terme höherer Ordnung}$ $E(r) = E_0 \times r^{-1} + \text{Terme höherer Ordnung}$	$S(r) = E(r) \times H(r) = S_0 \times r^{-2}$
Elektr. Antenne (E-Antenne)	$H(r) = H_0 \times r^{-2}$ $E(r) = E_0 \times r^{-1}$	$H(r) = H_0 \times r^{-1} + \text{Terme höherer Ordnung}$ $E(r) = E_0 \times r^{-1} + \text{Terme höherer Ordnung}$	$S(r) = E(r) \times H(r) = S_0 \times r^{-2}$



ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

2. Nahfeld, Fernfeld

Zum Erzeugen eines Nahfelds braucht es:

- Strom- bzw. Spannungsquelle an einem Einspeisungs-Punkt
- angeschlossenen Leiter
- Dielektrika (z.B. Isolation des Leiters, Freiraum um den Leiter)
- beeinflussende Umgebung wie Erdboden, Wasser, andere metallische Strukturen



ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

2. Nahfeld, Fernfeld

Zum Erzeugen eines Nahfelds braucht es:

- Strom- bzw. Spannungsquelle an einem Einspeisungs-Punkt
- angeschlossenen Leiter
- Dielektrika (z.B. Isolation des Leiters, Freiraum um den Leiter)
- beeinflussende Umgebung wie Erdboden, Wasser, andere metallische Strukturen



ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

2. Nahfeld, Fernfeld

in Stücken:

- Antennen-Struktur in kleinen Segmenten
- einen Einspeisungspunkt
- Erdboden (falls der nah ist im Vergleich zur Wellenlänge λ)
- einen Antennenträger (falls elektrisch beeinflussend oder miterregt)



ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

2. Nahfeld, Fernfeld

in Stücken:

- Antennen-Struktur in kleinen Segmenten
- einen Einspeisungspunkt
- Erdboden (falls der nah ist im Vergleich zur Wellenlänge λ)
- einen Antennenträger (falls elektrisch beeinflussend oder miterregt)

mein Corona-“Fernfeld“:



ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

2. Nahfeld, Fernfeld

in Stücken:

- Antennen-Struktur in kleinen Segmenten
- einen Einspeisungspunkt
- Erdboden (falls der nah ist im Vergleich zur Wellenlänge λ)
- einen Antennenträger (falls elektrisch beeinflussend oder miterregt)

mein Corona-“Fernfeld“:

Aufgabenstellung:

- eine Antenne für 10MHz -> $\lambda=30\text{m}$
- Verkürzungsfaktor **0.98**
- ergibt $\lambda/2=14.7\text{m}$
- zwei Dipolhälften, d.h. **7.35m** je Hälfte

→ **Simulation**



praktische Übung

ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

_new.NEC - 4nec2 Edit

File Cell Rows Selection Options

Symbols **Geometry** Source/Load Freq./Gr

Geometry (Scaling=Meters)

Nr	Type	Tag	Segs	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	Radius
1	Wire	1	20	-7.35	0	10	7.35	0	10	0.001
2										
3										

Wire/Segment info

Wire Tag Seg's

	X	Y	Z	Rad	Len	Unit
End 1	-7.35	0	10	1	14.7	mm
End 2	7.35	0	10			mtr

Type | Seg | Value

Main [V5.8.16] (F2)

File Edit Settings Calculate Window Show Run Help

Filename: _new.NEC

Voltage: _____

Impedance: _____

Parallel form: _____

S.W./R.50: _____

Efficiency: _____ %

Radiat-eff: _____ %

RDF [dB]: _____ 8.69

Environment

Ground-plane symmetry, wires for Z=0 connected.
Real/SomNec ground (Average ground)

Comment

Seg's/patches: start stop count step

Pattern lines: _____

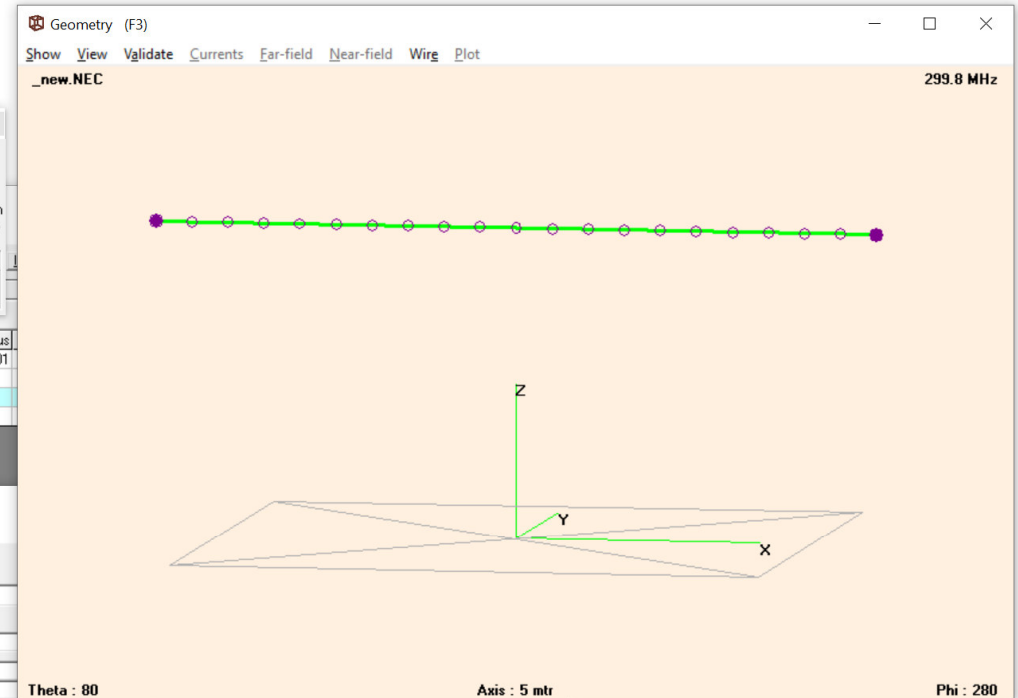
Freq/Eval steps:

Calculation time: s

Theta: 80 Axis: 5 mtr Phi: 280

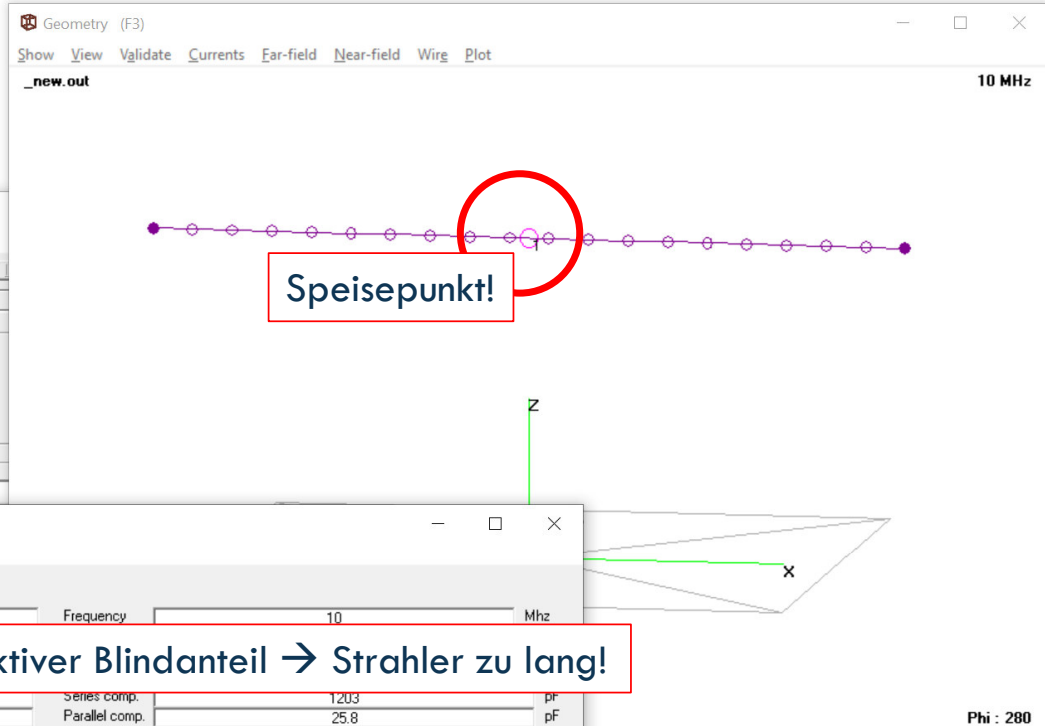
Input power: _____ W
Structure loss: _____ uW
Network loss: _____ uW
Radiat-power: _____ W

