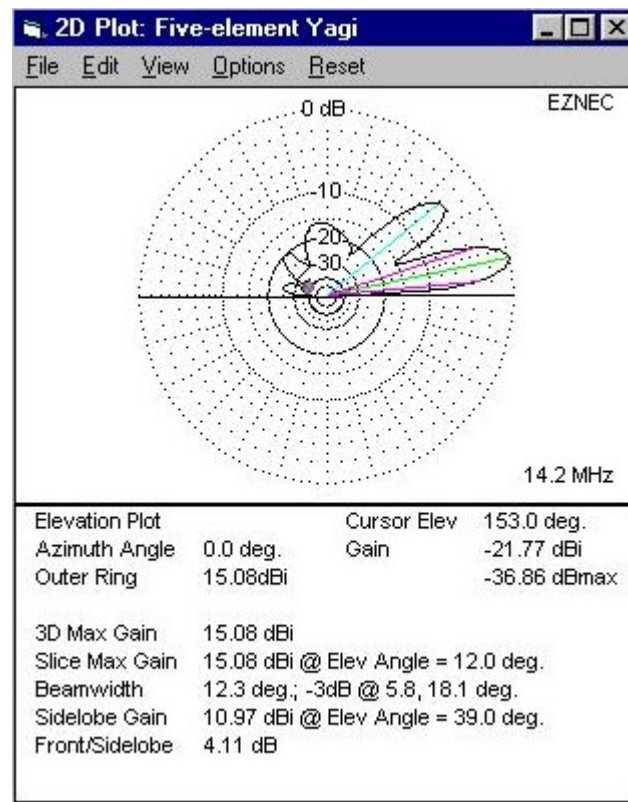


# EZNEC 5.0

## Antennenberechnungsprogramm

von Roy Lewallen, P.E., W7EL

## Handbuch



Übersetzung von Eike Barthels , DM3ML, Dresden, November 2007

## INHALTSVERZEICHNIS

<u>1. Hinweise des Übersetzers.....</u>	<u>7</u>
<u>2. Willkommen (Welcome).....</u>	<u>8</u>
<u>3. Einführung (Introduction) .....</u>	<u>8</u>
<u>3.1 Danksagungen (Acknowledgements).....</u>	<u>8</u>
<u>3.2 Einige Worte über den Kopierschutz (A Few Words About Copy Protection)...</u>	<u>10</u>
<u>3.3 Garantie (Guarantee).....</u>	<u>11</u>
<u>3.4 Amateur oder Profi ? (Amateur or Professional?).....</u>	<u>11</u>
<u>3.5 Hinweise für internationale Nutzer</u> <u>(Notes For International Users).....</u>	<u>12</u>
<u>4. Es geht los (Getting Started) .....</u>	<u>13</u>
<u>4.1 Was gibt es Neues in V.5.0 ?</u> <u>(What's New in v. 5.0).....</u>	<u>13</u>
<u>4.2 Was gibt es Neues in V.4.0 ?</u> <u>(What's New in v. 4.0).....</u>	<u>15</u>
<u>4.3 EZNEC holen (If You Downloaded EZNEC).....</u>	<u>18</u>
<u>4.4 Mit EZNEC bekannt werden</u> <u>(Getting Acquainted with EZNEC).....</u>	<u>19</u>
<u>4.5 Icon auf dem Arbeitsplatz erzeugen</u> <u>(Making a Desktop Shortcut).....</u>	<u>19</u>
<u>4.6 Nutzer von EZNEC pro (EZNEC Pro Users).....</u>	<u>19</u>
<u>4.7 Handbuch ausdrucken (Printing The Manual).....</u>	<u>19</u>
<u>5. Die Testmaschine (Test Drive) .....</u>	<u>21</u>
<u>5.1 Einführung (Test Drive Introduction).....</u>	<u>21</u>
<u>5.2 Gerade durch (Along The Straightaway).....</u>	<u>21</u>
<u>5.3 Durch die Kurven (Through The Curves).....</u>	<u>28</u>
<u>5.4 Schnellkurs (On The Race Course).....</u>	<u>34</u>
<u>5.5 Wanderung auf Spur 5 (A Lap Around Track 5).....</u>	<u>40</u>
<u>6. Modellaufbau (Building The Model) .....</u>	<u>46</u>
<u>6.1 Einführung in die Modellierung</u> <u>(Introduction to Modeling).....</u>	<u>46</u>
<u>6.2 Modellierung mit EZNEC (Modeling With EZNEC).....</u>	<u>46</u>
<u>6.3 Beschreibungsdatei öffnen</u> <u>(Opening The Description File).....</u>	<u>47</u>

**6.4 Antennenstruktur modellieren : Drähte****(Modeling The Antenna Structure: Wires )..... 47**

6.4.1 Über Drähte (About Wires).....	47
6.4.2 Segmentierung (Segmentation).....	49
6.4.3 Draht-Fenster verwenden (Using The Wires Window).....	50
6.4.4 Kurzrufe zur Drahtbearbeitung (Wire Coordinate Shortcuts).....	53
6.4.5 Drahtverluste (Wire Loss).....	54
6.4.6 Drahtisolation (Wire Insulation).....	55
6.4.7 Drahtkoordinaten importieren (Importing Wire Coordinates).....	56
6.4.8 Weitere Überlegungen (Other Wire Considerations).....	56
6.4.9 Erweiterte Drahteigenschaften (Advanced Wire Features) .....	57
6.4.9.1 Einführung (Advanced Wire Features Introduction).....	57
6.4.9.2 Schleife erzeugen (Loop Creation) .....	57
6.4.9.3 Schleife anpassen (Loop Resizing).....	57
6.4.9.4 Erzeugung von Radials (Radial Creation).....	57
6.4.9.5 Helix erzeugen (Helix Creation).....	58
6.4.9.6 Erzeugung von Drahtgittern (Wire Grid Creation).....	58
6.4.9.7 Schrittweise Durchmesserkorrektur (Stepped Diameter Correction) .....	59
6.4.10 Spezialfälle (Some Special Cases) .....	61
6.4.10.1 Spitze Winkel (Acute Angles).....	61
6.4.10.2 Eingegrabene Drähte (Buried Wires).....	61
6.4.10.3 Drähte in geringem Abstand (Closely Spaced Wires).....	62
6.4.10.4 Gekreuzte Dipole (Crossed Dipoles).....	62
6.4.10.5 Systeme mit angehobenen Radials (Elevated Radial Systems).....	63
6.4.10.6 Speiseleitungen und Baluns (Feedlines and Baluns).....	64
6.4.10.7 Linear belastete Antennen (Linear Loaded Antennas).....	64
6.4.10.8 Logperiodische Antennen (Log Periodic Antennas).....	64
6.4.10.9 Multibandantennen (Multiband Antennas).....	65
6.4.10.10 Phasengekoppelte Anordnungen (Phased Arrays).....	65
6.4.10.11 Kleine Schleifen (Small Loops).....	65
6.4.10.12 Gestockte Yagis (Stacked Yagis).....	65
6.4.10.13 Vertikalantennen mit vergrabenen Radials (Vertical Antennas And Buried Radials).....	67
6.4.10.14 Modellierung eines Draht-Gitters (Wire Grid Modeling).....	69
6.4.10.15 Yagiantennen (Yagi Antennas).....	69

**6.5 Eingefügte Objekte (Insertion Objects)..... 70**

6.5.1 Übersicht (About Insertion Objects).....	70
6.5.2 Eingefügte Objekte in Segmenten anordnen (Placing Insertion Objects On Segments)...	71
6.5.3 Fenster für eingefügte Objekte verwenden (Using Insertion Objects Windows).....	71

**6.6 Quellen verwenden (Using Sources) ..... 72**

6.6.1 Über Quellen (About Sources).....	72
6.6.2 Quell-Typen (Source Types).....	73
6.6.3 Das Quellen-Fenster (Using The Sources Window).....	73
6.6.4 Erregung durch eine ebene Welle (Plane Wave Excitation).....	74
6.6.4.1 Überblick (Plane Wave Overview (EZNEC Pro only)).....	74
6.6.4.2 Erregung durch eine ebene Welle spezifizieren (Specifying Plane Wave Excitation).....	75
6.6.4.3 Erregung durch eine ebene Welle über einer Erdoberfläche (Plane Wave Excitation With a Ground Plane).....	75
6.6.4.4 Ergebnisse beurteilen (Interpreting Plane Wave Results).....	76
6.6.5 Quellenanordnung (Source Placement) .....	77
6.6.5.1 Voraussetzungen für Quellenanordnung (Source Placement Precautions).....	77
6.6.5.2 Quellen in Segmenten anordnen (Placing Sources On Segments).....	78
6.6.5.3 Quellen an Drahtverbindungen anordnen (Placing Sources At Wire Junctions).....	79

6.6.5.4 Quellen mit Erde verbinden (Connecting Sources to Ground).....	79
6.6.6 Mehrfachquellen (Multiple Sources) .....	79
6.6.6.1.1 Mehrfachquellen verwenden (Using Multiple Sources).....	79
6.6.6.2 Phasengekoppelte Anordnungen (Phased Arrays).....	80
<b>6.7 Lasten verwenden (Using Loads) .....</b>	<b>80</b>
6.7.1 Was sind Lasten (About Loads).....	80
6.7.2 Last-Typen (Load Types).....	81
6.7.3 Lastverbindungen (Load Connections).....	81
6.7.4 Lasten an Drahtverbindungen anordnen (Placing Loads At Wire Junctions).....	82
6.7.5 Ladespulen (Loading Coils).....	82
6.7.6 Schwingkreise (Traps).....	82
6.7.7 Lasten-Fenster verwenden (Using The Loads Windows) .....	83
6.7.7.1 Lasttypen und Lastenfenster (Load Types And The Loads Window).....	83
6.7.7.2 Das $R+jX$ -Fenster (The $R + j X$ Loads Window).....	83
6.7.7.3 Das RLC-Fenster (The RLC Loads Window).....	83
6.7.7.4 Fenster für Laplace-Lasten (The Laplace Loads Window).....	85
<b>6.8 Speiseleitungen verwenden (Using Transmission Lines ).....</b>	<b>85</b>
6.8.1 Über Speiseleitungen (About Transmission Lines).....	85
6.8.2 Speiseleitungsfenster verwenden (Using The Transmission Lines Window).....	87
6.8.3 Speiseleitungsverluste (Transmission Line Loss).....	89
6.8.4 Koaxkabel modellieren (Modeling Coaxial Cable).....	89
<b>6.9 Transformatoren verwenden (Using Transformers).....</b>	<b>90</b>
6.9.1 Transformatoren (Transformers).....	90
6.9.2 Transformatorenfenster verwenden (Using The Transformers Window).....	91
<b>6.10 L-Netzwerke verwenden (Using L Networks).....</b>	<b>92</b>
6.10.1 L-Netzwerke (L Networks).....	92
6.10.2 L-Netzwerk-Fenster verwenden (Using the L Networks Window).....	93
<b>6.11 Y-Parameter-Netzwerke verwenden (Using Y Parameter Networks).....</b>	<b>94</b>
6.11.1 Y-Parameter-Netzwerke (Y Parameter Networks (EZNEC Pro only)).....	94
6.11.2 Y-Parameter-Netzwerk-Fenster verwenden (Using the Y Parameter Networks Window)	94
.....	94
<b>6.12 Erdboden modellieren (Modeling Ground) .....</b>	<b>95</b>
6.12.1 Über Bodenmodelle (About Ground Models).....	95
6.12.2 Reale Bodentypen (Real Ground Types).....	96
6.12.3 Grenzen der Modelle für realen Boden (Limitations of Real Ground Models).....	97
6.12.4 Medienfenster verwenden (Using The Media Window).....	98
6.12.5 Zwei Bodentypen verwenden (Using Two Ground Media).....	99
6.12.6 Drähte mit dem Boden verbinden (Connecting Wires to Ground).....	99
6.12.7 Verbindung zu einem Boden hoher Genauigkeit (Connecting to High Accuracy Ground)	100
.....	100
6.12.8 Das NEC-Radial-Modell (The NEC Radial Model).....	100
<b>7. Ergebnisse auswerten (Interpreting The Results) .....</b>	<b>102</b>
<b>7.1 Ströme (Currents).....</b>	<b>102</b>
<b>7.2 Lastdaten (Load Data).....</b>	<b>103</b>
<b>7.3 Quellendaten (Source Data).....</b>	<b>103</b>
<b>7.4 Fernfeldtabelle (Far Field Table).....</b>	<b>104</b>
<b>7.5 Nahfeldtabelle (Near Field Table).....</b>	<b>104</b>
<b>7.6 Fernfelddiagramme (Far Field Patterns).....</b>	<b>105</b>

<b>8. Referenzen (Reference)</b>	<b>106</b>
<b>8.1 Funktionen (Features)</b>	<b>106</b>
8.1.1 Das alternative 2D-Richtdiagramm (Alternative 2D Plot Grid)	106
8.1.2 Notizen zur Antenne (Antenna Notes)	106
8.1.3 Automatische Segmentierung (Automatic Segmentation)	106
8.1.4 Durchschnittsgewinn (Average Gain)	107
8.1.5 Antennenbeschreibungen kombinieren (Combining Antenna Descriptions)	108
8.1.6 EZNEC-Editor (EZNEC Editor)	108
8.1.7 Frequenzabtastung (Frequency Sweep)	108
8.1.8 Geometrieprüfung (Geometry Check)	111
8.1.9 Bodenwellenanalyse (Ground Wave Analysis)	112
8.1.10 Gruppe modifizieren (Group Modify)	113
8.1.11 Nahfeldanalyse (Near Field Analysis)	113
8.1.12 IONCAP/VOACAP-Dateien schreiben (Writing IONCAP/VOACAP Files (EZNEC+, EZNEC Pro only))	114
8.1.12.1 Optionen (Options)	114
8.1.13 Maßstab ändern (Rescaling)	115
8.1.14 Segmentlänge abtufen (Segment Length Tapering)	115
8.1.15 Segmentprüfung (Segmentation Check)	116
8.1.16 Korrektur bei abgestuftem Durchmesser (Stepped Diameter Correction)	117
8.1.17 SWR-Diagramm (SWR Graph)	117
8.1.18 Diagramme übereinander legen (TraceView)	118
8.1.19 Rücksetzen/Wiederholen (Undo/Redo)	118
8.1.20 Virtuelle Segmente (Virtual Segments)	119
<b>8.2 Das Hauptmenü (The Control Center)</b>	<b>120</b>
8.2.1 Einführung (Control Center Introduction)	120
8.2.2 Menüs (The Control Center Menus)	121
8.2.2.1 Einführung zu den Menüs (Control Center Menus Introduction)	121
8.2.2.2 Datei (File)	121
8.2.2.3 Optionen (Options)	122
8.2.2.4 Ausgaben (Outputs)	127
8.2.2.5 Einstellungen (Setups)	127
8.2.2.6 Ansicht (View)	127
8.2.2.7 Werkzeuge (Utilities)	128
8.2.2.8 Hilfe (Help)	128
8.2.3 Informationsfenster und Tasten (Information Window and Action Buttons)	128
8.2.3.1 Auswahl im Hauptmenü (Control Center Selections)	128
8.2.3.2 Tasten (Action Buttons)	130
<b>8.3 Grafikfenster (The Graphics Windows)</b>	<b>132</b>
8.3.1 Überblick (Graphics Windows Overview)	132
8.3.2 Abteilungen (Graphics Windows Sections)	132
8.3.3 Menüs (Graphics Windows Menus)	133
8.3.4 Grafikdateien erzeugen (Creating Graphics Files)	135
8.3.5 Antennenansicht verwenden (Using The View Antenna Display)	135
8.3.6 2D-Ansicht verwenden (Using The 2D Display)	139
8.3.7 3D-Ansicht verwenden (Using The 3D Display)	140
8.3.8 SWR-Ansicht verwenden (Using The SWR Display)	140
<b>8.4 EZNEC Pro Information</b>	<b>141</b>
8.4.1 EZNEC Pro und NEC (EZNEC Pro And NEC)	141
8.4.2 Arbeit mit NEC-Format-Dateien (Working With NEC Format Files)	143
8.4.3 Sehr große Modelle (Very Large Models)	145
8.4.4 Berechnung mit doppelter Genauigkeit (Double Precision Operation)	146
8.4.5 Speicherverwendung kontrollieren (Controlling Memory Use)	147

8.4.6 Externe NEC-4-Maschine verwenden (gilt nur für EZNEC-Pro/4) (Using An External NEC-4 Engine (EZNEC-Pro/4 Only)).....	148
<b>8.5 Weitere Informationen (Additional Information) .....</b>	<b>151</b>
8.5.1 Programmunverträglichkeiten (Software Incompatibilities).....	151
8.5.2 Berechnungsfortschrittsfenster (The Calculation Progress Window).....	152
8.5.3 EZNEC re-installieren oder kopieren (Reinstalling or Copying EZNEC).....	153
8.5.4 Datei LastZ.txt (LastZ.txt file).....	153
8.5.5 Polarität von parallel angeschlossenen Lasten (Parallel Connected Loads Polarity).....	154
8.5.5.1 Polaritätsdifferenzen zwischen seriell und parallel angeschlossenen Lasten (Polarity Differences Between Series and Parallel Connected Loads).....	154
8.5.6 Spezialoptionen (Special Options).....	156
8.5.7 Das OpenPF-Druckformat (OpenPF Plot File Format).....	157
8.5.8 Smith-Diagramm-Programme (Smith Chart Programs) .....	164
8.5.8.1 MicroSmith.....	164
8.5.8.2 winSMITH.....	164
8.5.9 Eingabedateiformate (Input File Formats) .....	164
8.5.9.1 Eingabedatei zur Frequenzabtastung (Frequency Sweep Input File).....	164
8.5.9.2 Datei für Drahtkoordinaten (Wire Coordinate File).....	165
<b>9. Rechtliche Hinweise (Legal Notices) .....</b>	<b>168</b>
9.1 Haftungsausschluss (Legal Disclaimer).....	168
9.2 Anerkennung der Lizenz (License Agreement).....	169
9.3 Copyright und Warenzeichen (Copyright and Trademark Notice).....	170
9.4 NEC-4-Notizen (NEC-4 Notices).....	170
9.5 Rechtliche Anmerkungen zu Drittprogrammen (Third Party Software Legal Notices).....	171
9.5.1 vbAccelerator.....	171
9.5.2 Info-ZIP.....	172
<b>10. Unterstützung (Support) .....</b>	<b>173</b>
10.1 Updates (Maintenance Releases).....	173
10.2 Fehlermeldungen (Reporting bugs).....	173
10.3 W7EL erreichen (How to Contact Me).....	174
<b>11. Begriffe / Definitionen.....</b>	<b>174</b>
<b>12. Index.....</b>	<b>179</b>

# 1. Hinweise des Übersetzers

EZNEC 5.0 ist als DEMO-Version kostenlos und über die Internetseite <http://www.eznec.com/> (EZNEC Antenna Software by W7EL) beziehbar (ca. 5 MB). Ich habe mich wie bei anderen Freeware-Programmen an eine deutsche Übersetzung des englischen Handbuchs, das dort ebenfalls holbar ist, gemacht. Das vorliegende Handbuch gilt für alle Versionen von EZNEC. Das Handbuch enthält Angaben dazu, welche Eigenschaften von den verschiedenen Versionen realisiert werden. Bei der Demo-Version werden nur 20 Segmente gegenüber 500 bei dem Standardprogramm verarbeitet. EZNEC+ verarbeitet 1500 Segmente, die EZNEC pro-Programme **EZNEC-Pro/2** und **EZNEC-Pro/4** verarbeiten jetzt bis zu 20 000 Segmente.

Wer sich bereits mit MMANA von Makato Mori, JE3HHT, beschäftigt hat, wird es bei der Nutzung von EZNEC leichter haben, da in etwa die gleiche Vorgehensweise bei der Modellierung von Antennen verwendet wird.

Folgende Markierungen wurden verwendet :

- Originale Eigennamen wie **EZNEC** sind fett markiert
- Menüpunkte wie **Edit** oder **Frequency** sind fett und kursiv markiert (sie sind im Original in Standard-Schrift und unterstrichen markiert)
- Nicht übersetzte Originalbegriffe sind kursiv markiert, wie z.B. *Updates*
- Um die Verbindung zu der vom Programm direkt aufrufbaren Hilfe zu erhalten, stehen bei allen Kapiteln die englischen Überschriften in Klammern hinter der übersetzten deutschen Überschrift.
- Das am Ende des Handbuchs stehende Index-Verzeichnis bezieht sich auf die im Original als Stichworte stehenden englischen Begriffe, wurde aber auf die aktuellen Seitenzahlen umgestellt.

Da das englische Original fast ausschliesslich aus Text besteht, habe ich einige zusätzliche Abbildungen aus dem DEMO-Programm, vor allem bei der Testmaschine, eingebaut, um das Einarbeiten anschaulicher zu gestalten.

Das Handbuch für die Version 5.0 entstand durch Überarbeitung der Übersetzungen des Handbuchs der Versionen 3.0 und 4.0, indem ich die englischen Originale verglichen habe und alle Änderungen in die neue Version eingebaut habe. Die wesentlichen Änderungen und Erweiterungen sind unter [Was gibt es Neues in V.5.0 ? \(What's New in v. 5.0\)](#) beschrieben.

Das Kapitel 11 (Begriffe und Definitionen) dieser Übersetzung wurde im Original von 4.0 nicht in die Hilfe 5.0 übernommen, ich habe es aber wegen der Anschaulichkeit drin gelassen. U.U. ist es nicht auf dem neuesten Stand.

Wie bei meinen anderen Übersetzungen bitte ich um freundliche Nachsicht bei Tipp- und Übersetzungsfehlern. Ich bitte auch zu berücksichtigen, dass ich weder ein Experte für das Programm noch für Unklarheiten oder Probleme mit dem Programm zuständig bin. Sollte ein aufmerksamer Leser in der Übersetzung ernsthafte Fehler finden, bitte ich ihn, mich zu informieren, damit ich die deutsche Hilfe korrigieren kann. Sollte ein aufmerksamer Nutzer aber Probleme mit dem Programm oder Wünsche zu seiner Weiterentwicklung haben, bitte ich ihn, sich direkt an Roy, W7EL, ([W7EL erreichen \(How to Contact Me\)](#)) zu wenden. Ich werde W7EL über die Übersetzung informieren und ihm freistellen, deutschsprachige Nutzer darauf hinzuweisen.

Gut Funk de Eike, DM3ML

21 Nov 2007



## 2. Willkommen (Welcome)

Willkommen bei **EZNEC®** Version 5.0 !

Dieses Handbuch umfasst alle Programmtypen von **EZNEC**, sowohl die Standard- als auch die Professional-Versionen. Abschnitte, die nicht alle Programmtypen betreffen sind gekennzeichnet. Alle nicht gekennzeichneten Abschnitte im **EZNEC**-Handbuch gelten für **EZNEC+ und die EZNEC-Pro – Programme EZNEC Pro/2 und EZNEC Pro/4**.

Es wird vorausgesetzt, dass Sie mit den grundlegenden Windows-Operationen wie Klicken, Ziehen und Auswählen vertraut sind und sich mit Notepad und Windows-Explorer auskennen. Sollten Sie hier Probleme haben, informieren Sie sich bitte in der Windows-Dokumentation über diese Werkzeuge.

Kommentare zu diesem Handbuch sind immer willkommen. Sie werden alle gelesen, wenn es auch nicht möglich ist, alle Zuschriften persönlich zu beantworten. Schicken Sie bitte Ihre Kommentare und Vorstellungen an [w7el@eznec.com](mailto:w7el@eznec.com)

Aktualisierungen des Handbuchs finden Sie in den **EZNEC maintenance releases** unmittelbar nachdem sie veröffentlicht wurden. Informieren Sie sich unter *Updates* zu Einzelheiten.

**EZNEC®** ist eine registrierte Handelsmarke von Roy W. Lewallen. Alle Rechte sind reserviert.

## 3. Einführung (Introduction)

### 3.1 Danksagungen (Acknowledgements)

Dieses Programm wäre nicht möglich ohne die Hilfe der Mitwirkenden, die das Programm während der Entwicklungsstufen getestet haben. Die Tester haben zahlreiche Ideen und Vorschläge für wertvolle Erweiterungen und Verbesserungen und die vorhandenen Lösungen eingebracht, sie haben die Bedienoberfläche einfacher und das Handbuch genauer gemacht. Sie fanden und berichteten zahlreiche Programmfehler und halfen, sie zu erkennen und zu beheben.

Diese Mitarbeit fand bei allen Versionen von **EZNEC** und seinem Vorgänger **ELNEC** statt. Da jede Version auf ihren Vorgängern aufbaute, lieferte diese Arbeit einen wesentlichen Beitrag auch für die aktuelle Version. Ich bin allen Helfern dankbar und verpflichtet. Für alle Programmmängel und Unzulänglichkeiten bin aber ausschliesslich ich selbst verantwortlich.

Die folgenden Mitarbeiter waren an den Tests der aktuellen Version beteiligt. Für ihre Hilfe, Unterstützung und die aufgewandte Menge an Zeit bedanke ich mich herzlich :

Steve Best, VE9SRB

L.B. Cebik, W4RNL

Gert Janzen, DF6SJ

Dan Maguire, AC6LA

Dan Richardson, K6HME

Dien Straw, N6BV

Jim Streible, K4DLI



Roger Steyart, K7RXV

EZNEC 5.0 baut auf Version 4.0 auf, das einen großen Umfang an Entwicklungsarbeit benötigt hat. Ich möchte meinen besonderen Dank an vier Mitstreiter aussprechen, die sich an den Tests der über 30 Alphaversionen beteiligt haben, bei denen eine Reihe von Features zugefügt, getestet und modifiziert wurden. Der benötigte Arbeitsaufwand war ungewöhnlich umfangreich und ohne ihre Mithilfe wären weder die Version 4.0 noch die Version 5.0. realisierbar gewesen :

L.B. Cebik, W4RNL

Dan Maguire, AC6LA

Dan Richardson, K6HME

Dien Straw, N6BV

Ein großes Dankeschön an diese wundervollen Mitstreiter !

Viele, viele Fehler wurden gemeldet und sorgfältig während der Beta-Testphase von den oben genannten Herren und weiteren Beta-Testern verfolgt :

Vil Arafiles

Steve Best, VE9SRB

Dave Rodman, KN2M

Jim Streible, K4DLI

Bert Barry, VE3QAA

Ich bin diesen Herren dankbar für die Zeit und Mühe, die sie für wertvolle Kommentare, Kritiken und Vorschläge aufgewandt haben. Ihnen gebührt ein großer Anteil daran, dass **EZNEC 4.0** mit besseren Eigenschaften aufwarten kann, die Ihnen auch in **EZNEC 5.0** gefallen werden. Obwohl ich bei den meisten Testernamen ein Rufzeichen zugefügt habe, sind die meisten von ihnen beruflich aktiv mit dem Antennenentwurf befasst.

Dieses Handbuch wird sowohl von beruflichen Nutzer als auch von Funkamateuren gelesen werden, so dass ich auf einen Punkt hinweisen möchte : Obwohl Sie in der Liste bei den Namen Rufzeichen sehen, handelt sich bei den meisten um hocherfahrene und angesehene Profis zusätzlich zu ihrer Amateurfunklizenz. Bitte lesen Sie auch das Kapitel [Amateur oder Profi ? \(Amateur or Professional?\)](#) mit Betrachtungen zu diesem Thema.

Die Version 4.0 begann als Version 3.0 und vier Herren haben sorgfältig die 30 Alpha-Versionen von **EZNEC 3.0** getestet und von Fehlern befreit. Es sind dies

Gary Bread, K9AY

L.B.Cebik, W4RNL

Ed Farmer, AA6ZM

Roger Steyaert, K7RXV

Diese Herren halfen auch bei der ausgedehnten Beta-Testphase und wurden von diesen OMs unterstützt :

John Devoldere, ON4UN; Linley Gumm, P.E., K7HFD; Rus Healy, K2UA; Prof. Dr. Gerd Janzen, DF6SJ; Dick Kiefer, P.E., K0DK; Dean Straw, N6BV; and C.H. "Buck" Walter.

Vielen andere boten ihre Hilfe beim Programmtest an, es war mir aber leider nicht möglich, diese Hilfe konstruktiv einzuarbeiten.

Bei der Suche nach Fehlern nach der Produktfreigabe half mir Leland Scott, KC8LDO. Dank an alle anderen, die mir Fehler gemeldet haben und – wenn nötig – sich Diagnoseprogramme zur

Fehlersuche geholt, sie gestartet und mich beim Beheben der Fehler unterstützt haben.

Die Grundlage für die Berechnungen in diesem Programm wird von NEC-2 und/oder NEC-4 gebildet. Viele Leute haben an der Entwicklung dieses Codes mitgearbeitet, doch den größten Beitrag haben G.J. Burke und A.J. Poggio vom Lawrence Livermore National Laboratory geleistet. Ohne ihren grossen Anteil wäre die Entwicklung dieses Programms nicht möglich gewesen.

**EZNEC v. 4.0** wurde von früheren Versionen und seinem Vorläufer **ELNEC** abgeleitet und die umfangreiche Hilfe der Tester der früheren Versionen ist wesentlich für den Erfolg des aktuellen Programms. Der Dank geht an :

Dr. Dick Adler, K3CXZ; Dr. Jack Belrose, VE2CV; Gary Breed, K9AY; Jim Bromley, W5GYJ; John Brosnahan, W0UN; Paul Carr, P.E., N4PC; Dr. L.B. Cebik, W4RNL; Dr. Al Christman, K3LC; Bill Clarke, WA4BLC; Tony DeBiasi, K2SG; Ed Farmer, P.E., AA6ZM; Dick Gardner, N1AYW; Ernie Guerri, W6MGI; Linley Gumm, P.E., K7HFD; Jerry Hall, K1TD; Ed Hanlon; Bob Haviland, W4MB; Wes Hayward, W7ZOL; Dick Kiefer, P.E., K0DK; Doug McGarrett, WA2SAY; Bob Rullman, K7MSH; Jim Sanford, WB4GCS; Roger Steyaert, K7RXV; C.H. "Buck" Walter; und Dean Straw, N6BV.

Mein spezieller Dank geht an L.B. Cebik, W4RNL, der eine Riesenarbeit an Hilfe während der Entwicklung und beim Test der vorhergehenden Versionen geleistet hat.

Mein Dank geht an alle Nutzer von **EZNEC**, die mir ihre Vorstellungen geschickt haben und an die, die geduldig auf diese neue Version gewartet haben.

Zum Abschluss, aber vorzugsweise danke ich meiner Familie für ihr Verständnis und Unterstützung in den vielen, vielen Stunden, die ich getrennt von ihnen an der Entwicklung dieses Programms gearbeitet habe.

#### **Danksagung an *Jordan Russell and Inno Setup***

Alle Varianten von **EZNEC** version 4.0.31 und aufwärts nutzen die offene Quelle des **Inno Setup installer**, geschrieben von Jordan Russell. Dieses Installationsprogramm ist sehr umfangreich und leistungsfähig, aber einfach zu nutzen. Ich bin dem Autor und allen anderen Zuarbeitern sehr dankbar, dass sie diese Anwendung geschaffen und sie kostenlos zugänglich gemacht haben. Sie wurde für EZNEC nicht genommen, weil sie kostenlos war, sondern weil es einfach das beste Installationsprogramm ist, das zur Zeit im Angebot ist.

#### **Danksagung an *vbAccelerator Software***

Dieses Produkt enthält Software, die von **vbAccelerator** (<http://vbaccelerator.com/>) entwickelt wurde. Ich bin **vbAccelerator** dankbar dafür, dass sie mir großzügig und kostenlos die Nutzung dieses hochqualitativen Programms möglich gemacht haben. Die volle Information zur Lizenz finden Sie im Kapitel [Rechtliche Anmerkungen zu Drittprogrammen \(Third Party Software Legal Notices\)](#) dieses Handbuchs.

#### **Danksagung an *Info-Zip Software***

Alle **EZNEC-Programme** verwenden die Dateikompression und -dekompression, die großzügig kostenfrei von **Info-ZIP** zur Verfügung gestellt wird. Eine Liste der Unterstützer dieses Projekts finden Sie im Kapitel [Rechtliche Anmerkungen zu Drittprogrammen \(Third Party Software Legal Notices\)](#) dieses Handbuchs.

## **3.2 Einige Worte über den Kopierschutz (A Few Words About Copy Protection)**

**Standard EZNEC:**

Einer meiner Freunde machte die Bemerkung, dass das Gewissen wie ein kleines Rädchen mit scharfen Zähnen sei, dass sich in einem dreht und eingräbt. Aber jedes Mal, wenn es das gemacht hat, sagte er, nutzen sich die Zähne etwas ab und beim nächsten Mal sind die Zähne nicht mehr so scharf. Möglicherweise sind die Zähne nach einer Weile abgenutzt und wirken nicht mehr. Sind bei Ihnen die Zähne schon abgenutzt, wird Sie das, was ich jetzt sagen will, nicht mehr erreichen und Sie sollten das Kapitel überspringen

Kopierschutz ist sowohl für den Nutzer als auch für den Programmentwickler ein großes Ärgernis. Er kann auch einen Preisanstieg bewirken und das ist ärgerlich – ein höherer Preis für mehr Ärger. Dieses Programm ist daher nicht kopiergeschützt. Es ist einfacher dieses Programm zu kopieren als einen Walkman im K-Mart mitgehen zu lassen und Sie werden sicher dabei nicht erwischt. Es ist daher ziemlich riskant, dieses Programm ohne Kopierschutz herauszugeben. Ich bin sicher, dass Verkäufer ähnlicher Programme einen Kopierschutz eingebaut hätten, um einen Diebstahl zu verhindern. Diebstahl ? Darauf können Sie Gift nehmen ! Über ein Jahr mit nahezu Vollzeitarbeit stecken allein in dieser Version des Programms und im Feinabgleich, um es nutzerfreundlich und einfach anwendbar zu machen und über zwei Jahre in der ersten Windows-Version. Weitere Ausgaben, wie Anzeigen u.a. kommen hinzu.

Also bitte : Wenn Sie ein Bekannter um eine Programmkopie bittet, verleitet er Sie zu einem Diebstahl. Sagen Sie bitte NEIN und zeigen Sie ihm, wo er das Programm bestellen kann (<http://eznec.com>). Es ist spottbillig bei diesem Preis, es bewahrt weitere Nutzer vor einem höheren Preis und Sie schützen sich vor dem Rädchen mit den Zähnen. DANKE !

#### **EZNEC pro:**

Dieses Programm ist mit einem Hardware-Schlüssel geschützt. Alles wurde darangesetzt, dieses Schutzsystem so zuverlässig und einfach nutzbar wie möglich zu machen. Der Schlüssel schützt nicht nur mich als Programmentwickler, sondern auch Sie, den Nutzer, vor Leuten, die unter Umständen die gleichen Werkzeuge benutzen wollen, ohne dafür bezahlt zu haben. Kommentare zu dieser Kopierschutzmethode –positive und negative – werden erbeten und sind erwünscht.

### **3.3 Garantie (Guarantee)**

Sollten Sie nicht vollständig mit **EZNEC** zufrieden sein, erstatte ich Ihnen den Kaufpreis voll zurück. Für die Standard- und die Plus-Programme gibt es keine Zeitbegrenzung, für **EZNEC pro** eine Frist von 90 Tagen.

Es ist die einzige Garantie, die ich gebe, aber ich folge ihr rigoros. Informieren Sie sich bitte im Kapitel [Haftungsausschluss \(Legal Disclaimer\)](#) über Einzelheiten.

### **3.4 Amateur oder Profi ? (Amateur or Professional?)**

Die früheren Versionen von **EZNEC** und **EZNEC pro** hatten getrennte Handbücher. Wegen der zusätzlichen Eigenschaften von **EZNEC pro** wurden die Handbücher mit einer unterschiedlichen Orientierung geschrieben, wobei auf den zu erwarteten Nutzerkreis Rücksicht genommen wurde. Mit dieser Version wurden die Handbücher kombiniert, um die Zeit für die Wartung von zwei verschiedenen Handbüchern zu verringern und die gewonnene Zeit für die Programmentwicklung selbst zu verwenden.

Selbst **EZNEC-Standard** hat einen sehr breiten Nutzerkreis. Es wird von Amateuren verwendet, die keinen so umfangreichen Kenntnisstand bei den elektrischen Grundlagen, dem Elektromagnetismus und dem Antennenentwurf haben. Es wird von US- und ausländischen Militärdiensten, Luftfahrtunternehmen, internationalen Rundfunkanstalten, Universitäten und so weiter eingesetzt. Nehmen Sie dazu die **EZNEC pro** – Nutzer und Sie haben einen Eindruck von den Lesern dieses

Handbuchs.

Sollten Sie einer der Experten sein – bitte fühlen Sie sich von den einfacheren Konzepten nicht frustriert und haben Sie noch wenig Erfahrung, schrecken Sie nicht vor komplizierteren Projekten zurück. Wir wollen kommunizieren und Ihnen die Information geben, die Sie für **EZNEC** brauchen, unabhängig davon, welches Programm Sie nutzen.

Die wichtigste Frage ist, ob Sie aus diesem Handbuch die Information bekommen, die Sie benötigen. Falls Sie sie nicht bekommen, bin ich schuld und ich würde gern wissen, wo mein Fehler liegt. Mit den heutigen Werkzeugen ist es kein Problem, das Handbuch zu modifizieren und Sie können dabei helfen, es zu verbessern und für alle Nutzer brauchbarer zu machen. Ich möchte mich jetzt schon entschuldigen, dass ich nicht allen Schreibern persönlich und umgehend antworten kann. Aber Ihre Kommentare werden gelesen und berücksichtigt. Bitte senden Sie Ihre Kommentare an [w7el@eznec.com](mailto:w7el@eznec.com)

Ich werde öfter gefragt, ob es irgendwelche Einschränkungen für den professionellen Einsatz des Standardprogramms gibt. Nein, es gibt keine Einschränkungen und es gibt einen großen Bereich an professionellen Einsatzfällen. Der Unterschied in den Versionen liegt nur im Preis und in den Eigenschaften. Die Kehrseite der Medaille ist, dass Leute, die die professionelle Version nur für Amateurzwecke nutzen, den gleichen Preis dafür bezahlen wie professionelle Nutzer. Eine Einschränkung für alle Programme ist, dass jeweils nur eine Person ein Programm zu einer Zeit nutzen kann, unabhängig davon, ob weitere Kopien bezogen wurden.