Loads Polar



praktische
Übung

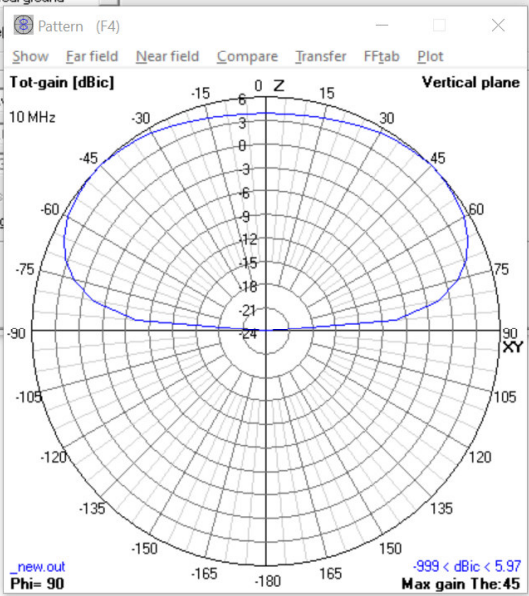
ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2



File Cell Rows Selection Options

[Start] Frequency in Mhz Upd

Symbols	Geometry	Source/Load	Freq./Ground	Others
Frequency Frequency: 10 Mhz Nr steps: 20 <input type="checkbox"/> Sweep Stepsize: 0.01				
Environment Ground / Free-space: Real ground <input checked="" type="checkbox"/> Connect wire				
Main ground Ground type: Real ground Conductivity: 0 Dielectric constant: 13				



Main [V5.8.16] (F2)

File Edit Settings Calculate Window Show Run Help

Filename: _new.out Frequency: 10 Mhz

Voltage	95.6 + j0 V	Series comp.	1203	pF
Impedance	89.4 + j13.2	Parallel comp.	25.8	pF
Parallel form	91.3 // j617	Input power	100	W
S.W.R.50	1.84	Structure loss	0	uW
Efficiency	100 %	Network loss	0	uW
Radiat-eff.	78.77 %	Radial-power	100	W
RDF [dB]	7.01			

Environment
 GROUND PLANE SPECIFIED.
 WHERE WIRE ENDS TOUCH GROUND, CURRENT WILL BE INTERPOLATED TO IMAGE IN GROUND PLANE.
 FINITE GROUND. SOMMERFELD SOLUTION
 RELATIVE DIELECTRIC CONST. = 13.000

Comment

Seg's/patches	start	stop	count	step
Pattern lines	19	2701	37	5
Freq/Eval steps	1		73	5
Calculation time	0.156			s

induktiver Blindanteil → Strahler zu lang!

Phi : 280

praktische
Übung

ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

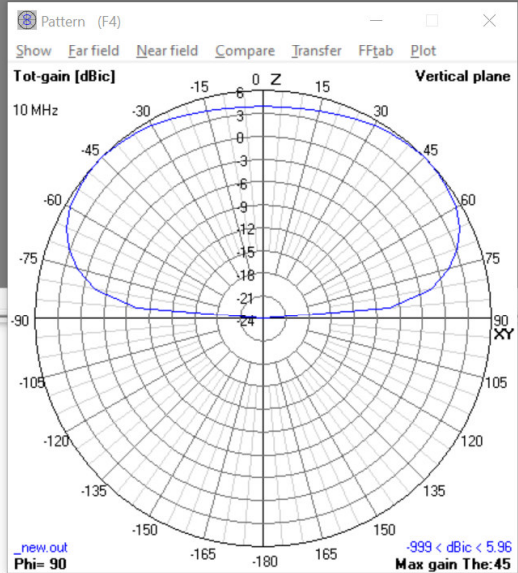
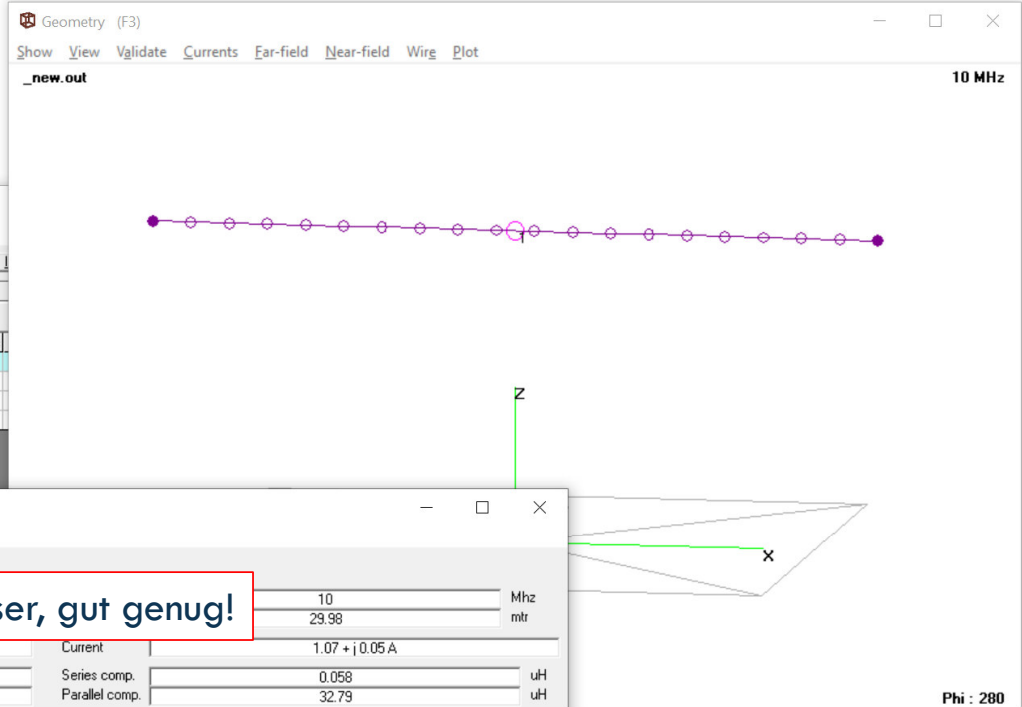
_new.NEC - 4nec2 Edit

File Cell Rows Selection Options

End-2: X coordinate

Geometry		Geometry		Freq./Ground		Others		
Nr	Type	Tag	Segs	X1	X2	Y2	Z2	Radius
1	Wire	1	19	-7.27	7.27	0	10	0.001
2								
3								

je 8cm kürzer



Main [V5.8.16] (F2)

File Edit Settings Calculate Window Show Run Help

Filename: _new.out

Voltage: 86.5 V

Current: 1.07 + j 0.05 A

Impedance: 86.5 - j 3.64

Parallel form: 86.6 // - j 2061

S.W.R.50: 1.73

Efficiency: 100 %

Radiat-ef: 70.70 %

RDF [dB]: 7

Environment

GROUND PLANE SPECIFIED.
WHERE WIRE ENDS TOUCH GROUND, CURRENT WILL BE INTERPOLATED TO IMAGE IN GROUND PLANE.
FINITE GROUND. SOMMERFELD SOLUTION
RELATIVE DIELECTRIC CONST. = 13.000

Comment

Seg's/patches	19	start	stop	count	step	
Pattern lines	2701	Theta	-90	90	37	5
Freq/Eval steps	1	Phi	0	360	73	5
Calculation time	0.125 s					

besser, gut genug!