Wie bei vielen, vielen **EZNEC** und **EZNEC pro** – Nutzern schlagen zwei Herzen in meiner Brust und ich begrüße sowohl Amateure als auch Profis. Ich bin einer von beiden.

73, Roy Lewallen, P.E., W7EL

## 3.5 Hinweise für internationale Nutzer (Notes For International Users)

Ich habe mich bemüht, dass **EZNEC** auch auf Computern läuft, die auf die Standards anderer Länder eingestellt sind. Sollte auf Ihrem Computer das Komma als dezimales Trennzeichen unter der Ländereinstellung von Windows ausgewählt sein, werden alle Zahlen nach dieser Konvention ausgegeben. Sie müssen Zahlen dann auch mit einem Komma als Dezimaltrennzeichen eingeben. Ausnahmen zu dieser Regel werden getrennt ausgewiesen.

Alle Listen werden korrekt im A4-Format oder auf Papier mit US-Format ausgegeben. Das Programm wird in jedem Fall richtig arbeiten. Informieren Sie mich bitte, wenn irgendeine Ausgabe abweichend von Ihrem Landesstandard erfolgt. Das gilt auch für andere Feststellungen, sie helfen in jedem Fall.

### Ausnahmen (Exceptions)

**EZNEC** kann dann nicht mit dem richtigen Format arbeiten, wenn Sie das Dezimaltrennzeichen und die 1000er-Trennung abweichend vom Standard Ihres Landes eingestellt haben. Falls **EZNEC** Abweichungen feststellt, gibt es eine Fehlermeldung aus.

Bei allen Komma-begrenzten Ausgabedateien wird ein Punkt als Dezimaltrennzeichen wie in der Datei Lastz.txt verwendet. Komma-getrennte Daten werden für den Import in Tabellenprogramme oder ähnliche Programme benötigt, so dass hier ein Punkt als Dezimaltrennzeichen genommen werden muss.

**Gilt nur für EZNEC pro** : Dateien im NEC-Format, die von **EZNEC-Pro/2** und **EZNEC-Pro/4** gelesen oder geschrieben werden, benutzen den US-Standard, da ich annehme, dass die meisten Versionen von NEC-2 und NEC-4 diesen Standard erwarten bzw. produzieren. Informieren Sie

mich bitte, wenn Sie über andere Informationen verfügen oder einen Grund feststellen, dass EZNEC diese Dateien nicht nach US-Standards produzieren oder interpretieren sollte. Eine 1000er-Trennung wird bei **EZNEC** nicht verwendet.. Gewisse Einstellungen können aber Probleme hervorrufen. Informieren Sie sich im ersten Abschnitt dieses Kapitels.

## 4. Es geht los (Getting Started)

### 4.1 Was gibt es Neues in V.5.0 ? (What's New in v. 5.0)

Dieser Abschnitt beschreibt die Unterschiede zwischen der Version 5.0 und der früheren Version 4.0. Fall Sie von Version 3.0 auf 5.0 aktualisieren, lesen Sie das Kapitel [Was gibt es Neues in V.4.0](#).

EZNEC 5.0 markiert den Übergang von EZNEC von einem Werkzeug zur Antennenanalyse zu einem Werkzeug zur Antennensystemanalyse. Die neuen Transformatoren und L-Netzwerk-Objekte zusammen mit der Möglichkeit, die Verluste von Übertragungsleitungen zu berücksichtigen, erweitern die Modellierungsmöglichkeiten von der eigentlichen Antenne bis hin zum Weg vom Sender.

Phasenanpassnetzwerke, Anpassschaltungen und realistische Effekte der Speiseleitungsverluste können nun in das Modell einbezogen werden. Sie können nun die Leistungsfähigkeit Ihres gesamten Systems beurteilen.

Ein neuer Kurs **Eine Runde auf Spur 5** führt Sie in die Nutzung von virtuellen Segmenten, L-Netzwerke und Transformatoren ein. Dieses Kapitel ist speziell für Nutzer gedacht, die sich schon mit den grundlegenden Funktionen von **EZNEC** auskennen.

- **Programmnamen (Program Names)**

Die **EZNEC Pro**-Programme wurden von **EZNEC-Pro/2** und **EZNEC-Pro/4** in **EZNEC Pro/2** und **EZNEC Pro/4** umbenannt. Wie früher liegt die Differenz in der Möglichkeit von **EZNEC Pro/4** die NEC-4-Rechenmaschinen zu nutzen.

- **Objekte einfügen (Insertion Objects)**

Das ist keine neue Eigenschaft, aber eine neue Bezeichnung für Objekte, die in einen Draht eingefügt werden können. Eingeschlossen sind Quellen, Lasten, Übertragungsleitungen der bisherigen Versionen zuzüglich der neuen Transformatoren, L-Netzwerke und Y-Parameter von Netzwerken, die weiter unten beschrieben werden. Alle diese Objekte werden unter dem neuen Namen ‚eingefügte Objekte‘ zusammengefasst.

- **Transformatoren (Transformers)**

Ideale Transformatoren ([transformers](#)) können jetzt zwischen Drähten, zwischen Übertragungsleitungen und einer Quelle oder an einem beliebigen anderen Ort eines Modells eingefügt werden.

- **L-Netzwerke (L Networks)**

L-Netzwerke ([L Networks](#)) sind leistungsfähige neue Objekte, die einen weiten Bereich von Netzwerken einschliesslich von Phasenschiebern und Anpassnetzwerken simulieren können. Sie können in der Form von PI-, T- und komplexeren Netzwerken angeordnet werden.

- **Parallelgeschaltete Lasten (Parallel Connected Loads)**

Ein bisheriges Problem bei der Modellierung mit EZNEC war das Parallelschalten einer Last zu einer Quelle oder einer Übertragungsleitung, denn eine Last wird anders als ein anderes eingefügtes Objekt in Serie mit einem anderen eingefügten Objekt im gleichen Segment angeordnet. EZNEC v. 5.0 führt eine **Parallelgeschaltete Last** ([parallel connected load](#)) ein, die wie der Name sagt, nicht in Serie sondern parallel zu einem eingefügten Objekt geschaltet wird.

- **Verluste der Übertragungsleitung (Transmission Line Loss)**

Sie können jetzt den Verlust einer Übertragungsleitung einfügen ([Loss can now be included in transmission line objects](#)). Falls gewünscht, können Sie den Verlust automatisch mit der Frequenz koppeln, so wie die realen Verluste im Bereich HF/VHF/UHF angegeben werden.

- **Skalierung der Drähte (Wire Scaling)**

Sie können jetzt einen Draht oder eine Gruppe von Drähten bezüglich ihres Durchmessers mit einer Konstanten skalieren. Siehe Kapitel [Draht-Fenster verwenden \(Using The Wires Window\)](#)

- **Neuer 2D-Gitterausdruck (New 2D Plot Grid Style)**

Für den 2D-Ausdruck gibt es eine neue Gitterart. Der Vorteil dieses Ausdrucks ist die Halbkreisanzeige, wenn ein bestimmter Boden festgelegt wurde. Größere Ausdrücke werden möglich. Die bisherige Darstellung ist ebenfalls möglich. Der Ausdruck wird im Menü **Options** unter **2D Plot Grid Style** im Steuerfenster gewählt. Wenn Sie den neuen Stil mit einer linearen Skala wählen, können Sie auch den Wert für das Zentrum des Ausdrucks vorgeben.

- **Zusätzliche Impedanzanzeige  
(Additional Impedance Displays (EZNEC+, EZNEC Pro only))**

Es gibt jetzt mehrere Möglichkeiten zur Anzeige des Impedanzverlaufs bei einem SWR-Durchlauf zusätzlich zu den bisherigen Anzeigen der Reflektion : der Größenkoeffizient, der Rücklaufverlust und das Smith-Diagramm. Beachten Sie, dass das Smith-Diagramm nur die Impedanz anzeigt und kein Ersatz für das Smith-Diagramm-Programm zur Bestimmung von Anpassungsnetzwerken ist.

- **Zusätzliche verbesserte Drahteigenschaften  
(Additional Advanced Wire Features (EZNEC+, EZNEC Pro only))**

Neue leistungsfähige Möglichkeiten wurde eingeführt, um Mehrfachkopien von Drähten machen zu können. Die Drähte können gedreht und/oder von früher angelegten übernommen werden, es können zylindrische Strukturen erzeugt und Drähte aus Ebenen übernommen werden. Informieren Sie sich im Kapitel [Draht-Fenster verwenden \(Using The Wires Window\)](#). Diese Möglichkeiten gab es früher nur in **EZNEC Pro** oder mit einer direkten Übernahme aus NEC-Karten. Sie sind leistungsfähiger und einfacher zu benutzen.

- **Schreiben von IONCAP/VOACAP-Dateien (IONCAP/VOACAP file writing (EZNEC+, EZNEC Pro only))**

Sie können mit **EZNEC** Dateien vom Typ IONCAP/VOACAP ([write type 13 IONCAP/VOACAP files](#)) nach Erzeugen eines 3D-Plots schreiben. Diese Dateien enthalten die Daten in Schritten von einem Grad für Azimuth und Elevation in einem definierten Format.

- **Größere Schrittzahl für die Frequenzabtastung (Increased frequency sweep steps (EZNEC+, EZNEC Pro only))**

Standard- **EZNEC** erlaubt bis zu 1000 Frequenzschritte für [SWR](#) und Frequenzabtastung ([frequency sweeps](#)). 10 000 sind jetzt unter **EZNEC+** und 100 000 unter **EZNEC Pro** erlaubt.



- **Y-Parameter-Netzwerke (Y Parameter Networks (EZNEC Pro only))**

[Y Parameter Networks](#) können verwendet werden, um nahezu jede Art von Zweipolnetzwerken bei einer festen Frequenz zu simulieren, indem die Zweipoleigenschaften durch Y-Parameter beschrieben werden. Sie müssen sich allerdings mit Y-Parametern auskennen. Das ist eine direkte Implementation des NEC-Netzwerks.

- **Erregung durch eine ebene Welle (Plane Wave Excitation (EZNEC Pro only))**

Das Modell kann durch eine ebene Welle ([plane wave](#)) erregt werden, die von einer entfernten Quelle kommt. Mit dieser Möglichkeit kann das Ausgangssignal einer Empfangsantenne oder einer Streusektion bestimmt werden.

## 4.2 Was gibt es Neues in V.4.0 ? (What's New in v. 4.0)

Dieser Abschnitt beschreibt die Unterschiede zwischen der Version 4.0 und der früheren Version 3.0. Falls Sie von EZNEC 4.0 auf 5.0 aktualisiert haben, können Sie dieses Kapitel überspringen und zum Kapitel [Was gibt es Neues in V.5.0](#) gehen.

- **Rücksetzen/Wiederherstellen (Undo/Redo)**

Mit **EZNEC v. 4.0** können Sie Änderungen unbegrenzt zurücksetzen oder wiederherstellen.

- **Menüs im Hauptmenü (Control Center Menus)**

Das Druckmenü (Plot menu) gibt es nicht mehr. Seine Funktionen wurden in die Zeile **Desc Options** des Hauptmenüs verlagert. Das Informationsfenster (**information window**) enthält jetzt alle Einstellungen, die mit der Beschreibungsdatei (description file) abgespeichert worden sind. Ausgenommen davon sind die Einstellungen für das Nahfeld und die Frequenzabtastung, die unter Einstellungen (Setup) im Hauptmenü zu finden sind.

- **Segmente (Segments)**

Unter dem neuen **EZNEC+-Programm** sind jetzt 1500 Segmente erlaubt. Die Programme von **EZNEC pro (EZNEC-Pro/2 and EZNEC-Pro/4)** erlauben jetzt 20.000. Bitte beachten Sie, dass dann Dateien größer als 6 GB bei den größten Modellen geschrieben werden müssen und dass sich Rechenzeiten bei den größten Modellen mit doppelter Genauigkeit von mehr als einem Tag bei 2 GHz-Maschinen ergeben.

- **Segmentprüfung (Segmentation Check (früher Guideline Check))**

Der **EZNEC 3.0 - Guideline Check** (Richtlinienprüfung) wurde in **Segmentation Check** umbenannt um eine Verwechslung mit der neuen Geometrie-Prüfung (**Geometry Check**) auszuschließen. Wie früher wird die Segmentprüfung nur dann gemacht, wenn eine Datei unter neuen Bedingungen geöffnet wird und die Ergebnisse nicht eine weitere Berechnung verbieten. Die Segmentprüfung enthält eine Prüfung des Geschwindigkeitsfaktors bei vergrabenen Radials (nur bei **EZNEC-Pro/4**), so dass Warnungen erscheinen können, die es früher nicht gab..

- **Geometrieprüfung (Geometry Check)**



**EZNEC v. 3.0** verfügt über eine Richtlinienprüfung (**Guideline Check**), um das Modell nach den Modellierungsvorschriften für die Segmentlänge zu überprüfen. Diese Prüfung wurde in **EZNEC v. 4.0** in Segmentprüfung (**Segmentation Check**) umbenannt und zusätzlich ist eine Geometrieprüfung (**Geometry Check**) dazu gekommen. Dieses leistungsfähige Werkzeug läuft automatisch vor jeder Berechnung und überprüft das Modell auf Fehler, wie Drahtkreuzungen an anderen Stellen wie an Draht- oder Segmentenden, auf Drähte, die den gleichen Ort belegen oder sich überlappen oder auf Drähte, die sich zu nahe kommen.

- **Eigenschaften des Drahtfensters (Wire window)**

Im Drahtfenster gibt leistungsfähige Neuigkeiten : Draht drehen ( **Rotate Wires**), Drähte nach XYZ verschieben (**Move Wires XYZ**), Drähte offset kopieren (**Stack, Copy Wires**) und Ändere Schleifenlänge (**Change Loop Size**). Es können Drähte aus einer Gruppe angewählter Drähte oder mit einer sequentiellen Gruppe von Drähten nach Anwahl einer Aktion ausgesucht werden. Es gibt ein neues Menü zum Erzeugen von Radials (**Create Radials**) und für **EZNEC pro** – Nutzer ein Werkzeug zur Erzeugung eines Drahtgitters (**Create Wire Grid**). Nutzen Sie auch die zwei Erweiterungen Helix erzeugen (**Create Helix**) und Loop erzeugen (**Create Loop**). Loop erzeugen (**Create Loop**) und Loopgröße ändern (**Change Loop Size**) sind vor allem für Quad-Entwickler interessant, sie sind aber auch für andere Anwendungen einsetzbar.

Das neue Werkzeug Draht drehen (**Rotate Wires**) sollte nicht mit den in den Versionen 3.0 und 4.0 schon vorhandenen Werkzeugen **Elevation Rotate End** (Ende im Erhebungswinkel drehen) und **Azimuth Rotate End** (Ende im Azimuth drehen) verwechselt werden. Das neue Werkzeug erlaubt es, jede Gruppe von Drähten um ein Ende oder das Zentrum eines Drahtes oder eine beliebige Achse im Raum zu drehen. Ein Rechtsklick dreht einen einzelnen Draht um eins seiner Enden.

- **Antennenanzeige (View Antenna Display)**

Die Anzeige kann jetzt mit gedrückter rechter Maustaste durch Ziehen bewegt werden. Werden beide Maustasten zusammen gedrückt, kann die Anzeige gezoomt werden. Siehe auch [Antennenansicht verwenden \(Using The View Antenna Display\)](#). Durch die neue Verwendung der rechten Maustaste öffnet sich das Drahtinformationsfenster, wenn Sie den Mauszeiger auf einen Draht setzen. Sie können diese Eigenschaft durch die Option **WireInfoDist Special** verändern.

- **Zirkularpolarisation (Circular Polarization) (nur für plus und pro)**

Es gibt einige neue 2D- und 3D-Ausgaben, in der Fernfeldtabelle, eine Option für rechts- und linksdrehende Zirkularpolarisation und für eine lineare Komponente entlang der Haupt- und Nebenachse eines elliptisch polarisierten Feldes. Die Auswahl erfolgt in der neu eingerichteten Zeile **Desc Options** im Hauptmenü. Klicken Sie auf **Desc Options** und wählen Sie die Karteikarte **Plot** und dann **Fields**. Beachten Sie, dass diese Auswahl die 2D- und 3D-Anzeige und die Fernfeldtabelle beeinflusst.

- **Anzeigen drucken (Plot Displays)**

Wesentliche Verbesserungen wurden bei der 2D-Anzeige gemacht. Sie können mehrfache Felder, wie z.B. **Total**, **Vertical** und **Horizontal** auswählen, wenn Sie auf den Namen in der Liste auf der linken Seite der Anzeige klicken. Der Cursor springt dann in dieses Feld. Die Daten im Datenfenster geben dann die Werte für dieses Feld wieder. Wenn Sie abgespeicherte Daten zu dieser Anzeige hinzufügen, können Sie nur ein Feld zur gleichen Zeit ansehen. Dieses Feld wird über die Auswahl **Mult Trc Fld** in der 2D-Anzeige des Menüs ausgewählt. Sie können hier innerhalb der im Hauptfenster mit **Desc Options** angebotenen

Felder das gewünschte Feld in der normalen 2D-Anzeige auswählen. Wenn Sie gespeicherte Spuren mit einem Klick auf den entsprechenden Namen hinzufügen, springt der Cursor auf diese Spur und die zugehörigen Daten werden im Datenfenster angezeigt. In der rechten Spalte des Datenfensters erscheint eine zusätzliche Linie, die die Feldstärke der angewählten Spur relativ zur primären Spur in der Anzeige für die aktuelle Cursorposition angibt. Die minimale Schrittweite für die 3D-Anzeige wurde von 2 Grad auf ein Grad verringert.

- **Rechenmaschinen (Calculating Engines)**

Sie können unter **EZNEC +** und **EZNEC pro** jetzt über das Hauptmenü die NEC-2-Maschine mit doppelter Genauigkeit wählen. Alle Rechenmaschinen laufen schneller als früher, vor allem bei der Berechnung der Ströme. Die Geschwindigkeitserhöhung hängt von der gewählten Rechenmaschine ab und hier wieder von der Rechenzeit, die für die Ströme benötigt wird, und von der CPU Ihres Rechners, sie kann aber sehr bemerkenswert vor allem bei der NEC-Maschine sein. In Programmen, bei denen zwischen mehreren Rechenmaschinen gewählt werden kann, wird die Auswahl oberhalb der Taste für die Fernfeldanzeige (**FF Plot button**) im Hauptmenü angezeigt.

- **Drahtisolation (Wire Insulation)**

**EZNEC v. 4.0** kann den Effekt der Drahtisolation berücksichtigen. Informieren Sie sich im neuen Abschnitt über [Drahtisolation \(Wire Insulation\)](#).

- **Verbesserter Druck (Improved Printing)**

Wenn Sie einen anderen als den voreingestellten Drucker in **EZNEC 3.0** gewählt haben, wurde dieser Drucker zum voreingestellten Systemdrucker. EZNEC 3.0 ignorierte auch andere Einstellungen an den Druckern. Dieser Mangel wurde abgestellt.

- **Einfacher Import von Drahtkoordinaten von NEC-Dateien (Easy Import of Wire Coordinates from NEC Files) (nur für EZNEC+, EZNEC pro)**

Ein weiteres Format für den Import von Drahtkoordinaten über eine ASCII-Datei ist nun erlaubt, das **NEC GW "card"**-Format. Informieren Sie sich unter [Drahtkoordinaten importieren \(Importing Wire Coordinates\)](#).

- **Mehrfachstarts (Multiple Instances) (nur für EZNEC pro)**

Sie können **EZNEC pro** jetzt mehrfach und parallel auf einem Rechner laufen lassen und simultane Berechnungen ausführen. Die Instanznummer (**instance number**) wird durch eine Nummer in Anführungszeichen in der Titelseite jedes Fensters angezeigt (gilt nur für **EZNEC-Pro/4**). Ein externes NEC-4-Programm kann nur von der jeweils ersten Instanz gestartet werden.

- **Anderes**

Mehrfachstarts (Multiple Instances) : Bei **EZNEC 3.0** waren Mehrfachstarts unter der Bedingung erlaubt, dass keine Berechnungen liefen. Unter Version 4.0. kann bei dem Standard- und Plus-Programm wegen neu eingeführter Eigenschaften jeweils nur ein Programm zur gleichen Zeit laufen.

Boden(Ground): Der Bodentyp **Real, Fast (reflection coefficient)** ist nicht mehr vorhanden. Bei den heutigen Maschinen ist der Unterschied in der Rechengeschwindigkeit bei Boden mit

hoher Genauigkeit (**High Accuracy**, Sommerfeld) nur noch unwesentlich und die Rechengenauigkeit bei niedrigen Antennen mit der Option **Fast** ist begrenzt. Beschreibungsdateien mit **Fast** werden beim Öffnen auf hohe Genauigkeit (**High-Accuracy**) umgerechnet und entsprechend abgespeichert.

Lasten (Loads) : Wenn Sie Lasten vom Typ  $R + jX$  in RLC-Lasten konvertieren, haben Sie jetzt die Möglichkeit, sie in eine Parallelschaltung von RL oder RC umzurechnen.

Drahtverbindungen (Wire Connections) : Drahtkoordinaten werden jetzt in jedem Fall zu identischen Werten modifiziert, wenn sie weniger als 1/1000 –Segmentlänge voneinander abweichen, da NEC dieses ebenfalls macht. Früher gab es eine Option **Auto Coord Match**, die aber entfernt wurde.

LastZ.txt – (nur bei **EZNEC pro**) : Die LastZ.txt – Dateien bekommen jetzt eine Nummer für die jeweilige Programminstanz. Sie erscheinen im Verzeichnis EZW als LastZ\_N.txt, N ist dabei die Instanzennummer. Die erste Instanz bleibt bei LastZ.txt.

Mitteilungen (Messages) : Sie können die Tipps jetzt mit **Options > Messages On/Off** abschalten.

Wiederherstellen nach Absturz (Crash Recovery) : Dieses Werkzeug wird – so hoffe ich – sicher nur selten genutzt werden. Sollten Sie wirklich einen Programmabsturz erleben (bitte an mich berichten !), können Sie mit diesem Werkzeug den Zustand des Modells vor dem Absturz wiederherstellen.

Bodenwellenanalyse (Ground Wave Analysis) (nur bei **EZNEC pro**) : Die Bodenwellenanalyse kann u.U. etwas andere Phasenwinkel für die Polarisationskomponenten berechnen als frühere Versionen, vor allem dann, wenn der Beobachtungspunkt mehrere Wellenlängen vom Koordinatennullpunkt liegt. Der Grund liegt in einer gewissen Änderung der internen Konstanten. Die Phasenberechnung bei mehreren Wellenlängen reagiert empfindlich auf eine geringe Änderung dieser Werte. Die relativen Phasen der Komponenten weichen aber nur gering von früheren Versionen ab.

NEC-Formatdateien (NEC Format Files) (nur für **EZNEC pro**) : **EZNEC pro** v. 4.0 kann GH (helix)- und IS (Drahtisolation(wire insulation)- Karten lesen. **EZNEC pro** akzeptiert eine Datei, die mindestens eine GW, GH oder GA-Karte zusätzlich zu einer Quelle enthält. Eine neue spezielle Option kann eine **LD5Translation = First** wählen, in der **EZNEC pro** die Drahtverlustparameter der ersten LD5-Karte global den Drahtverlusten (Wire Loss) zuweist und andere LD5-Karten ignoriert.

## 4.3 EZNEC holen (If You Downloaded EZNEC)

**EZNEC** kommt als eine Datei. **Sichern Sie diese Datei** ! Bei größeren Änderungen in Ihrem Computersystem benötigen Sie u.U. eine Re-Installation und dazu brauchen Sie die Ausgangsdatei. Können Sie die Datei nicht selbst sichern, fordern Sie von mir eine CD-ROM an. Die Kosten sind minimal für Leute, die das Programm bezahlt haben. Aktualisierungen (Updates) sind von Zeit zu Zeit erhältlich, sie sollten auch das neueste Update aufheben. Siehe [Updates](#) zu Einzelheiten.

**Hinweis** : Sie können **EZNEC** NICHT durch eine Kopie des bei der Installation auf Ihrem Rechner angelegten Verzeichnisses von einem Rechner zum anderen übertragen. Sie müssen die Originaldatei auf diesem Rechner installieren.

## 4.4 Mit EZNEC bekannt werden (Getting Acquainted with EZNEC)

Am schnellsten werden Sie mit **EZNEC** vertraut, wenn Sie das Kapitel zur Testmaschine ([Test Drive](#)) - durcharbeiten. Sie werden durch die grundlegenden Schritte geführt und sind nach dem **Test Drive** in der Lage einfache Antennen zu modellieren. Wenn Sie danach mehr lernen wollen, gehen Sie zum Kapitel [Modellbau](#) (Building The Model). Informieren Sie sich unter [Referenzen](#) (References) über Einzelheiten zu den Fenstern und Menüs. Zu jedem Problem von **EZNEC** können Sie sich mit der Taste F1 (englische) Hilfen holen. Es ist zwar nicht möglich, alle Menüs, Steuerelemente oder Anzeigen zu erfassen, aber zu den meisten und wichtigen Teilen gibt es einen Link und eine Erklärung. Falls kein Link vorhanden ist, werden Sie zu einem Einführungskapitel geführt.

Das **EZNEC-Handbuch** erscheint ziemlich lang und ausführlich, nicht weil EZNEC schwer zu erlernen oder zu nutzen ist, sondern weil es einen umfangreichen Satz an Möglichkeiten hat und darauf Wert gelegt wurde, diese so ausführlich wie möglich zu erklären. Die Kombination von Hyperlinks, detailliertem Index und komprehensiver Suchmöglichkeit machen es einfach, die gewünschte Information zu finden.

Ich bin sicher, dass Sie in **EZNEC** ein wertvolles und erzieherisches Werkzeug finden werden.

## 4.5 Icon auf dem Arbeitsplatz erzeugen (Making a Desktop Shortcut)

Wenn Sie **EZNEC** installieren, wird Ihnen angeboten, ein **EZNEC**-Icon auf dem Startbildschirm von Windows zu erzeugen. Sie können dieses Icon aber auch später und manuell erzeugen :

Öffnen Sie den Windows- Explorer. Suchen Sie im Verzeichnis C:\Program Files\EZW (voreingestellt bei der Installation) die Programme EZW.exe oder EZWpro.exe.

Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf **EZW.exe** (Standard oder Plus) oder **EZWpro.exe** (Pro) oder das Demoprgramm (EZWDemo40.exe) und wählen Sie im Menü „Senden an“ und „Desktop (Verknüpfung erstellen)“. Wenn Sie auf „OK“ klicken, erhalten Sie ein Icon für **EZNEC** auf dem Desktop.

Sie können dem Icon mit einem rechten Klick einen anderen Namen geben. Ein Doppelklick auf das Icon startet **EZNEC**. Sie können EZNEC auch starten, in dem Sie eine EZNEC-Beschreibungsdatei (Endung \*.EZ) auf das EZNEC-Icon ziehen oder auf eine Datei mit der Endung \*.EZ im Windows-Explorer doppelt klicken.

## 4.6 Nutzer von EZNEC pro (EZNEC Pro Users)

Falls Sie sich mit NEC-2 or NEC-4 auskennen, informieren Sie sich bitte im Kapitel [EZNEC Pro And NEC](#) über Unterschiede zwischen diesen Programmen. Sie finden weitere spezifische Informationen zu **EZNEC pro** unter [EZNEC pro Information](#) und unter [zusätzliche Informationen](#) (Additional Information).

## 4.7 Handbuch ausdrucken (Printing The Manual)

Nahezu alle Windowsprogramme, die aktuell vertrieben werden, verwenden wie **EZNEC** ein Online-Help-System als Hilfe. Ich selbst habe zuerst von diesem Help-System nicht viel gehalten, aber nachdem ich mich eingearbeitet habe, ziehe ich sie einem gedruckten Handbuch vor. Der große

Vorteil sind Hyperlinks, mit denen man von Punkt zu Punkt springen kann, und die Hilfe von Indizes zum Navigieren.

Ich wurde aber von vielen Nutzern um ein druckbares Handbuch gebeten und ich habe ihren Wünschen entsprechend ein solches Handbuch zusammengestellt.

Falls Sie **EZNEC** auf einer CD-ROM bestellt haben, finden Sie im Verzeichnis der CD-ROM ein druckbares Handbuch im Verzeichnis **Printable Manual**. Die Datei **Readme.txt** enthält Informationen und Instruktionen. Falls Sie keine CD-ROM mit dem Handbuch haben, können Sie es sich unter <http://www.eznec.com/ez50manual.html> holen. **Beachten Sie bitte das Copyright !** Das Handbuch ist nur für die Nutzer von **EZNEC** und **EZNEC demo** gedacht.

Das druckbare Handbuch wurde aus den HTML-Dateien der während der Entwicklung erzeugten Hilfe zusammengestellt. Die Online-Hilfe wird jeweils auf dem neuesten Stand gehalten, aber die Erzeugung der druckbaren Hilfe macht jeweils umfangreichere Editierarbeiten nötig, so dass sie nicht garantiert auf dem neuesten Stand gehalten werden kann. Diese Zusammenstellung kann daher gewisse Unzulänglichkeiten haben.

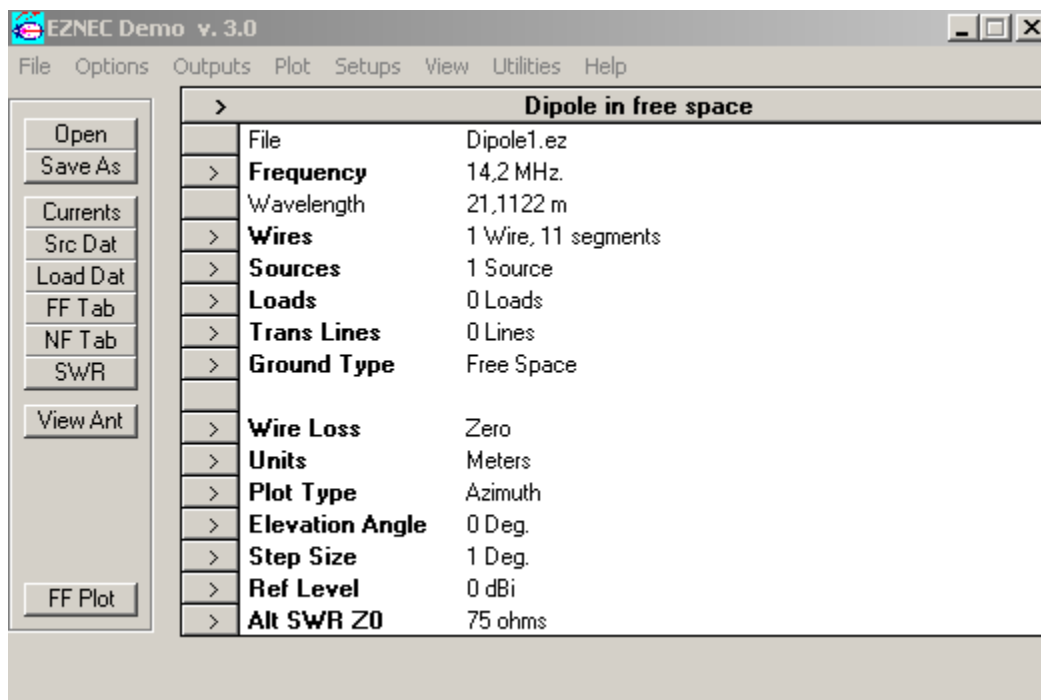
Nach einigen Überlegungen habe ich mich dazu entschlossen, das Handbuch als PDF-Datei herauszugeben. Sie können sich den freien Adobe Reader aus dem Internet holen. Eine wachsende Zahl von Anwendungen verwendet dieses Format zur Anzeige und zum Ausdrucken. Die druckbare Ausgabe kommt in zwei Formaten heraus : dem US-Format (8,5 x 11 Zoll) und dem A4-Format (210x297 mm).

Die zum EZNEC-Programm gehörende Online-Hilfe wird von Zeit zu Zeit überarbeitet und ist über den Link <http://www.eznec.com/upgrade.htm> abholbar. Zusammen mit dieser Überarbeitung werden auch die druckbaren Handbücher überarbeitet.

## 5. Die Testmaschine (Test Drive)

### 5.1 Einführung (Test Drive Introduction)

Der beste Weg, mit **EZNEC** vertraut zu werden, ist, damit eine kurze Reise zu machen. Wir sehen uns einen 20-Meter-Dipol an, der in 10m (30 feet up) Höhe im Hinterhof (**Backyard**) hängt. Wenn Sie **EZNEC** starten, wird das Hauptmenü (**Control Center**) geöffnet. Klicken Sie auf **Open** und wählen Sie die Datei **Dipole1.ez** aus. Mit dieser Antenne fangen wir an und modifizieren sie, falls nötig :



**Hinweis :** <Enter> und <ESC> bezeichnen die zugehörigen Tasten, Sie können jede Eingabe in Klein- oder Grossbuchstaben oder in beliebiger Kombination machen. Wenn ein Eingabetext zur besseren Markierung durch einfache oder doppelte Anführungsstriche eingeschlossen ist, lassen Sie die Anführungsstriche bei der Eingabe weg.

Um mit der Testmaschine zu beginnen, klicken Sie auf die Taste >> oben im Fenster.

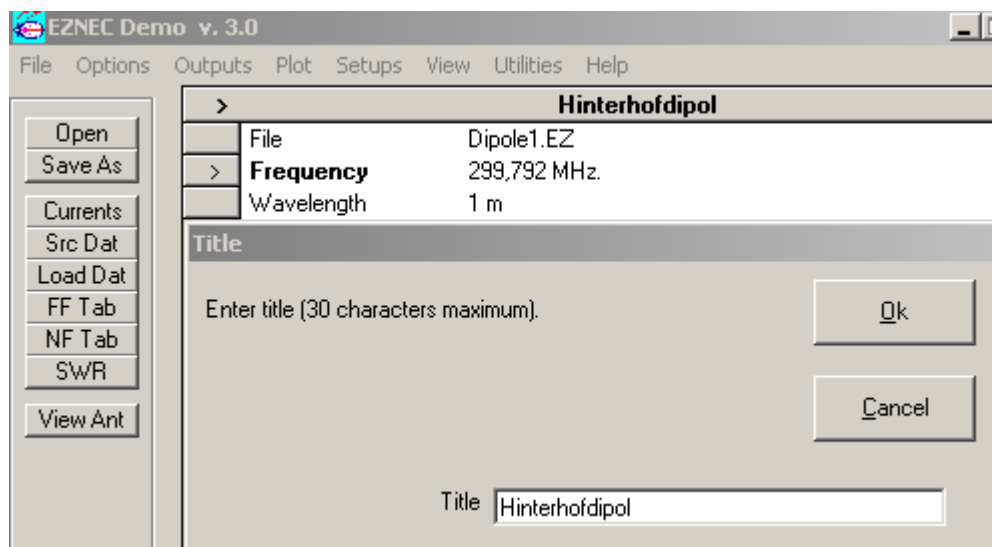
### 5.2 Gerade durch (Along The Straightaway)

Die Übung führt Sie durch den Aufbau eines einfachen Dipols und illustriert einige der Basisschritte zum Erzeugen eines **EZNEC-Pro/2**modells. Die Reihenfolge der Schritte muss nicht eingehalten werden, sie ist ziemlich willkürlich. Sie können zwischendurch auch auf die **Exit**-Taste klicken und sind beim nächsten Start des Programms dort, wo Sie aufgehört haben. Oder Sie speichern mit **Save As** den aktuellen Stand ab und holen sich die Beschreibungsdatei das nächste Mal mit der Taste **Open**.

Wenn Sie im Hauptmenü die Taste **Open** anklicken, sehen Sie eine Liste mit den zur Verfügung stehenden Dateien. Wählen Sie **Dipole1.ez** oder geben Sie **dipole1** unter **Dateiname** ein.

Wenn die Datei geladen ist, steht dann in der Kopfzeile des Hauptmenü die nähere Beschreibung des Projekts, hier **Dipole in free space**. Dieser Titel kann beliebig geändert werden.

Klicken Sie in diese Kopfzeile mit dem Text **Dipole in free space**. Eine Dialogbox öffnet sich, in die Sie Ihren Eintrag machen kann. Schreiben Sie in die Zeile „Hinterhofdipol“ und klicken Sie auf OK oder bestätigen Sie den Eintrag mit einem **<Enter>**. In der Kopfzeile steht jetzt der neue Name :

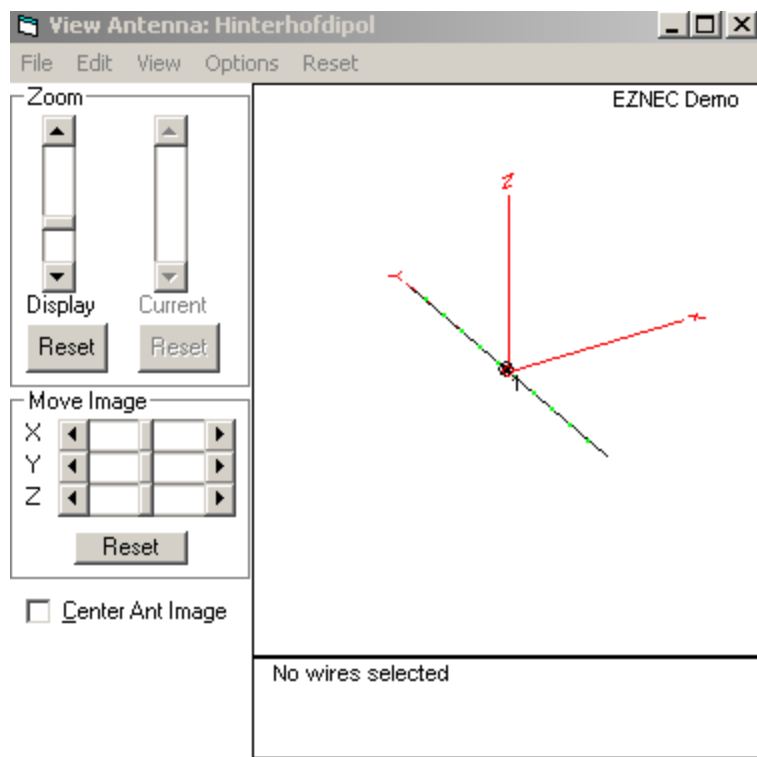


Jetzt muss die Frequenz auf 14 MHz geändert werden. Klicken Sie auf die Frequenzanzeige und geben Sie eine **14** ein. Klicken Sie auf **OK** oder schließen Sie die Eingabe mit **ENTER** ab. Im Beispiel soll die Maßeinheit **feet (Fuß)** als Maßeinheit genommen werden (nur für dieses Beispiel).