Phi : 280

praktische
Übung

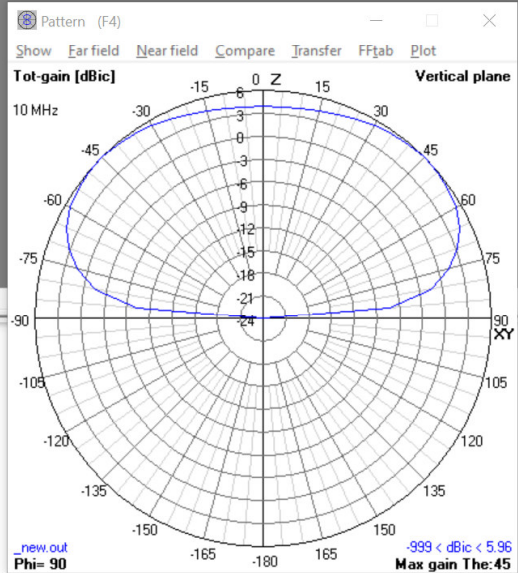
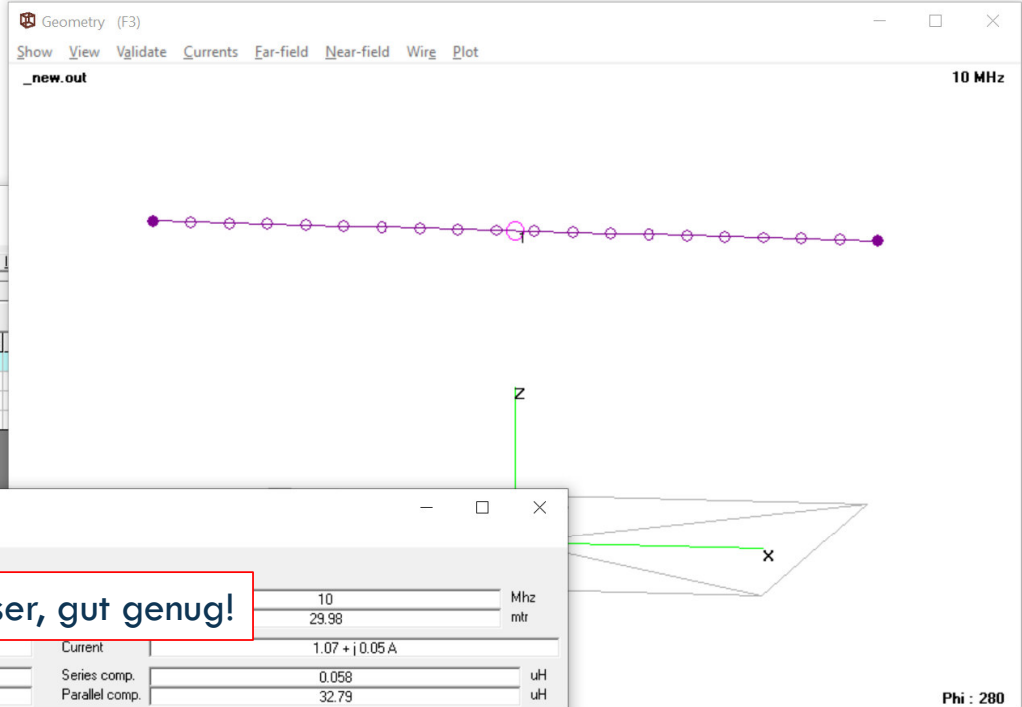
ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

_new.NEC - 4nec2 Edit

File Cell Rows Selection Options

End-2: X coordinate

Geometry		Source/Load	Freq./Ground	Others
Nr	Type	Tag	Segs	X1 Y1 Z1 X2 Y2 Z2 Radius
1	Wire	1	19	-7.27 0 10 7.27 0 10 0.001
2				
3				



Main [V5.8.16] (F2)

File Edit Settings Calculate Window Show Run Help

Filename: _new.out

Voltage: 93.1 + j0 V

Current: 1.07 + j0.05 A

Impedance: 86.5 - j3.64

Parallel form: 86.6 // -j2061

Series comp.: 0.058 uH

Parallel comp.: 32.79 uH

S.W.R.50: 1.73

Efficiency: 100 %

Radiat-ef.: 78.76 %

RDF [dB]: 7

Input power: 100 W

Structure loss: 0 uW

Network loss: 0 uW

Radiat-power: 100 W

Environment

GROUND PLANE SPECIFIED.
WHERE WIRE ENDS TOUCH GROUND, CURRENT WILL BE INTERPOLATED TO IMAGE IN GROUND PLANE.
FINITE GROUND. SOMMERFELD SOLUTION
RELATIVE DIELECTRIC CONST. = 13.000

Comment

Seg's/patches: 19

Pattern lines: 2701

Freq/Eval steps: 1

Calculation time: 0.125 s

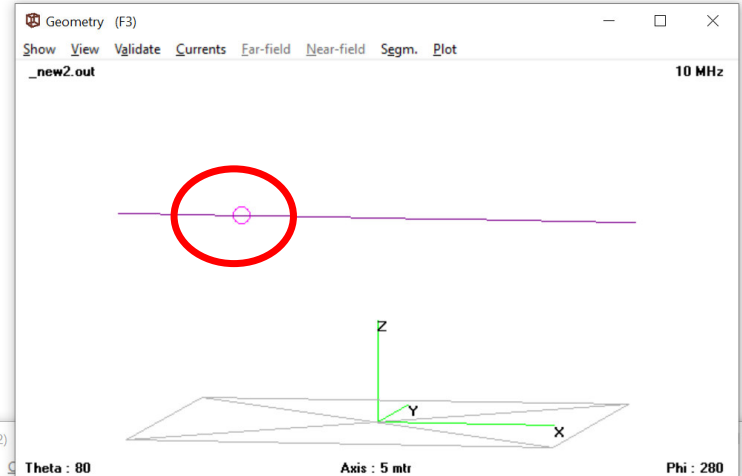
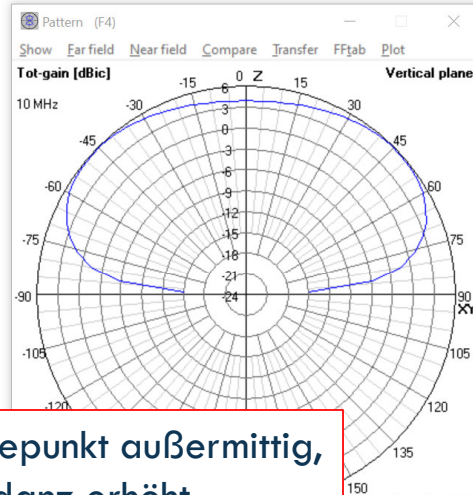
Theta: start -90 stop 90 count 37 step 5

Phi: start 0 stop 360 count 73 step 5

besser, gut genug!

praktische
Übung

ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2



Speisepunkt außermittig,
Impedanz erhöht
→ keine Überraschung!

_new2.NEC - 4nec2 Edit

File Cell Rows Selection Options

Source(s)		Source/Load		Freq./Ground		Others	
Nr	Type	Tag	Seg	Real	Imag	Magn	Phase
1	Voltage-src		5	1	0	1	0
2							
3							

Max gain The: 48

Filename: _new2.out

Voltage: 134 + j0 V

Impedance: 177 - j21.7

Parallel form: 180 // -j1470

S.W.R.: 50

Efficiency: 3.61 %

Radiat-eff: 100

RDF [dB]:

Environment:

GROUND PLANE SPECIFIED.
WHERE WIRE ENDS TOUCH GROUND. CURRENT WILL BE INTERPOLATED TO IMAGE IN GROUND PLANE.
FINITE GROUND - SOMMERFELD SOLUTION
RELATIVE DIELECTRIC CONST. = 13.000

Comment:

Seg's/patches	start	stop	count	step
19	-98	98	45	4
Pattern lines				
Freq/Eval steps				
Calculation time				

praktische Übung

ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

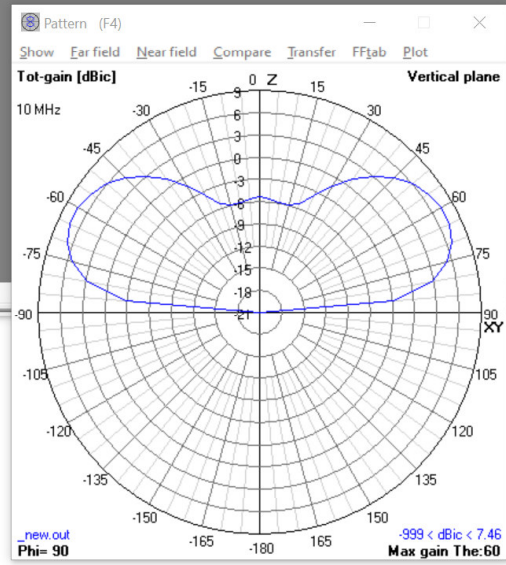
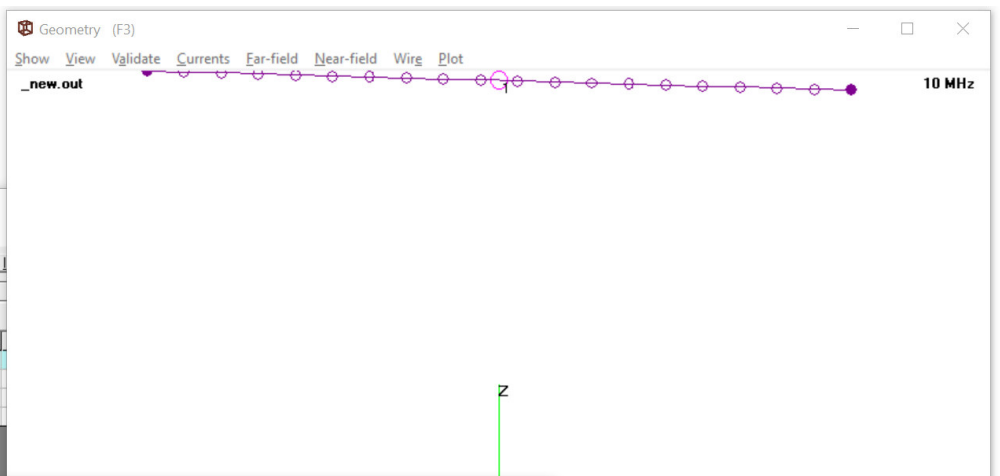
new.NEC - 4nec2 Edit

File Cell Rows Selection Options

End-2-Z coordinate

höher

Geometry		Source/Load	Ground	Others						
Geometry (Scaling=Meters)										
Nr	Type	Tag	Segs	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	Radius
1	Wire	1	19	-7.27	0	15	7.27	0	15	0.001
2										
3										



Main [V5.8.16] (F2)

File Edit Settings Calculate Window Show Run Help

Filename: _new.out

Voltage: 82.9 + j0 V

Impedance: 66.2 - j12.8

Parallel form: 68.7 // -j354

S.W.R.50: 1.43

Efficiency: 100 %

Radiat-eff: 75.52 %

RDF [dB]: 8.68

Environment: GROUND PLANE SPECIFIED. WHERE WIRE ENDS TOUCH GROUND, CURRENT WILL BE INTERPOLATED TO IMAGE IN GROUND PLANE. FINITE GROUND. SOMMERFELD SOLUTION. RELATIVE DIELECTRIC CONST. = 13.000

Comment:

Seg's/patches: 19

Pattern lines: 2701

Freq/Eval steps: 1

Calculation time: 0.141 s

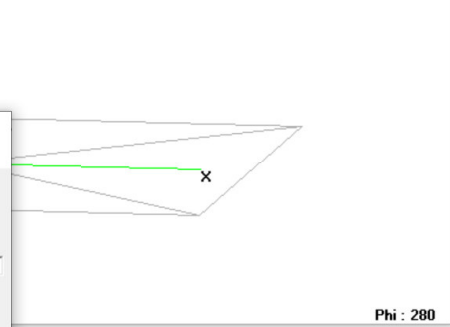
Theta: -90 to 90

Phi: 0 to 360

count: 37

step: 5

kapazitiv → jetzt zu kurz ☹️



praktische
Übung

ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

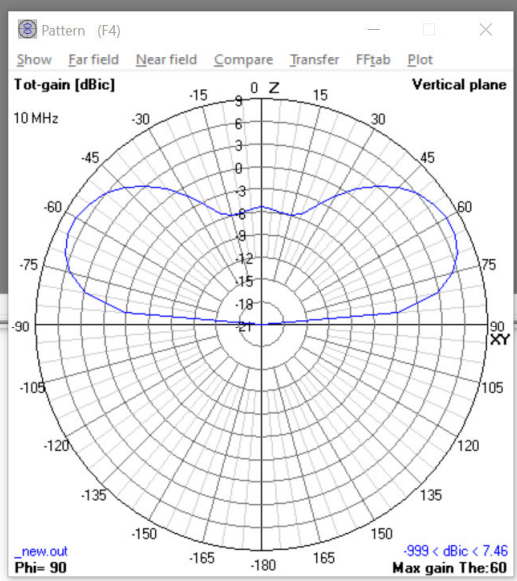
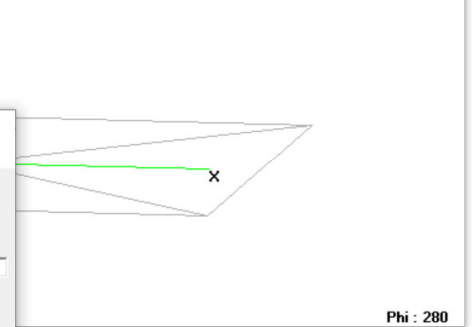
_new.NEC - 4nec2 Edit

File Cell Rows Selection Options

Geometry

Variable

Nr	Type	Tag	Segs	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	radius
1	Wire	1	19	-l	0	h	l	0	h	r
2										
3										



Main [V5.8.16] (F2)

File Edit Settings Calculate Window Show Run Help

Filename: _new.out

Frequency: 10 Mhz

Wavelength: 29.98 mtr

Voltage: 82.9 + j0 V

Current: 1.21 + j0.23 A

Impedance: 66.2 - j12.8

Series comp.: 0.204 uH

Parallel form: 68.7 // -j354

Parallel comp.: 5.641 uH

S.W.R. 50: 1.43

Input power: 100 W

Efficiency: 100 %

Structure loss: 0 uW

Radiat-eff.: 75.52 %

Network loss: 0 uW

RDF [dB]: 8.68

Radiat-power: 100 W

Environment: Loads Polar

GROUND PLANE SPECIFIED.
WHERE WIRE ENDS TOUCH GROUND, CURRENT WILL BE INTERPOLATED TO IMAGE IN GROUND PLANE.
FINITE GROUND, SOMMERFELD SOLUTION
RELATIVE DIELECTRIC CONST. = 13.000

Comment:

Seg's/patches	19	start	stop	count	step	
Pattern lines	2701	Theta	-90	90	37	5
Freq/Eval steps	1	Phi	0	360	73	5
Calculation time	0.141 s					

praktische
Übung

ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

Generate (F7) [New Out] x

Use original file

Far Field pattern

Frequency sweep

Near Field pattern from file

ItsHF 360 degree Gain table

ItsHF Gain @ 30 frequencies

Gain Ver. Hor. Full/3D

Resol. 5 deg.