Klicken Sie auf **Units** und wählen Sie als Maßeinheit **Feet** und klicken dann auf **OK**.

Das Erdbodenmodell (**Ground** model) für den Dipole1 ist Freiraum (**Free Space**). Wir wollen aber eine Antenne über dem Erdboden haben. Diese Festlegung wird nach der Definition der Drähte (**wires**) und der Quellen(**sources**) getroffen. Wir wollen erst einmal die Antenne mit **EZNEC** beschreiben und uns die möglichen Modifikationen beim Bau absehen. Um dieses leistungsfähige Werkzeug anzusehen, klicken Sie auf **View Ant** (Antennenansicht) im Hauptmenü :





Mit dem Menüpunkt **View** können sie wählen, was angezeigt wird. Steht vor dem Menüpunkt **Show Controls** (Steuerung anzeigen) ein Haken, werden die im linken Bildteil zu sehenden Elemente angezeigt, mit **Show Data** werden die Maße angewählter Elemente (**wires**) im Fenster unter dem Antennenmodell ausgegeben. Mit einem Klick auf den jeweiligen Menüpunkt können Sie den Haken entfernen und das zugehörige Fenster abschalten.

Klicken Sie jetzt auf die Zeile **Wires** im Hauptmenü oder auf den dazu gehörenden Pfeil. Sie können dieses Fenster und die Antennenansicht mit der Maus in eine gewünschte Position ziehen und auch die Größe mit der Maus verändern.

Im Fenster **Wires** werden die Elemente der Antenne definiert. Die Lage jedes Elements wird durch die Angabe der Koordinaten für X,Y und Z festgelegt. Die Koordinaten beziehen sich jeweils auf den Nullpunkt des Koordinatensystems:

Wires											
	No.	End 1				End 2				Diameter	Segs
		X (ft)	Y (ft)	Z (ft)	Conn	X (ft)	Y (ft)	Z (ft)	Conn		
▶	1	0	-0,82021	0		0	0,82021	0		0,0393701	11
*											

Im Beispiel läuft der Draht des **Dipol 1** parallel zu Y-Achse, er beginnt bei Y= -0,82 ft und endet bei Y= +0,82 ft, der Draht ist insgesamt 1,64 ft lang. Sie erhalten diese Angabe bestätigt, wenn Sie mit einem rechten Mausklick auf den Draht gehen.

Im Moment ist der Dipol 1 noch sehr kurz, er ist resonant bei 300 MHz und viel zu kurz für einen 20-Meter-Dipol und er muss geändert werden, Aus der Faustformel  $468/f(\text{MHz})$  ergibt sich eine Länge von 33.43 feet. **EZNEC** muss nicht unbedingt symmetrisch sein und wir können frei

wählen, wo wir den Draht hinlegen. Wir können den Anfang auf  $x,y = 0,0$  legen und das Ende auf  $x,y = 0, 33.43$ . Wenn der Dipol entlang der Y-Achse läuft, liegen die Strahlungskeulen in Richtung der X-Achse. Da ein Erdboden angenommen wird und der Dipol 30 ft über Grund gespannt wird, sind die Werte für Z am Anfang und Ende des Drahtes auf 30ft zu setzen. ,

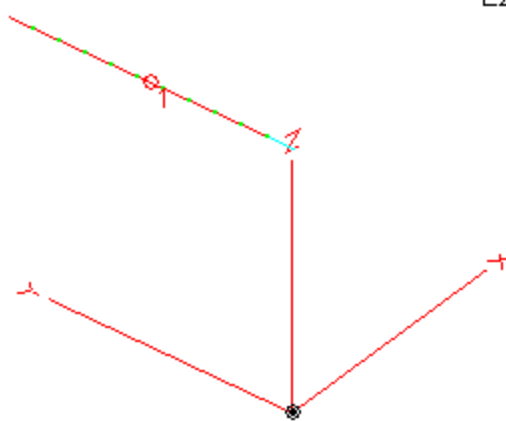
Klicken Sie im Fenster **Wires No. 1, End 1, Y** und ändern Sie den Wert von -0,82 auf 0. Achten Sie darauf, dass sich die Marke ganz links in der zu dem Element gehörenden Reihe in einen Schreibstift ändert, diese Reihe wird editiert. Der neue Wert wird erst dann übernommen, wenn Sie auf ein anderes Feld klicken, mit **TAB** oder Pfeiltasten zu einem anderen Feld schalten oder ein **ENTER** eingeben. Mit einem **ESC** können Sie die Änderung in der gesamten Reihe ungeschehen machen

Gehen Sie mit der Maus oder **TAB** in das nächste Feld zu **End 1 Z** und ändern Sie den in 30. In Die Koordinaten für End 1 stehen jetzt bei 0, 0, 30. Ändern Sie **End 2** in 0, 33.43, 30. Zum Schluss ändern wir den Drahtdurchmesser in AWG 12 (AWG= American Wire Gauge = Drahttabelle) und tragen ein **#12** ein. **EZNEC** akzeptiert Angaben in Inch (Zoll) oder anderen gewählten Maßeinheiten (**Units** selection).

Die letzte Spalte definiert die Zahl der Segmente, in die der Draht zerlegt werden soll. 11 ist ein guter Wert, er braucht nicht geändert zu werden. Die Segmentzahl muss ungrade sein, denn die Einspeisung soll in der Mitte des Drahtes erfolgen.

Mit **ENTER** akzeptiert **EZNEC** die Werte.

Beachten Sie, dass sich das Bild der Antenne relativ zum Koordinatensystem geändert hat :



Der Dipol läuft parallel zur Y-Achse, aber in einer vorgegebenen Höhe darüber. Der Draht fängt über dem Koordinatennullpunkt bei  $x,y,z = 0,0,30$  an und endet bei  $0,33.43,30$ . Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf den Draht und überprüfen Sie, ob er 33,43 ft lang ist. Korrigieren Sie u.U. den Wert im Fenster **Wires**.

Der nächste Schritt ist die Definition des Speisepunktes (**source**), hier wird die HF eingespeist. Der Dipol soll in der Mitte gespeist werden.

Schließen Sie das Fenster **Wires** mit einem Klick auf das **X** in der rechten oberen Ecke und klicken Sie auf die Zeile **Sources** im Hauptmenü :

Sources								
Source								
Sources								
	No.	Specified Pos.		Actual Pos.		Amplitude	Phase	Type
		Wire #	% From E1	% From E1	Seg	(V, A)	(deg.)	
▶	1	1	50	50	6	1	0	I
*								

Sie sehen, dass schon ein Speisepunkt (Source 1) eingetragen ist, der in der Mitte von Draht 1 bei 50% vom Ende 1 liegt. Dort soll er auch hin, wir können uns aber noch ein wenig mit dem **Source Window** befassen. Ändern Sie z.B. den Wert unter **Specified Pos / % From E1** von 50 in 25 und drücken Sie auf **ENTER**.

Als erstes ändert sich der Wert im Fenster **Actual Pos / % from E1** von 50 auf 22.7273.

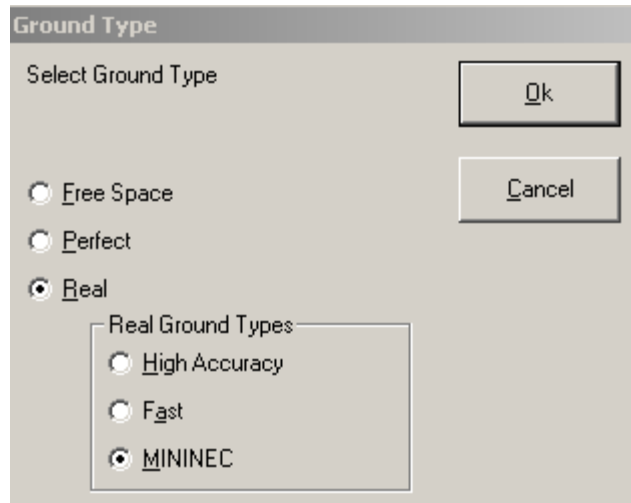
**EZNEC** bemüht sich, diesen Wert so nahe an den gewünschten Wert wie möglich zu setzen, ist aber an die Segment-Teilung gebunden und setzt die Speisung in die Mitte eines Segmentes. Genau genommen wird das ganze Segment als Speisung angesehen, für die Betrachtung ist es aber günstiger, den Speisepunkt als einen Punkt anzunehmen. Die Speisung sitzt jetzt statt im Segment 6 (siehe Bild) in der Mitte von Segment 3. Daraus ergibt sich der Speisepunkt bei 22,7% vom Ende 1. Der Speisepunkt (roter Kreis) ist im Antennenbild in Richtung Z-Achse gerutscht. Sie können das Antennenbild mit einem Klick in das mittlere Quadrat oben rechts vergrößern und durch einen Klick darauf auch wieder verkleinern. Die einzelnen Segmente sind durch kleine grüne Punkte markiert.

Wird der Speisepunkt in Prozent angegeben, wird seine Lage nicht durch die Segmentzahl oder Änderungen der Drahtlänge beeinflusst. Er kann ohne Rücksicht auf die anderen Angaben verändert werden, als Einschränkung gilt nur die Anordnung in der Segmentmitte.

Die Quelle (**source**) wird als Stromquelle angenommen. Die Quelle wird nach Betrag und Phase, hier 1 A und 0 Grad angegeben. Wenn das Modell nur eine Quelle enthält, sind die absoluten Werte für Amplitude und Phase uninteressant und haben keinen Einfluss auf das Antennendiagramm oder die Impedanz des Speisepunkts. Sie sollten so gelassen werden.

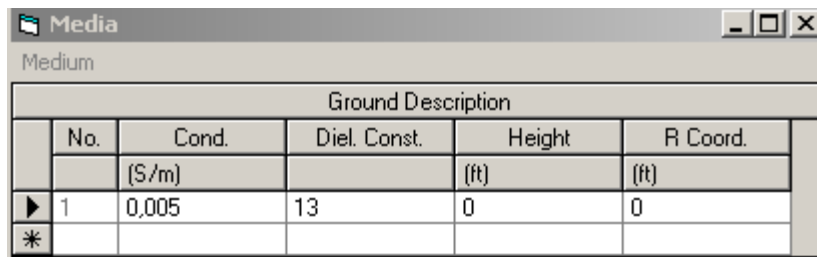
Setzen Sie den Speisepunkt wieder auf 50% in die Drahtmitte, indem Sie wieder 50% unter Specified Pos eintragen. Der Speisepunkt steht wieder bei 50% im Segment 6. In diesem Beispiel wird keine Speiseleitung vorgesehen. Sie würde ohnehin nur die Impedanz des Speisepunkts sehen und keinen Einfluss auf den Antennengewinn, das Antennendiagramm oder andere Charakteristika haben.

Schließen Sie jetzt das Fenster **Sources** mit einem Klick in die rechte obere Ecke. Wir müssen uns nun mit dem Erdboden unter der Antenne befassen. Sie haben sicher keinen idealen Boden im Hof hinterm Haus und wir müssen einen „realen“ Erdboden annehmen. Klicken Sie auf **Ground Type** (Erdbodentyp) und wählen Sie **Real** :



Von der Höhe der Antenne hängt ab, welches Modell gewählt werden sollte. Wenn Sie einen schnellen Computer haben, können Sie immer eine Analyse mit hoher Genauigkeit machen unabhängig davon, ob Sie eine Erdverbindung machen müssen. Wir wählen MININEC, das funktioniert mit horizontalen Drähten, die mindestens 0,2 Wellenlängen über Grund hängen, und es ist schnell.

Zum Schluss müssen wir noch die Eigenschaften des Bodens wählen. Klicken Sie auf **. Ground Descrip**, das **Media**-Fenster öffnet sich :



Dieses Fenster ist nur sichtbar, wenn als Bodentyp **Real** gewählt wurden. Es können ein oder zwei Bodentypen gewählt werden, für unser Modell reicht aber einer. Im Fenster können Sie Werte für die Bodenleitfähigkeit in S/m und die Dielektrizitätskonstante eintragen. **EZNEC** gibt Werte für "durchschnittlichen" und "guten" Boden vor (0,005 S/m und  $\epsilon=13$ ). Sie können diese Werte mit dem Menü **Options > Default Ground Const** ändern.

Nehmen wir zur Übung an, Ihr Hinterhof wäre vom Typ „sehr gut“. Setzen Sie den Cursor in das Media-Fenster auf **Cond.** oder **Diel. Const** und klicken Sie mit der rechten Maustaste darauf. Das Fenster **Ground Characteristics** öffnet sich und bietet Ihnen 12 verschiedene Böden zu Auswahl. Klicken Sie auf den Boden „**very good**“.

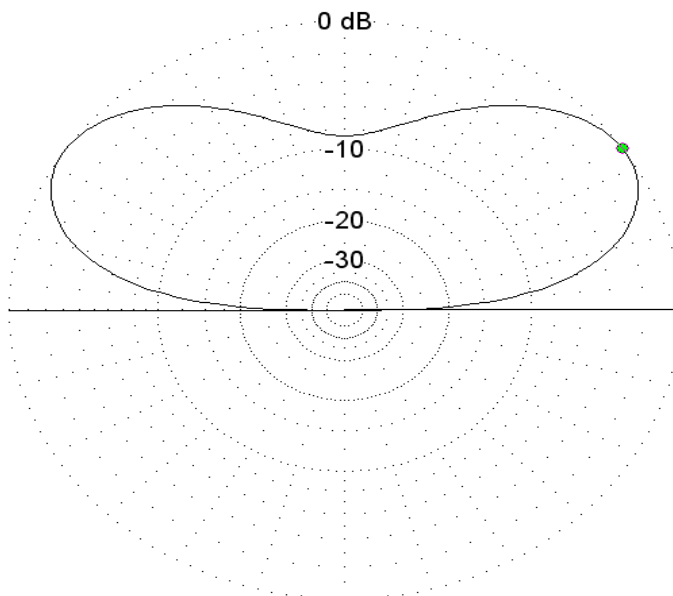
Im **Media**-Fenster sehen Sie die Werte 0.0303 für die Leitfähigkeit und 20 für die Dielektrizitätskonstante. Schließen Sie das Media-Fenster wieder.

Die Definition des Modells ist nun abgeschlossen. Wir können jetzt wählen, was berechnet und angezeigt werden soll. Beachten Sie, dass alle Informationen aus dem Hauptmenü abgespeichert werden, dazu kommen die Einstellungen für den Frequenzbereich, die Nahfeldanalyse und die Druckereinstellungen.

Wir wissen, dass die Maximumkeule eines Dipols bei null Grad liegt, aber welchen Erhebungswinkel über den Horizont werden wir erreichen? Wir werden also den Erhebungswinkel (elevation plot) laufen lassen. Die 3D-Darstellung wird im Kapitel [Schnellkurs](#).

erläutert.

Klicken Sie auf die Zeile **Plot Type** im Hauptmenü und wählen Sie **Elevation**. Der Azimuthwinkel der Ausgabe ist null Grad und bezieht sich auf die Breitseite der Antenne, von wo aus wir das Diagramm ansehen wollen. Zur Ausgabe des Diagramm klicken Sie auf die Taste **FF Plot** links im Hauptmenü. Damit wird **EZNEC** beauftragt ein 2D-Diagramm auszugeben. Sie sehen im Fenster **Calculation Progress Window** (Berechnungsfortschritt), wie die Berechnung läuft. Nach Abschluss der Berechnung sehen Sie das Diagramm :



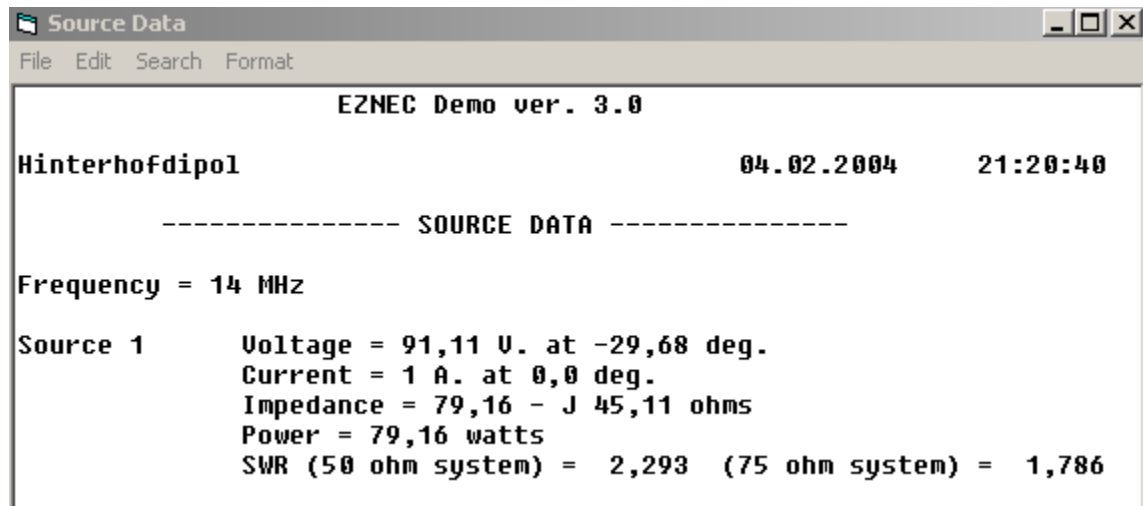
zusammen mit einigem Informationstext (hier auf der linken Seite) :

Elevation Plot	
Azimuth Angle	0,0 deg.
Outer Ring	6,82 dBi
Slice Max Gain 6,82 dBi @ Elev Angle = 34,0 deg.	
Beamwidth	41,5 deg.; -3dB @ 15,8, 57,3 deg.
Sidelobe Gain	6,82 dBi @ Elev Angle = 146,0 deg.
Front/Sidelobe	0,0 dB

Falls Sie den Informationstext nicht sehen, gehen Sie im Menü des Diagramm zu **View > Show Data** und haken Sie diesen Menüpunkt an.

Im Text sehen Sie, dass der Erhebungswinkel bei 34 Grad liegt, wo die -3 dB-Punkte der Keule liegen (15,8° und 57,3°), dass die Keule 41,5° breit ist usw. Im Informationstext auf der rechten Seite steht der Antennengewinn (Gain = 6,82 dBi) und die Arbeitsfrequenz 14 MHz. Wenn Sie den beim Maximalgewinn platzierten grünen Punkt verschieben wollen, klicken Sie ihn mit der linken Maustaste an und ziehen Sie ihn oder verschieben sie ihn mit den Pfeil hoch / Pfeil runter – Tasten auf der Tastatur nach dem Anklicken.

Klicken Sie auf die Taste **Src Dat** im Hauptmenü :



Sie erhalten die Daten des Antennenfusspunkts. Die Impedanz von 79.16 - j 45.11 Ohm zeigt, dass die Antenne mit ihrem negativen Blindanteil unterhalb der Resonanz betrieben wird und verlängert werden muss, falls die Resonanz wichtig ist. Die Formel  $468/f$  (MHz) liefert nur einen Richtwert und die Antennenresonanz hängt sowohl vom Drahtdurchmesser als auch von der Antennenhöhe über Grund ab. Mit einem 50-Ohm-Speisekabel läge das SWR bei 2,3 und mit einer 75-Ohm-Speiseleitung bei 1,8.

Schließen Sie die Anzeige wieder und klicken Sie auf **View Ant**. Sie sehen eine neue Linie parallel zum Dipol. Diese Linie gibt die Stromverteilung entlang des Dipols wieder. Der Strom ist in der Mitte am höchsten und nimmt zum Ende auf Null ab. Die Stromverteilung wird erst nach der durchgeführten Berechnung angezeigt und kann per Menü aus der Anzeige entfernt werden.

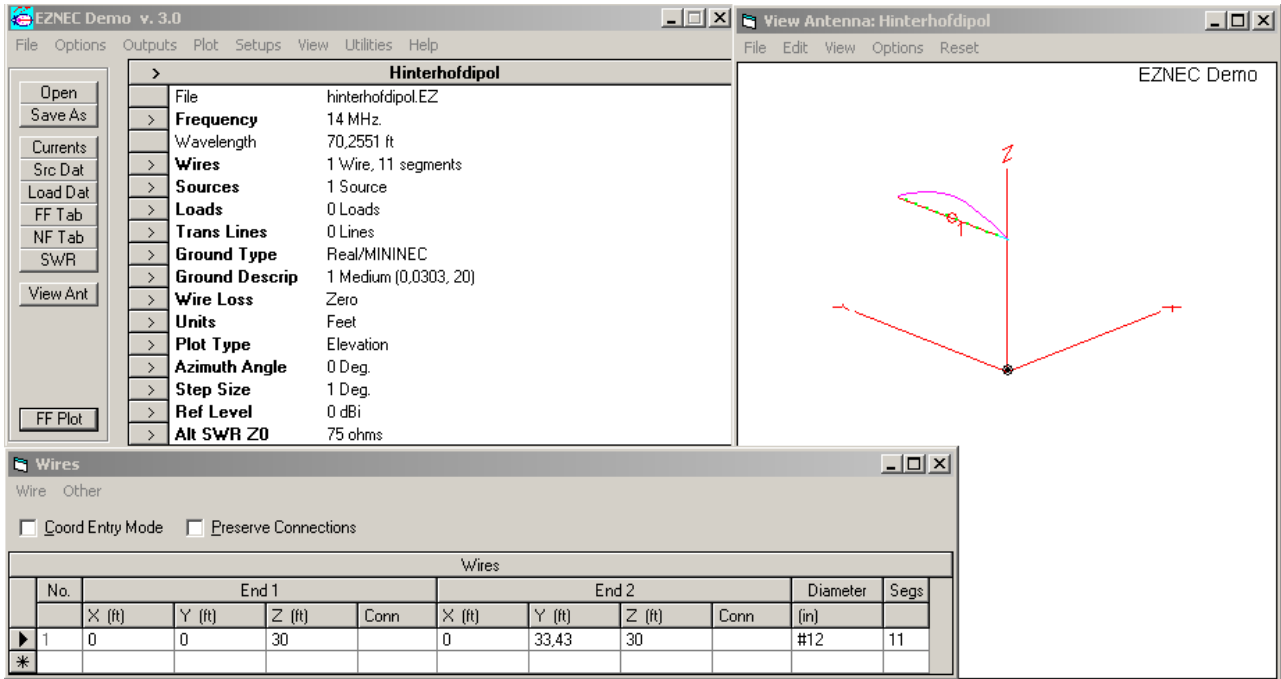
Speichern Sie das 2D-Diagramm mit **File > Save Trace As** unter dem Namen "Hinterhofdipol" und klicken Sie auf **Speichern**. Wir brauchen das Bild in der nächsten Übung.

Hier endet das Kapitel „**Gerade durch**“. Wenn Sie ein bisschen tiefer eindringen wollen, lesen Sie das nächste Kapitel „**Durch die Kurven**“ oder schließen Sie **EZNEC** und machen die nächsten Übungen später.

## 5.3 Durch die Kurven (Through The Curves)

Sollten Sie es noch nicht gemacht haben, sehen Sie sich erst das Kapitel [Gerade durch](#) (along the straightaway) des **EZNEC**-Handbuchs an. Im folgenden Kapitel sehen wir uns die von **EZNEC** ausgegebenen Kurven an und befassen uns mit anspruchsvolleren Möglichkeiten des Programms. Kann's los gehen ? Wir wollen eine Inverted-Vee mit Ihrem Hinterhofdipol vergleichen.

Haben Sie **EZNEC** nach dem Kapitel **Gerade durch** beendet, starten Sie es erneut mit den nach diesem Kapitel berechneten **Hinterhofdipol**. Klicken Sie im Hauptmenü auf **Open** und geben Sie als Name **Hinterhofdipol** ein. (Anmerkung DM3ML : Falls Sie vergessen haben, das Projekt unter diesem Namen abzuspeichern, nehmen Sie die Datei **LAST.EZ**). Öffnen Sie danach die Antennenansicht mit der Taste **View Ant** und die Elementliste mit einem Klick auf **Wires** :



Eine Inverted-Vee kann nicht aus einem Draht gebaut werden, sie ist in der Mitte abgewinkelt und alle Drähte müssen gestreckt sein. Wir müssen also einen weiteren Draht für den zweiten Schenkel einfügen. Die Mitte lassen wir bei  $x, y, z = 0, 0, 30$ , so hoch hing auch das Original. Das Ende 1 von Draht 1 befindet sich bereits bei diesen Koordinaten, wir müssen aber seine Länge für die neue Antenne ändern und das Ende 2 verlegen. Die Inverted-Vee wird aus zwei Drahtstücken mit einer Länge von 16,715 feet gebaut. Sehen Sie sich das Antennenbild und achten Sie darauf, was passiert, wenn Sie die Drahtlänge auf 16,715 feet ändern.

Ändern Sie den Y-Wert von End 2 auf 16,715 und drücken Sie auf **Enter**, um **EZNEC** den neuen Wert mitzuteilen. Sehen Sie sich das Antennenbild und achten Sie darauf, was passiert, wenn Sie die Drahtlänge ändern. Der Draht ändert sich wohl in der Länge als auch in der Höhe. Die Änderung der Höhe findet in Wirklichkeit nicht statt. **EZNEC** ändert nur die Darstellung so, dass die Antenne in das vorgegebene Fenster voll ausfüllt. Sie können der Antennenansicht keine absoluten Werte entnehmen, Sie werden aber ablesen können, dass die Antennenhöhe 30 feet etwa das doppelte der Drahtlänge 16,7 feet entspricht und damit die Proportionen eingehalten werden.

Draht 1 (**Wire 1**) läuft jetzt von 0, 0, 30 (**end 1**) nach 0, 16.715, 30 (**end 2**). Korrigieren Sie ihn, falls es nicht stimmt.

Wir ergänzen jetzt den zweiten Draht. Dafür gibt es zwei Möglichkeiten. Sie können einen zweiten Draht mit seinen Koordinaten in der mit dem Stern \*gekennzeichneten Reihe eintragen. **EZNEC** hat aber ein leistungsfähiges Editierwerkzeug, mit dem Sie den Eintrag einfacher machen können :

Setzen Sie den Mauscursor auf eine beliebige Zelle von **End 1** in der neuen Zeile und klicken Sie mit der rechten Maustaste darauf. Sie öffnen damit eine Liste von Kurzuftasten (Shortcuts). Klicken Sie auf **Connect End to**. Tragen Sie eine 1 in beide Felder ein. Sie teilen **EZNEC** damit mit, dass der neue Draht an das Ende 1 von Draht 1 angeschlossen werden soll. Schließen Sie die Eingabe mit **Enter** ab.

Sie sehen jetzt zwei Drähte, die mit 1 und 2 nummeriert sind. Das Ende 1 von Draht 2 hat die gleichen Koordinaten wie das Ende 1 von Draht 1 und folgt damit der Eingabe.. Beachten Sie die Spalte für Verbindungen (**Conn = Connections**) bei **End 1** von beiden Drähten. Der Eintrag bei Draht 1 zeigt **W2E1**, d.h. er ist mit dem Ende von Draht 2 verbunden, bei Draht 2 steht **W1E1** und markiert die Verbindung mit Ende 1 von Draht 1. Ist ein Draht an dieser Stelle mit mehreren anderen Drähten verbunden, wird nur eine Verbindung angezeigt, Sie können aber die Verbindungen



durchlaufend verfolgen :

Wires											
	No.	End 1				End 2				Diameter	Segs
		X (ft)	Y (ft)	Z (ft)	Conn	X (ft)	Y (ft)	Z (ft)	Conn		
	1	0	0	30	W2E1	0	16,715	30		#12	11
	2	0	0	30	W1E1	0	0	0	Ground	#12	11
*											

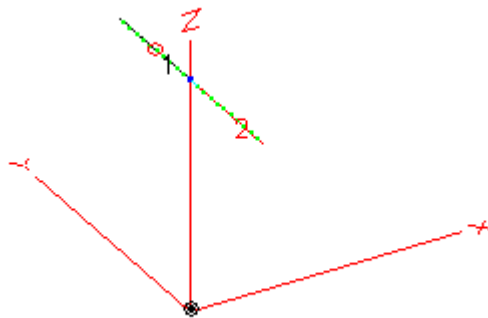
Zum neuen Draht 2 gibt es noch eine Menge zu sagen : Er hat den gleichen Durchmesser wie der Draht 1 und auch die gleiche Anzahl von Segmenten. **EZNEC** übernimmt diese Werte vom Vorläuferelement, Sie können sie natürlich ändern und anders festlegen.

In der **View Antenna**-Anzeige sehen Sie den neuen Draht, aber er liegt noch nicht sehr sinnvoll. Er läuft vom Ende des horizontalen Drahts 1 entlang der Z-Achse nach unten. Sollten Sie neben den Drähten keine Nummer sehen, öffnen Sie im **View Antenna**-Fenster in das Menü **View** und machen Sie einen Haken in das Feld **Wire Numbers** und klicken dann auf **OK**.

Das Ende 2 von Draht 2 wurde durch die Voreinstellung auf die Koordinaten 0, 0, 0 gesetzt. Dieser Punkt entspricht dem Potential des Erdbodens (**Ground**), so dass die Verbindung (**Connection**) den Eintrag **Ground** bekommt. Wir sollten uns also mit dem Ende 2 von Draht 2 befassen.

Ändern Sie das Ende 2 von Draht 2 auf 0, -16.715, 30 und bestätigen Sie mit **Enter**.

Sie sehen in der Anzeige, dass Draht 2 jetzt als Verlängerung von Draht 1 erscheint :



Wir könnten die Enden von Draht 2 auch vertauschen, es hätte keinen Einfluss auf das Ergebnis. Auch die Wahl, welcher der Drähte die Nummer 1 oder 2 bekommen soll, ist nicht entscheidend. Sie müssen nur beachten, dass ein Vertauschen der Drahtenden auch eine Änderung der Stromrichtung in den **EZNEC** – Reporten bewirkt. Dann, wenn eine Einspeisung an verschiedenen Stellen vorgesehen ist oder die Stromrichtung von Interesse ist, sollte eine gewisse Systematik in die Benummerung gebracht werden. Wenn Sie z.B. eine Anordnung mit phasengekoppelten Vertikalantennen modellieren, sollten alle Enden 1 in die gleiche Richtung zeigen, damit die Ströme in den einzelnen Elementen in die gleiche Richtung fließen. Bei der vorliegenden Antenne hat die Wahl der Enden 1 noch keinen praktischen Einfluss.

Unsere neue Antenne hat doppelt so viele Segmente wie der Hinterhofdipol. Wenn Sie die **Demo**-Version von **EZNEC** benutzen, überschreiten Sie damit schon das Limit von 20 Elementen. Ändern Sie die Zahl der Elemente pro Draht auf 10, bevor Sie weitermachen.

Schließen Sie das Fenster **Wires**.

Der Speisepunkt (der Kreis) liegt immer noch in der Mitte von Draht 1. Für unsere Inverted-Vee aus

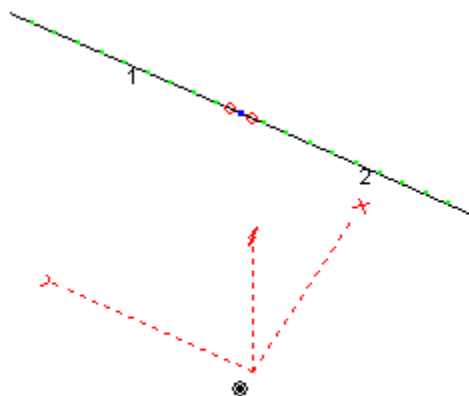
zwei Drähten müssen wir den Speisepunkt zu der Verbindung zwischen den beiden Drähten verschieben. **EZNEC** benötigt aber ein volles Segment, um die Speisung zu berechnen. Wir haben aber kein Segment im Speisepunkt. Was sollen wir machen ?

Eine Möglichkeit ist, einen dritten Draht zwischen den Drähten 1 und 2 einzufügen und hier einzuspeisen. Das kann aber wegen des Aufhebens, dass **EZNEC** um die [Speisung](#) macht, umständlicher werden, als es aussieht. Die beste Lösung ist die Verwendung einer [geteilten Quelle](#) (*split source*), die an den Ort der Verbindung der beiden Drähte gesetzt werden kann.

Öffnen Sie aus dem Hauptmenü das Quellenfenster mit einem Klick auf **Sources**. Klicken Sie in die Zeile 1. Eine kleiner nach rechts gerichteter Pfeil erscheint, die Zeile wird nach einem Klick markiert. Klicken Sie in die Spalte **Type** in der Spalte, ein nach unten gerichteter Pfeil erscheint, mit dem Sie ein weiteres Menü öffnen können.

Wähle Sie **SI** und setzen Sie den Speisepunkt unter **% from E1** in der Gruppe **Specified Pos** von 50 auf 0. Diese Eingabe setzt eine „geteilte Quelle“ (split source) an das Ende 1 von Draht 1. Schließen Sie die Eingabe mit **Enter**.

Sie Sehen in der Antennenansicht jetzt Quellenkreise, je einen symmetrisch zur Verbindung der Drähte 1 und 2 :



Ziehen Sie die Antennenansicht mit gedrückter linker Maustaste so, dass Sie am besten sehen können. Sie haben immer noch einen Dipol, aber jetzt mit zwei Drähten anstelle von einem Draht.

Klicken Sie auf **FF Plot** um ein 2D – Diagramm zu erzeugen und klicken Sie im 2D-Diagramm auf **File > Add Trace**. Sie können jetzt das früher als **Hinterhofdipol.PF** abgespeicherte Antennendiagramm über das Diagramm des neuen Dipols legen. Klicken Sie auf den Namen und dann auf **Open**. Die beiden Diagramme liegen genau übereinander und zeigen, dass Sie verschiedene Möglichkeiten haben, eine Antenne zu modellieren. Die 1-Draht-Antenne mit Mitteneinspeisung hat die gleichen Eigenschaften wie der Dipol aus zwei Drähten mit geteilter Speisung.

Klicken Sie im Hauptmenü auf **Src Dat**. Die errechnete Impedanz weicht etwas von den vorherigen Werten ab, da Sie jetzt mit der doppelten Anzahl an Segmenten gerechnet haben. Diese geringen Differenzen sind immer zu erwarten, wenn das Modell geändert wird, und sie sind unerheblich im praktischen Gebrauch. Sie können ein wenig experimentieren und die Zahl der Segmente für beide Drähte gleich variieren. Schauen Sie sich an, wie sich die Quelldaten (Src Dat) ändern. Schließen Sie dann das Quellenfenster.

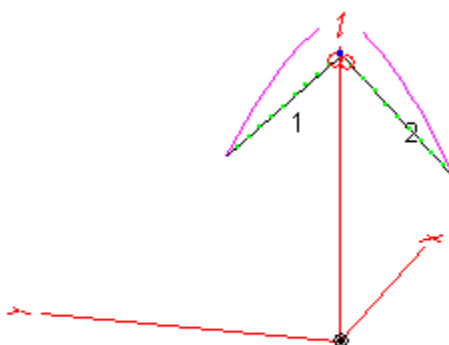
Jetzt machen wir aus dem Dipol eine Inverted-Vee. Bei den meisten Programm müssten Sie nun trigonometrische Berechnungen anstellen oder eine genaue Antennenzeichnung machen, um die

Koordinaten für die Drahtenden zu bestimmen. Bei **EZNEC** brauchen Sie das nicht, hier steht Ihnen die Funktion **Rotate** zur Verfügung und Sie können den Dipol damit in eine Inverted-Vee mit einem Winkel von  $90^\circ$  verändern. Speichern Sie zur Sicherheit die Antennenbeschreibung, so dass Sie bei einem Eingabefehler den Ausgangszustand wieder herstellen können.

Klicken Sie im Hauptmenü auf **Save As** und wählen Sie einen Namen wie **Temp** und klicken Sie auf **Speichern**. Nehmen Sie nicht den Namen **Last**, unter diesem Namen wird jedes Projekt beim Programmabschluss gespeichert.

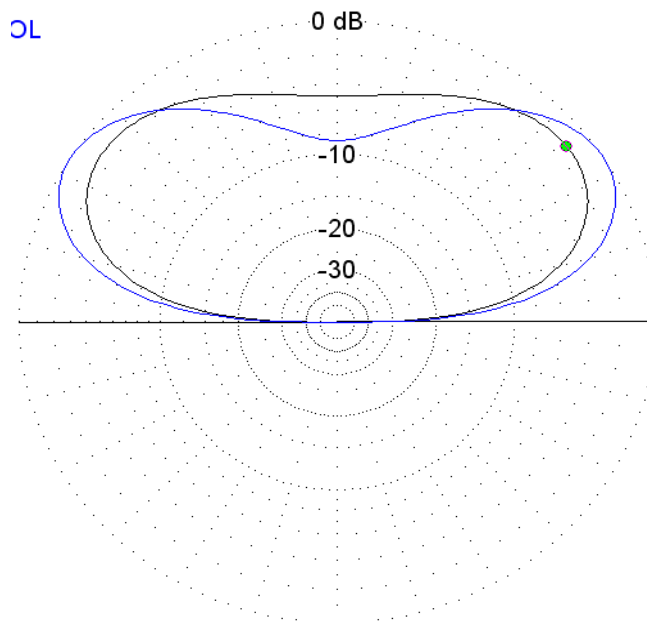
Öffnen Sie das Draht-Menü mit einem Klick auf die Taste **Wires** im Hauptmenü. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die X,Y,Z-Koordinatenzellen von **Wire 1, End 2**. Ein Untermenü öffnet sich. Wählen Sie **Elevation Rotate End** und geben Sie einen Wert von **-45** an und bestätigen Sie ihn mit **OK**. Das Ende 2 von Draht 1 wird um  $45^\circ$  nach unten gedreht. Draht 2 bleibt unverändert.