Surface-wave Run Average Gain Test

E-fld distance

Expert settings

FB: Start 5 Stop 20 Step 0.1

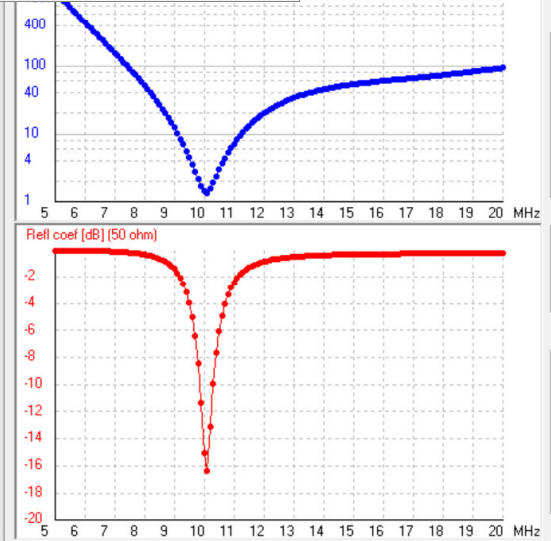
Graphs: Theta Phi d-Thet

Forward 60 90 0

Backward -60 90 0

Generate Batch Exit

Geometry	Source/Load	Freq./Ground	Others
x1			
x2			
Y1			
Y2			
Z1			
Z2			
Radius			



SWR / refl

Gain / FB

Impedance

Reset

Log

Grid

Bold

Markers

Log X

Smooth

Main [V5.8.16] (F2)

File Edit Settings Calculate Window Show Run Help

Filename: _new.out

Frequency: 10 Mhz

Wavelength: 29.98 mtr

Voltage: 82.9 + j0 V

Current: 1.21 + j0.23 A

Impedance: 66.2 - j12.8

Parallel form: 68.7 // -j354

S.W.R.50: 1.43

Efficiency: 100 %

Radiat-eff: %

RDF [dB]: 8.68

Environment

LOADS

POLAR

GROUND PLANE SPECIFIED.
WHERE WIRE ENDS TOUCH GROUND, CURRENT WILL BE INTERPOLATED TO IMAGE IN GROUND PLANE.
FINITE GROUND. SOMMERFELD SOLUTION
RELATIVE DIELECTRIC CONST. = 13.000

Comment

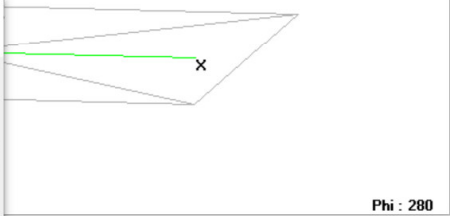
Seg's/patches: 19

Pattern lines: 5587

Freq/Eval steps: 151

Calculation time: 14.250 s

	start	stop	count	step
Theta	-90	90	37	5
Phi	90	90	1	0



Phi : 280

praktische
Übung

ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

Geometry (Scaling=Meters)

Nr	Type	Tag
1	Wire	1
2		
3		

Impedance Plots (10.09 MHz):

- R (ohm):** 67.4688
- X (ohm):** 1.22147
- Z (ohm):** 67.4799
- Phase:** 1.0581

Parameter Table:

Frequency	10	Mhz
Wavelength	29.98	mtr
Current	1.21 + j 0.23 A	
Series comp.	0.204	uH
Parallel comp.	5.641	uH
Input power	100	W
Structure loss	0	uW
Network loss	0	uW
Radiat-power	100	W

Pattern (F4) - Vertical plane:

Phi = 90

Phi = 280

in 15m Höhe werden wir nie besser als 67Ω Realteil, aber gut für ein SWR von 1:1.2

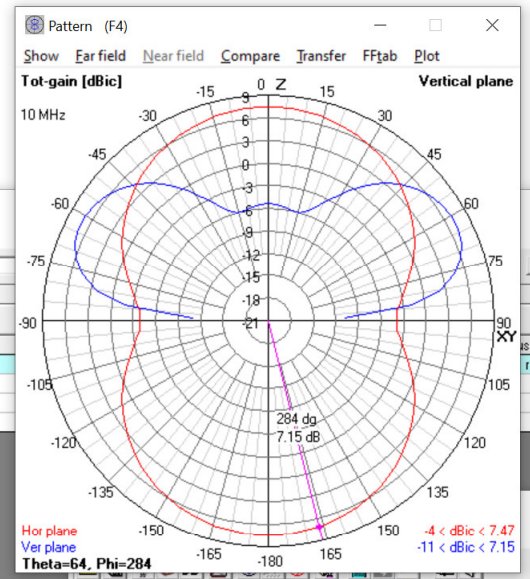
praktische Übung

ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

_new.NEC - 4nec2 Edit

File Cell Rows Selection Options

Symbols		Geometry		Source/Load	
Geometry (Scaling=Meters)					
Nr	Type	Tag	Segs	X1	Y1
1	Wire	1	19	-4	0
2					
3					



Filename: _new.out

Voltage: 82.9 + j0 V

Impedance: 66.2 - j12.8

Parallel form: 68.7 // -j354

S.W.R.50: 1.43

Efficiency: 100

Radial-eff:

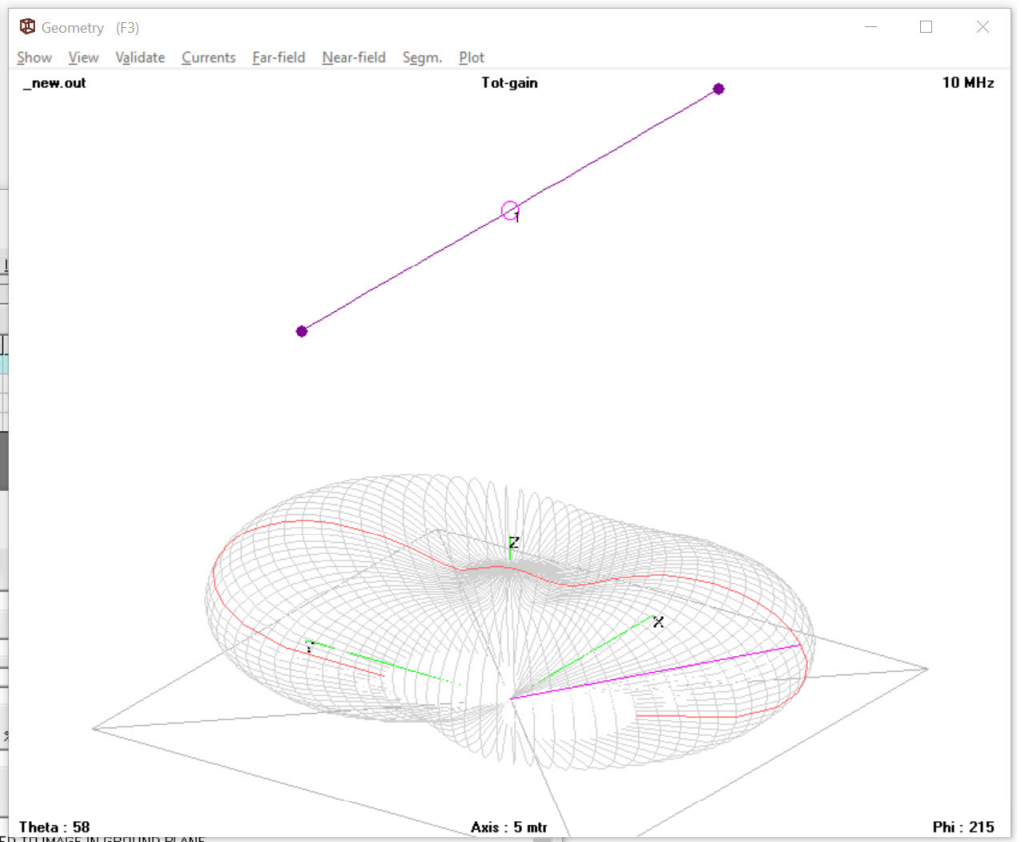
RDF [dB]: 8.68

Environment:

GROUND PLANE SPECIFIED.
WHERE WIRE ENDS TOUCH GROUND, CURRENT WILL BE INTERPOLATED TO IMAGE IN GROUND PLANE.
FINITE GROUND. SOMMERFELD SOLUTION
RELATIVE DIELECTRIC CONST. = 13.000

Comment:

Segs/patches	19	start	stop	count	step	
Pattern lines	4095	Theta	-88	88	45	4
Freq/Eval steps	1	Phi	0	360	91	4
Calculation time	0.203 s					



ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

Inhalt

1. Antennensimulation: Geschichte und Hintergrund
2. Nahfeld, Fernfeld
3. Grundelemente des Programms 4nec2
4. Simulation 1
5. weiterer Schritt: „optimization“: Simulation 2
6. Simulation 1‘
7. ausgewählte Online Ressourcen



ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

2. weiterer Schritt: „optimization“, Simulation 2

- mit einem parasitären Zusatzstrahler
- zur Anwendung als beliebige Zweiband-Antenne
- s. Band-Erweiterung von FD-3 oder FD-4 Dipolen, nach DG0KW

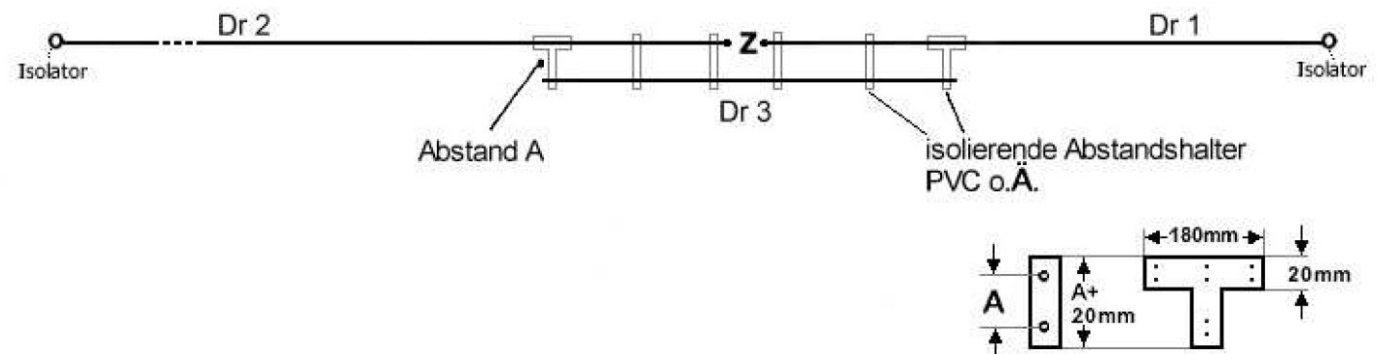


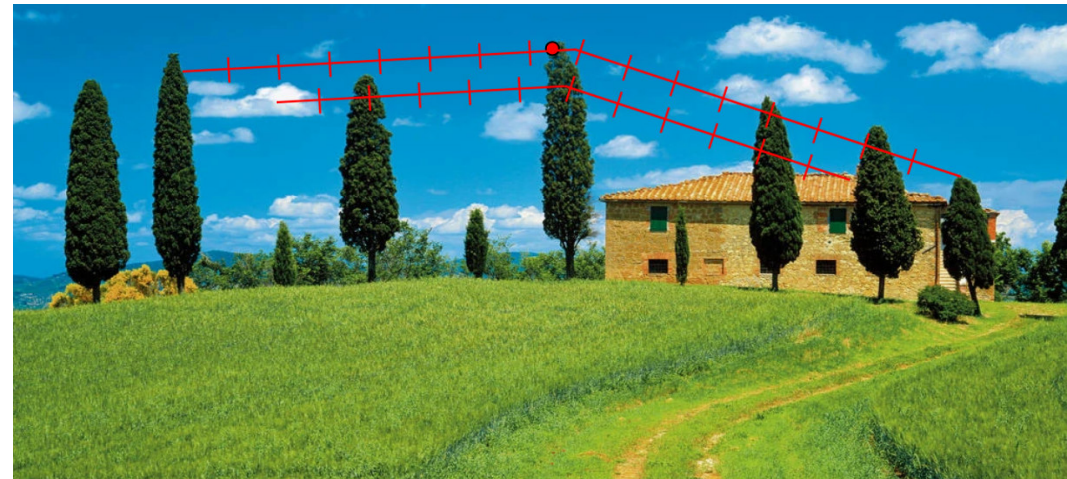
Abb.3: Windom-Antenne mit strahlungsgekoppelten Dipol

ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

2. weiterer Schritt: „optimization“, Simulation 2

- mit einem parasitären Zusatzstrahler
- zur Anwendung als beliebige Zweiband-Antenne
- s. Band-Erweiterung von FD-3 oder FD-4 Dipolen, nach DG0KW

→ Simulation



praktische Übung

ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

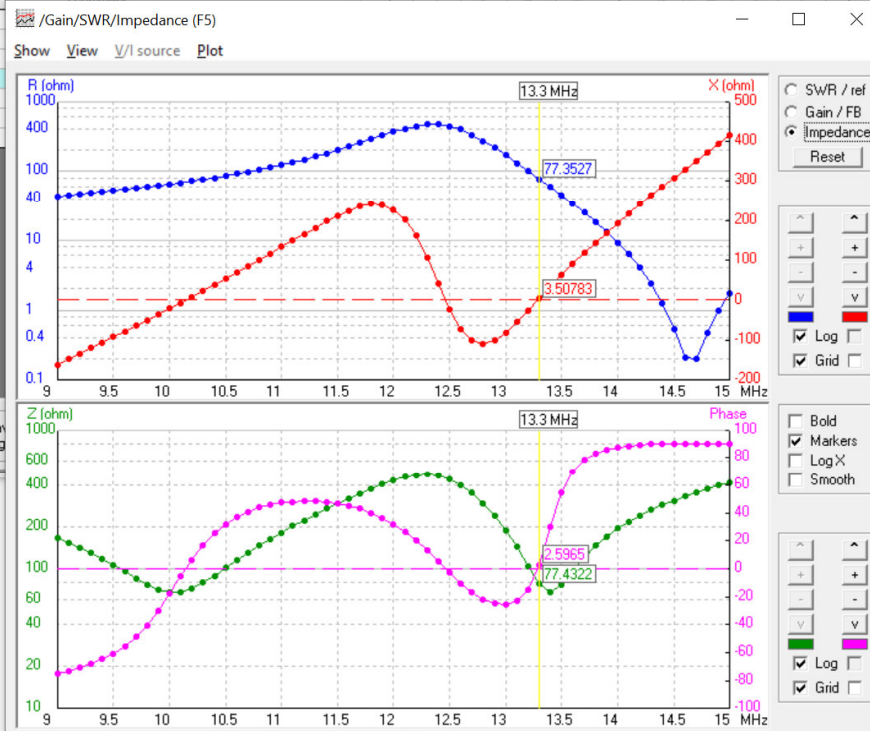
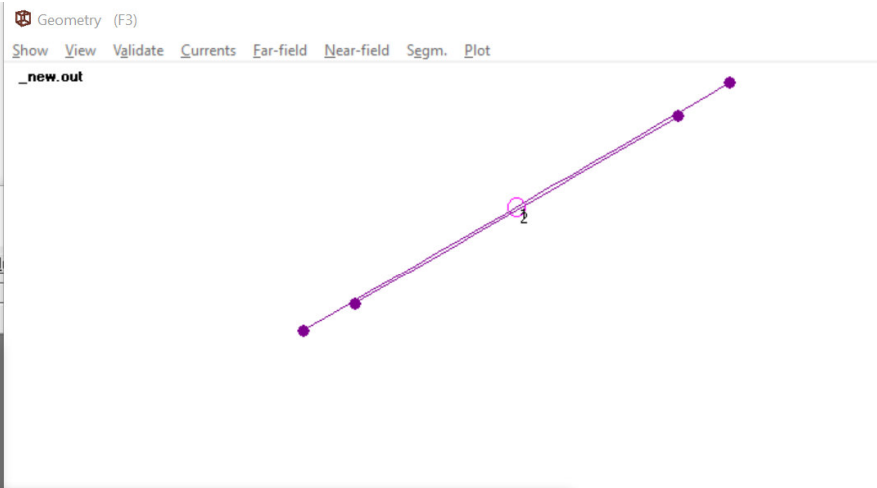
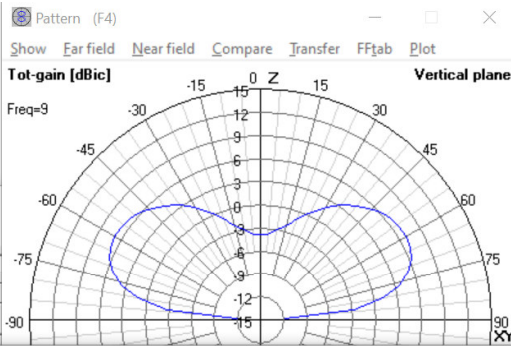
_new.NEC - 4nec2.Edit