Wiederholen Sie die Aktion mit **Wire 2, End 2**, jetzt wird auch das Ende 2 von Draht 2 um  $45^\circ$  nach unten gedreht. Die Einträge im Draht-Menü und die Antennenansicht sehen jetzt so aus :



Wires											
	No.	End 1				End 2				Diameter	Segs
		X (ft)	Y (ft)	Z (ft)	Conn	X (ft)	Y (ft)	Z (ft)	Conn		
▶	1	0	0	30	W2E1	0	11,8193	18,1807		#12	10
	2	0	0	30	W1E1	0	-11,8193	18,1807		#12	10
*											

Das 2D-Antennendiagramm ist verschwunden, sobald Sie die Antenne verändert haben. **EZNEC** schaltet das Bild ab, weil es nicht mehr gültig ist. Sie können jetzt das Draht-Menü wieder schließen und sich das neue Antennendiagramm mit einem Klick auf die Taste **FF Plot** ansehen. Auch hier können Sie zum Vergleich wieder das Diagramm des Hinterhofdipols (blau) darüber legen :

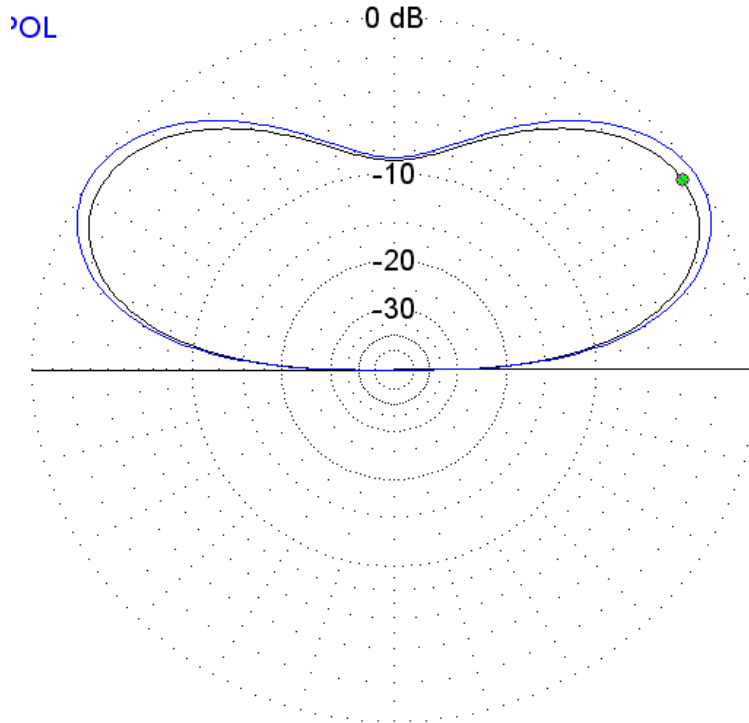


Wenn **automatic outer ring scaling** gewählt wurde, liegt die jeweils größte Kurve auf dem Außenring. Es kann gezeigt werden, dass die Mitte des Stroms bei einer Sinusverteilung bei 1/3 des Stromschleife liegt. Der effektive Strahlungsanteil des inneren Drittels der Inverted-Vee entspricht den äußeren 2/3 der Antenne, da der Strom im Inneren der Antenne in Richtung Zentrum stärker ist. Wenn wir die Inverted-Vee um 3,94 feet angeben, bringen wir das Stromzentrum auf 30 feet und damit auf die Höhe des Stromzentrums beim Dipol. Wir versuchen es und wollen sehen, was passiert :

Gehen Sie in das Draht-Menü über **Wires** im Hauptmenü. Klicken Sie dort auf das Menü **Other**. Wählen Sie den Menüpunkt **Change Height by** (Höhe ändern) . Geben 3,94 in das Textfeld ein und bestätigen Sie die Eingabe mit **Enter** oder einem Klick auf **OK**.

Wires											
	No.	End 1				End 2				Diameter	Segs
		X (ft)	Y (ft)	Z (ft)	Conn	X (ft)	Y (ft)	Z (ft)	Conn		
	1	0	0	33,94	W2E1	0	11,8193	22,1207		#12	10
▶	2	0	0	33,94	W1E1	0	-11,8193	22,1207		#12	10
*											

Wieder wurde das Antennendiagramm abgeschaltet. Klicken Sie auf erneut auf **FF Plot** und legen Sie das Diagramm des Hinterhofdipols (blau) darüber :



Die etwas höhere Inverted-Vee zeigt nun fast genau das gleiche Diagramm wie der Dipol und hat nur einen minimal niedrigeren Gewinn. Dieser Effekt ist nicht so überraschend, wenn Sie in Betracht ziehen, dass die Inverted-Vee mehr Strahlung entfernt vom Ende und damit einen geringeren Gewinn von der Seite hat. Die Gewinndifferenz zwischen Inverted-Vee und Dipol ist geringer als 1 dB, vorausgesetzt die Strommaxima befinden sich in gleicher Höhe. Hier endet das Kapitel „**Durch die Kurven**“. Wenn Sie sich mit weiteren Techniken vertraut machen wollen, gehen Sie jetzt oder später zum [Schnellkurs](#).

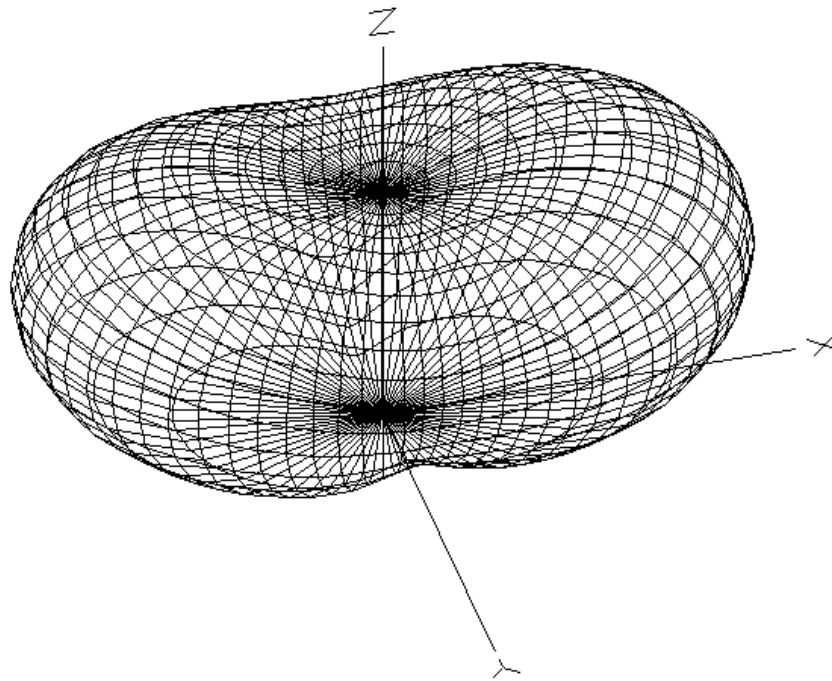
## 5.4 Schnellkurs (On The Race Course)

**Jetzt kommen weitere anspruchsvolle Möglichkeiten von EZNEC dazu :**

Klicken Sie im Hauptmenü auf **Open** und wählen Sie die Datei **BYDipole.ez**. Sie entspricht dem Hinterhofdipol in den Kapiteln zuvor. Wir wollen uns das 3D-Diagramm ansehen. Klicken Sie auf die Zeile **Plot Type** im Hauptmenü, wählen Sie **3 Dimensional** und bestätigen Sie mit **OK**.

**EZNEC** schlägt Ihnen 5° pro Schritt vor und reduziert damit die Auflösung gegenüber dem 2D-Diagramm. Der kleinste Wert für ein 3D-Diagramm ist 2°, aber dieser Wert gibt ein zu dichtes Bild. Eine Auflösung von 1° ist eine gute Wahl bei 2D-Diagrammen. Bestätigen Sie den Vorschlag mit **OK**.

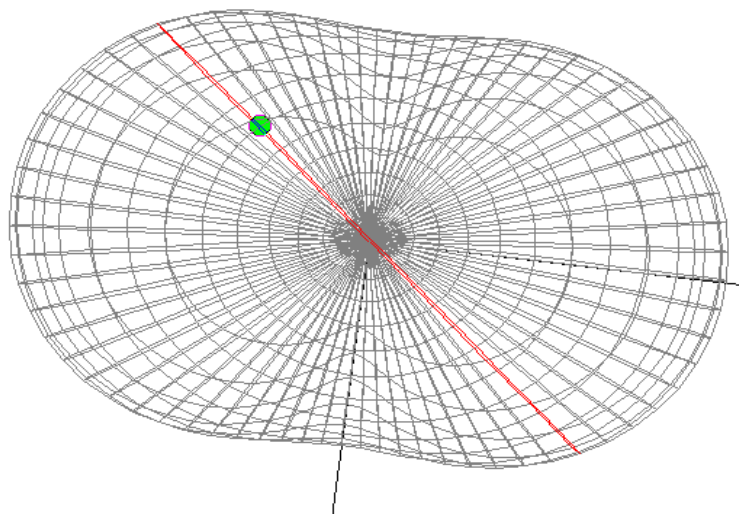
Klicken Sie jetzt auf **FF Plot**, um die Berechnung zu starten. Sie erhalten jetzt ein räumliches dreidimensionales Antennendiagramm :



Beachten Sie, dass es sich um das Diagramm eines Dipols über einem realen Boden handelt. Es weicht von den üblichen Lehrbuchbildern für einen Freiraumdipol ab.

Sie können das 3D-Bild mit dem Mauscursor im Bild bei gedrückter linker Maustaste von allen Seiten ansehen und drehen. Nach einem Mausklick in das Diagramm können Sie es auch mit den Pfeiltasten der Tastatur bewegen.

Mit **EZNEC** können Sie aus dem 3D-Diagramm Schnitte im 2D-Format erzeugen. Schalten Sie dazu die Anzeige -falls nicht schon sichtbar- mit **View > Show controls** zu. Aktivieren Sie das Feld **Elevation Slice**. Das 3D-Bild wird etwas blasser und der Schnitt für die Elevation erscheint in rot (oder einer anderen mit dem Menü **Options > Colors > Highlighted slice** wählbaren Farbe) :



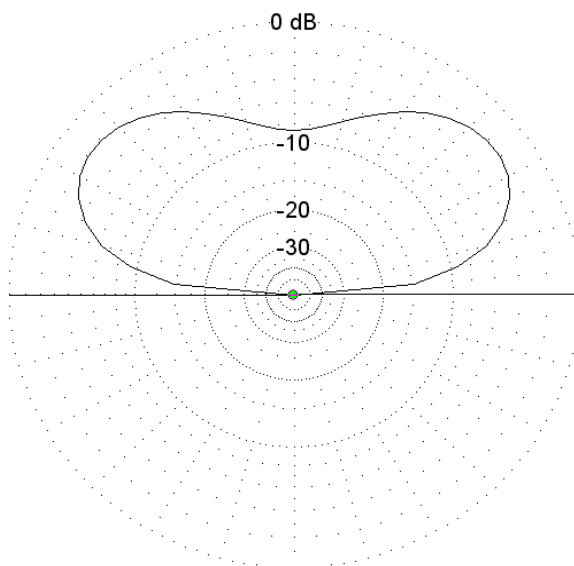
Sie können die Lage des Schnitts und den Abtastpunkt mit den Schieberegler für **Slice Azimuth** und **Cursor Elev** verändern.

Die Schieberegler (**scroll bars**) von **EZNEC** verfügen über mehrere Bedienmöglichkeiten. Sie

können auf die Pfeiltasten links oder rechts klicken und damit die Schieberegler schrittweise verschieben oder mit der Maus den Schieberegler ziehen. Sie können auch in den freien Raum links oder rechts neben den Schieberegler klicken, dann bewegt sich der Schieberegler in größeren Schritten. Eine weitere Möglichkeit ist, in den Regler zu klicken und den Schieberegler mit den Pfeiltasten der Tastatur zu bewegen.



Klicken Sie jetzt auf das Feld **Show 2D Plot** unterhalb der Steuerelemente. Für die in das 3D-Diagramm eingeblendete Linie wird das 2D-Diagramm angezeigt :



Schalten Sie mit **View > Show Controls** die Steuerelemente zu, falls Sie nicht schon zu sehen sind. Die Regler entsprechen den Steuerelementen im 3D-Diagramm. Sobald das 3D-Diagramm berechnet wurde, können Sie mit diesen Reglern sich ihr gewünschtes 2D-Diagramm anzeigen lassen.

Wurde im Hauptmenü als **Plot Type** die 3D-Darstellung gewählt, kann man eine 2D-Darstellung nur über diesen Weg erhalten. Sie müssen dann aus dem 3D-Diagramm die 2D-Darstellung anwählen. Sie können jederzeit die 3D-Darstellung schließen und mit der Taste **FF Plot** im Hauptmenü wieder öffnen.

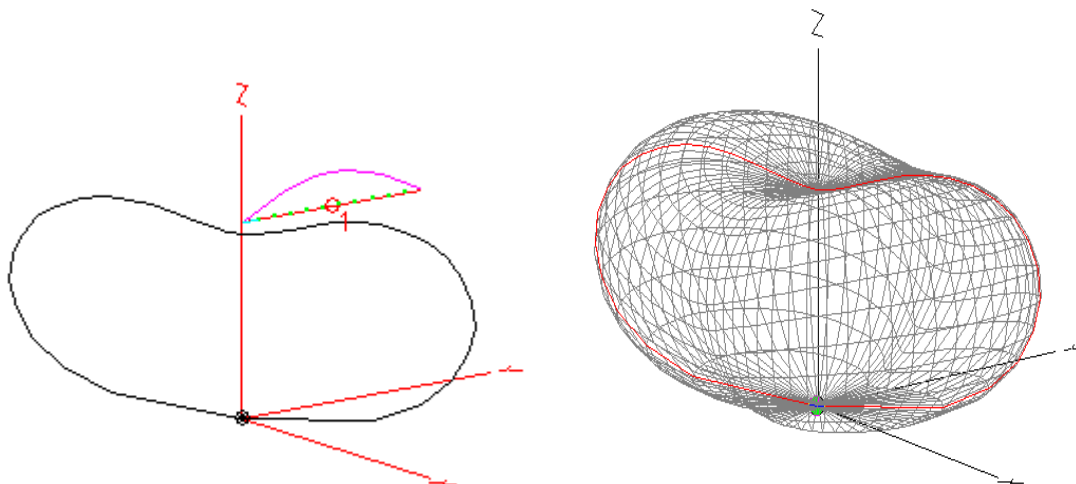
Experimentieren Sie mit den 2D- und 3D-Reglern und sehen Sie sich die Antennendiagramme für verschiedene Schichten und Schichtentypen an und verschieben Sie den Cursor.

Unterhalb des 2D-Diagramms werden verschiedene Daten ausgegeben. Ein Wert auf der rechten Seite wird mit **dBmax** bezeichnet. Dieser Wert gibt den Gewinn der aktuellen Cursorposition relativ zum Maximalwert im 3D-Diagramm an. Er ist immer negativ und höchstens Null.



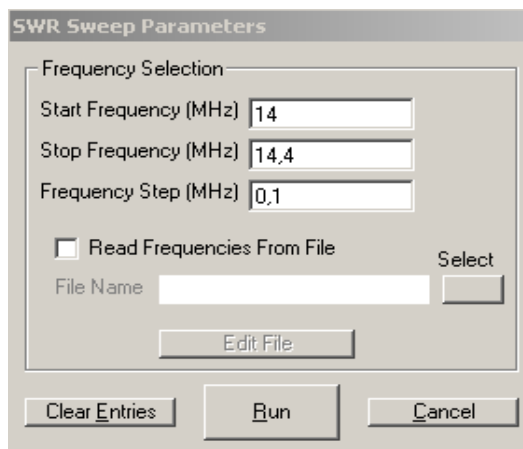
Öffnen Sie die Antennenansicht mit **View Ant** und gehen Sie dort zu **View > Objects** und kreuzen Sie **2D Pattern** an und klicken auf **OK**.

Der angewählte 2D-Schnitt wird nun in die Antennenansicht so eingeblendet, wie sie mit den Schieberegler im 2D- oder 3D-Diagramm angewählt wurde. Wenn Sie Ansicht im 3D-Diagramm drehen oder die Lage des Schnitts verändern, folgt die Antennenansicht diesen Veränderungen. Sie können auch die Lage der Antenne in der Antennenansicht verändern, dann folgt das 3D-Diagramm diesen Änderungen. Die Änderung erfolgt je nach Rechner nicht sofort, aber spätestens dann, wenn die Maustaste oder die Tastatur freigegeben wird.



Noch eine letzte Bemerkung zum 3D-Diagramm : Sie können das 3D-Diagramm mit **File > Save 3D Plot** als Datei mit der Endung \*.PF3 abspeichern. Sie können es aber nicht aus der 3D-Anzeige heraus öffnen und Sie können keine 3D-Diagramme überlagern. Sie können aber jedes gewünschte 2D-Diagramm mit den Azimuth- und/oder Elevationsregler einstellen und abspeichern. Sie können ein 3D-Diagramm (\*.PF3) aber mit **View > Trace View** aus dem Speicher holen und ansehen.

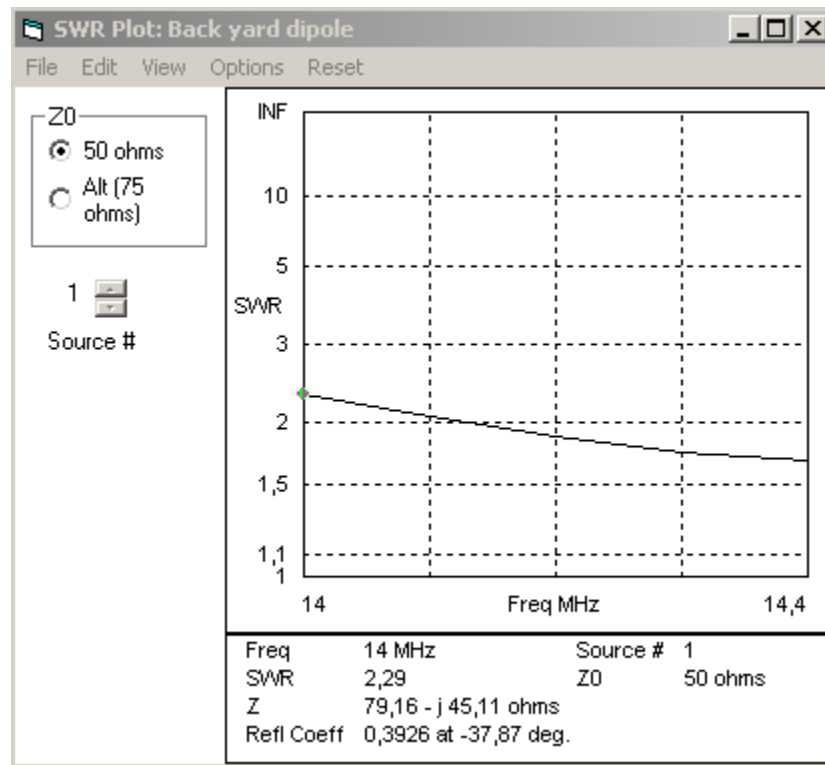
Schließen Sie alle Fenster wieder. Wir wollen uns nun das SWR-Diagramm ansehen. Klicken Sie auf die Taste **SWR** im Hauptmenü. Ein Eingabefenster öffnet sich. Geben Sie 14 MHz als **Start-** und 14,4 MHz als **Stop-**Frequenz ein und wählen Sie eine Schrittweite (**Step**) von 0,1 MHz.



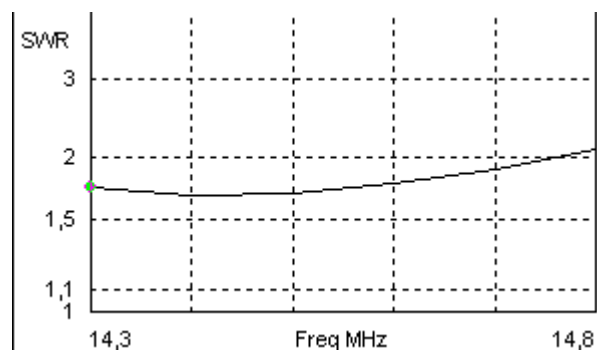
The dialog box is titled "SWR Sweep Parameters". It contains the following fields and controls:

- Frequency Selection**
  - Start Frequency (MHz): 14
  - Stop Frequency (MHz): 14,4
  - Frequency Step (MHz): 0,1
- ☐ Read Frequencies From File
- File Name: [text field]
- Select: [button]
- Edit File: [button]
- Clear Entries: [button]
- Run: [button]
- Cancel: [button]

Klicken Sie auf **Run**. Das Ergebnis ist eine SWR-Kurve über der Frequenz :



Sie können jetzt entlang der SWR-Kurve auf die Frequenzlinien klicken und erhalten unten im Datenfeld die zur Frequenz gehörenden Angaben zum SWR und der Impedanz. Das Diagramm zeigt, dass der Dipol etwas zu kurz ist. Ziel ist es, ein SWR-Minimum bei 14,1 MHz zu erreichen. Im Moment nimmt das SWR zu höheren Frequenzen hin ab. Wir wollen erst einmal sehen, wo die Antenne resonant ist, das muss irgendwo oberhalb von 14,4 MHz sein. Geben Sie im Eingabefeld die Frequenzen 14,3 und 14,8 MHz als Start und Stoppfrequenz ein und klicken Sie auf **Run** :



Das Minimum liegt bei 14.42 MHz, hier liegt die Resonanz der Antenne. Wir müssen die Antenne korrigieren, um auf die richtige Resonanzfrequenz zu kommen.

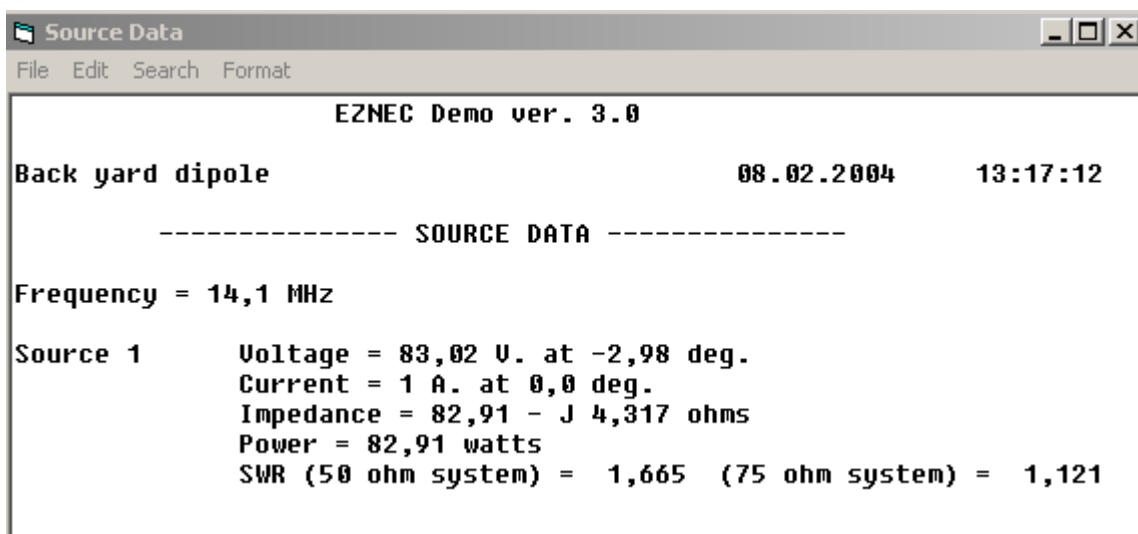
Klicken Sie im Hauptmenü auf die Taste **Frequency** und geben Sie 14,42 ein und bestätigen mit **OK**. Klicken Sie dann erneut auf **Frequency** und geben den Wert 14,1 ein, aber bevor Sie auf **OK**

klicken, machen Sie einen Haken in das Feld **Rescale**.

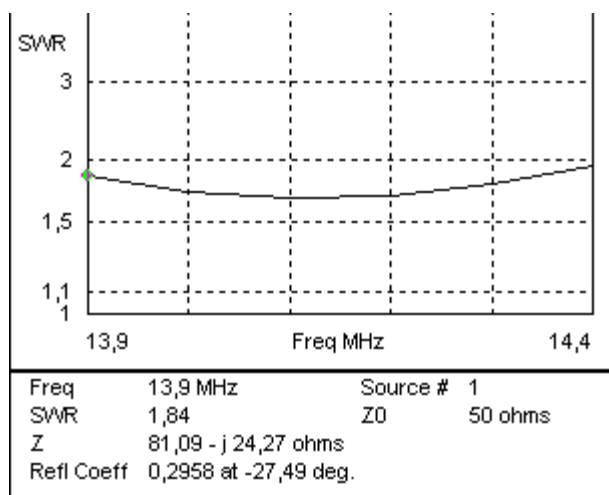
Öffnen Sie jetzt die Antennenansicht (**View Ant**) und klicken Sie rechts auf den Draht. **EZNEC** hat den Draht von bisher 33,43 feet auf 34,19 feet verlängert. Das Gleiche ist im **Wires**-Menü zu sehen :

Wires		
End 2		
X (ft)	Y (ft)	Z (ft)
0	34,1887	30,6808

Schließen Sie die Antennenansicht und klicken Sie auf **Src Data** :



Die Quellenimpedanz ist immer noch etwas negativ (etwa 4 Ohm). Also kapazitiv, die Antenne ist immer noch etwas zu kurz. Sehen wir uns das SWR noch einmal an. Wir lassen das Diagramm von 13,9 bis 14,4 MHz laufen.:

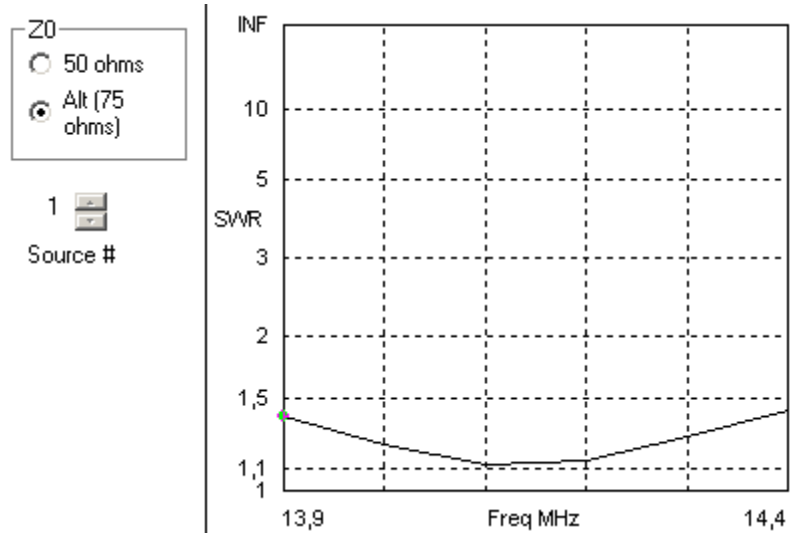


Das Ergebnis zeigt ein SWR-Minimum bei 14, MHz. Es kann mehrere Gründe für die Abweichungen geben. Vielleicht gibt ein SWR-Diagramm mit kleineren Schritten genauere Ergebnisse. Ein zweiter Grund ist, dass der Drahtdurchmesser beim Frequenzangleich nicht geändert wurde, es wird - wie vorgegeben - AWG #12 als Draht verwendet. Auch die

Bodenleitfähigkeit wurde nicht mit der Frequenz geändert. Sie hat aber lediglich Einfluss auf das Antennendiagramm und wirkt sich vor allem bei vertikalen Antennen aus.

Sie können die Antenne statt mit 50 Ohm auch mit einem 75 Ohm-Kabel speisen. Im Hauptmenü finden Sie die Taste **Alt SWR Z0**, hier können Sie einen zweiten Wellenwiderstand Ihrer Wahl eintragen. Voreingestellt ist 75 Ohm.

Sie können im SWR-Diagramm diesen alternativen Wert anwählen :



Mit der 75-Ohm-Speiseleitung haben Sie ein niedrigeres SWR als mit einem 50-Ohm-Kabel. Die Differenz ist aber so klein, so dass ein Kabeltausch nur lohnt, wenn die Speiseleitung lang oder verlustreich ist. Wenn Sie eine Antenne mit mehr als einer Quelle analysieren wie z.B. das **4Square** (Datei : d\_4Square.ez) können Sie den zu betrachtenden Punkt in der SWR-Anzeige auswählen.

Sie können jetzt mit **EZNEC** loslegen. Das Kapitel [Modellaufbau](#) (**Building The Model**) gibt Ihnen Tipps für die Schaffung eines Modells und die Interpretation der Ergebnisse. Im Kapitel [Referenzen](#) (**Reference**) finden Sie eine komplette Information zu allen Menüs und Programmeigenschaften.

Im Kapitel [Gestockte Yagis](#) (**Stacked Yagis**) finden Sie einen Schritt-für-Schritt-Kurs, der Ihnen zusätzliche Möglichkeiten von **EZNEC** zeigt. Sie können diesen Kurs jetzt oder zu einem späteren Zeitpunkt durchsehen.

Das Kapitel **Wanderung auf Spur 5 (A Lap Around Track 5)** ist eine zusätzliche Einführung, die Sie mit dem Gebrauch von Transformatoren, L-Netzwerken und virtuellen Segmenten vertraut macht. Sie sollten sich aber vorher weiter in die Grundfunktionen von **EZNEC** einarbeiten, ehe Sie dieses Kapitel durcharbeiten.

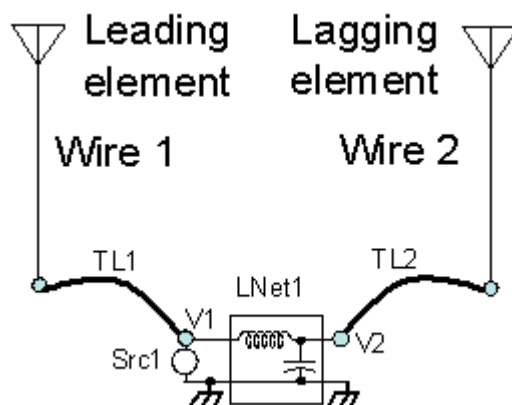
## 5.5 Wanderung auf Spur 5 (A Lap Around Track 5)

Dieses Einführungskapitel der Testmaschine macht Sie mit der Verwendung von Transformatoren, L-Netzwerken und virtuellen Segmenten bekannt. Diese Elemente werden neu unter **EZNEC 5.0** eingeführt. Es wird vorausgesetzt, dass Sie mit den Grundlagen der **EZNEC**-Bedienung vertraut sind.

Die Beispiele enthalten die Modellierung eines L-Netzwerks zur Speisung von phasenverschoben erregten Antennenanordnungen (phased arrays) wie sie im Kapitel 8 der 21.Ausgabe des **ARRL**

Antenna Books beschrieben sind. Diese Ausgabe kam gleichzeitig mit **EZNEC v. 5.0** heraus.

Das erste Beispiel ist eine 2-ele-Anordnung mit einem Cardioid-Diagramm, die mit einem L-Netzwerk gespeist wird (leading=führend, lagging=nachlaufend) :



Natürlich haben die Speiseleitungen TL1 und TL2 zwei Leiter und das L-Netzwerk LNet1 hat zwei zweipolige Ausgänge. Der zweite Leiter wurde aber der Einfachheit wegen weggelassen.

Das Beispiel im ARRL Antenna Book gibt die Werte für das L-Netzwerk mit  $L = 1.815 \mu\text{H}$  und  $C = 199.7 \text{ pF}$  an, um die gewünschte Phasenverschiebung zu erreichen. Die beiden Leitungen TL1 und TL2 sind Viertelwellenleitungen aus 75 Ohm-Koax. Mit dem EZNEC-Pro/2odell können Sie nicht nur bestätigen, dass diese Werte in Ordnung sind, sondern auch das Richtdiagramm und den Impedanzverlauf über einen Frequenzbereich bestimmen.

Wir wollen mit einer Anordnung aus zwei Elementen beginnen, die ein einfaches Speisesystem verwenden – zwei Leitungen mit unterschiedlicher Länge. Deren Länge wird von einem speziellen Programm für diesen Zweck berechnet. Das System sieht so aus, wie das Beispiel, nur ohne das Netzwerk LNet1. Die Leitungen TL1 und TL2 haben unterschiedliche Längen. Der Vorteil der einfachen Anordnung gegenüber dem L-Netzwerk ist die Möglichkeit des Abgleichs.

Gehen Sie ins Hauptmenü und klicken Sie auf den Menüpunkt **Open**. Wählen aus der sich öffnenden Liste die Antenne **Cardioid TL ARRL Example.ez** und öffnen Sie sie.

In der Kopfzeile des Hauptmenüs steht jetzt der Titel "*Cardioid with feed system*".

Klicken Sie auf **View Ant** (Antennenanzeige). Sie sehen die zwei Speiseleitungen zu den beiden Antennenelementen, die in der Mitte mit dem Draht 3 verbunden sind. Die Quelle befindet sich in diesem Draht.

Klicken Sie auf die Taste **FF Plot**, um ein 2D-Diagramm zu erzeugen. Speichern Sie dieses Diagramm mit einem Klick auf **File (Datei)** in diesem Diagramm und wählen Sie dann **Save Trace As ( Diagramm speichern unter..)**. Wählen Sie den Namen **Cardioid TL ARRL Example** und klicken Sie auf **Save (Speichern)**.

Sie haben jetzt eine Vergleichsmöglichkeit, die genutzt werden kann um zu beurteilen, ob die folgenden Schritte das gleiche gute Ergebnis bringen. Als erstes wollen wir das Element 3 durch ein virtuelles Segment ersetzen. Vor **EZNEC v. 5.0** musste man in jedem Fall einen kurzen Draht einbauen, wenn eine parallel speisende Quelle eingesetzt werden sollte. Das virtuelle Segment macht diese Anordnung überflüssig.

Die Quelle und beide Speiseleitungen sind mit Draht 3 verbunden. Wir müssen daher alle drei Verbindungen ändern.

Schliessen Sie das Fenster mit dem 2D-Diagramm, um Platz zu sparen. Öffnen Sie das Quellenfenster mit einem Klick auf die Zeile **Sources** im Hauptmenü. Ersetzen Sie im sich öffnenden Fenster **Sources** den Eintrag 3 unter **Specified Pos. Wire #** durch den Eintrag **V3** und schliessen ihn mit <Enter> ab.

Die Quelle ist nun mit dem virtuellen Segment 3 verbunden. Hier kann jede Zahl zwischen 1 und 999 genommen werden, im Beispiel wurde der Einfachheit wegen die 3 genommen.

Schliessen Sie das Quellenfenster (Sources Window) und öffnen Sie das Fenster **Trans Lines** (Speiseleitungen). Ändern Sie bei **End 1 Specified Pos. Wire #** die 3 in V3 bei beiden Leitungen und schliessen Sie die Eingabe mit <Enter> ab. Schliessen Sie das Fenster **Transmission Lines**.

Die Quelle und Speiseleitungen sind noch wie bisher miteinander verbunden, aber der Draht 3 wurde durch das virtuelle Segment 3 ersetzt. Draht 3 wird nicht mehr benötigt und kann entfernt werden.

Öffnen Sie das Fenster **Wires**. Klicken Sie ganz links auf die Zeile mit Draht 3, die Zeile wird hellgetastet. Drücken Sie auf Ihrer Tastatur die Taste <Entf> (<Del>) und bestätigen Sie die Löschung mit einem Klick auf **Ok** im sich öffnenden Dialog. Schliessen Sie das Fenster **Wires**.

Die Quelle und die Speiseleitungen sitzen jetzt in der Antennenanzeige (**Antenna display**) unter den Elementen, da der Ort der virtuellen Segmente noch nicht festgelegt wurde.

Um die Verbindungen der virtuellen Segmente zu sehen, klicken Sie in der Anzeige auf **View > Show Virt Seg Conn**.

Sie sehen, dass die Quelle (**Src1**), das Ende 1 der Speiseleitung **TL1-1** und das Ende der Speiseleitung **TL2-1** mit dem virtuellen Segment V3 verbunden sind. Schliessen Sie die Anzeige des virtuellen Segments.

Das Modell verhält sich exakt wie vorher. Wenn Sie das Richtdiagramm überprüfen wollen:

Klicken Sie auf die Taste **FF Plot**. Legen Sie über das angezeigte Diagramm das früher berechnete mit dem Menü **File > Add Trace** und klicken Sie auf **Cardioid TL ARRL Example.pf**.

Die Überlagerung der beiden Diagramme zeigt keine Abweichung, Schliessen Sie das 2D-Diagramm-Fenster.

Wir ändern jetzt die Speiseleitungen auf eine Viertelwellenlänge und fügen das L-Netzwerk ein. Behalten Sie das eben angezeigte Richtdiagramm in Erinnerung. Zuerst werden die Speiseleitungen in Länge und Anschluss geändert. Öffnen Sie wieder das Fenster **Trans(mission) Lines**.

Angezeigt wird der Verkürzungsfaktor (VF=velocity factor) der Speiseleitungen von 0.66. Wir verwenden den gleichen Leitungstyp. Im Hauptmenü wird eine Wellenlänge von 137.562 ft für die Frequenz 7,15 MHz angezeigt. Die Viertelwellenleitungen müssen daher eine mechanische Länge von  $137.562 * 0.66 * 0.25 = 22.698$  ft haben.

Geben Sie diesen Wert als Leitungslänge in der Spalte **length** ein und drücken Sie auf <Enter>.

*Hinweis DM3ML* : Geben Sie in Deutschland den Wert als 22,698 ein (mit Komma!)

Im Diagramm oben haben Sie gesehen, dass die Speiseleitung 1 mit dem virtuellen Segment 1 und die Speiseleitung 2 mit dem virtuellen Segment 2 verbunden ist.

Ändern Sie den Eintrag für Speiseleitung 1 **End 1 Specified Pos. Wire #** von **V3** in **V1**.

Ändern Sie den Eintrag für Speiseleitung 2 **End 1** von **V3** in **V2**. Drücken Sie <Enter>. Schliessen Sie das Fenster **Transmission Lines**.

Die Quelle ist mit dem virtuellen Segment 1 verbunden.