File Cell Rows Selection Options

Symbol/Variable with value or equation

Nr	Symbols and equations
1	h=15
2	l=7.27
3	r=0.001
4	l2=5.5
5	h2=14.9
6	

Scaling
 Meters Feet Inch Wavelength



Frequency 10 Mhz

Wavelength 29.98 mtr

Current 1.18 + j0.39 A

Series comp. 0.337 uH

Parallel comp. 3.459 uH

Input power 100 W

Structure loss 0 uW

Network loss 0 uW

Radiat-power 100 W

Loads Polar

ED TO IMAGE IN GROUND PLANE.

	start	stop	count	step
Theta	-88	88	45	4
Phi	90	90	1	0

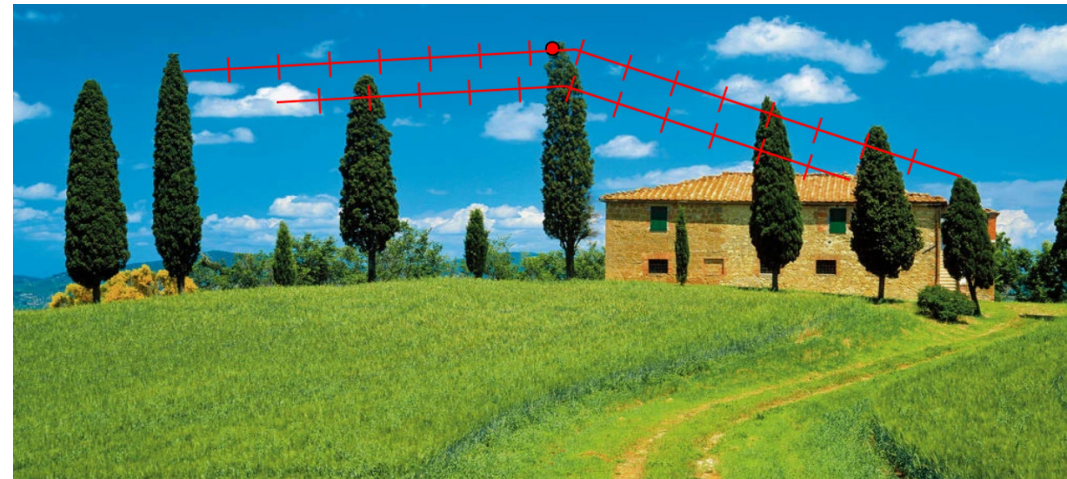
ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

2. weiterer Schritt: „optimization“, Simulation 2

- mit einem parasitären Zusatzstrahler
- zur Anwendung als beliebige Zweiband-Antenne
- s. Band-Erweiterung von FD-3 oder FD-4 Dipolen, nach DG0KW

- einfachste Optimierungs-Variante: „**sweep**“
- braucht Variable im Modell (haben wir ja schon)

→ Simulation



praktische
Übung

ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

/Gain/SWR/Impedance (F5)

Show View V/I source Plot

Pattern (F4)

Show Far field Near field Compare Transfer FFTab Plot

Tot-gain [dBic]

Vertical plane

Theta: 0 to 180, Phi: -90 to 90

Geometry (F3)

Show View Validate Currents Far-field Near-field Segm. Plot

_new.out

Tot-gain

13 MHz

Theta : 80

Axis : 5 mtr

Phi : 280

Sweeper: Ready...

Settings

Function	Option	Ver-pc	Min.	Max.
Sweep			14.95	14.95

Variables

Variable	Selected	Min.	Max.
h=15		5.5	5.7
h=7.3			
h=1.e-3			
h2=5.7		14.95	14.95
h2=14.95			

SWR Gain F/B F/R R-in X-in Eff.

Surf-wave at distance = 1 Km

Theta 70 -70

Phi 90 90

Resolution 5 deg. Use fixed stepsize

Nr. of steps 10 Frequency 13

Resume Update NEC-file Exit

Calculated results: Show Log Plot result

Run:	SWR	Gain	F/B	F/R	R-in	X-in	Eff.	Res. %	Step %
8-0	4.726	7.33	0	0	112.51	-112.3	100		
8-1	3.8599	7.92	0	0	112.91	-89.47	100		
8-2	3.1454	8.43	0	0	109.55	-66.85	100		
8-3	2.5521	8.89	0	0	103.45	-45.01	100		
8-4	2.0744	9.3	0	0	95.533	-24.18	100		
8-5	1.7385	9.69	0	0	86.578	-4.48	100		
8-6	1.629	10.06	0	0	77.182	14.083	100		
8-7	1.8467	10.4	0	0	67.791	31.614	100		
8-8	2.3957	10.74	0	0	58.735	48.079	100		
8-9	3.2962	11.06	0	0	50.235	63.421	100		

Variable Values:

Run:	l2	h2
8-0	5.5	14.95
8-1	5.52	14.95
8-2	5.54	14.95
8-3	5.56	14.95
8-4	5.58	14.95
8-5	5.6	14.95
8-6	5.62	14.95
8-7	5.64	14.95
8-8	5.66	14.95
8-9	5.68	14.95
8-10	5.7	14.95

Calculate Window Show Run Help

136 + j 0 V

42.4 + j 78

186 // j 101

4.68

100

8.69

Freq 13 Mhz

Wavith 23.06 mtr

Curre 7.e5 - j 1.e6 uA

Serienp. 157 pF

Paramp. 121.1 pF

Inputer 100 W

Strudoss 0 uW

Netloss 0 uW

Radiwer 100 W

TOUCH GROUND. CURRENT WILL BE INTERPOLATED TO IMAGE IN GROUND PLANE.

MMEFELD SOLUTION

IC CONST. = 13.000

38

407

11

0.109 s

Theta	start	stop	count	step
90	90	37	5	

Phi	start	stop	count	step
90	90	1	0	

ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

Inhalt

1. Antennensimulation: Geschichte und Hintergrund
2. Nahfeld, Fernfeld
3. Grundelemente des Programms 4nec2
4. Simulation 1
5. weiterer Schritt: „optimization“: Simulation 2
6. Simulation 1‘
7. ausgewählte Online Ressourcen

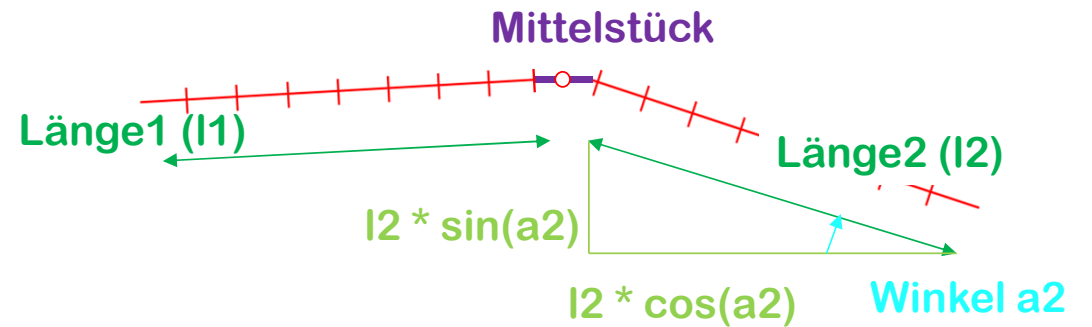


ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

6. Simulation 1'

Simulation der „krummen“ Verlegung:

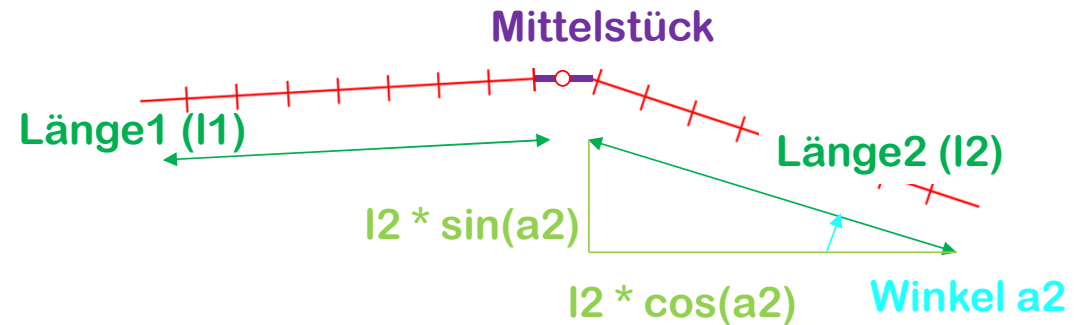
Symbols		Geometry
Symbols		
Nr	Symbols and equations	comment
1	seglen=0.3	Länge eines simulierten Strahler-Segmentes
2	h0=15	Mittenhöhe über Grund
3	l1=6	vorher Gesamtlänge: 14.54
4	l2=8.2	
5	a1=10	
6	a2=20	
7	r=0.001	
8		
9		



ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

6. Simulation 1'

Simulation der „krummen“ Verlegung:



Symbols		
Nr	Symbols and equations	comment
1	seglen=0.3	Länge eines simulierten Strahler-Segmentes
2	h0=15	Mittenhöhe über Grund
3	l1=6	vorher Gesamtlänge: 14.54
4	l2=8.2	
5	a1=10	
6	a2=20	
7	r=0.001	
8		
9		

Geometry (Scaling=Meters)												
Nr	Type	Tag	Segs	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	Radius		comment
1	Wire	1	l1/seglen	$-l1 \cdot \cos(a1) - \text{seglen}/2$	0	$h0 - l1 \cdot \sin(a1)$	$-\text{seglen}/2$	0	h0	r		links
2	Wire	2	1	$-\text{seglen}/2$	0	h0	$\text{seglen}/2$	0	h0	r		Mitte
3	Wire	3	l2/seglen	$\text{seglen}/2$	0	h0	$\text{seglen}/2 + l2 \cdot \cos(a2)$	0	$h0 - l2 \cdot \sin(a2)$	r		rechts
4												
5												

→ Simulation

praktische
Übung

ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

The screenshot displays the 4NEC2 software interface with several windows open:

- Pattern (F4):** Shows a radiation pattern plot for a vertical plane at 9 MHz. The plot is a polar graph with gain in dBic on the radial axis and angle in degrees on the angular axis. The main lobe is centered at 0 degrees.
- Geometry (F3):** Shows a 3D wire model of the antenna at 10 MHz. The antenna consists of a horizontal wire with a small vertical loop at its center.
- Main [V5.8.16] (F2):** The main simulation window showing parameters and results.

Nr	Symbols and equations	comment
1	seglen=0.3	Länge eines simulierten Strahler-Segmentes
2	h0=15	Mittenhöhe über Grund
3	h1=6	vorher Gesamtlänge: 14.54
4	l2=8.2	
5	a1=10	
6	a2=20	
7	r=0.001	
8		
9		
10		

Environment	
GROUND PLANE SPECIFIED. WHERE WIRE ENDS TOUCH GROUND, CURRENT WILL BE INFINITE GROUND. SOMMERFELD SOLUTION. RELATIVE DIELECTRIC CONST. = 13.000	
Comment	
Seg's/patches	48
Pattern lines	1886
Freq/Eval steps	41
Calculation time	4.609
- /Gain/SWR/Impedance (F5):** Shows two plots versus frequency (9 to 11 MHz):
 - SWR (50 ohm):** A blue line plot showing the Standing Wave Ratio. It has a minimum value of approximately 1.2 at 10.2 MHz.
 - Refl coef (dB) (50 ohm):** A red line plot showing the reflection coefficient in dB. It has a minimum value of approximately -16 dB at 10.2 MHz.

ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

Inhalt

1. Antennensimulation: Geschichte und Hintergrund
2. Nahfeld, Fernfeld
3. Grundelemente des Programms 4nec2
4. Simulation 1
5. weiterer Schritt: „optimization“, Simulation 2
6. Simulation 1‘
- 7. ausgewählte Online Ressourcen**



ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

Online Ressourcen

- „Simulation of Wire Antennas using 4NEC2“
https://www.qsl.net/4nec2/Tutorial_4NEC2_english.pdf
- NEC-2 Manual (→ hardcore, aber Referenz)
<https://www.nec2.org/other/nec2prt3.pdf>
- Loop-Antennen mit 4nec2
<https://p02.de/wp-content/uploads/2012/08/Loopantennen-unter-4NEC2.pdf>
- Überblick Programme zur Antennen-Simulation (DG7YBN)
http://dg7ybn.de/Ant_soft/Ant_Software_DE.htm



ANTENNEN-SIMULATION MIT 4NEC2

Vielen Dank für Eure Aufmerksamkeit.



Versuchs-Skript

Simulation 1 (Lambda/2 für 30m, 10 MHz)

- Dipol von -7.35m .. 7.35m, Höhe 10m, 20 Segmente, Speisepunkt vergessen, simulieren
- Speisepunkt hinzufügen bei Segment 10, dann aber nicht in der Mitte
- Dipol auf 19 Segmenten verändern, jetzt mittig, simulieren
- Strahlerlänge anpassen weil induktiv, SWR würdigen, neue Länge beide Seiten 8 cm kürzer (7.27m), simulieren
- fast kein Blindanteil, prima, aber Realanteil bei 86 Ohm, SWR nur unwesentlich besser
- Speisepunkt verschieben auf Segment 5, neue Impedanz 177 Ohm, keine Überraschung -> braucht Impedanz-Transformator
- Speisepunkt wieder auf Segment 10 zurück setzen, Antenne auf 15m Höhe umsetzen, simulieren
- reduzierter Realanteil, flachere Abstrahlung, aber Länge passt nicht ideal (Blindanteil)
- lästiges Editieren (Vorbereitung für später) Variable einführen l, h, r
- mit gleichen Werten aber Variablen einen Frequency Sweep machen, simulieren 9.6 ... 10.4 MHz (Mittenfrequenz 10MHz)
- SWR Sweep erklären, in Real- und Imaginär-Sweep wechseln, Nullphase erklären, bestmögliche Impedanz herleiten
- nochmal bei 10 MHz simulieren, räumliches Strahlungsdiagramm der Antenne erklären, Winkel durchlaufen lassen

→ nächste Powerpoint Folie



Versuchs-Skript

Simulation 1' (geknickte Antenne)

- mit positiven Winkeln spielen,
Sweep 9..11 MHz
- mit Höhe spielen
- negative Winkel verwenden
- Strahlungsdiagramm betrachten,
anscheinend zählt Speisepunkthöhe am meisten?

→ nächste Powerpoint Folie



Versuchs-Skript

Simulation 2 (parasitärer Zusatz-Strahler)

- Dipol von $l_2=5.5\text{m}$ bei $H_2=14.9\text{m}$,
19 Segmente,
simulieren
- ergibt zwei interessante SWR-Punkte bei
10 MHz (bekannt) und 13.4 MHz (neu)
- Wechsel in Real- Imaginärteil Ansicht:
noch ein Resonanzpunkt!
aber mit hohem Realanteil,
daher im SWR Chart nicht zu erkennen!

→ nächste Powerpoint Folie

- Zielfrequenz: 13 MHz im sweep einstellen
mit l_2 spielen (5.5 ... 5.7)
bestmögliches SWR suchen
- mit h_2 spielen (14.5 ... 14.95),
auf einen Wert festhalten, l_2 nachoptimieren
- l_2 merken, h_2 merken,
in Quelldatei einsteigen und dort eintragen
- erneut Sweep, Zielfrequenz 10MHz
„l“ nachoptimieren auf 10MHz
l in Quelldatei nachtragen
- mit dem Ergebnis einen Sweep 9..14 MHz machen,
Ergebnis bewerten

→ nächste Powerpoint Folie