Öffnen Sie das Fenster **Sources**. Ändern Sie die Verbindung von **V3** in **V1** und drücken Sie <Enter>. Schliessen Sie das Fenster **Sources**.

Jetzt ist es an der Zeit, das L-Netzwerk zu erzeugen :

Öffnen Sie das Fenster **L Networks** !.

Wir wollen das L-Netzwerk mit den Angaben für L und C anstelle der Angabe von R und X spezifizieren.

Gehen Sie in das Menü **Other** und wählen Sie dort **Change L Network Type**. Im sich öffnenden Dialog wählen Sie die Taste **RLC** und klicken Sie auf **Ok**.

Das Fenster **L Networks** hat jetzt die Spalten für R, L und C. Wir tragen erst die Verbindungen und dann die Werte für L und C values. In einem L-Netzwerk liegt der Abschluss (shunt) jeweils an Port 2. Port 1 ist mit dem virtuellen Segment 1 (V1) und Port 2 mit dem virtuellen Segment 2 (V2) verbunden. Jedes L-Netzwerk besteht aus zwei Zeilen in der Beschreibungstabelle. In der ersten Zeile wird das mit Port 1 verbundene und in der Zeile 2 das mit Port 2 verbundene Element beschrieben. In der ersten Zeile stehen die Daten des seriellen Elements (series branch) und in der zweiten die Daten des nach Masse geschalteten Elements (shunt branch). Die Bedeutung jedes Element steht in der Kopfzeile.

Der Anschluss Port 1 ist mit dem virtuellen Segment 1 durch den Eintrag **V1** in der Zelle **Port 1 Wire #** ganz links beschrieben. Darunter steht Port 2 mit dem Eintrag **V2** unter **Port 2 Wire #**. Die Serien-Induktivität hat keinen ohmschen Anteil (Short), eine Induktivität von **1.815  $\mu$ H** und keinen kapazitiven Anteil (Short). Darunter steht die parallel geschaltete (Shunt) Kapazität mit einer reinen Kapazität von **199.7 pF**. Schliessen Sie die Eingabe mit <Enter> ab.

Die Eingabe wird Ihnen durch die Einträge **Short** erleichtert, die Sie nur überschreiben müssen. Im Beispiel wird nur ein L und ein C verwendet. Die Tabelle sieht so aus :

L Networks										
	No.	Specified Pos.		Actual Pos.		R (ohms)	L ( $\mu$ H)	C (pF)	R Freq (MHz)	Config
		Port 1 Wire #	Port 1 % From E1	% From E1	Seg	Series Branch	Series Branch	Series Branch	Series Branch	Ser Br
		Port 2 Wire #	Port 2 % From E1	% From E1	Seg	Shunt Branch	Shunt Branch	Shunt Branch	Shunt Branch	Sh Br
▶	1	V1				Short	1.815	Short	0	Ser
		V2				Short	Short	199.7	0	Ser

U.U. müssen Sie den horizontalen Balken verschieben, um die ganze Tabelle sehen zu können.

In der Tabelle wurde der Eintrag **R Freq** nicht berücksichtigt. Die Elemente werden für dieses Beispiel als verlustfrei angenommen.

Stimmt Ihre Tabelle mit dem gezeigten Bild überein, können Sie das Fenster **L Networks** wieder schliessen.

Jetzt bleibt uns nur noch übrig, die Quelle in das virtuelle Segment 1 zu verlegen :

Öffnen Sie das Fenster **Sources**. Ändern Sie Position **Specified Pos. Wire #** von **V3** in **V1**. Drücken Sie <Enter> und schliessen Sie das Fenster.

Das Speisesystem mit dem L-Netzwerk ist jetzt komplett.



Klicken Sie auf die Taste **FF Plot** und sehen Sie sich das Richtdiagramm an. Vergleichen Sie es wie vorher mit dem abgespeicherten ursprünglichen Diagramm **Cardioid TL ARRL Example.pf (File > Add Trace)**

Stellen Sie zwischen den beiden Diagrammen einen Unterschied fest, haben Sie bei den vorhergehenden Schritten eine falsche Eingabe gemacht. Das abgeschlossene Projekt finden Sie unter dem Namen **Cardioid L Network Feed ARRL Example.ez** als Beispiel.

Das Modell kann verwendet werden um zu testen, wie sich das Diagramm und die Impedanz am Speisepunkt mit der Frequenz und dem Bodenwiderstand ändert. Fall gewünscht können auch reale Verluste der Speiseleitungen und des L-Netzwerks eingebaut werden.

In einem zweiten Beispiel wollen wir einen Transformator und einen Serien-C zur Verbesserung der Anpassung des Arrays verwenden.

Öffnen Sie das Beispiel **4 Square L Network Feed ARRL Example.ez**. Es ist das **4 square L network feed system** aus dem Kapitel 8 der 21. Ausgabe des *ARRL Antenna Book*. Es wurde aus dem **4 Square TL ARRL Example.ez** entwickelt, bei dem der gleiche Ablauf wie bei unserem ersten Beispiel gewählt wurde. In diesem Beispiel soll gezeigt werden, wie durch Transformatoren und Serienkondensatoren die Anpassung verbessert werden kann.

Die Änderungen beziehen sich auf den gemeinsamen Speisepunkt und die Quelle, sie haben keinen Einfluss auf die Array-Anordnung oder das Richtdiagramm. Nur die Impedanz wird beeinflusst.

Klicken Sie im Hauptmenü auf die Taste **Open** und wählen Sie die Datei **4 Square L Network Feed ARRL Example.ez**. Klicken Sie dann auf die Taste **Src Dat** und sehen Sie sich die Impedanz und das Stehwellenverhältnis SWR an.

Die Impedanz ist mit  $10.55 + j3.832$  Ohm zu niedrig für ein 50-Ohm-Speisekabel und wurde daher für dieses Beispiel ausgewählt. Würde man die Speiseleitung direkt anschliessen, ergäbe sich ein SWR von 4.8:1. Mit einem Impedanztransformator 4:1 könnte man die Anpassung wesentlich verbessern. Wir fügen diesen Transformator zwischen der Quelle und dem Speisepunkt des Systems ein. Zuvor müssen wir zwei Dinge feststellen: Den Draht oder das virtuelle Segment, an dem die Quelle zum gemeinsamen Speisepunkt angeschlossen ist und welche virtuellen Segmentnummern verwendet wurden. Wenn wir das wissen, können wir die neue Verbindung für den Transformator festlegen. Wir können beide Informationen aus der Anzeige **Virtual Segment Connection** entnehmen, denn Verbindungen untereinander in diesem Modell benötigen keine Drahtverbindungen.

Schliessen Sie das Fenster **Source Data**. (Sie brauchen nicht unbedingt ein Fenster zu schliessen, wenn Sie ein neues öffnen, sie verbessern nur die Übersicht auf Ihrem Bildschirm). Öffnen Sie die Antennenanzeige mit einem Klick auf die Taste **View Ant**. Gehen Sie in diesem Fenster zu **View > Show Virtual Seg Conn**.

Sie sehen, dass die Quelle (**Src1**) mit dem virtuellen Segment 5 verbunden ist und dass die virtuellen Segmentnummern 5 und 6 verwendet wurden. Die niederohmige Seite des Transformators geht an das Segment 5 und die Quelle wird mit der hochohmigen Seite des Transformators verbunden. Wir erzeugen für diesen Zweck das virtuelle Segment 4.

Der Transformator muss mit seinen Impedanzen an den beiden Windungen definiert werden, Das Windungsverhältnis bestimmt das Übertragungsverhalten. Im Kapitel Transformatoren ([Transformers](#)) wird die Impedanz überschlägig vorgegeben. Wir wählen 50 und 12.5 Ohm für die beiden Windungen und erhalten damit das gewünschte Übertragungsverhältnis von 4:1 .nce ratio.

Öffnen Sie das Fenster **Transformers**. Tragen Sie unter **Port 1 Specified Wire #** das virtuelle Segment **V4** ein. Geben Sie **V5** unter **Port 2 Specified Wire #** ein, das ist der

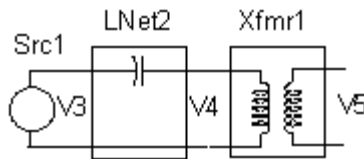
allgemeine Speisepunkt. Tragen Sie unter **Port 1 Rel Z** den Wert **50** und unter **Port 2 Rel Z** den Wert **12.5** ein. In der Spalte **Rev/Norm** ist **Normal** voreingestellt, aber für diese Anwendung uninteressant. Schliessen Sie die Eingabe mit <Enter> ab.

Damit ist die Definition des Transformators beendet. Jetzt müssen wir die Quelle an das virtuelle Segment V4, den Eingang des Transformators, legen:

Öffnen Sie das Fenster **Sources**. Ändern Sie den Eintrag e **V5** in **V4**. Drücken Sie <Enter>. Und klicken Sie auf die Taste **Src Dat**.

Die Impedanz ist jetzt viermal größer als vorher und liegt mit SWR= 1.445:1 für eine 50-Ohm-Leitung wesentlich günstiger als zuvor.

Das SWR ist eigentlich schon akzeptabel für eine übliche Anwendung, wir wollen aber versuchen, den Blindanteil von 15,24 Ohm mit einem Serien-Kondensator auch noch zu kompensieren. Eine einfache Rechnung ergibt bei 7,15 MHz und einem Blindanteil von 15,24 Ohm einen Kondensator von 1460,6 pF. Die endgültige Schaltung sieht so aus :



Wir erzeugen zusätzlich das virtuelle Segment 3 und fügen den Kondensator als L-Netzwerk ein. Dabei benötigen wir nur ein serielles Element, das parallele Element wird auf Null gesetzt.

Schliessen Sie das Fenster **Source Data** und öffnen Sie das Fenster **L Networks**. Tragen Sie zusätzlich zu dem bereits definierten Netzwerk 1 in die zwei Zeilen darunter **V3** für **Port 1** und **V4** für **Port 2** ein. Eine Netzwerk 2 wird erzeugt, Tragen Sie in der oberen Zeile des Netzwerks unter **C** den Wert **1460,6** ein. Ändern Sie in der unteren Zeile den Eintrag in der Zeile **Config** von **Ser** in **Par** mit einem rechten Klick in das Fenster.

Die Werte für R, L und C in der untersten Zeile werden unter **Par** als **Open** angezeigt. Zum Abschluss muss noch die Quelle auf **V3** geändert werden.

Schliessen Sie das Fenster **L Networks** und öffnen Sie das Fenster **Sources**. Ändern Sie die Position von **V4** in **V3** und drücken Sie <Enter>.

Das Transformationnetzwerk sieht wie in der obigen Zeichnung aus.

Klicken Sie auf die Taste **Src Dat**, um die Impedanz anzusehen.

Sie liegt jetzt bei  $Z = 43.45 - j0.2612$ . Die Reaktanz liegt nahe bei Null und das Stehwellenverhältnis ist noch weiter auf SWR = 1.151:1 zurückgegangen.

Sie finden das endgültige Projekt unter **4Square L Network Feed With Z Matching.ez**. Damit ist das Kapitel zu Track 5 abgeschlossen.

## 6. Modellaufbau (Building The Model)

### 6.1 Einführung in die Modellierung (Introduction to Modeling)

Modellierung heisst die Technik, die Leistungsfähigkeit eines Objekts auszuwerten, in dem das Objekt durch ein Modell ersetzt und dann bearbeitet wird. Das Modell kann ein physisches Objekt in verringerter Grösse sein, wie es oft für die Auswertung von HF-Antennen genommen wird. Modelle können auch rein mathematische Formeln wie bei der Schaltungsanalyse sein. Die Genauigkeit der Ergebnisse kann nie besser als die Übereinstimmung des Modells mit dem realen Objekt sein.

Das Modell eines Stromkreises aus Batterie und Widerstand wird schlecht funktionieren, wenn die Batterie alt ist und das Modell keinen Innenwiderstand der Batterie enthält. Das Modell einer UHF-Schaltung wird schlecht funktionieren, wenn nicht alle induktiven und kapazitiven Effekte berücksichtigt werden.

Sie sollten sich daher mit den Grenzen der Modellierungswerkzeuge und ihren Eigenschaften vertraut machen. Das Handbuch hilft Ihnen bei diesem Vorhaben.

Wenn **EZNEC** geschickt innerhalb seiner Grenzen genutzt wird, kann es eine bemerkenswert genaue Arbeit bei der Vorhersage der Leistungsfähigkeit einer Antenne liefern. Denken Sie aber daran : Es wird ein Modell analysiert, nicht eine reale Antenne. Die Genauigkeit der Berechnung ist begrenzt durch die Genauigkeit, mit der das Modell und seine Umgebung der Wirklichkeit nachgeformt werden. Mitunter sind die Werkzeuge für eine genaue Modellierung nicht vorhanden, so dass nur angenäherte Ergebnisse erreicht werden können. Sie können z.B. einen Parabolspiegel durch ein Drahtgitter nachbilden, werden aber die schwachen Nebenkeulen und Daten, die durch Unregelmäßigkeiten in der Spiegeloberfläche entstehen, nicht genau vorhersagen können. Doch für die meisten Antennen sind die Ergebnisse in einem weiten Bereich für den praktischen Betrieb mehr als ausreichend.

Der Aufbau eines guten Modells und die Interpretation der Ergebnisse verlangen einigermaßen Mass an Sachverstand. Das Handbuch hat das Ziel, Ihnen zu diesem Sachverstand zu verhelfen und Sie zu guten Ergebnissen zu führen.

Wir empfehlen Ihnen, sich erst mit der [Testmaschine](#) vertraut zu machen, ehe Sie dieses Kapitel durchlesen.

### 6.2 Modellierung mit EZNEC (Modeling With EZNEC)

Alle Antennenmodelle werden aus **EZNEC** – Komponenten zusammengestellt : Drähte (**wires**), eingefügte Objekte (**insertion objects**), Quellen (Speisung, **sources**), Lasten (konzentrierte Bauelemente, **loads**), Speiseleitungen (**transmission lines**) und der Boden unter der Antenne (**ground media**). Die Genauigkeit des Modells hängt davon ab, wie genau die aktuelle Antenne und ihre Umgebung durch das aus diesen Elementen zusammengestellte Modell repräsentiert wird. Ein gestreckter Draht oder ein Metallrohr lassen sich mit hoher Genauigkeit nachbilden. Eine Drahtschleife (Loop) oder eine flache Metallplatte müssen angenähert werden, ein zu einer Helix gedrehter Dipol entzieht sich der genauen Modellierung mit den Werkzeugen von **EZNEC**. Aber ein grosser Bereich von Objekten kann mit **EZNEC** erfolgreich modelliert werden.

Zu allen **EZNEC** – Operationen wird vom **Hauptmenü (Control Center)** zugegriffen. Das Hauptmenü wird nach dem Start von **EZNEC** geöffnet und bleibt offen, solange **EZNEC** läuft.. In den folgenden Kapiteln werden Ihnen die zum Bau eines Modells benötigten Werkzeuge erläutert.

Sie können sich über die Links zusätzliche Informationen holen.

## 6.3 Beschreibungsdatei öffnen (Opening The Description File)

**EZNEC** öffnet nicht mit einem leeren Fenster, sondern es ist immer die zuletzt bearbeitete Antenne zu sehen. Es ist hilfreich, sich einen Bestand an Mustern (**templates**) zu schaffen und sich bei der Bearbeitung eines neuen Modells an einem ähnlichen Objekt zu orientieren und dieses im Verlauf der Bearbeitung zu modifizieren.

Eine Antennenbeschreibung wird aus dem Hauptmenü mit **Open** geöffnet. Sie können auch über das Menü **File > Open Description** gehen.

Falls **EZNEC** noch gestartet ist, können Sie es öffnen, indem Sie eine Beschreibungsdatei \*.**ez** auf das **EZNEC**-Icon auf dem Desktop ziehen oder auf eine \*.**ez**-Datei im Windows-Explorer doppelt klicken.

Nur **EZNEC pro**: Wenn Sie eine Datei im NEC-Format öffnen wollen, fügen Sie dem Namen die Dateierweiterung \*.NEC zu. Speichern Sie die Datei auch mit der Erweiterung \*.NEC ab.

## 6.4 Antennenstruktur modellieren : Drähte (Modeling The Antenna Structure: Wires )

### 6.4.1 Über Drähte (About Wires)

Wenn Sie eine Antenne modellieren, werden Sie die meiste Zeit damit zubringen, die physikalische Struktur der Antennendrähte nachzubilden. Damit beschäftigt sich dieses Kapitel.

Wichtig zu wissen ist das **EZNEC** nicht zwischen der eigentlichen Antenne und anderen Leitern im Modell unterscheiden kann. Wenn Sie z.B. den Mast, die Dachrinnen, den Maschendrahtzaun oder andere Antennen mit in das Modell eingebaut haben, hält **EZNEC** diese leitenden Teile als zur "Antenne" gehörend und übernimmt sie zur Berechnung mit in das Modell. Das ganze System ist ein gekoppeltes System wie in der realen Welt. Ich habe oft die mitunter merkwürdigen Ergebnisse kommentiert, die Amateure mit verschiedenen Antennen auf kleinem Raum hatten. Sie haben dann eine Antennen mit verschiedenen Speisepunkten. Und genauso wird so ein System von **EZNEC** gesehen.

Alle Antennen in einem **EZNEC-Pro/2**modell werden aus Drähten (**wires**) gemacht . In diesem Handbuch bezieht sich **EZNEC** auf die mit **Draht** bezeichnete Komponente dieses Namens. Der reale Draht wird als „physikalischer Draht“ bezeichnet. Der Draht von **EZNEC** ist das idealisierte Modell einer realen Sache. Mit den **EZNEC**-Drähten werden auch andere physikalische Objekte wie Teleskoprohre oder Drahtgitter als flache leitende Oberflächen modelliert.

Die **EZNEC-Pro/2**modelle setzen jede Antennen aus einer Anordnung von gestreckten geraden Drähten zusammen. Die Bezeichnung **gerade** ist wichtig ! Eine runde Schleife muss als Polygon aus mehreren geraden Drähten modelliert werden. Der Drahtdurchmesser ist frei wählbar und das Programm liefert genaue Ergebnisse von dünnen Drähten bis zu einem Durchmesser von 0,02 Wellenlängen. Fast jede leitende Struktur kann aus Drähten modelliert werden , wenn es auch nicht in jedem Fall praktisch ist oder eine große Genauigkeit erreicht wird. Eine Metallwand kann als Gitter aus Drähten im Abstand von 0,1 Wellenlängen oder weniger modelliert werden,

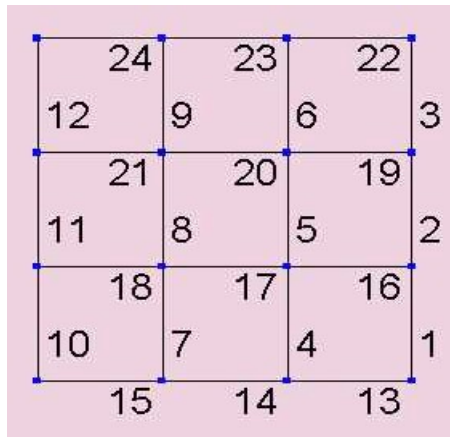
Sie teilen **EZNEC** durch die Angabe der Koordinaten x, y und z mit, wo die Drähte bezogen auf den Koordinatenursprung bei 0,0,0 angeordnet sind. Sie können den Koordinatenursprung frei wählen, müssen aber beachten, dass bei z=0 die Höhe über Grund beginnt. Ergänzende Einschränkungen sind zu beachten, wenn zwei verschiedene Grundmedien im Modell enthalten sind.

**EZNEC** verfügt über mehrere Möglichkeiten, die Eingabe der Koordinaten so einfach wie möglich zu gestalten. Diese Möglichkeiten werden im Kapitel [Kurzzufe zur Drahtbearbeitung](#) beschrieben.

Drähte werden immer dann als miteinander verbunden betrachtet, wenn die Enden die gleichen Koordinaten haben (genauer : wenn Sie innerhalb einer 1/1000 Segmentlänge liegen) Die Drähte können nur an ihren Enden verbunden werden. Wenn die Option **Auto Coordinate Match** (automatische Koordinatenangleichung) gewählt ist (voreingestellt), werden die nahe genug aneinander liegenden Drähte verbunden und auf die gleiche Koordinate gebracht. Falls ein Erdboden in die Berechnung einbezogen ist, werden Drähte, deren Z-Koordinate im Bereich einer 1/1000 Segmentlänge liegt, von **EZNEC** auf exakt Z=0 und geerdet modifiziert. (Beachten : Für hohe Genauigkeit des Bodens ist diese Verbindung als verlustbehaftet (resistiv) zu betrachten)

Ernsthafte Fehler können auftreten, wenn sich Drähte kreuzen oder den gleichen Raum belegen. Drähte können nur an den Enden miteinander verbunden werden. Eine einfache Kreuzung verbindet sie nicht und kann erhebliche Rechenfehler bewirken. Eine X-Anordnung muss z.B. aus vier Drähten modelliert werden, die in der Mitte miteinander verbunden werden. Bei einer Kreuzung an den Segmentenden nimmt die Maschine eine Verbindung an und es können erhebliche Fehler entstehen. Diese Scheinverbindung wird mit jeder Änderung der Drahtlänge und der Anordnung wieder aufgehoben.

Dieses Gitter muss mit 24 Drähten so modelliert werden :



Jede Seite der verbundenen Quadrate muss ein getrennter Draht sein !

Ein weiteres Problem ist der Abstand zwischen zwei Drähten. Wenn sie parallel zueinander laufen, aber nicht miteinander verbunden sind, werden sie von vielen Nutzern viel zu nahe aneinander gelegt, mitunter auf ein paar Millimeter bei Wellenlängen von mehreren zehn Metern. Das kann zu numerischen Problemen führen und das Programm bekommt Probleme mit 40 Meter langen Drähten, die nur Millimeter auseinander liegen. Verwenden Sie einen realistischen Abstand, nehmen Sie z.B. bei einer Antenne für 3 MHz einen Abstand von 15 cm, dann dürfte es keine Probleme geben. Sollten Sie solche Abstände nicht wählen können, dann stellen Sie sicher, dass die Ergebnisse nicht zu stark von dem Abstand und der Zahl der Segmente abhängen, weil es sonst numerische Probleme geben kann.

Mehr Informationen zu [Drähten mit geringem Abstand](#) und [Drähten im spitzen Winkel](#) erhalten Sie in den folgenden Kapiteln.

Die Drähte werden für die Berechnung in Segmente aufgeteilt und eine gute Segmentierung ist die Grundlage für genaue Ergebnisse. Informieren Sie sich im Kapitel [Segmentierung](#) über weitere Informationen zu diesem wichtigen Punkt.

Die meisten NEC-Richtlinien werden mit der Segmentprüfung (**Segmentation Check**) überwacht. Diese Prüfung läuft automatisch, wenn Sie eine Datei öffnen oder die Beschreibung eines Drahtes ändern, sie können die Prüfung aber auch manuell zu jeder Zeit starten. Es gibt zwei Richtlinienätze, einen konservativen und einen minimal empfohlenen. Mit dem konservativen Satz werden mehr Segmente vorgesehen und eine höhere Genauigkeit erreicht als mit den minimalen Empfehlungen. Es ist nicht möglich, eine Genauigkeitsangabe für die beiden Sätze zu machen, denn die kleinen Fehler in Amplitude und Verteilung der Ströme variieren stark und hängen vom Antennentyp und der Rolle, die einzelne Drähte spielen, ab. Als generelle Regel sollten Sie mehr konservative Regeln bei Antennen mit einer geringen Bandbreite oder mit parasitären Elementen, wie Yagis, verwenden. Informieren Sie sich im Kapitel [Segmentierung](#). Ernsthafte Fehler, wie die Kreuzung und Überlappung von Drähten werden ermittelt. Sie können die Richtlinienprüfung zu jeder Zeit manuell starten. Sie wird grundsätzlich vor jeder Berechnung ausgelöst. Im Gegensatz zur Segmentierungsprüfung können Sie die Richtlinienprüfung nicht abschalten. **EZNEC** bricht die Berechnung ab, wenn es Geometriefehler feststellt. Beachten Sie aber, dass die Richtlinienprüfung Sie nicht vor allen möglichen Fehlern bewahrt und dass auch der Nutzer sein Wissen und seine Sorgfältigkeit einbringen muss.

Im Kapitel [Spezialfälle](#) werden einige besondere Fälle der Modellierung behandelt. Weitere Angaben zum Draht-Fenster (**Wires Window**) und der Antennenansicht (**View Antenna Display**) finden Sie im Kapitel [Referenzen](#).

## 6.4.2 Segmentierung (Segmentation)

Jeder Draht wird für die Analyse in Segmente aufgeteilt. Die NEC-Rechenmaschine nimmt an, dass der Strom über die Länge eines Segment einen angenähert sinusförmigen Verlauf hat und dass die Ströme an den Verbindungsstellen übereinstimmen. Mit dieser Aufteilung wird eine endliche Anzahl an Impedanzen, Strömen und Feldverteilungen gefunden. Ein Problem bei der Modellierung ist es, die richtige Zahl an Segmenten zu wählen. **EZNEC** legt für Sie, falls Sie die automatische Segmentierung gewählt haben, eine Segmentzahl fest, aber diese Wahl ist nicht in jedem Fall die beste. Im allgemeinen erhöht sich die Genauigkeit der Berechnung mit der Zahl der Segmente, die Rechenzeit steigt etwas mit dem Quadrat der Segmentzahl. Eine gute Faustregel ist es, etwas 10 Segmente pro halbe Wellenlänge für die Analyse des Antennendiagramms zu nehmen und diese Zahl für genaue Berechnungen zu verdoppeln. Drähte, die zu einander im sehr spitzen Winkel verlaufen, benötigen mehr Segmenten (siehe [Spitze Winkel \(Acute Angles\)](#)).

Falls Sie im Zweifel sind, ob die gewählte Segmentzahl ausreicht, erhöhen Sie die Segmentzahl bei einer Berechnung und prüfen Sie, in wieviel sich das Rechenergebnis ändert. Sehen Sie sich auch das Verhalten der Ströme auf den Drähten an. Ein abrupter Sprung deutet darauf hin, dass die Segmentzahl nicht ausreichend ist. Abrupte Phasensprünge an den Verbindungsstellen können aber durch interne Festlegungen zur Stromrichtung entstehen, sehen Sie dazu im Kapitel [Ergebnisse auswerten](#) nach.

Eine Stelle, bei der eine höhere Segmentzahl nicht besser ist, sind Drähte mit verschiedenem Durchmesser, die miteinander verbunden sind. **EZNEC** kann dann die Durchmesserabstufung nicht richtig korrigieren. Mit der NEC-4-Maschine in **EZNEC-Pro/4** tritt dieses Problem nicht auf. Sehen Sie im Kapitel [Schrittweise Durchmesserkorrektur](#) nach.

Das Festlegen einer angepassten Zahl von Segmenten ist aber nicht so schwer wie es aussieht. Sie bekommen schnell ein Gefühl dafür, wie viele Segmente Sie benötigen, um ein Richtdiagramm oder die Impedanz im Speisepunkt mit der gewünschten Genauigkeit zu berechnen. Wenn Sie ein Problem mit einem schlechten durchschnittlichen Gewinn (poor average gain) feststellen, ist oft die Änderung der Segmentierung die Lösung.

Wenn man sich Modelle von **EZNEC** – Nutzern ansieht, stellt man fest, dass die meisten Nutzer mehr Segmente als nötig verwenden. In kleinen Modellen ist das kein Nachteil, aber die Rechenzeit wird unnötig verlängert und oft reicht die Anzahl der vom Programm zur Verfügung stehenden Segmentzahl nicht aus. Ein wichtiger Gesichtspunkt ist, dass ein Draht, der nur wenig Strom führt, auch wenig zum Gesamtfeld beiträgt. Diese Drähte kommen dann mit weniger Segmenten als die „minimal empfohlene“ Zahl oder können sogar aus dem Modell entfernt werden. Eine Ausnahme ist aber, wenn ein besonders hohes Vor-Rück-Verhältnis oder eine tiefe Nullstelle im Diagramm erreicht werden, sollen, dürfen diese Drähte nicht entfernt werden, weil sie dann auch mit ihren

geringen Stromanteilen einen Beitrag zum Gesamtergebnis liefern.

Soll der Einfluss einer in der Nähe stehenden ungespeisten Antenne untersucht werden, kann sie in der Regel stark vereinfacht und mit einer geringeren Segmentzahl modelliert werden. Die Elemente eines 20m-Beam sind auf 15m nicht resonant, sie können mit einem konstanten Durchmesser und untersegmentiert modelliert werden, wenn ihr Einfluss auf den 15m-Beam untersucht werden soll. Informieren Sie sich im Kapitel über [Log-periodische Antennen](#), wie man diesen Antennentyp segmentiert, dann bekommen Sie eine Vorstellung, wie sie bei anderen Antennen vorgehen können. Im Kapitel zu den [Spezialfällen](#) finden Sie weitere Beispiele für die Segmentzahl- und -länge, die unter bestimmten Voraussetzungen sinnvoll sind. Sie finden dort auch weitere Links.

**EZNEC** erlaubt insgesamt 500 Segmente, **EZNEC pro** mit den Programmen **EZNEC-Pro/2** und **EZNEC-Pro/4** erlaubt 10 000 Segmente.

### 6.4.3 Draht-Fenster verwenden (Using The Wires Window)

Anders als das Hauptmenü ist das Draht-Fenster der Teil des Programm, in dem Sie die meisten Einträge machen werden. In diesem Fenster wird die Struktur der Antenne definiert. Die Antenne wird aus geraden Drähten zusammengesetzt. Die Anordnung, der Durchmesser und die Verbindung der Drähte untereinander werden im Draht-Fenster festgelegt.

Das Draht-Fenster wird durch einen Klick auf die Zeile **Wires** im Hauptmenü geöffnet. Die Drähte werden durch Eingabe ihrer Koordinaten in die zugehörigen Zellen definiert. Die Menüs und die Auswahl in den folgenden Abschnitten bezieht sich auf das Draht-Fenster. Falls nicht anders angegeben, beziehen sich Folgen wie **Wire/Add** auf das Draht-Menü im Draht-Fenster.

Sie können zahlreiche Strukturen wie Loops oder Helicals ohne die Angabe der einzelnen Koordinaten definieren. Auch Drähte oder Gruppen von Drähten können einfach modifiziert und kopiert werden. Sie können mit einem einfachen Modell anfangen und dann die Drähte Ihrem aktuellen Entwurf anpassen.

#### Drähte hinzufügen (Adding Wires)

Wollen Sie Drähte hinzufügen, wählen Sie das Menü **Wire > Add**. Tragen Sie die Anzahl der hinzuzufügenden Drähte in das obere Feld (**Number of wires to add**) ein. Wenn Sie das untere Feld (**Insert above wire** = Einfügen über Draht-Nr.) freilassen, werden die Drähte nach den schon in der Liste stehenden Drähten angehängt. Geben Sie eine Position ein, werden der/die neuen Drähte vor dem angegebenen Draht eingefügt.

Wenn Sie nur einen Draht zufügen wollen, klicken Sie in die freie Reihe mit dem Stern. Die Eingaben werden mit **Enter** oder einem Klick in die neue Reihe übernommen.

#### Endkoordinaten eingeben (Entering End Coordinates)

Die Koordinaten werden in das zugehörige Feld eingetragen. Sie können auch mit Kurzurufen modifiziert werden.

**Achtung** : Die Zahlen müssen mit dem Dezimal-Separator eingegeben werden, auf den der Rechner eingestellt ist, also bei deutschen Rechner mit einem Komma (nicht mit einem Punkt).

#### Drahtdurchmesser eingeben (Entering Wire Diameter)

Der Drahtdurchmesser kann in Werten der **American Wire Gauge (AWG)** eingegeben werden. Dem Tabellenwert ist ein # voranzustellen. Für einen Draht nach AWG 12 wird #12 eingetragen. Beachten : Der mit AWG-Werten angegebene Drahtdurchmesser wird mit der Frequenz nicht normalerweise nicht skaliert. Hier kann die Möglichkeit Draht skalieren (**Scale Wires**) eingesetzt werden.

**Hinweis DM3ML** : Der Drahtdurchmesser wird sonst je nach unter Units gewählter Maßeinheit in



Millimetern (mm) oder Zoll (in) eingeben,

### **Segmentanzahl eingeben (Entering The Number of Segments)**

Die Zahl der Segmente wird in der Spalte **Segs** eingetragen. Die Wahl der Segmente ist eine Frage von Erfahrung und Gefühl. Siehe [Segmentierung](#).

### **Drähte auswählen (Selecting Wires)**

Sollen Drähte kopiert, gelöscht oder verschoben werden, müssen sie zuerst ausgewählt werden. Drähte können zusätzlich ausgewählt und als Gruppe modifiziert (**Group Modify**) werden. Zur Auswahl eines Drahtes klicken Sie auf das linke Feld der entsprechenden Reihe. Die Reihe wird markiert (blau hinterlegt). Wollen Sie weitere Drähte markieren, halten Sie die CTRL (Strg)-Taste gedrückt und klicken weitere Drähte an. Wollen Sie eine zusammenliegende Gruppe von Drähten markieren, klicken Sie die erste Reihe an, halten die Shift-Taste gedrückt und klicken dann den letzten Draht der Gruppe an.

### **Drähte löschen (Deleting Wires)**

Wollen Sie einen markierten Draht oder eine markierte Gruppe löschen, drücken Sie die Delete (Entf)-Taste der Tastatur oder wählen Sie **Wire > Delete**.

### **Drahtpositionen in der Liste ändern (Changing the Position of Wires in the List)**

Markieren Sie den Draht oder die Drähte, die verlegt werden sollen, und wählen Sie im Menü **Wire > Move Wires in List**. Sie werden nach dem ersten und letzten Draht (**first/last wire**) und dem Ort zu dem sie verschoben werden sollen (**insert above** = einfügen über) gefragt.

### **Drähte kopieren, verschieben und drehen (Copying, Moving and Rotating Wires)**

Wählen Sie die Drähte, die Sie kopieren, verschieben oder drehen wollen wie oben beschrieben. Gehen Sie dann ins Menü **Wire > Copy Wires, Move Wires XYZ, Rotate Wires**. In den sich öffnenden individuellen Dialogfenstern können Sie gewünschte Aktion auswählen. Sie können auch die Aktion zuerst wählen und dann die zugehörigen Drähte markieren, die kopiert oder verschoben werden sollen, markieren.

### **Drähte skalieren (Scaling Wires)**

Länge und optional der Durchmesser von Drähten bei einer beliebigen Auswahl von Drähten können mit einem konstanten Faktor unter **Scale Wires** im Drahtmenü **Wire** multipliziert werden. Beachten Sie dabei, dass sich dabei beide Drahtenden verschieben unabhängig davon, ob ein Drahtende als Ausgang angegeben ist. Wollen Sie die Drahtlänge unter Berücksichtigung des festgelegten Endes ändern, verwenden Sie den Menüpunkt **Change Length By** oder **Change Length To**.

### **Mehrfach-Verlagerungen und/oder rotierte Kopien von Drähten erzeugen (Making Multiple Offset and/or Rotated Copies of Wires (EZNEC+, EZNEC Pro only))**

Sie können Mehrfachverlagerungen und/oder rotierte Kopien eines Drahtes oder einer Gruppe von Drähten mit dem Menüpunkt **Make Multiple Copies** im Menü **Wire** erzeugen. Jede Kopie und/oder Rotation kann gegenüber den Ausgang um einen festgelegten Betrag verschoben oder gedreht werden. Sie können mit diesem Menüpunkt auch Drähte oder eine Gruppe von Drähten ohne sie zu kopieren verschieben, aber dafür gibt es leichter zu nutzende Werkzeuge.

### **Zylindrische Strukturen erzeugen (Making a Cylindrical Structure (EZNEC+, EZNEC Pro only))**

Dieses Werkzeug erzeugt Kopien von ausgewählten Drähten und ordnet sie in einem gleichmässig geteilten Kreis um die Z-Achse an. Wählen Sie den Menüpunkt **Make Cylindrical Struct** im Menü **Wire**.

### **Reflektierte Drähte in einer Ebene (Reflecting Wires in a Plane (EZNEC+, EZNEC pro only))**

Sie können eine Kopie von ausgewählten Drähten wie reflektiert in jeder der drei Hauptachsen anlegen, wenn Sie den Menüpunkt **Reflect Wires** im Menü **Wire** verwenden. Beachten Sie dabei, dass die Richtung der reflektierten Drähte mitunter umgekehrt zur Originalrichtung abhängig von ihrer früheren Orientierung und der Lage der Reflektionsfläche liegen kann. Der Winkel der kopierten Quelle muss dann auf 180° geändert werden, um das gewünschte Resultat zu erreichen.

### **Drähte modifizieren (Modifying Wires)**

Drähte können individuell oder – falls gewünscht – als Gruppe (**Group Modify**) modifiziert werden. Das Verfahren ist das gleiche, nur im Menü muss **Wire > Group Modify** vorher gewählt werden.

Als einfache Änderung wird lediglich der neue Wert anstelle des alten in ein Feld eingetragen und mit **Enter** oder einem Klick auf eine andere Zelle bestätigt. **EZNEC** verfügt aber über eine Reihe von Kurzrufen, mit denen Modifikationen einfach durchgeführt werden können. Diese Kurzrufe stehen im Kapitel [Kurzrufe zur Drahtbearbeitung](#)

### **Gruppe von Drähten modifizieren (Modifying A Group of Wires – Group Modify)**

Wählen Sie **Wire > Group Modify**

### **Antennenhöhe ändern (Changing the Antenna Height)**

Um die Höhe einer Antenne oder einer Gruppe von Drähten zu ändern, gehen Sie zum Menü **Other > Change Height By** und geben Sie dort an, in welche Richtung und um welchen Betrag die Antennenhöhe geändert werden soll. Dieser Menüpunkt ändert alle Z-Koordinaten um den eingegebenen Betrag.

### **Drahtkoordinaten drucken oder speichern (Printing or Saving the Wire Coordinates)**

Wählen Sie im Menü **Other > Print/Save Wire List**. Damit wird ein **EZNEC**-Editor mit einer formatierten Liste der Drahtkoordinaten geöffnet. Sie können die Daten aus diesem Fenster heraus ausdrucken oder abspeichern. Mit dem Menü [Outputs](#) im Hauptmenü haben Sie ein erweitertes Angebot auch für Quellen und Lasten.

### **Weitere Möglichkeiten (Other Features)**

**EZNEC** hat eine Reihe von leistungsfähigen Werkzeugen, um eine Gruppe von Drähten im Drahtfenster über das Drahtmenü (**Wires menu**) zu modifizieren. Informieren Sie sich auch über das **Create Menü** im Abschnitt [Ergänzende Drahteigenschaften \(Advanced Wire Features\)](#)

**Drahtinformation (Wire Information)** : Mit einem rechten Mausklick in das am weitesten links liegende Feld einer Reihe wird Draht- und Segmentlänge angezeigt.

**Drähte importieren (Importing Wires)** : Sie können die Koordinaten von Drähten aus einer einfachen ASCII-Datei importieren. Die Daten können aus einem anderen Programm stammen. Rufen Sie **Other > Import Wires from ASCII File** und wählen Sie dort, ob die Drähte importiert (**Add to existing wires**) oder die vorhandenen Drähte überschrieben (**Replace existing wires**) werden sollen. Informieren Sie sich im Kapitel [Drahtkoordinaten importieren](#).

**Einheiten ändern, Zahlen behalten (Change Units, Retain Numbers)** : Mitunter haben Sie nicht aufgepasst, die Einheitenwahl steht noch auf Fuß und Zoll, sie haben aber die Angaben in Metern und Millimetern eingetragen, Mit **Other > Change Units, Retain Numbers** können Sie den Einheitensatz umschalten, aber die eingetragenen Werte bleiben wie sie sind.

**Koordinierte Eingabe (Coord Entry Mode)** : Wenn Sie einen Haken in das Feld oberhalb der Drahttabelle machen, werden alle Spalten ausser der Drahtspalten übersprungen. Sie können damit schneller eine große Anzahl von Drahtkoordinaten eingeben.

**Verbindungen aufbewahren (Preserve Connections)** . Dies ist ein leistungsfähiges Werkzeug. Es muss aber mit Vorsicht benutzt werden. Sichern Sie die Antennenbeschreibung bevor sie Modifikationen mit diesem Werkzeug machen und behalten Sie die Antennenansicht im Auge. Wenn Sie das Werkzeug zugeschaltet haben und ein Drahtende verändern, werden alle damit verbundenen Drähte ebenfalls geändert, ihre Verbindung wird „aufbewahrt“. Wenn ausgewählte Drähte geändert und andere Verbindungen vorgenommen werden, kann es vorkommen, dass Sie nicht vorhersehbare Ergebnisse erhalten. Sichern Sie deswegen vorher die bisherige Beschreibung und stellen Sie bei der neuen Modifikation sicher, dass sie richtig ausgeführt wurde, ehe Sie die nächste Modifikation ausführen. Das Feld **Verbindungen aufbewahren** wird mit jedem Schließen des Draht-Fensters abgeschaltet.

Eine Reihe anderer Möglichkeiten wird im Kapitel [Referenzen](#) beschrieben

**Tipp:** Schalten Sie immer die Antennenansicht zu, wenn Sie Änderungen im Draht-Fenster machen. Sie sehen dann sofort, wie sich die Änderungen auswirken.

#### 6.4.4 Kurzrufe zur Drahtbearbeitung (Wire Coordinate Shortcuts)

*EZNEC hat einige leistungsfähige Werkzeuge, mit denen man Drähte ohne Eingabe der Koordinaten eingeben oder modifizieren kann. Sie können problemlos die Länge ändern oder das Ende eines Drahtes drehen. Die Kurzrufe können auf einzelne Drähte oder Gruppen von Drähten angewandt werden.*

Die Kurzrufe können entweder mit einem rechten Mausklick in eine Zelle gerufen werden oder in die Zelle kann ein spezieller Eintrag gemacht werden. Diese Einträge können in Groß- oder Kleinbuchstaben gemacht werden.

Mit einem rechten Mausklick öffnet sich ein Menü. Willen Sie z.B. das Ende 1 von Draht 4 mit dem Ende 2 von Draht 3 verbinden, klicken Sie rechts in die Koordinaten des Drahts 4 und tragen im Menü **Connect End To** eine 3 für den Draht und eine 2 für das Ende in die vorgesehenen Felder ein.

Falls nicht anderes angegeben, bezieht sich der Kurzruf nur auf das Ende des Drahtes, in dessen Felder der Mauscursor bei dem rechten Klick gesetzt wurde. Dieses Ende wird als **current end** (aktuelles Ende) bezeichnet. Sollen mehrere Drähte gleichzeitig geändert werden, sind sie vorher anzuwählen und mit **Group modify** zu einer Gruppe zusammenzufassen und zusammen zu editieren.

Die Kurzrufe mit Ausnahme von **Change Coordinate By** (Koordinaten ändern durch ..) können alle drei Endekoordinaten X,Y,Z ändern unabhängig davon in welches Feld der Cursor gesetzt oder welche Abkürzung eingetragen wurde.

**Für internationale Nutzer bitte beachten** : Gleitkommazahlen müssen mit dem richtigen Dezimaltrennzeichen eingegeben werden (für deutsche Nutzer : mit Komma, nicht mit Punkt)

**Hinweis** : In der leeren unteren Reihe (**Add Row**) kann nur der Kurzruf **Connect End To** (Verbinden mit..) eingetragen werden.

**Connect End To Add Row** (Verbinden mit..)

Mit diesem Menüpunkt wird in der Regel ein Draht mit einem anderen verbunden. Geben Sie ein, mit welchem Ende eines anderen Drahtes das aktuelle Ende des Drahtes verbunden werden soll. Die können in das Feld Conn auch die Abkürzung **W#E#** eintragen, das # steht für Draht-Nummer **W** und Drahtende **E**.

**Change Coordinate By** (Koordinate ändern um..)

Dieser Kurzruf addiert oder subtrahiert den eingegebenen Wert von der angeklickten Koordinate. Die Änderung bezieht sich im Gegensatz zu den anderen Kurzrufen nur auf die eine angewählte Koordinate. Wollen Sie z.B. die Y-Koordinate von Draht 4/Ende 2 um 3 verändern, klicken Sie die Zelle an und geben -3 in das Feld **Amount** ein. Als Text können Sie den Text als **++#** oder **- #** eingeben

**Change Length By** (Länge ändern um ..)

Dieser Kurzruf ändert die Drahtlänge um den eingegebenen Betrag. Das andere Ende bleibt unverändert, die Drahtrichtung bleibt erhalten. Als Text können Sie die Abkürzungen **L+#** oder **L-#** eintragen. Drähte mit einer Null-Länge können auf diese Weise nicht verändert werden, da die Richtung nicht definiert ist.

**Change Length To** (Länge ändern auf..)

Dieser Kurzruf ändert die Drahtlänge auf den eingegebenen Betrag. Das andere Ende bleibt unverändert, die Drahtrichtung bleibt erhalten. Als Text können Sie die Abkürzungen **L#** eintragen. Drähte mit einer Null-Länge können auf diese Weise nicht verändert werden, da die Richtung nicht definiert ist.

**Multiply Length By, Divide Length By** (Länge multiplizieren/dividieren durch..)

Diese Funktion entspricht **Change Length By** (Länge ändern um ..), die Länge wird aber durch einen eingegebenen Faktor **#** multipliziert oder dividiert. Als Text können Sie die Abkürzungen **L\*#** für die Multiplikation oder **L/#** für die Division eingeben.

**Elevation Rotate End, Azimuth Rotate End** (Ende in Elevation / Azimuth drehen)

Dieser Kurzruf dreht das Ende eines Drahtes um einen eingegebenen Winkel. Das andere Ende des Drahtes bleibt fest. Bei der Elevation wird mit einem positiven Winkel der Draht nach oben und mit einem negativen Winkel nach unten gedreht. Bei der Drehung im Azimuth wird der Draht mit einem positiven Wert in der Gegenuhrzeigerrichtung und mit einem negativen Wert in Uhrzeigerrichtung gedreht. Nach der Elevationsdrehung bleibt der Azimuthwinkel erhalten. Ein senkrechter oder fast senkrechter Draht kann in der Elevation nicht gedreht werden, denn sein Azimuthwinkel ist nicht definiert. Bei einer Drehung im Azimuth bleibt der Elevationswinkel unverändert. Die Texteingänge für diese Änderungen sind **RE#** für die Elevation und **RA#** für den Azimuth. **#** gibt die Änderung in Grad an und kann positiv oder negativ sein.

Informieren Sie sich über weitere Einzelheiten im Kapitel [Referenzen](#) .

## 6.4.5 Drahtverluste (Wire Loss)

Realistische Drahtverluste können in das Modell eingebaut werden. In der großen Mehrzahl von Antennen spielen Drahtverluste nur eine untergeordnete Rolle, sie können aber speziell bei elektrisch kleinen Antennen interessant werden. Für ein Antennenmodell kann im Moment nur eine Art von Widerstand oder Permeabilität berücksichtigt werden. Falls die Eigenschaften der Antenne von den Eigenschaften eines Materials dominiert und seine Charakteristika gewählt werden, liefern die Berechnungen gute Ergebnisse. Ist das Metall platiert, sollten die Eigenschaften der Platingierung so lange gewählt werden, wie die Platingierung nicht zu dünn oder die Frequenz zu niedrig ist. **EZNEC** setzt bei der Analyse voraus, dass das Material deutlich dicker als die Eindringtiefe ist. Stahladrähte mit einer dicken Kupferschicht werden als Kupfer behandelt.

Sind Sie sich nicht sicher, wie stark die Platingierung ist, machen Sie eine Rechnung mit dem platierten Metall und dann mit der Unterlage. Die Leistungsfähigkeit Ihrer Antenne wird dann zwischen diesen beiden Werten liegen. Die Ergebnisse sind ausreichend, um Ihren Entwurf beurteilen zu können.

Sie können im Hauptmenü die Zeile Drahtverluste (**Wire Loss**) anklicken und im sich öffnenden Menü das Material aussuchen oder Werte für Widerstand und Permeabilität eingeben.

**Bitte beachten:** Bei **EZNEC** wird der spezifische Widerstand des Metalls, nicht der Gleichspannungs- oder der HF-Widerstand einer Länge des Drahtes verwendet. Der spezifische Widerstand ändert sich nicht mit dem Drahtdurchmesser und ist ein Maß für das Metall des Drahtes oder der Plattierung des Drahtes. **EZNEC** nimmt dabei an, dass die Plattierung ein Mehrfaches der Eindringtiefe (skin depths) dick ist. **EZNEC** berechnet die Eindringtiefe aus dem spezifischen Widerstand und der Frequenz und berechnet den Drahtwiderstand bei vorgegebenem Drahtdurchmesser daraus. Sie können den spezifischen Widerstand bei bekanntem Widerstand je Längeneinheit für einen unplattierten oder beschichteten Draht nach der Formel  $R_b = R' \cdot A$  berechnen, wobei  $R_b$  der spezifische Widerstand in Ohm-Metern,  $R'$  der Widerstand in Ohm je Meter und  $A$  der Querschnitt des Drahts in Quadratmetern ist.

Der Drahtverlust ist vor allem bei Modellen mit einem niedrigen Eingangswiderstand wichtig, hier kann der Drahtverlust eine wesentliche Rolle spielen. Sie können den Anteil der Drahtverluste bestimmen, wenn Sie ein Modell erst als verlustfrei annehmen (Wire loss = Zero) und es dann mit einem konkreten Material durchrechnen und den Gewinn vergleichen.

Ist in Ihrem Modell der Widerstand am Speisepunkt sehr niedrig und hat Ihr Modell nur einen Speisepunkt, sollten Sie versuchsweise den Drahtverlust auf Null setzen. Ergibt sich dann ein negativer Widerstand hat Ihr Modell numerische Probleme, die nur durch den Drahtverlust überspielt werden. Informieren Sie sich im Kapitel [Quellenanordnung](#) über diese Probleme.

#### 6.4.6 Drahtisolation (Wire Insulation)

Wichtiger Hinweis : Das Werkzeug zur Berücksichtigung der Drahtisolation ist ausreichend genau nur für eine dünne Isolation und der Dielektrizitätskonstante einer üblichen Drahtisolation. Versuche, dieses Werkzeug für darüber hinaus gehende Zwecke als der Simulation einer Drahtisolation zu verwenden, können zu ungenauen Ergebnissen führen.

**EZNEC v. 5.0** kann den Effekt der Drahtisolation berücksichtigen. Die Pro-Programme berücksichtigen auch den Verlust durch die Isolation, aber diese Verluste haben normalerweise keinen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit einer Antenne. Die Berücksichtigung dieser Verluste ist nur unter aussergewöhnlichen Umständen zu berücksichtigen. Die Parameter der Isolation werden in neue Spalten im Drahtfenster (**Wires Window**) eingetragen. Diese Spalten können über ein Feld im Gitter weggeschaltet werden. Wenn Sie in eins der Felder für die Isolation klicken, öffnet sich ein weiteres Fenster zum Eintrag der Daten. Das Dialogfenster arbeitet wie folgt : Für die ersten drei festen Möglichkeiten (PVC (Polyvinylchlorid), PTFE (Teflon) und PE (Polyethylen oder Polythene)) können Sie die Werte für die Dielektrizitätskonstante ( $k$  oder relativ) und (nur bei **pro**) Verlustwinkel (**loss tangent**) in das Gitter eintragen ohne dass sich die bereits eingetragene Dicke ändert. Die Wahl **None** (nichts) und die drei vorgegebenen Auswahlmöglichkeiten korrigieren die Dicke. Die eingetragenen Werte werden nach dem Schliessen des Dialogfensters abgespeichert, bei Eingabe von **ESC** oder **Cancel** werden sie verworfen. Sie können über die vorgegebenen Wahlmöglichkeiten Ihre spezifischen Werte für Ihre Antennenkonstruktion eintragen.

Hat Ihr Draht keine Isolation, tragen Sie als Dicke (**thickness**) eine Null ein oder wählen Sie **None** (nichts) für den gleichen Effekt. Haben Sie eine Dielektrizitätskonstante von Eins oder (bei pro) als Verlust eine Null, hat der Eintrag keinen Effekt. Wenn Sie aber eine von Null abweichende Dicke eingetragen haben, wird die Berechnung durchgeführt.

Die Dicke der Isolation wird zusammen mit der Antenne skaliert. Die Isolationseigenschaften von hinzugefügten Drähten werden von den vorherigen Drähten wie Durchmesser und Segmentzahl übernommen.

Die Prüfungen der Segmentation und der Geometrie und die Korrektur von abgestuften Durchmessern nehmen auf die Isolation keine Rücksicht, solange der prozentuale Einfluss auf die Drahtlänge klein ist (unter 2%). Die Regeln für die Segmentlänge werden nicht wesentlich geändert, solange es sich nicht (nur bei **EZNEC-Pro/4**) um vergrabene Drähte und eine relativ dicke Isolation handelt.

Wenn die Dielektrizitätskonstante wesentlich geringer ist als die des Mediums (nur bei vergrabenen Drähten und nur bei **EZNEC-Pro/4**), steigt der Geschwindigkeitsfaktor deutlich an und die Segmente können länger sein. Diese Änderung wird für eine zukünftige Änderung der Geometrieprüfung in Betracht gezogen.

Die Charakteristika von PVC variieren in einem weiten Bereich, so dass sie für den HF-Bereich nur eine grobe Näherung darstellen. Sie können in die Eingabefenster Werte eintragen, von denen Sie annehmen, dass sie besser sind.

(nur für **EZNEC pro**):

Sie werden finden, dass selbst ein relativ grosser Verlustwinkel keinen großen Einfluss hat. PTFE und PE sind über einen relativ weiten Frequenzbereich relativ konstant, so dass ein fester Wert für nahezu alle Einsatzfälle genommen werden kann. Der Verlustwinkel ist relativ konstant über die Frequenz, aber nicht die Leitfähigkeit, so dass der Verlustwinkel für die Spezifikation genommen wurde. Der Verlustwinkel ist etwa gleich dem Leistungsverlust oder Leistungsfaktor. Der mit der Isolation verbundene Verlust hat generell nur einen kleinen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit über alles, so dass er auch bei unüblichen Isolationen verwendet werden kann.

#### 6.4.7 Drahtkoordinaten importieren (Importing Wire Coordinates)

Die Drahtkoordinaten können als ASCII-Datei in einem einfachen Format importiert werden. Sie können ein aktuelles Projekt ersetzen (**replace**) oder ihm hinzugefügt (**add**) werden. Mit dem Import können Daten aus einem anderen Programm übernommen werden. Wählen Sie im Draht-Fenster das Menü **Other > Import Wires from ASCII File**.

Das Kombinieren und Importieren kann mitunter kompliziert werden. Wenn Sie eine existierende Beschreibung mit Ihrem aktuellen Modell kombinieren wollen gehen Sie zu

[Antennenbeschreibungen kombinieren](#) .

#### 6.4.8 Weitere Überlegungen (Other Wire Considerations)

Einige NEC-Veröffentlichungen warnen davor, die Mitte eines Segments in das Volumen eines anderen Drahtes zu legen. Das kann passieren, wenn die Segmente kurz sind, die Drähte einen großen Durchmesser haben oder die Winkel zwischen den Sektionen klein sind. Ich habe bei meinen Tests keinen Effekt gefunden, der diese Warnungen bestätigen würde. Der Test sollte nur dann durchgeführt werden, wenn offensichtlich falsche Ergebnisse berechnet werden. Der Geometrietest kann unter diesen Bedingungen über das Hauptmenü mit **Desc Options** abgeschaltet werden. Diese Einstellung wird mit der Beschreibung abgespeichert

Einen Fall habe ich bei **EZNEC** gefunden, bei dem die Ergebnisse sehr ungenau waren und der stark von der Zahl der Segmente abhing. Dieser Fall trat auf, wenn ein Draht sich der Mitte eines anderen Drahtes unter einem Winkel näherte, aber nicht mit ihm verbunden war, ähnlich wie bei einem isolierten Abspannungsseil an einem Mast. Verlässliche Ergebnisse wurden dann nur erzielt, wenn das Ende des „Abspannungsseils“ vom Mast mindestens eine Segmentlänge angeordnet wurde. Lagen die Drähte näher zueinander, wurden gute Ergebnisse dann erreicht, wenn beide Drähte die gleiche Segmentlänge hatten und die Verbindungen zu anderen Drähten einander gegenüber lagen. **EZNEC-Pro/4** mit **NEC-4** als dürfte nicht so empfindlich sein, aber beachten Sie die Anordnung sorgfältig und stellen Sie sicher, dass sie nicht hochempfindlich auf die Segmentzahl reagiert.



## 6.4.9 Erweiterte Drahteigenschaften (Advanced Wire Features)

### 6.4.9.1 Einführung (Advanced Wire Features Introduction)

Für die Modellierung und Modifizierung von Antennenstrukturen und für die Auswertung der Ergebnisse stehen erweiterte Funktionen zur Verfügung. Die automatisierte Erzeugung eines Drahtgitters ist nur mit den **EZNEC-Pro**-Programmen möglich. Die Modelle für Helix, Loop, Radials und Drahtgitter sind über das Menü **Create** im Fenster **Wires** erreichbar. Die anderen Möglichkeiten stehen über das Menü **Wire** im gleichen Fenster zur Verfügung. Informieren Sie sich im Kapitel [Draht-Fenster verwenden \(Using The Wires Window\)](#) zur Beurteilung der Ergebnisse.

Die automatische Erzeugung von Drahtgittern und die direkte Ausführung von Geometriemodifikationen mit „NEC-Karten“ sind nur in den **EZNEC pro** – Programmen **EZNEC-Pro/2** und **EZNEC-Pro/4** möglich. Alle anderen ergänzenden Werkzeuge sind in allen Programmen erreichbar. Sie finden das NEC-Karten-Werkzeug (**NEC card**) im Drahtfenster unter **Other**, die anderen erreichen Sie über **Create** und **Wires**.

### 6.4.9.2 Schleife erzeugen (Loop Creation)

Wollen Sie eine Schleife erzeugen, gehen Sie im Drahtfenster zu **Create > Loop**. Das Eingabefenster sieht zwar etwas komplex aus, ist aber einfach zu nutzen. Es ist weitestgehend selbst erklärend. Sie können den Drahtdurchmesser als Wert oder als AWG-Nummer wie im Drahtmenü eingeben. Im Fenster für die Schleifenabmessung (**Loop Size**) definieren Sie die Schleife auf drei Arten : mit dem Schleifenumfang, der Seitenlänge oder dem Durchmesser. Wenn Sie einen Wert eingeben, werden die anderen beiden daraus berechnet, Sie können die Schleife an jeder Stelle und in einer der drei Hauptachsen anordnen

### 6.4.9.3 Schleife anpassen (Loop Resizing)

Sie können die Schleife oder das Polygon mit **Wires Window > Wires menu > Change Loop Size** anpassen. Geben Sie zuerst die zur Schleife gehörenden Drähte im Drahtfenster oder in der Antennenanzeige an. Sie können auch den Bereich der Schleifendrähte in das Fenster eingeben. Die ausgewählten Drähte müssen zu der Schleife verbunden sein, sonst erfolgt eine Fehlermeldung. Haben Sie gerade eine Schleife definiert, werden diese Drähte als Voreinstellung eingetragen. Sie können mit den weiteren Feldern die Daten der Schleife entsprechend den drei Einstellvorgaben verändern.

### 6.4.9.4 Erzeugung von Radials (Radial Creation)

Mit der automatischen Erzeugung von Radials unter **EZNEC** können Sie bequem eine Gruppe von Radialdrähten erzeugen. Gehen Sie im Drahtfenster (**Wires Window**) zu **Create > Create Radials selection**. Sie können dann im Dialogfenster aus den Prototyp-Drähten eine Bereich auswählen. Um einen einfachen Satz an Drähten zu erzeugen, müssen Sie zuerst einen einzelnen Radial-Draht erzeugen. Das Ende 1 des Drahtes liegt dort, wo das Zentrum der Radials liegen soll. Geben Sie seine Nummer für den ersten und den letzten Draht der Gruppe ein und wählen Sie dann die Gesamtzahl der Radials aus und bestätigen Sie den Dialog mit **OK**. Die Radials werden erzeugt und um das Ende 1 des Prototypdrahtes herum angeordnet. Ein vertikaler Draht kann hier nicht als Prototyp verwendet werden.

Komplexere Radialstrukturen können erzeugt werden, in dem eine Gruppe von Drähten als Prototyp definiert wird. Eine Prototypgruppe muss sequentiell durchnummeriert werden (so sind die Drähte 1,2 und 4 nicht als Gruppe zugelassen) und muss jeweils von Ende 1 nach Ende 2 verbunden werden. Die Gruppe von Drähten wird dupliziert und zentriert bezogen auf das Ende 1 der ersten Prototypgruppe angeordnet. Der erste Draht der Gruppe kann nicht vertikal angeordnet werden, denn dann belegen alle folgenden Drähte den gleichen Raum.



#### 6.4.9.5 Helix erzeugen (Helix Creation)

Gehen Sie über das Drahtfenster zu **Create > Helix**. Die Einträge sind weitgehend selbsterklärend. Anzugeben sind **Turns** (Windungen), **Spacing** (Abstand) und **Length** (Länge). Bei diesen Einträgen sind mindestens zwei Einträge für die Länge zu machen, der dritte Wert wird berechnet. Wenn Sie **Extend ends to helix axis** wählen, wird ein Extra-Draht an jedem Ende der Helix bis zur Helixachse erzeugt. Es werden nur einfache zylindrische Helix erzeugt, Der Abstand muss mindestens zwei Drahtdurchmesser betragen, ideal sind mehrere Drahtdurchmesser, Sie werden nach einigen Experimenten und mit der Undo-Funktion schnell hinter die Wirkung der Werkzeuge kommen.

#### 6.4.9.6 Erzeugung von Drahtgittern (Wire Grid Creation)

*Die automatische Erzeugung von Drahtgittern ist nur mit den Programmen von **EZNEC pro** (**EZNEC-Pro/2** und **EZNEC-Pro/4**) möglich. Für weitere Informationen gehen Sie zum Kapitel [Modellierung eines Draht-Gitters \(Wire Grid Modeling\)](#).*

Mit einem Drahtgitter haben Sie die Möglichkeit eine flache gut leitende Oberfläche wie ein Auto- oder Blechdach zu simulieren. Ein Drahtgitter sieht aus wie ein Schirm, der aus Drähten geformt wird (siehe Kapitel [Über Drähte \(About Wires\)](#)). Alle Gitteröffnungen müssen aus jeweils einzelnen Segment-Drähten zusammengesetzt werden. Die Modellierung eines Gitters ist eine Kunst für sich, aber es lassen sich einige generelle Regeln vorgeben, die gute Ergebnisse in den meisten Situationen liefern. Die Maschenweite sollte 0,1 Wellenlänge nicht überschreiten. Einige Studien haben ergeben, dass bei einer größeren Entfernung von der Quelle das Raster grober sein kann, weil dort der Strom geringer ist. Auch hier gilt die Regel, dass die Segmentierung feiner gewählt werden sollte, wenn sich der Strom stark von Segment zu Segment ändert. Auch sollte die Oberfläche der Drähte etwa gleich der zu modellierenden Fläche gemacht werden. Mitunter wird dann ein größerer Drahtdurchmesser als normal benötigt (Durchmesser gleich Abstand/ $\pi$ ), aber die Berechnung liefert gute Ergebnisse.

**EZNEC pro** stellt eine automatische Methode zur Verfügung, mit der die Erzeugung von Drahtgittern stark vereinfacht wird. Gehen Sie im Drahtfenster in das Menü **Other** und wählen Sie **Create Wire Grid** (Drahtgitter erzeugen). Sie müssen nur die Koordinaten von drei Ecken des Gitters angeben und **EZNEC** übernimmt den Rest der Arbeit. Sie können anschließend den Drahtabstand und –durchmesser korrigieren, falls Sie es wünschen, aber die voreingestellten Werte nach den oben erläuterten Regeln sind in der Regel ausreichend.

In der Dialogbox finden Sie die rechteckige Flächen als **GRID** in der Mitte mit den Seiten **Side A** und **Side B**. Die Angaben entsprechen dem physischen Gitter. An den Ecken des Gitters befinden sich Felder mit den zugehörigen Koordinatenangaben **X, Y und Z**. Die Koordinaten in der linken oberen Ecke gehören zur linken oberen Ecke des Gitters und so weiter.

Die angenäherte Zahl an zu erzeugenden Drähten steht links unten. Falls die Angaben zur Konstruktion des Gitters nicht ausreichen, erhalten Sie die Ausschrift **Data incomplete**.

**Hinweis:** Wenn Sie das Gitter mit dem voreingestellten Abstand erzeugt haben, teilt Ihnen die Segmentprüfung in aller Regel mit, dass die Segmentlänge das konservative Maximum übersteigt. Diese Ausschrift ist normal.

**X, Y, Z** (drei Sätze) : Tragen Sie in diese Felder drei Ecken des Gitters ein. Sie können sowohl ein Rechteck als auch ein Parallelogramm bei entsprechender Wahl der Koordinaten erzeugen. Verwenden Sie als aktuelle Einheiten **EZNEC** eingestellten Werte (**Units**).

**Incl Side A Wires** : Wenn in diesem Feld kein Haken steht, bleiben die Drähte an der Seite A offen. Mit dieser Option können Sie zwei Gitter miteinander verbinden ohne ein Duplikat erzeugen zu müssen.

**Grid Spacing** (Gitterabstand) : Hier können Sie den Gitterabstand zwischen den Drähten (Maschenweite) abweichend von der Voreinstellung auf 0,1 Wellenlängen wählen. Der voreingestellte Wert wird dann verwendet, wenn das entsprechende Feld markiert wird.

**Wire Diameter (Drahtdurchmesser)** : Voreingestellt ist der Drahtdurchmesser mit Abstand/ $\pi$ . Sie können einen anderen Wert wählen.

#### 6.4.9.7 Schrittweise Durchmesserkorrektur (Stepped Diameter Correction)

##### Überblick (Stepped Diameter Correction Overview)

*Die folgenden Informationen gelten nur für die **NEC-2-Maschine**, die bei allen **EZNEC-Pro/2-Maschinen** und bei **EZNEC-Pro/4** eingesetzt wird. Das Problem tritt nicht auf, wenn die **NEC-4-Maschine** bei **EZNEC-Pro/4** für Berechnungen eingesetzt wird, solange keine extremen Differenzen im Durchmesser der miteinander verbundenen Drähte auftreten. Sollten Sie über **EZNEC-Pro/4** verfügen, sollten Sie auf jeden Fall die **NEC-4-Maschine** verwenden, wenn Drähte mit verschiedenen Durchmessern miteinander verbunden sind.*

**Hinweis** : Die Abstufung von Drähten wird **tapered** bezeichnet. Sie sollte nicht mit der Abstufung von Segmenten (**segment length tapering**) unter **EZNEC** verwechselt werden

NEC-2 ist bekannt dafür, dass es bei der Modellierung von Drähten mit unterschiedlichen Durchmessern ungenau arbeitet. Das Problem wird um so grösser, je kürzer die Segmente in der Nähe der Verbindung und je grösser die Durchmesserunterschiede sind. Andererseits ist der Fehler ausreichend klein, so dass er bei vielen Anwendungen nicht wichtig ist, z.B. wenn ein Mast einen Beam als obere Last trägt. Wenn aber die abgestuften Durchmesser bei parasitären Elementen oder bei High-Q-Antennen auftreten, können doch erhebliche Fehler zusammenkommen. **EZNEC** enthält eine von Dave Leeson entwickelte und in seinem Buch *Physical Design of Yagi Antennas* (ARRL, 1992) beschriebene Methode, die unter solchen Umständen eingesetzt wird.

Folgende Anforderungen müssen erfüllt werden :

- In einer Gruppe müssen mindestens zwei Drähte enthalten sein
- Mindestens zwei Drähte müssen unterschiedliche Durchmesser haben
- Alle Drähte einer Gruppe müssen kollinear (in einer geraden Linie) laufen
- Alle Drähte müssen miteinander verbunden sein
- Beide Enden der Gruppe müssen offen sein, oder ein Ende muss offen und das andere mit Masse (Ground) verbunden sein
- Die Gruppe muss nahezu in Resonanz sein (innerhalb von 15% der Halbwellenresonanz, wenn beide Enden offen sind oder innerhalb von 15% der Viertelwellenresonanz, wenn ein Ende geerdet ist)
- Es ist nur eine Quelle innerhalb der Gruppe erlaubt. Die Quelle muss als Split-Quelle in der Mitte an einer Draht- oder Segmentverbindung sitzen, wenn beide Enden offen sind, oder am Anfang des Grundsegments, wenn die Gruppe geerdet ist. Hier ist eine Split-Quelle nicht erlaubt.
- Für Lasten gelten die gleichen Regeln wie für Quellen mit dem Unterschied, dass zwei gleiche Lasten an der Stelle einer Split-Quelle eingesetzt werden müssen.
- Eine einzelne Speiseleitung darf an der Gruppe angeschlossen werden. Falls die Enden der Gruppe offen sind, muss das Zentrum der Gruppe als Segmentzentrum (**segment center**) und nicht als Segment- oder Drahtverbindung (**segment or wire junction**) ausgebildet sein und die Speiseleitung darf nur an dieses Segment angeschlossen werden. Falls die Gruppe geerdet ist,

darf die Speiseleitung nur an das Grundsegment (**bottom segment**.) angeschlossen werden.

- Diese Kriterien treffen auf eine typische Yagi-Antenne mit teleskopförmigen Elementen zu. In den meisten Fällen wird hier eine Korrektur benötigt. Die Korrektur sollte nicht auf die Gamma-Anpassung angewendet werden, da sie sehr empfindlich ist und eine Korrektur nicht empfohlen werden kann, wenn genaue Ergebnisse benötigt werden.

Sie werden auf dem **EZNEC**-Schirm einen deutlichen Hinweis sehen, wenn die Berechnung mit der Korrektur der abgestuften Durchmesser für eine oder mehrere Drahtgruppen läuft. Sie können mit dem Menü **Other > Show Stepped Dia Correction** im Drahtfenster die Korrektur verfolgen. Informieren Sie sich im Kapitel [Ausgabe der Durchmesserkorrektur \(Using the Stepped Diameter Correction Display\)](#) Die Korrektur kann im Menü **Options** auch abgeschaltet werden, diese Funktion ist aber nicht zu empfehlen.

In Situationen, bei denen Drähte mit unterschiedlichen Durchmessern miteinander verbunden werden, aber die **EZNEC**-Korrektur für abgestufte Durchmesser nicht angewendet wird, kann eine Technik eingesetzt werden, die den Fehler minimiert. Sie sollten eine so geringe Anzahl an Segmenten wie möglich und keine Segmentabstufung verwenden. (Ausnahme : Drähte in Erdbodennähe siehe Kapitel [Systeme mit angehobenen Radials \(Elevated Radial Systems\)](#)) Die Genauigkeit von NEC-2 ist schlecht bei abgestuften Durchmessern, wenn das Verhältnis Segmentlänge / Drahtdurchmesser klein ist. Speziell dann, wenn die Durchmesserunterschiede groß sind, können Sie die grössere Genauigkeit mit der Funktion automatische Segmentierung (**automatic segmentation**) im Drahtfenster erhalten, wenn Sie (M)in wählen. Allerdings ist die Genauigkeit bei der Modellierung von parasitären Elementen nicht so gut, wenn die eingebaute Korrektur nicht eingesetzt werden kann.

- Die Ungenauigkeit von NEC-2 bei großen Sprüngen im Durchmesser zeigt sich typisch in einer inkorrekten Reaktanz. Wenn Sie eine Antenne mit parasitären Elementen aus Drähten mit großen Durchmesserunterschieden entwerfen, gibt Ihnen **EZNEC** ein genaues Bild zur Leistungsfähigkeit der Antennen. Es zeigt Ihnen aber die Leistungsfähigkeit nicht auf der genauen Frequenz. Wenn Sie die Antenne aufbauen, werden Sie die vorausgesagte Leistungsfähigkeit erreichen, müssen aber die parasitären Elemente geringfügig in der Länge abgleichen, um die Antenne auf die gewünschte Resonanzfrequenz zu bringen.  
Ein Beispiel: **EZNEC** hat für Ihren **X-Beam** einen Gewinn von 6 dBi, ein Vor-Rückverhältnis von 20 dB und ein SWR im Speisepunkt von 1,5:1 bei 14 MHz berechnet. Wenn Sie die Antenne aufbauen, finden Sie bei 14 MHz ein wesentlich schlechteres Vor-Rück-Verhältnis als vorausgesagt, aber bei 14,5 MHz ist es sehr gut. Sie müssen also die parasitären Elemente um dieses Frequenzverhältnis verlängern und Sie werden bei 14 MHz auf das beste V/R-Verhältnis kommen und einen Gewinn von 6 dBi und ein SWR von 1,5:1 feststellen.

### Ausgabe der Durchmesserkorrektur (Using the Stepped Diameter Correction Display)

Die Anzeige der Korrektur bei abgestuften Durchmessern zeigt exakt, welche Substitutionen **EZNEC** bei den miteinander verbundenen Drähten mit verschiedenem Durchmesser macht. Sie müssen absichern, dass alle (!) Elemente einer Yagi oder einer ähnlichen Antenne korrigiert werden.

Die Anzeige wird aus dem Drahtfenster über das Menü **Other > Show Stepped Dia Correction** erreicht. Eine von zwei Indikationen werden je Draht angezeigt. Werden Koordinaten und Durchmesser für den Draht angezeigt, wurde die Korrektur ausgeführt und die Werte werden von **EZNEC** verwendet. Sie stellen fest, dass alle Durchmesser der substituierten Drähte eines Elements gleich sind und dass die Elementenlänge geringfügig korrigiert wurde. Diese Korrekturen sind das Ergebnis des Substitutionsprozesses und liefern genaue Ergebnisse. Eine andere Ausgabe über mehrere Spalten gibt an, warum die Gruppe von verbundenen Drähten NICHT korrigiert werden

konnte, Alle Elemente einer Yagi sollten korrigiert worden sein. Falls ein oder mehrere Elemente nicht korrigiert worden sind, gehen Sie zurück ins Drahtfenster und wählen **Other > Show Stepped Dia Correction** und schalten das Fenster ab, beheben das Problem und prüfen wiederholt, ob alle Drähte korrigiert worden sind.

## 6.4.10 Spezialfälle (Some Special Cases)

### 6.4.10.1 Spitze Winkel (Acute Angles)

NEC hat einige Schwierigkeiten mit dem genauen Modellieren von mehreren Drähten mit einem kleinen Winkel, die in Form eines "Fächers" angeordnet sind. Die Schwierigkeiten sind grösser bei NEC-2 als bei NEC-4. Das Problem hat andere Gründe als das MININEC-Problem mit den "abgeschnittenen Ecken" und Quads werden sehr gut von **EZNEC** ohne besondere Vorkehrungen modelliert. Wenn Sie aber Drähte unter einem kleinen Winkel modellieren, sehen Sie sich die Ergebnisse sehr genau an, vor allem dann, wenn Sie eine Einspeisung oder eine Last in der Nähe der Verbindung anordnen. Es wird berichtet, dass die Abstufung von Segmentlängen unter **EZNEC** (ursprünglich unter dem auf ELNEC basierenden MININEC eingeführt) die Genauigkeit in dieser Situation verbessert, vorausgesetzt, dass alle Drähte den gleichen Durchmesser haben. Die Abstufung ist ähnlich einer Verringerung der Genauigkeit bei Drähten mit stark differierendem Durchmesser (Ausnahme : Die Drähte befinden sich in Erdnähe. Siehe [Systeme mit angehobenen Radials](#)). Es wird von einer weiteren Methode berichtet, bei denen eine getrennte Einspeisung in jeden Draht anstelle einer einzelnen in der Nähe der Verbindung vorgesehen wird. Ein weiteres Problem gibt es bei Drähten, die unter einem kleinen Winkel zusammenlaufen. Dabei kommt es vor, dass die Mitte eines Segments über einem anderen Draht liegt.

### 6.4.10.2 Eingegrabene Drähte (Buried Wires)

NEC-2 kann eingegrabene Drähte oder Leiter nicht modellieren. Alle **EZNEC** und **EZNEC-Pro/2** – Leiter müssen oberirdisch angeordnet sein. Nur **EZNEC-Pro/4** kann eingegrabene Drähte modellieren, wenn die NEC-4-Rechenmaschine verwendet wird.

Dieser Abschnitt gilt daher nur für Nutzer von **EZNEC-Pro/4** unter Verwendung der NEC-4-Rechenmaschine. Informieren Sie sich über eingegrabene Drähte, die mit **EZNEC** oder **EZNEC-Pro/2** simuliert werden, in den Kapiteln [Vertikalantennen mit eingegrabenen Radials](#) und [Verbindung zu einem Boden hoher Genauigkeit](#).

Es gilt nur eine Einschränkungen beim Modellieren eingegrabener Drähte :

1. Es muss das Bodenmodell **Real, hohe Genauigkeit** (NEC Sommerfeld) verwendet werden.
2. Die horizontalen Drähte müssen mehrere Drahtdurchmesser unter der Oberfläche liegen.
3. Die Drähte dürfen den Grund ( $Z=0$ ) nur bei einer Segmentverbindung durchdringen. Die Durchdringung sollte am Drahtende gemacht werden. Nehmen Sie zur Realisierung einen Draht über der Erde, dessen Ende bei  $Z=0$  angeschlossen wird und für den unterirdischen Bereich einen getrennten Draht, der an den überirdischen Draht bei  $Z=0$  angeschlossen wird. Mit dieser Anordnung wird die Verbindung nicht verschoben, die Forderungen werden erfüllt, wenn Sie die Drahtlänge oder Segmentzahl ändern.
4. Der Geschwindigkeitsfaktor (velocity factor) im Boden ist oft nur ein Bruchteil des Geschwindigkeitsfaktors im Freiraum, infolge dessen werden wesentlich mehr Segmente für genaue Ergebnisse benötigt. Die Segmentprüfung von **EZNEC-Pro/4** berücksichtigt diesen Umstand und zeigt eine Warnung an, wenn die Segmente zu kurz sind. Auf der anderen Seite gestattet es der mit dem Boden verbundene Verlust oft, eine grobere Segmentierung als sie von den Richtlinien vorgegeben werden, zu verwenden. Hier können Sie mit der Segmentzahl experimentieren, falls Ihre Segmentzahl begrenzt ist.

### 6.4.10.3 Drähte in geringem Abstand (Closely Spaced Wires)

Wenn Sie parallele oder nahezu parallele Drähte modellieren, die nur wenig voneinander entfernt sind, kann es sehr wichtig sein, die Segmentverbindungen aufeinander abzugleichen. Sie sollten einander direkt gegenüberliegen. Besonders wichtig ist dieser Abgleich, wenn die Segmentlänge grösser als der Drahtabstand ist. Wenn die Segmentlänge kleiner als der Drahtabstand ist, ist diese Bedingung nicht mehr so wichtig.

Wenn die Segmentverbindung nicht richtig abgeglichen ist, aber abgeglichen werden muss, können sich die Ergebnisse dramatisch ändern. Der einfachste Weg abzusichern, dass abgeglichene parallele Drähte auch abgeglichene Segmente haben, ist es, den Drähten eine identische Länge und eine identische Anzahl an Segmenten zu geben.

Haben die Drähte abgestufte oder unterschiedliche Längen, teilen Sie sie in mehrere Drähte auf. Ordnen Sie vor allem bei benachbarten Drähten die Teildrähte mit gleicher Länge und gleicher Segmentzahl an.

Ein Beispiel finden Sie in dem folgenden Bild. Hier wurde der lange Draht einer J-Antenne in zwei Drähte aufgeteilt, Draht 4 hat die gleiche Länge und die gleiche Segmentzahl wie Draht 6. Der obere Draht wurde auf etwa die gleiche Segmentlänge wie Draht 4 aufgeteilt. Im Bild ist nur der wichtigste Teil der Antenne zu sehen.



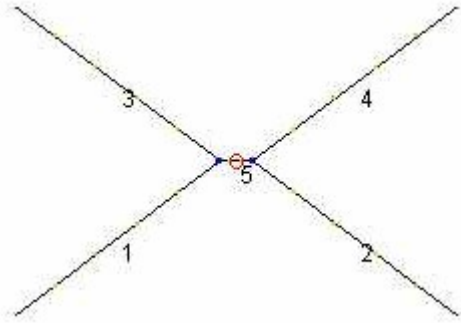
Wenn es nötig ist zu testen, welche Anordnung in einer speziellen Situation nötig ist, ändern Sie die Segmentierung eines Drahtes so, dass sich die Segmentverbindung verschiebt, und beobachten Sie dann die Änderung in den Ergebnissen. Falls sich das Ergebnis stark ändert, ist der Segmentabgleich wichtig.

In jedem Fall sollte der Drahtabstand ein Mehrfaches des Drahtdurchmessers betragen.

### 6.4.10.4 Gekreuzte Dipole (Crossed Dipoles)

Um zwei Dipole zu modellieren, die an einem Punkt gespeist werden (meist als "crossed dipoles" = Kreuzdipole bezeichnet) (siehe Bild unten), sollten Sie einen weiteren Draht (5) mit der Einspeisung zwischen den beiden Dipolpaaren einfügen. Dieser Draht sollte mindestens 0.02

Wellenlängen lang sein und drei Segmente haben ( siehe [Voraussetzungen für Quellenanordnung](#))



#### 6.4.10.5 Systeme mit angehobenen Radials (Elevated Radial Systems)

Eine Anzahl von Nutzern hat Interesse daran gezeigt, ein System aus radialen Drähten in sehr geringer Höhe über Grund zu modellieren. Ein solches System aus niedrigen Drähten kann verwendet werden, um die Leistungsfähigkeit von vergrabenen Radials zu simulieren. Experimente zum Vergleich von verschiedenen Modellierungsformeln wurden gemacht und daraus diese Richtlinien abgeleitet :

- Die minimale empfohlene Höhe für die Modellierung eines Erdradialsystems ist 0.0001 Wellenlängen oder der Durchmesser des vertikalen Drahts, je nachdem welcher grösser ist.
- Es werden keine speziellen Techniken benötigt, so lange die Radials eine Höhe von mindestens 0.001 Wellenlängen oder mindestens den Durchmesser des vertikalen Drahtes haben. Die übliche Segmentierung kann verwendet werden. Auch bei abgestuften Durchmessern kann die NEC-2-Maschine ohne spezielle Vorkehrungen in dieser Situation verwendet werden. Die genannte Höhe wird zur Simulation von vergrabenen Radials oder von Radials, die auf dem Erdboden aufliegen, zur Berechnung mit NEC-2 empfohlen.
- Sind die Radials 0.001 bis 0.0001 Wellenlängen hoch, sollte eine Segmentabstufung verwendet werden. Die minimale Segmentlänge sollte gleich der Höhe des Radialsystems gemacht werden. Geben Sie in der Abfrage für die Länge des kürzesten Segments (**minimum segment length**) die Höhe über Grund an. Falls die Quelle an so einem kurzen Draht angeschlossen wird, muss sie von Segmenten mit gleicher Länge umgeben werden. Nach dem Abstufen kombinieren Sie den Speisedraht und einen der obigen zu einem Draht mit drei Segmenten und setzen Sie die Quelle in die Mitte dieses Drahtes. Wenn – zum Beispiel – der originale Vertikaldraht Draht 1 ist, dessen Ende 1 unten liegt (siehe Beispiel **d\_ElevRad1.ez**) , verjüngen (taper) Sie alle Drähte. Dann wählen Sie eine beliebige Koordinate des Endes 2 von Draht 1 und geben **W2E2** ein, um diesem Ende die gleichen Koordinaten wie Ende 2 von Draht 2 zu geben. Ändern Sie jetzt die Segmentzahl von Draht 1 in 3. Löschen Sie dann Draht 2 und verschieben Sie die Quelle in das Zentrum von Draht 1. Das Resultat sind dann so aus wie **d\_ElevRad2.ez**.

Ich kenne keine gute experimentelle Messung der Raumfeldstärke von Vertikals mit einem System aus angehobenen Radials. Es gibt einige Messungen mit Bodenwellen. NEC-2 und NEC-4 zeigen Bodenwellen-Feldstärken für angehobene Radials, die höher sind, als sich dann bei Messungen ergab, vor allem für Frequenzen bei 3 MHz und darunter, so dass einige Zweifel über die Genauigkeit der Signalstärkeberechnungen von **EZNEC** für Systeme mit angehobenen Radials angezeigt sind.



#### 6.4.10.6 Speiseleitungen und Baluns (Feedlines and Baluns)

Die Strahlungseigenschaften einer Koaxspeiseleitung können modelliert werden, wenn man einen Draht mit dem Durchmesser des Koaxkabels dort anschließt, wo die Masse des Koaxkabels an der Antenne angeschlossen ist. Dieser Draht oder mehrere Drähte zum Nachbilden des Kabelverlaufs werden dann in Richtung Boden so verlegt, wie das aktuelle Kabel geführt wird. Der Verbindung vom Transceiver zur Erde kann durch Drähte entsprechender Stärke ergänzt werden. Diese Modellierung kann gemacht werden unabhängig davon, ob das Modell einer **EZNEC**-Übertragungsleitung für das Innenleben der Speiseleitung genommen wird. (siehe Kapitel [Using Transmission Lines](#))

Ein Strom-Balun oder ein Drossel-Balun können durch eine Impedanz außen auf der Abschirmung in den Zweig eingeführt werden. Wenn Sie den Balun modellieren wollen, fügen Sie in den Draht, der den Außenmantel des Koaxkabels nachbildet, eine „Last“ ein. Ein guter Balun hat eine Impedanz von 500-1000 Ohm und kann resistiv, reaktiv oder eine Kombination davon in Abhängigkeit von der Konstruktion sein. Für ein genaues Modell sollte die Impedanz des Baluns bei der betrachteten Frequenz bekannt sein. Mitunter ist es zweckmäßig, mehr als einen Balun einzubauen (ein Anstand von einer Viertelwellenlänge ist typisch), um den Strom auf dem Außenmantel auf einen niedrigen Wert zu reduzieren. Koaxleitungen zu unsymmetrischen Antennen wie Groundplanes sind gegen einen Induktionsstrom nicht immun, wie Sie mit **EZNEC** bestätigen können.

#### 6.4.10.7 Linear belastete Antennen (Linear Loaded Antennas)

**EZNEC-Pro/4** ergibt genaue Ergebnisse bei diesen Antennen wenn die NEC-4-Rechenmaschine genommen wird, so dass Sie in diesem Fall die folgenden Zeilen übergehen können. Linear belastete Antennen (generell Yagis) sind physikalisch verkürzt, weil sie an Elementen befestigt sind, die nahe an den Drähten und parallel dazu verlaufen. **EZNEC** liefert für diese Antennen nur dann genaue Ergebnisse, wenn alle Drähte eines gegebenen Elements den gleichen Durchmesser haben. Das liegt an den Ungenauigkeiten von NEC-2, die bei miteinander verbundenen Drähten mit unterschiedlichen Durchmessern auftreten, bei denen selbst kleine Fehler durch parasitäre Elemente einen großen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit einer Beam-Antenne haben. Die abgestufte Durchmesserkorrektur, die von EZNEC verwendet wird, ist nicht genau genug für typische linear belastete Elementen und wird auf sie nicht angewandt.

#### 6.4.10.8 Logperiodische Antennen (Log Periodic Antennas)

Ein wesentlicher Teil einer logperiodischen Antenne ist die Speiseleitung, die die Elemente verbindet. Dieser Teil der Antenne muss unbedingt in das Modell einbezogen werden, denn sonst können keine gültigen Annahmen über die relativen Spannungen und Ströme im Zentrum der Elemente gemacht werden. Die Segmente der Speiseleitung zwischen den Elementen können entweder als Draht- oder als Speiseleitungsmodelle eingefügt werden. Werden Drahtmodelle verwendet, kann es schwierig oder unmöglich sein, die Quellen in einer Weise einzufügen, die die Anforderungen an die Anordnung einer Quelle erfüllen (z.B. ein Draht mit einer Länge von mindestens 0,02 Wellenlängen und drei oder mehr Segmenten), wie sie in den Voraussetzungen für [Quellenanordnung](#) beschrieben ist. Sie sollten die Ergebnisse testen, indem Sie die Anzahl der Quellendrähte, ihren Durchmesser und andere Parameter in der Nähe der Quelle ändern und überprüfen, ob sich ein relativ stabiles Ergebnis einstellt. Überprüfen Sie auch den durchschnittlichen Gewinn (Average Gain), er kann in einem gewissen Bereich den angegebenen Gewinn korrigieren. Sehen Sie sich das Beispiel **LogPer.ez** mit den dazu gehörenden Notizen für weitere Informationen an.

Hier ist noch ein Tipp zur Verringerung der Segmente : Setzen Sie die Frequenz auf den niedrigsten interessierenden Wert und verwenden Sie dann die automatische Segmentierung.



Beachten Sie die Zahl der Segmente beim längsten Element. Korrigieren Sie dann die Segmentzahl bei den kürzeren Elementen auf die gleiche Segmentzahl wie beim längsten Element. Sie können auch die Segmentzahl beim kürzesten Segment und der höchsten Frequenz auf die anderen Elemente übertragen – es sollte das gleiche Ergebnis herauskommen. Das verwendete Prinzip geht davon aus, dass bei einer gegebenen Frequenz jeweils nur wenige benachbarte Elemente einen signifikanten Strom führen. Die Segmentierung der anderen Elemente ist dabei nicht so interessant, weil sie nur einen geringen Anteil am Gesamtfeld liefern. Verwendet man die Methode mit einer gleichen Segmentzahl für alle Elemente, erreicht man eine richtige Segmentierung aller Elemente ohne einen großen Überhang an Segmenten bei den anderen Elementen.

#### 6.4.10.9 Multibandantennen (Multiband Antennas)

Mit **EZNEC** lassen sich Multibandantennen gut modellieren. Beachten Sie auch hier die Segmentlänge. Wenn Sie die Frequenz erhöhen, wächst die Segmentlänge mit der Wellenlänge. Sie sollten die Zahl der Segmente verdoppeln, wenn Sie die Frequenz verdoppeln. Die Mindestzahl von Segmenten für eine rechteckige Schleife (square loop) liegt bei vier für eine Viertelwellenlänge, also vier Segmente pro Seite für eine Schleife mit dem Umfang einer Wellenlänge und acht Segmente pro Seite bei der doppelten Frequenz usw. Lassen Sie von Zeit zu Zeit die Segmentprüfung (Segmentation Check) laufen, wenn Sie Zweifel an der Segmentlänge haben.

Einge kommerzielle Antennen haben einen Transformator am Einspeisepunkt. Die Eigenschaften dieser realen Transformatoren sind meistens von dem mit EZNEC modellierbaren idealen Transformator weit entfernt. Informieren Sie sich im Kapitel über Transformatoren über Einzelheiten.

#### 6.4.10.10 Phasengekoppelte Anordnungen (Phased Arrays)

Phasengekoppelte Anordnungen werden im Kapitel [Phasengekoppelte Anordnungen](#) ([Phased Arrays](#)) im Kapitel über Quellen behandelt.

#### 6.4.10.11 Kleine Schleifen (Small Loops)

Mit NEC-2 ist es nicht möglich, ein akurates Modell von Antennen mit kleinen Schleifen zu erzeugen. Wenn Sie es versuchen, bekommen Sie Impedanzen von Null oder mit negativen Werten im Speisepunkt und der angezeigte Gewinn liegt bei -99,99 dBi. NEC-4 ist etwas toleranter, aber auch hier gibt es Probleme mit kleinen Schleifen.

Versionen mit doppelter Genauigkeit erlauben kleinere Loops als Maschinen mit einfacher Genauigkeit. Tests mit einem Quadratloop im Freiraum mit einem Segment pro Draht zeigten annehmbare Ergebnisse mit folgenden minimalen Umfängen :

NEC-2 : 0,05 Wellenlängen

NEC-2D : 0,0005 Wellenlängen (verfügbar unter **EZNEC+**, **EZNEC Pro/2** und **EZNEC Pro/4**)

NEC-4 : 0,001 Wellenlängen (nur in **EZNEC Pro/4**)

NEC-4D :  $10^{-7}$  Wellenlängen (nur in **EZNEC Pro/4**)

Diese Angaben sind nur Richtwerte, die Genauigkeit hängt von einer großen Zahl von Faktoren ab.

#### 6.4.10.12 Gestockte Yagis (Stacked Yagis)

Gestockte Yagis und andere Antennen können mit **EZNEC** mit dem Stockungs-Werkzeug **Stack** leicht modelliert werden. In dem folgenden Schritt-für-Schritt-Modell **20m5elya.ez** wollen wir zwei

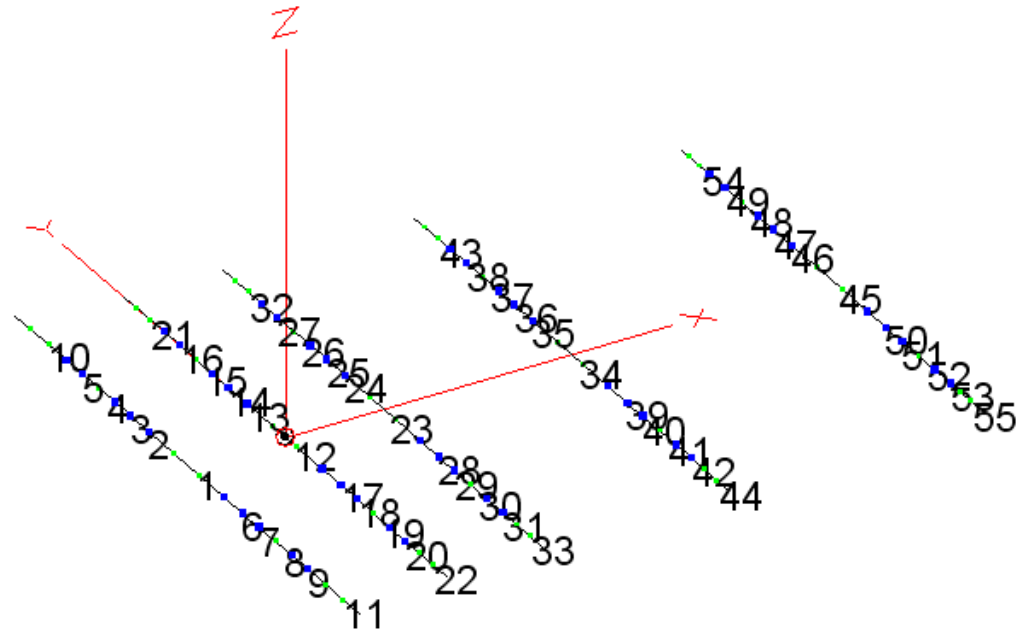
Yagis übereinander stocken :

Öffnen Sie die Antenne aus dem Hauptmenü mit **Open**, wählen Sie die Antenne **20m5elya.ez** und öffnen Sie sie.

Im Balken über dem Hauptmenü steht **Five-element Yagi** . Klicken Sie auf **View Ant** und auf die Zeile **Wires** im Hauptmenü zum Öffnen des Drahtfensters.

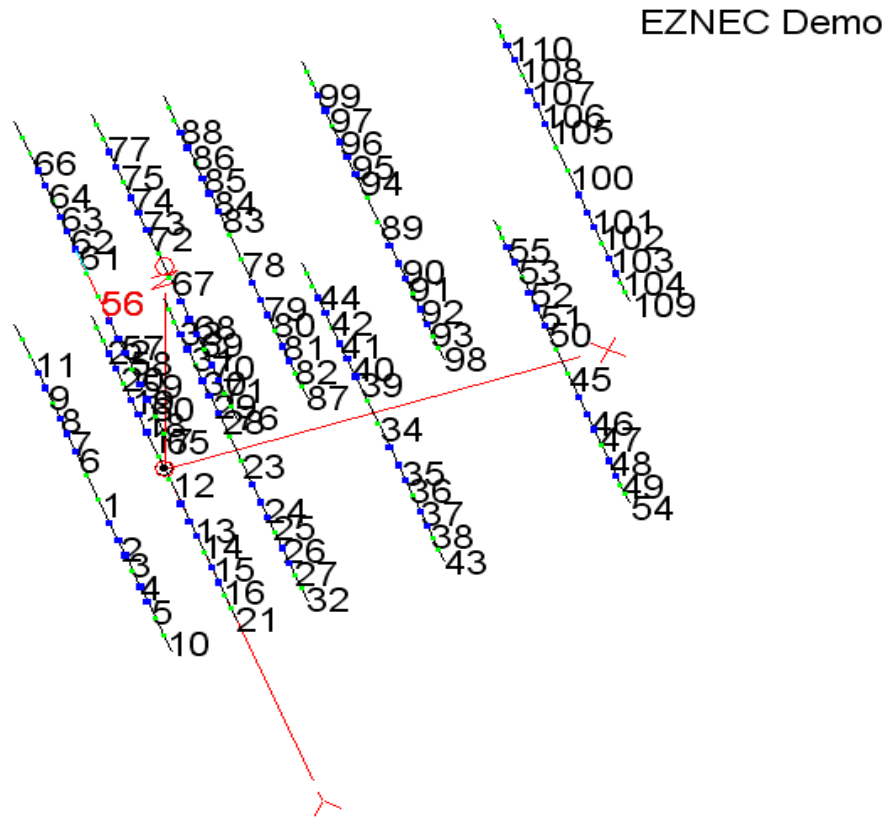
Ändern Sie – falls gewünscht - die Einheiten (Units) in Feet.

Öffnen Sie das Draht-Menü und wählen Sie **Stack**



Beachten Sie, dass alle Drähte mit den Nummern 1 bis 55 in die ersten beiden Fenster eingetragen sind. Dieses sind in unserem Beispiel die gewünschten Drähte. Wollen Sie nur eine gewisse Anzahl an Drähten aufstocken, können Sie sie hier markieren. Sie können auch die zu stockenden Drähte vorher im Drahtfenster markieren und dann **Stack** (Stocken) wählen.

In das dritte Fenster werden die gestockten Drähte eingetragen. Die Liste beginnt mit #56. Wir wollen eine zweite Yagi 40 Fuß über dem Original anordnen. Geben Sie 40 unter **Stacking distance** ein und klicken Sie auf OK. Damit ist die Sache schon erledigt !



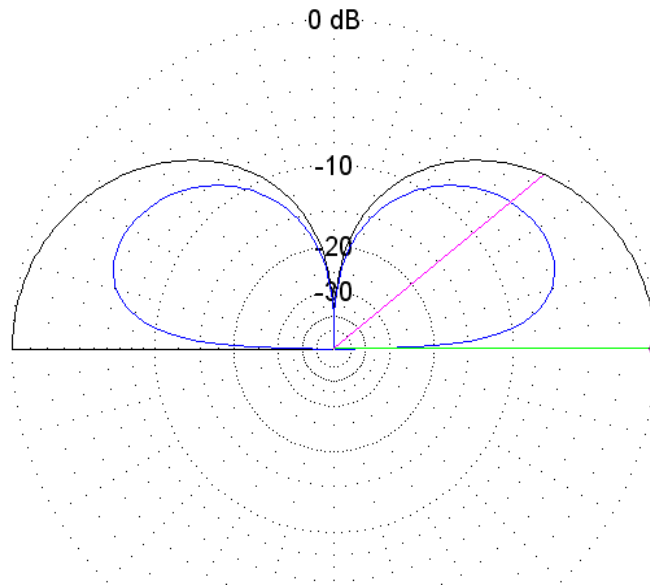
Wollen Sie den Stockungsabstand nachträglich korrigieren, können Sie ihn mit dem Menüpunkt **Change Height By** (Höhe ändern um..) aus dem Menü **Other** im Drahtfenster ändern, wobei Sie sicher stellen müssen, dass die Drähte von 1-110 erfasst sind. .  
Ergänzen Sie die Angaben im Hauptmenü durch den Erdboden und speichern Sie die gestockte Antenne unter einem neuen Namen ab.

#### 6.4.10.13 Vertikalantennen mit vergrabenen Radials (Vertical Antennas And Buried Radials)

Der Effekt von Radials oder anderen eingegrabenen Erdsystemen wird weitgehend missverstanden. Bei einer typischen Viertelwellenlängen-Vertikalantenne hat der Erdboden zwei unterschiedliche und im wesentlichen von einander unabhängige Effekte. Der erste Effekt besteht darin, dass der Strom, der in die Basis der Antenne fließt durch einen gleich großen Strom ausgeglichen wird, der vom Erdboden in die Masseseite des Speisekabels fließt. Dieser Strom fließt durch den Erdboden und unterliegt Verlusten. Der wesentliche Zweck eines Radialsystem ist es, diese Verluste durch eine höhere Leitfähigkeit des Erdbodens in der Nähe der Antenne zu verringern. Ein schlechtes Erdsystem verringert die Effektivität der Antenne. Die Feldstärke des abgestrahlten Felds wird reduziert, aber das Strahlungsdiagramm der Antenne wird nicht verändert.

Der zweite Effekt ist weniger bekannt, ist aber oft der wichtigere. Der Strahlungsdiagramm für die Elevation einer beliebigen Antenne wird aus einer Kombination des von der Antenne direkt abgestrahlten Felds in Horiziontrichtung und dem am Erdboden reflektierten Feld gebildet. Die relative Feldstärke und Phase dieser beiden Felder erzeugt die Keulen und Nullstellen im Antennendiagramm. Vertikal polarisierte Wellen werden durch die Reflektion am Erdboden anders

beeinflusst als horizontal polarisierte Wellen. Während horizontal polarisierte Wellen nahezu perfekt auch von relativ schlechten Böden reflektiert werden (Ausnahme : hohe Winkel), trifft das bei vertikal polarisierten Wellen nicht zu, sie werden am meisten bei niedrigen Winkeln beeinflusst. Durch diesen Effekt wird das Strahlungsdiagramm einer Vertikalantenne durch die Reflektion am Erdboden wesentlich beeinflusst. Bei einem realen Erdboden ergeben sich signifikante Verluste bei niedrigen Erhebungswinkeln. Sehen Sie sich das Modell **Vert1.ez** als Beispiel an. Speichern Sie das 2D-Elevationsdiagramm ab (blau) , ändern Sie dann den Erdbodentyp in **Perfect** und berechnen Sie das Diagramm erneut (schwarz). Vergleichen Sie dann die beiden Diagramme :



Bei der **Vert1** – Antenne wird das MININEC-Erdbodenmodell verwendet, das keine Leitungsverluste im Erdboden enthält, sondern nur die Erdbodenreflektion berücksichtigt. Diese Reflektion am Erdboden erfolgt in der Regel weiter vom Radialsystem entfernt.

**Also :** *Das Radialsystem einer Antenne hat nur einen kleinen oder sogar keinen Einfluss auf das Phänomen der Reflektion am Erdboden.*

Bitte behalten Sie diese beiden Effekte bei der folgenden Diskussion im Auge !

Eingegrabene Radials können nur direkt mit **EZNEC Pro/4** unter Verwendung der NEC-4-Rechenmaschine berechnet werden (siehe auch Eingegrabene Drähte ([Buried Wires](#))) Mit **EZNEC**, **EZNEC+** und **EZNEC Pro/2** müssen sie simuliert werden. Es gibt drei Wege, die eingegrabenen Drähte zu simulieren.

Ein Weg ist die Verwendung des NEC-Radialmodells. Dieser Weg ist nicht besonders zu empfehlen, denn es wird lediglich der Effekt der Bodenleitfähigkeit im Diagramm durch die Bodenreflektion modifiziert (der oben beschriebene zweite Effekt), aber nicht die Verluste durch die Leitfähigkeit. Mit dem NEC-Radialmodell kann die Antenneneffektivität nicht berechnet werden und die Radials haben – wie oben erläutert – einen geringen Einfluss auf die Bodenreflektion. Zusätzlich neigt das NEC-Radialmodell dazu, irreführende Ergebnisse durch die vereinfachten Annahmen zu Reflektionen am Erdboden zu liefern.

Der zweite Weg ersetzt die vergrabenen Radials durch Radials auf der Erdbodenoberfläche. Dieses Verfahren funktioniert ganz gut bei der Vorhersage der Effektivität des Erdsystems und des Einflusses des Radialsystems auf das Strahlungsdiagramm. Bei der Berechnung muss der reale Erdbodentyp mit hoher Genauigkeit benutzt werden ([High Accuracy Real ground type](#))

Der dritte Weg verwendet den **MININEC**-Erdbodentyp, der die Reflektion am Erdboden, aber nicht

die Leitungsverluste modelliert und am Speisepunkt eine Widerstandslast einfügt, mit dem die Verluste des Radialsystems simuliert werden. Zusätzlich kann auf Wunsch das NEC-Radialmodell verwendet werden. Sie können im Kapitel 8 des **ARRL-Antenna Book** den Widerstand bei einer vorgegebenen Anzahl von Radials finden (die Referenz gibt den Gesamtwiderstand für eine Viertelwellenvertikal an, Sie müssen 36 vom Wert abziehen, um auf den Widerstand des Erdsystems zu kommen). Es handelt sich um angenäherte Werte. Sollten Sie einen Antennen-Analysator haben, mit dem Sie den Antennenfußpunkt messen können, folgen Sie dieser Prozedur :

- Messen Sie den Antennenfußpunktwiderstand. Zeigt Ihr Messgerät nur die Impedanz an, nehmen Sie die Impedanz bei Resonanz als Widerstand.
- Fügen Sie in Ihr Modell eine Widerstandslast am Fußpunkt ein und verändern Sie diesen Wert solange, bis der berechnete Fußpunktwiderstand mit dem gemessenen Fußpunktwiderstand übereinstimmt.

#### 6.4.10.14 Modellierung eines Draht-Gitters (Wire Grid Modeling)

Die **EZNEC pro** –Programme enthalten ein Werkzeug, um den Prozess der Erzeugung eines flachen rechteckigen Drahtgitters zu automatisieren. Auch wenn Sie ein Drahtgitter von Hand erzeugen, sollten Sie das Kapitel [Erzeugung von Drahtgittern \(Wire Grid Creation\)](#) durchlesen, in dem das **EZNEC Pro** – Werkzeug beschrieben wird. Das Kapitel enthält Richtwerte für den Drahtabstand und –durchmesser.

Bevor Sie mit dem Gittermodell anfangen, sollten Sie die benötigte Zahl an Segmenten abschätzen. Die etwa benötigte Zahl auf der Grundlage eines Abstands von 0,1 Wellenlängen liegt bei  $220 * A$ , wobei A die Fläche im Quadrat der Wellenlänge ist. Sie sollten einige Kompromisse eingehen, damit die Zahl nicht die im Standard-Programm zur Verfügung stehende Anzahl an Segmenten übersteigt. Sie sehen, dass die Anzahl an benötigten Segmenten für eine gegebene physische Größe von der Wellenlänge abhängt, bei der die Analyse gemacht wird. Auf HF können Sie ein Autodach mit einem einfachen Drahtgitter nachbilden, aber auf UHF übersteigt ein Dach schnell die Möglichkeiten des Standardprogramms von **EZNEC**.

Verwenden Sie das Werkzeug für die Gruppenmodifikation (**Group Modify**), wenn Sie das Drahtgitter erzeugen. Mit ein bisschen Praxis kommen Sie dahinter, dass die Erzeugung des Drahtgitters ziemlich schnell geht. Sie können Drahtgitter auch wieder verwenden, wenn Sie die Funktion Kombinieren (**Combine**) und Anpassen (**Rescale**) einsetzen. Sie können ein Modell einfach anpassen, wenn Sie die Frequenzangabe in der Anpassfunktion (**Rescaling option**) verwenden. Speichern Sie aber die Beschreibung vor jedem neuen Schritt ab, damit Sie bei einem Fehler zum vorherigen Punkt zurückkehren können. Bei einem Fehler in der Gruppenmodifikation kann es ziemlich mühsam werden, den Ausgangszustand wieder herzustellen, falls Sie keine Sicherheitskopie abgespeichert haben. Beachten Sie, dass Sie die Drähte nur an ihren Enden miteinander verbinden können. Eine Verbindung an Kreuzungspunkten ist nicht möglich !

#### 6.4.10.15 Yagiantennen (Yagi Antennas)

Die nachfolgenden Anmerkungen gelten nur für **EZNEC**, **EZNEC+** und **EZNEC Pro/2** bzw. für **EZNEC Pro/4**, wenn mit der NEC-2-Maschine gearbeitet wird.

Yagiantennen mit nahezu voller Größe (etwa eine halbe Wellenlänge) können mit **EZNEC** genau modelliert werden. Sind die Elemente aus Teleskoprohren aufgebaut oder werden Materialien verwendet, die keinen konstanten Durchmesser über die volle Länge haben, korrigiert **EZNEC** das Problem, das **NEC-2** mit abgestuften Drahtdurchmessern hat. Diese Korrektur ist aber bei Elementen, die nicht etwa eine halbe Wellenlänge lang sind und Spulen oder Sperrkreise enthalten, nicht möglich. Gekürzte Yagis können nur dann genau modelliert werden, wenn der Durchmesser des Elements über die Länge konstant ist. Die Leistungsfähigkeit über alles kann bei diesen

Antennen nach wie vor bestimmt werden, aber es wird sich eine gewisse Frequenzverschiebung im Ergebnis gegenüber der aktuellen Frequenz, bei der diese Leistung erreicht wird, ergeben.

Wenn Sie Yagis mit einer Elementlänge von etwa einer halben Wellenlänge modellieren, informieren Sie sich über die Regeln im Kapitel [Schrittweise Durchmesserkorrektur \(Stepped Diameter Correction\)](#), um **EZNEC** eine Korrektur zu ermöglichen. Da es relativ einfach ist, einen Fehler zu machen, der die Korrektur für ein gegebenes Element verhindert, bietet **EZNEC** eine Möglichkeit sicher zu stellen, dass die Korrektur ordnungsgemäß durchgeführt wurde. Eingesetzt wird dazu die Anzeige für die Korrektur abgestufter Durchmesser (**stepped diameter correction display**), das im Kapitel [Ausgabe der Durchmesserkorrektur \(Using the Stepped Diameter Correction Display\)](#) beschrieben wird. Werfen Sie bei jedem Entwurf und einer Modifikation des Yagi-Modells einen Blick auf diese Anzeige, um sicher zu gehen, dass alle Elemente korrigiert worden sind.

Informationen zur Modellierung gestockter Yagis finden Sie im Kapitel [Gestockte Yagis \(Stacked Yagis\)](#).

## 6.5 Eingefügte Objekte (Insertion Objects)

### 6.5.1 Übersicht (About Insertion Objects)

Eingefügte Objekte sind : Quellen ([sources](#)), Lasten ([loads](#)), Speisleitungen ([transmission lines](#)), Transformatoren ([transformers](#)), L-Netzwerke ([L networks](#)) und (nur bei **EZNEC Pro**) Y-Parameter-Netzwerke ([Y parameter networks](#)). Diese aufgeführten Objekte können in Drähte (Wires) oder virtuelle Segmente ([virtual segments](#)) eingefügt werden.

Alle eingefügte Objekte haben einige wichtige gemeinsame Eigenschaften. Dieses sind :

1. Eingefügte Objekte haben ein oder zwei Ports (= Pole, Klemmen, Eingang, Ausgang). Bei Speisleitungen sind das die beiden Enden. Quellen, Lasten und Stubs haben nur einen Port, der in einen Draht oder ein virtuelles Segment eingefügt wird (Ausnahme : seriell eingefügte Lasten). Die anderen Objekte haben zwei Ports, die in zwei reale oder virtuelle Segmente eingefügt werden. Die zwei Ports eines Transformators entsprechen den zwei Wicklungen. Die zwei Ports eines L-Netzwerks entsprechen dem Eingang und dem Ausgang des Netzwerks. Jeder Port hat zwei Klemmen (**terminals**).
2. Jedes eingefügte Objekt trennt effektiv den Draht, in den es eingefügt wird, auf und schließt ihn an die Klemmen des Objekts an. Der Strom, der in das eine Terminal des Ports fließt, kommt in genau der gleichen Größe aus der anderen Klemme wieder heraus. Eingefügte Objekte strahlen nicht und sind nicht mit anderen Drähten oder Objekten elektrisch gekoppelt.
3. Werden mehrere Objekte im gleichen Segment eingefügt, sind sie alle parallel geschaltet. Ausgenommen sind serielle Lasten, die mit anderen Objekten im gleichen Segment in Serie geschaltet werden.
4. Die Polarität eines Ports – d.h. in welcher Richtung die + und - Klemmen verbunden sind – wird dadurch bestimmt, welche Klemme am nächsten am Ende 1 des Drahtes angeordnet ist. Dieses variiert mit dem jeweiligen Objekt, Sie finden Informationen dazu bei den einzelnen Objekten. Allerdings sind die zwei Ports eines jeden 2-Port-Objektes in der gleichen Phase relativ zu den Enden 1 und 2 der Drähte, in die sie eingefügt wurden.

Die Fenster der einzufügenden Objekte (Quellen (Sources), L-Netzwerke (L Networks) usw.) haben übereinstimmende Eigenschaften. Siehe [Placing Insertion Objects on Segments](#) und [Using Insertion Object Windows](#) für mehr Informationen.

Immer dann, wenn ein Port eines Objekt in einen Draht eingefügt wird, wird er in der Antennenansicht angezeigt. Siehe Kapitel [Antennenansicht verwenden \(Using The View Antenna Display\)](#) zur Beschreibung der verwendeten Symbole.



## 6.5.2 Eingefügte Objekte in Segmenten anordnen (Placing Insertion Objects On Segments)

Alle eingefügten Objekte müssen in realen oder virtuellen Segmenten ([virtual segments](#)) angeordnet werden. Objekte mit zwei Ports müssen mit zwei realen oder virtuellen Segmenten verbunden werden. Für die Objekte mit 2 Ports gibt es zwei Sätze von Eingangsangaben. Halten Sie die folgende Schritte für die beiden Ports ein.

### Eingefügtes Objekt mit dem Port auf einem Draht anordnen (To place an insertion object port on a wire)

Der Ort des eingefügten Objekts wird durch die Drahtnummer und den Ort auf diesem Draht beschrieben.

Geben Sie in dem für das Objekt zuständigen Fenster (Source, Transformator) die Drahtnummer und den Prozentsatz des Platzes bezogen auf das Ende 1 des Drahtes an. Soll das Objekt ganz an das Ende 2 des Drahtes verschoben werden, geben Sie eine 100 als Prozentsatz vom Ende 1 ein. Mit einem Kurzuruf können Sie das Objekt an das Ende oder in das Zentrum des Drahtes setzen. Geben Sie in der Spalte **Specified Pos. group** den Code **W#E#** ein. Die beiden # bezeichnen den Draht und das Ende des Drahtes. Haben Sie **W3E2** eingetragen, bedeutet das das Ende 2 des Drahtes 3. Wollen Sie eine Quelle in die Mitte eines Drahtes setzen, verwenden Sie **W#C**. **EZNEC** ordnet den Draht so nahe es geht an der spezifizierten Position an und meldet die Anordnung in der Spalte **Actual Pos.**

### Eingefügtes Objekt auf einem virtuellen Segment anordnen (To place an insertion object on a virtual segment)

Geben Sie in der Drahtspalte des Objekteingabefensters den Buchstaben V gefolgt von einer Zahl Ihrer Wahl ein. Diese Zahl kann zwischen 1 und 999 liegen, z.B. **V23**. Objekte mit der gleichen Nummer für das virtuelle Segment werden parallel geschaltet. Eine Prozentangabe für den Abstand von einem Ende entfällt bei virtuellen Segmenten.

*Tipp: Wollen Sie ein Objekt in der Mitte eines Drahtes anordnen, sorgen Sie dafür, dass die Anzahl der Segmente für diesen Draht ungerade ist.*

## 6.5.3 Fenster für eingefügte Objekte verwenden (Using Insertion Objects Windows)

Die folgenden Aktionen gelten für alle Fenster mit eingefügten Objekten (z.B. Objektfenster (objects Window), Speiseleitungsfenster (Transmission Lines Window) usw.:

### Objekte auf Segmenten anordnen (Placing Objects on Segments)

Siehe [Placing Insertion Objects On Segments](#).

### Objekte auswählen (Selecting Objects)

Zum Löschen, Kopieren und Verschieben von Objekten müssen diese zuerst ausgewählt werden. Zusätzlich können Objekte ausgewählt werden bevor die Funktion [Group Modify](#) gestartet wird. Zur Auswahl eines Objekts klicken Sie auf die Taste auf der linken Seite der entsprechenden Reihe. Das gewählte Objekt wird hellgetastet. Wollen Sie weitere Objekte anwählen, halten Sie beim nächsten Klick die Taste **STRG (CTRL)** gedrückt. Wollen Sie eine ganze Gruppe markieren, halten Sie die Taste Shift gedrückt und klicken Sie das erste und das letzte Objekt einer Gruppe an.



### Objekte löschen (Deleting Objects)

Mit einem Druck auf die Taste <Entf> (<Delete>) werden das oder die ausgewählten Objekt(e) gelöscht. Eine weitere Möglichkeit dazu stellt der Menüpunkt **object/Delete** mit der Angabe der zu löschenden Objekte bereit.

### Objekte kopieren oder verschieben (Copying and Moving Objects)

Markieren Sie das/die Objekt(e) wie beschrieben. Wählen Sie dann die Menüpunkte **<object>/Copy** oder **<object>/Move <object>(s) in List**. Dabei steht <object> für den Namen des Objekts (Source, L Network usw.). Sie werden nach der Position in der Liste gefragt, zu der das/die Objekte kopiert oder verschoben werden sollen.

### Objekte modifizieren (Modifying Objects)

Die Objekte können individuell modifiziert oder – falls gewünscht – kann auch eine Gruppe mit dem Werkzeug [Group Modify](#) bearbeitet werden. Die Prozedur ist in beiden Fällen die gleiche, nur müssen Sie eine Gruppe von Objekten selektieren bevor Sie die Gruppenmodifizierung starten. Die Änderung wird einfach durch die Eingabe des neuen Werts in die Tabelle und die anschließende Bestätigung mit <Enter> oder einem Klick in eine andere Zelle der Tabelle vorgenommen.

## 6.6 Quellen verwenden (Using Sources)

### 6.6.1 Über Quellen (About Sources)

Quellen (Sources) sind EZNEC-Komponenten, die den Platz angeben, an dem Leistung der Antenne zugeführt wird. In jedem **EZNEC** – Modell muss mindestens eine Quelle enthalten sein. **NEC** ist sehr empfindlich bei der Anordnung des Quellen und eine sorglose Plazierung der Quellen kann zu deutlichen Fehlern bei der Berechnung führen. Lesen Sie daher die folgenden Abschnitte aufmerksam durch, um solche Fehler zu vermeiden.

Wie die anderen eingefügten Objekte werden die Quellen an einer imaginären Trennstelle eines Drahtes angeordnet. Die Quelle wird an dieser Stelle parallel zu anderen dort angeordneten Objekten geschaltet, ausgenommen sind nur die seriell geschalteten Lasten. Die Quelle wird in Serie mit dem Draht verbunden, so als wenn der Draht unterbrochen und die Quelle dort eingefügt wurde. Eine Spannungs- oder Stromquelle erscheint parallel zu einer an das gleiche Segment angeschlossenen Speiseleitung und in Serie zu einer Last an dem gleichen Segment.

Quellen werden in Serie mit einem Draht eingeführt, der Draht wird unterbrochen und die Quelle eingefügt. Eine Spannung oder Strom wird über eine parallel an das gleiche Segment angeschlossene Speiseleitung und in Serie mit einer Last am gleichen Segment eingespeist. Technisch ist die Quelle über das Segment verteilt, an der sie angeschlossen ist, sie können aber annehmen, dass sie in der Mitte des Elements angeordnet ist. Die positive Seite der Quelle ist immer zum Ende 2 des Drahtes gerichtet. Eine Quelle mit der Phase Null erzeugt einen Strom der vom Ende 1 des Drahtes zum Ende 2 fließt. Diese Verbindung ist von der Struktur von NEC vorgegeben.

Die Beschränkung auf die Anordnung einer Quelle in der Mitte eines Segments verbietet die Anordnung einer Quelle an einer Drahtverbindung. Mitunter wird aber so eine Einspeisung benötigt, z.B. bei V-Antennen. **EZNEC** enthält einen speziellen Quellen-Typ, mit dem Sie eine Quelle auch an Drahtverbindungen anordnen können, wenn diese benötigt wird.

Wenn Sie die Gesamtleistung in der Antenne konstant halten wollen, können Sie den Leistungspegel im Menü **Options** des Steuerzentrums einstellen. Wenn diese Option genutzt wird, werden alle Spannungen und Ströme für mehrere Quellen in einem spezifizierten Verhältnis aufgeteilt und von **EZNEC** so verwaltet, dass die Gesamtleistung der Antenne eingehalten wird. Bei

einer einzelnen Quelle wird die benötigte Leistung ebenfalls überwacht. Diese Möglichkeit wird benötigt, wenn absolute Werte der Feldstärke (Nah- oder Fernfeld), Spannungen, Ströme und Leistungsverluste bei einer vorgegebenen Eingangsleistung bestimmt werden sollen. Es gibt aber keine Möglichkeit, die zu einer bestimmten Quelle geschickte Leistung vorzugeben, wenn in dem System mehrere Quellen vorgesehen sind. Hier hilft nur eine manuelle Korrektur, die solange verändert wird, bis die gewünschte Leistung erreicht ist. Ich kenne aber keine Anwendung, bei der diese Anwendung nötig oder wünschenswert ist.

Die Quelle wird in der Antennenansicht als leerer Kreis angezeigt. Einzelheiten finden Sie im Kapitel [Das Quellen-Fenster \(Using The Sources Window\)](#). Weitere Einzelheiten zum Quellen-Fenster stehen im Kapitel [Referenzen \(Reference\)](#).

## 6.6.2 Quell-Typen (Source Types)

In **EZNEC** stehen vier konventionelle Quellen zur Verfügung : Spannung, Strom, geteilte Spannung (split voltage) und geteilter Strom (split current). NEC hat weitere Typen, die hier nicht implementiert sind. Neu im **EZNEC**-Programm ist die Erregung durch eine ebene Welle (plane wave excitation). Wenn Sie eine geteilte (split) Quelle einsetzen, erzeugt **EZNEC** aktuell zwei Quellen, die an benachbarten Segmenten in unmittelbarer Nähe der von Ihnen angegebenen Position. In der Antennenansicht werden die geteilten Quellen als zwei Quellen angezeigt, aber sie verhalten sich jeweils als eine einzelne Quelle. Sie können geteilte Quellen auch an Drahtverbindungen anordnen z.B. bei einer Inverted-Vee. Sehen Sie unter [Quellen an Drahtverbindungen anordnen \(Placing Sources At Wire Junctions\)](#) zu weiteren Informationen zu geteilten Quellen nach. Zur Verwendung von konventionellen Quellen finden Sie Informationen unter [Quellen in Segmenten anordnen \(Placing Sources On Segments\)](#).

Falls die Antenne nur eine Quelle enthält (eine geteilte Quelle wird als eine Quelle gezählt), ist es uninteressant, ob Sie eine Strom- oder Spannungsquelle verwenden. Wenn Sie aber die spezielle Feldstärke in Abhängigkeit vom eingespeisten Strom oder der angelegten Spannung wissen wollen, müssen Sie den Typ spezifizieren. Werden mehrere Quellen verwendet, kann die Wahl aber einen wesentlichen Unterschied bewirken. Spannungsquellen werden jeweils durch die vorgegebenen Spannungen und die entsprechende Aufteilung unabhängig von den angesteuerten Impedanzen bestimmt. Stromquellen bestimmen analog den eingespeisten Strom und die Stromverhältnisse. Ein wesentlicher Einsatzfall für Vielfachquellen sind Phase-Array-Antennen. Die meisten Phase-Arrays werden mit einer vorgegebenen Stromverteilung entwickelt, ihre Feldverteilung ergibt sich proportional aus dem in sie eingespeisten Strom. Hier werden generell Stromquellen verwendet. Informieren Sie sich unter [Mehrfachquellen verwenden \(Using Multiple Sources\)](#) und [Phasengekoppelte Anordnungen \(Phased Arrays\)](#). Im Kapitel [Erregung durch eine ebene Welle \(Plane Wave Excitation\)](#) wird die Erregung einer modellierten Antenne durch eine ebene Welle beschrieben.

## 6.6.3 Das Quellen-Fenster (Using The Sources Window)

Öffnen Sie das Quellen-Fenster mit einem Klick auf **Sources** im Hauptmenü.

Hinweis : In den **EZNEC Pro**-Programmen werden sowohl die konventionellen Quellen als auch die Erregung über eine ebene Welle über dieses Fenster gestartet. Um von der Erregung durch eine ebene Welle auf eine konventionelle Quelle bei **EZNEC Pro** umzuschalten, öffnen Sie das Menü **Options** mit Fenster **Sources**. Der folgende Abschnitt bezieht sich ausschließlich auf konventionelle Quellen, Im Kapitel [Erregung durch eine ebene Welle \(Plane Wave Excitation\)](#) wird dieses Werkzeug gesondert beschrieben.

### Position der Quelle vorgeben

Wie bei den anderen eingefügten Objekten werden die Quelle in einem realen oder virtuellen Segment angeordnet. Spezielle Bedingungen werden in den Kapiteln [Quellen in Segmenten anordnen \(Placing Sources On Segments\)](#) und [Quellen an Drahtverbindungen anordnen \(Placing](#)

[Sources At Wire Junctions](#)) beschrieben.

### Amplitude und Phase vorgeben

Bei einer einzelnen Quelle erzeugen die Vorgaben für Amplitude und Phase keine Änderung im Strahlungsdiagramm, dem Gewinn oder der Impedanz. Es ändern sich lediglich die Spannungen an Quelle und Last, die Leistung und die absolute Feldstärke in V/m oder A/m. Falls ein bestimmter Leistungspegel vorgegeben wurde, ändert er sich mit Amplitude und Phase der Quelle nicht. Amplitude und Phase sind dann von Bedeutung, wenn mehrere Quellen eingesetzt werden. Hier zählen dann die relativen Werte der Verteilung untereinander. Sehen Sie sich die Beispiele **Cardioid.ez** und **4Square.ez** an, die die Verwendung von Mehrfachquellen demonstrieren.

### Quellen zufügen

Wollen Sie eine beliebige Anzahl von Quellen hinzufügen, wählen Sie **Source/Add**. Tragen Sie die Anzahl der Quellen im oberen Feld ein. Wenn Sie das untere Feld ungeändert lassen, werden die neue(n) Quelle(n) unterhalb der bestehenden Quellen eingefügt. Falls gewünscht, können Sie die Reihenfolge durch Eintrag der Position im unteren Feld ändern.

Wollen Sie eine einzelne Quelle hinzufügen, tragen Sie einfach ihre Position, Amplitude, Phase und Typ in die **“add”**-Reihe ein und drücken dann auf **<ENTER>** oder klicken Sie auf eine freie Reihe in der Tabelle. Freie Zellen können mit Duplikaten der letzten Quelle gefüllt werden.

### Festlegen des Quellentyps

Setzen Sie den Cursor in die äußerste rechte Spalte. Klicken Sie auf den Pfeil rechts von der Zelle und öffnen Sie das zugehörige Menü. Wählen Sie aus der Liste den gewünschten Quellentyp oder geben Sie den oder die benötigten Buchstaben in die Spalte ein. Gehen Sie zu [Quell-Typen \(Source Types\)](#) für weitere Informationen.

### Quellen auswählen, Löschen, Kopieren, Verschieben und Modifizieren

Die Vorgehensweise ist identisch mit der im Kapitel [Fenster für eingefügte Objekte verwenden \(Using Insertion Objects Windows\)](#) beschriebenen Prozedur.

## 6.6.4 Erregung durch eine ebene Welle (Plane Wave Excitation)

### 6.6.4.1 Überblick (Plane Wave Overview (EZNEC Pro only))

**EZNEC Pro** erlaubt es, das Modell durch eine feste ebene Welle als Quelle ähnlich wie mit einer konventionellen Spannungs- oder Stromquelle zu erregen. Die Quelle erzeugt eine ebene Welle, die das Modell aus nahezu unendlicher Entfernung erregt. Der Nutzer spezifiziert die Quelle nach Richtung, Polarisation und Amplitude. Diese Welle induziert Ströme in den Drähten des Modells. Das Programm wertet die aus diesen Strömen entstehenden Felder exakt auf die gleiche Weise aus, wie sie bei der Erregung durch konventionelle Spannungs- oder Stromquellen entstehen. Zu beachten ist aber, dass sich im Allgemeinen die Stromverteilung in den Drähten, die durch eine auftreffende Welle ausgelöst wird, sich von einer Erregung durch eine Spannungs- oder Stromquelle unterscheidet

Dieses Werkzeug ist nützlich, wenn der Streuquerschnitt einer Modellstruktur oder direkt die Eigenschaft einer Empfangsantenne mit der Spannung am Einspeisepunkt bei einer gegebenen Feldstärke bestimmt werden soll. Z.B. kann die bei einer einfallenden Welle von einer Antenne im offenen Kreis abgegebene Spannung einfach bestimmt werden, indem sie mit einem großen Widerstand am Speisepunkt abgeschlossen wird, auf **Load Dat** geklickt wird, um die entstehende Spannung anzuzeigen. Eine Null-Ohm-Last kann in ein beliebiges Segment eingefügt werden, um

den Kurzschlussstrom auf einfache Weise zu überprüfen oder Sie können sich mit der **Current**-Taste die Ströme in allen Segmenten ansehen. Wollen Sie die maximal von einer Antenne aus der Welle entnehmbare Leistung feststellen, erregen Sie die Antenne erst mit einer konventionellen Spannungs- oder Stromquelle und bestimmen Sie die Quellenimpedanz mit einem Klick auf **Src Dat**. Schalten Sie dann eine Last, die den konjugiert komplexen Wert dieser Last hat, anstelle der Quelle ein und schalten Sie auf Erregung durch eine ebene Welle um. **Load Dat** zeigt nun die erzielbare maximale Leistung an. Wollen Sie die effektive Länge einer Empfangsantenne bestimmen, dividieren Sie die Spannung am offenen Kreis durch die Amplitude in V/m der einfallenden Welle.

**Hinweis** : Sie müssen dazu das Kapitel [Plane Wave Excitation With a Ground Plane](#) gelesen haben, wenn Sie die Erregung mit einer ebenen Welle über einer Bodenfläche verwenden.

#### 6.6.4.2 Erregung durch eine ebene Welle spezifizieren (Specifying Plane Wave Excitation)

Das Werkzeug *Erregung durch eine ebene Welle* **Plane** ist nur in Programmen **EZNEC Pro** installiert. Wollen Sie die Eigenschaften einer ebenen Welle spezifizieren, klicken Sie im Hauptmenü auf die Textzeile **Sources**. Gehen Sie in dem sich öffnenden Menü mit den konventionellen Quellen zum Menüpunkt **Other** und wählen Sie **Change Source Type**. Die Tabelle zur Eingabe der ebenen Welle öffnet sich. Die meisten Parameter sind selbsterklärend. **PolAng** ist die Orientierung des elektrischen Feldes, wenn die Quelle linear und die Orientierung der Hauptachse, wenn sie zirkular polarisiert ist. Der Winkel gibt die Rotation im Gegenuhrzeigersinn des nach unten gerichteten E-Felds in der Richtung zur Quelle an. Die Richtung der Rotation wird durch die Blickrichtung von der entfernten Quelle zum Bezugspunkt definiert. Das achsiale Verhältnis ist wählbar, wird aber nur bei zirkularer Polarisation verwendet. Bitte beachten Sie, dass die Amplitude als Spannungsmittelwert (RMS) in Volt je Meter und nicht als Spitzwert (peak volts) per Meter wie bei NEC angegeben wird. Der Polarisationsstyp gibt nur die Polarisation der Quelle an. Die Wahl des Polarisationsstyps zur Anzeige der Ausgangswerte wird in der gleichen Weise wie bei den konventionellen Quellen über den Menüpunkt **Desc Options** im [Hauptmenü](#) gemacht.

Wenn eine Erdoberfläche einbezogen wird, ist es wichtig die Amplituden- und Polarisierungseffekte dieser Oberfläche zu berücksichtigen. Dadurch ändert sich die Welle, die die Antenne erregt, gegenüber der ursprünglich spezifizierten von der entfernten Quelle ausgehenden Welle. Lesen Sie bitte vorher das Kapitel [Erregung durch eine ebene Welle über einer Erdoberfläche \(Plane Wave Excitation With a Ground Plane\)](#)

#### 6.6.4.3 Erregung durch eine ebene Welle über einer Erdoberfläche (Plane Wave Excitation With a Ground Plane)

Die ebene Welle, die von einer Quelle in nahezu unendlicher Entfernung vom Bezugspunkt kommt, wird vom Erdboden auf ihrem Weg zur Antenne beeinflusst. Die bei der Antenne eintreffende Welle unterscheidet sich nach Amplitude und Polarisation von den bei der Definition der Quelle spezifizierten Werten. Als einfaches Beispiel kommt eine als vertikal definierte ebene Welle über einem perfekten Erdboden horizontal polarisiert und mit exakt der doppelten Amplitude über dem Boden bei der zu testenden Antenne an. Die gleiche Welle hat, wenn sie über einem Boden mit endlicher Leitfähigkeit eintrifft, einen Nullpegel in Bodenhöhe. Wenn Sie sich das Fernfelddiagramm einer konventionell erregten Antenne über einem Erdboden ansehen, können sie ein Gefühl dafür bekommen, wie sich in Richtung auf die entfernte Quelle verhält. Wenn das Feld in die Richtung zu der Quelle gleich Null ist, wird der Effekt eines Feldes aus dieser Richtung ebenfalls gleich Null sein. Leider gibt es keinen direkten Weg für **EZNEC Pro** oder NEC-2 oder NEC-4 die Feldstärke einer Welle nach der Bodenreflektion zu bestimmen. Ein Hilfsmittel ist der Test einer elektrisch kurzen Antenne. Die Schwierigkeit tritt bei der Freiraumanalyse nicht auf, dort ist das Feld an der Antenne so wie es durch die Quelle spezifiziert wurde.

In [Ergebnisse beurteilen \(Interpreting Plane Wave Results\)](#) wird erläutert, dass die Feldstärke in dB relativ zu dem bei Freiraumausbreitung erzeugten Feld bezogen auf einen Wellenlängen-

Quadratquerschnitt dBSw angegeben werden kann. Über einer Erdoberfläche wird das von einem Objekt erzeugte Feld bei einem Wellenlängen-Quadratquerschnitt einer Freifeld-Absorptionsfläche generell von 0 dBSw abweichen. Dieser Effekt wird durch die Streuung an der Erdoberfläche hervorgerufen. Es handelt sich genau um das gleiche Problem, wenn ein Dipol anstelle im Freiraum über einer Oberfläche aufgehängt wird. Sie können einfach 2,15 dB vom ermittelten Gewinn in dBi vom relativen Gewinn eines Dipols abziehen, um den Gewinn zu ermitteln. Über einer Erdoberfläche ist der beste Weg einen Vergleich zu erzielen, anstelle der zu testenden Antenne einen einfachen Dipol zu installieren und die Gewinnwerte zwischen Dipol und zu testender Antenne zu vergleichen. Analog dazu ist es zu empfehlen, zum Bestimmen der Absorptionsfläche (scattering cross section) die Werte für dBSw oder V/m mit einem einfachen Modell mit bekannter Absorptionsfläche zu vergleichen.

#### 6.6.4.4 Ergebnisse beurteilen (Interpreting Plane Wave Results)

Für die Erregung mit einer ebenen Welle stehen die gleichen tabellarischen und grafischen Ausgaben zu Verfügung wie bei einer Standard-Erregung mit Spannung oder Strom, aber mit einigen Unterschieden : Beachten Sie zuerst, dass die Einstellung **Power Level** im Options-Menü keine Wirkung hat, denn mit einer ebenen Welle können Sie keine Leistung assoziieren. Aus dem gleichen Grund wird keine Durchschnittsleistung (**Average Power**) angezeigt, wenn die Erregung durch eine ebene Welle angewählt wurde. Im Menüpunkt **Options** des Hauptmenüs, werden die Einheiten in der Fernfeldtabelle (**Far Field Table Units**) entweder in **mV/m X dist** oder in **dBSw** ausgegeben. Der erste Wert ist das Produkt der Feldstärke und der Entfernung vom Ausgangspunkt. Die Feldstärke in einer beliebigen Entfernung ist einfach der ermittelte Wert geteilt durch die Entfernung vom Ausgangspunkt in Metern **vorausgesetzt, dass** der Beobachtungspunkt sich im Fernfeld befindet **und** dass diese Entfernung groß im Verhältnis zu den Antennenabmessungen ist. Das Feld wird aber durch die Streuung oder durch den in den Antennenleitern durch das einfallende Feld induzierten Strom bestimmt. Die ermittelten Werte enthalten nicht das einfallende Feld von der Quelle der ebenen Welle. Die dBSw-Anzeige, die Sie in dem 2D-Diagramm sehen und die Fernfeldtabelle in dB beziehen sich relativ auf einen Wellenlängen-Quadratquerschnitt für ein Objekt im Freiraum. Ein Objekt mit einem Wellenlängen-Quadratquerschnitt, das in der vorgegebenen Richtung angeordnet wird, erzeugt ein Feld von 0 dBSw. Ein Objekt mit einem größeren oder kleineren Querschnitt erzeugt relativ dazu ein größeres oder kleineres Feld.

**Achtung** : Diese Angabe ist für eine Erdoberfläche **NICHT** zutreffend. Informieren Sie sich im Kapitel [Erregung durch eine ebene Welle über einer Erdoberfläche \(Plane Wave Excitation With a Ground Plane\)](#) über die Erregung über einer Erdoberfläche.

Da die Absorptionsfläche eine Fläche ist, gelten die gleichen Verhältnisse wie für die Leistung, d.h. eine Angabe von 3 dBSw bedeutet eine Absorptionsfläche von zwei Wellenlängenquadraten im Freiraum.

Falls Sie sich bei NEC-2 oder -4 auskennen : Die von EZNEC Pro ermittelten dBSw-Werte sind die gleichen Angaben wie in dB oder in dBi wie bei NEC, wenn die Erregung durch eine ebene Welle gewählt wurde. Berücksichtigen Sie, dass bei NEC Spitzenwerte (peak) und bei EZNEC Pro Mittelwerte (RMS) für die ebene Welle angegeben werden.

Beachten Sie, dass die Polarisation eines Streufeldes oft von der einfallenden Welle abweicht. Die Polarisation der einfallenden Welle entspricht der erzeugenden Quelle im Freiraum, kann aber über der Erdoberfläche verformt werden.

Die Wahl des Polarisationsstyps wird mit der **Desc Options choice** im Hauptmenü auf die gleiche Weise vorgenommen, wie bei den konventionellen Quellen.

## 6.6.5 Quellenanordnung (Source Placement)

### 6.6.5.1 Voraussetzungen für Quellenanordnung (Source Placement Precautions)

NEC ist bezüglich der Quellenanordnung sehr empfindlich und wesentliche Fehler können entstehen, wenn die Quellen inkorrekt angeordnet worden sind. Wann immer möglich sollten Sie die folgenden Regeln beachten :

1. Die Quelle sollte nicht an einem Draht angeordnet werden, der kürzer als 0,02 Wellenlängen ist, vor allem dann, wenn benachbarte Drähte unter einem Winkel angeschlossen sind.
2. Die dem Quellensegment benachbarten Segmente sollten die gleiche Länge und den gleichen Durchmesser wie das Quellensegment haben. Wird die Quelle an einem kurzen Draht platziert, ist es zweckmäßig, den Draht in drei Segmente aufzuteilen um diese Bedingung zu erfüllen.
3. Segmente jenseits der benachbarten Segmente sollten sich deutlich in Länge und Durchmesser vom Quellensegment und den in seiner Nachbarschaft angeordneten Segmenten unterscheiden.
4. Quellen sollten sich nicht auf einem Draht, der Teil einer kleinen Schleife ist, befinden.
5. Es ist üblicherweise besser eine geteilte Quelle an einer Drahtverbindung zu verwenden als einen kurzen Draht mit einer Quelle einzufügen

Die Regeln 1 und 2 können verletzt werden, wenn der kurze Draht nur verwendet wird, um eine Quelle an einer Speiseleitung anzuschließen. Hier kann ein sehr kurzer Ein-Segment-Draht generell verwendet werden.

Mitunter können alle diese Regeln nicht voll angewendet werden und Kompromisse müssen geschlossen werden, um die Antenne trotzdem möglichst genau zu modellieren. Die Anordnung der Quellen kann mit dem leistungsfähigen **EZNEC**-Werkzeug **Average Gain I**(durchschnittlicher Gewinn) überprüft werden. Immer dann, wenn ein 3D-Richtdiagramm erzeugt wird, berechnet **EZNEC** den "**average gain**". Die gesamte Strahlungsleistung wird integriert und mit der von den Quellen eingespeisten Leistung verglichen. Die entsprechenden Werte werden unten im Hauptmenü ausgegeben. Bestehen Probleme bei der Quellenanordnung, werden erhebliche Abweichungen des Gewinns von den verlustfreien Werten angezeigt. Die Quellenanordnung kann modifiziert werden, um den Gewinn so nahe wie möglich an den Wert EINS heranzubringen.

**Hinweis** (gilt nur für **EZNEC-Pro/4**) : Der **Average Gain** kann für die Überprüfung der Quellenanordnung **nicht** verwendet werden, wenn das Modell vergrabene Drähte enthält.

Verwenden Sie den **Average Gain** so, um die Quellenanordnung zu testen :

1. Speichern Sie die aktuelle Strombeschreibung (*current description*) (optional : Verwenden Sie die Undo-Funktion, um das vorherige Modell wieder zu holen).
2. Wählen Sie im Hauptmenü **Plot Type/3-Dimensional**.
3. Wurde ein realer Bodentyp (**Real ground type**) gewählt, ändern Sie ihn in **Perfect**.
4. Wurden Lasten eingefügt, ändern Sie ihren Widerstand auf Null oder löschen Sie sie
5. Setzen Sie den Drahtverlust (**Wire Loss**) im Hauptmenü auf Null
6. Starten Sie die Ausgabe eines Richtdiagramms (**far field plot**). Beachten Sie den Wert für den **average gain** unten im Hauptmenü. Erhalten Sie die Ausschrift **Model contains loss** (Modell enthält Verluste) rechts vom **average gain** gehen Sie die obigen Schritte erneut durch und stellen Sie sicher, dass alle Verlustquellen entfernt worden sind. Ohne die Entfernung der



**Modell losses** ist der **average gain** nicht aussagekräftig.

Falls das 3D-Diagramm sehr schmale Keulen hat, sollten Sie die Schrittweite verringern, um die Genauigkeit zu erhöhen. Ein Wert von 5 Grad reicht im allgemeinen.

Der Fehler der Feldstärke und des Gewinns entspricht etwa der Abweichung des durchschnittlichen Gewinns (**average gain**) von EINS (0 dB). Falls ein **average gain** von +2dB angezeigt wird, ist die Feldstärke und der Gewinn, die von **EZNEC** berechnet wurden um +2dB grösser als in Wirklichkeit. Die Quellenanordnung sollte nun so verändert werden, dass der **average gain** möglichst nah an den Idealwert 0 dB herankommt. Wird der Idealwert nicht voll erreicht, muss der für den **average gain** angezeigte Wert von den berechneten Feldstärkewerten abgezogen werden. Bei Modellen mit mehreren Quellen werden mitunter nicht alle Fehler damit abgegolten, aber für ein Modell mit einer Quelle ist die Korrektur ausreichend genau.

7. Halten Sie die Änderungen fest, die Sie zur Verbesserung der Quellenanordnung gemacht haben. Sind die Änderungen umfangreich, können Sie anschließend die Werte für Lasten, Erdboden und Draht in das geänderte Modell eintragen. Sind die Änderungen nur unbedeutend gewesen, können Sie das abgespeicherte Modell wieder reaktivieren und die gemachten Änderungen dort eintragen.

Auch dann, wenn eine Quelle im **View Antenna display** als in der Mitte eines Segment angeordnet scheint, wird die Quelle über das ganze Element verteilt. Ist die Quellenanordnung kritisch (z.B. an der Basis einer Halbwellenvertikal oder im Zentrum eines Vollwellenlängendipols, bei dem die Impedanz wichtig ist), kann die Länge des Segments, das die Quelle enthält, wichtig werden. Je kürzer das Quellen-Segment gemacht wird, um so eher imitiert es die Einspeisung an einem einzelnen Punkt. Ein einfacher Test zeigt die Wichtigkeit : Teilen Sie den Draht, der die Quelle enthält, in eine grössere Anzahl von Segmenten und beachten Sie die vorstehenden Regeln. Lassen Sie das Programm laufen und verfolgen Sie den Einfluss auf Gewinn oder Impedanz. Verschieben Sie die Quelle um ein Segment und wiederholen Sie die Rechnung. Ist die Änderung grösser, als Sie akzeptieren können, müssen Sie die Länge des Quellensegments minimieren. Ein Weg dazu ist die Abstufung der Segmente ([segment length tapering](#)).

#### 6.6.5.2 Quellen in Segmenten anordnen (Placing Sources On Segments)

Alle Quellen müssen in virtuellen oder realen Segmenten angeordnet werden. Siehe auch [Eingefügte Objekte in Segmenten anordnen \(Placing Insertion Objects On Segments\)](#).

**EZNEC** ordnet anscheinend auch Quellen an einer Segment- oder Drahtverbindung an, aber real werden sie aus zwei konventionellen Quellen gebildet, die an benachbarten Segmenten dieser Verbindung angeordnet sind, wie in der Antennenansicht zu sehen ist. Soll eine Quelle an einer Speiseleitung angeordnet werden, muss ein Draht erzeugt werden, der Quelle und Speiseleitung verbindet. Nicht mehr als eine Quelle kann an einem gegebenen Segment plziert werden.

Die Anordnung der Quelle ist durch die Nummer und den Platz auf dem Draht spezifiziert. Geben Sie im Quellenfenster die Drahtnummer und für den Speiseort den Prozentsatz vom Ende 1 des Drahtes an. Wenn Sie z.B. die Quelle am Ende 2 des Drahtes anordnen wollen, geben Sie eine 100 als Prozentsatz vom Ende 1 an. Für die Anordnung in der Mitte oder am Ende eines Drahtes, können Sie die Abkürzungen **W#C** oder **W#E#** . Das # nach W bezeichnet die Drahtnummer, das # nach E das gewünschte Ende (1 oder 2). **EZNEC** ordnet die Quelle so nahe wie möglich am gewünschten Ort, der genaue Ort ist in der Spalte **Actual Pos** zu sehen. Verwenden Sie nach Möglichkeit Standard-Quelle. Verwenden Sie geteilte Quellen (split sources) nur dann, wenn sie an einer Drahtverbindung eingesetzt werden sollen.

**Tipp:** Soll die Quelle in der Mitte eines Drahtes angeordnet werden, teilen Sie den Draht in eine ungerade Anzahl von Segmenten auf.



### 6.6.5.3 Quellen an Drahtverbindungen anordnen (Placing Sources At Wire Junctions)

Konventionelle **EZNEC**-Quellen müssen auf einem Segment angeordnet werden. Eine Quelle an einer Drahtverbindung benötigt spezielle Techniken.

Eine bevorzugte Methode ist es, **EZNEC**'s split sources (geteilte Quellen) zu verwenden, die ausschliesslich für diesen Zweck geschaffen wurden. Wenn Sie eine geteilte Quelle einsetzen, erzeugt **EZNEC** zwei Quellen und ordnet sie in unmittelbarer Nähe des von Ihnen gewählten Ortes an. Diese geteilten Quellen erscheinen in der Antennenanzeige (Antenna display) als zwei Quellen, aber verhalten sich wie eine einzelne Quelle. Die geteilten Quellen werden wie konventionelle Quellen angeordnet mit dem Unterschied, dass **EZNEC** die nächste Segment- oder Drahtverbindung anstelle der von Ihnen spezifizierten Segmentmitte wählt. Wenn Sie geteilte Quellen verwenden, müssen Sie sicherstellen, dass eine in dem Quellensegment enthaltene Last symmetrisch dazu im benachbarten und vom anderen Teil der Quelle belegten Segment ebenfalls auftaucht. Vermeiden Sie den Anschluss einer Speiseleitung an Segmenten mit geteilten Quellen. Geteilte Quellen können nicht an einer Mehrfachdrahtverbindung oder an Stellen, wo sich die Drahtlänge und – durchmesser unterscheidet, angeordnet werden. Auch an offenen Drahtenden dürfen keine geteilten Quellen vorgesehen werden, da der andere Teil der Quelle dann im Leeren sitzt.

Beispiele für geteilte Quellen finden Sie unter **N4PCLoop.ez** und **BYVee.ez**.

Eine weitere Möglichkeit, eine Quelle an einer Drahtverbindung anzuordnen, ist die Einfügung eines zusätzlichen kurzen Drahtes, auf dem die Quelle angeordnet wird. Diese Möglichkeit eignet sich für Mehrfachdipole mit einem gemeinsamen Speisepunkt. Diese Methode sollte aber mit Vorsicht eingesetzt werden. Informieren Sie sich vorher unter [Voraussetzungen für Quellenanordnung \(Source Placement Precautions\)](#). Mitunter empfiehlt es sich, die Segmentlängen mit dem **EZNEC**-Werkzeug **Segment Length Tapering** um den Speisepunkt herum anzustufen.

### 6.6.5.4 Quellen mit Erde verbinden (Connecting Sources to Ground)

Eine Standardfrage ist, wie das eine Ende der Quelle mit der Erde verbunden wird : Verbinden Sie einen Draht mit Masse, indem Sie ihm die Koordinate Z=0 geben und ordnen Sie die Quelle am unteren Ende dieses Drahtes an. Ein Beispiel finden Sie unter **Vert1.ez**. Die Drähte sollten nur mit **Perfect**- oder **Real** – Böden vom MININEC-Typ verbunden werden. Informieren Sie sich unter [Drähte mit dem Boden verbinden \(Connecting Wires to Ground\)](#).

## 6.6.6 Mehrfachquellen (Multiple Sources)

### 6.6.6.1.1 Mehrfachquellen verwenden (Using Multiple Sources)

Wenn Sie Mehrfachquellen verwenden wollen, müssen Sie einige Vorkehrungen treffen um zu verhindern, dass Sie um 180° gegenüber Ihren Vorstellungen versetzte Ströme bekommen. Achten Sie bei phasengespeisten Antennen darauf, dass alle Drahtenden 1 in die gleiche Richtung weisen, z.B. das alle Enden 1 einer vertikalen Anordnung mit der Masse (Erdboden) verbunden sind.. Wenn Sie einen Draht verkehrt herum anschließen, wird die Polarität aller Quellen in diesem Draht vertauscht., denn der positive Strom in einem Draht ist in jedem Fall in Richtung zum Ende 2 des Drahtes gerichtet. Ein positiver Strom wird als in Richtung zum Ende 2 eines Drahtes fließend definiert.

Eine Doppeldeutigkeit kann entstehen, wenn eine geteilte Quelle an einer Drahtverbindung eingefügt wird, denn die Polarität kann davon abhängen, zu welchem Draht die Quelle gehört und in

welche Richtung dieser Draht orientiert ist. Eine geteilte Quelle an einer Drahtverbindung „gehört“ zu dem Draht an der angegebenen Position, sie kann daher mit ihrer positiven am Ende 2 eines Drahtes liegen. Die Doppeldeutigkeit kann vermieden werden, wenn das Ende 1 eines Drahtes an das Ende 2 eines Drahtes in der gleichen Richtung angeschlossen wird. Immer dann, wenn Sie Mehrfachquellen in Antennen an einer anderen Stelle als bei parallelen Drähten einsetzen, müssen Sie auf die von den Drähten erzeugten Ströme achten und überprüfen, ob sie tatsächlich in der von Ihnen gewünschten Richtung fließen. Sehen Sie unter [Ergebnisse auswerten \(Interpreting The Results\)](#) nach.

### 6.6.6.2 Phasengekoppelte Anordnungen (Phased Arrays)

**EZNEC** gestattet es Ihnen eine phasengekoppeltes Speisesystem zu modellieren vorausgesetzt, dass die Speiseleitung nicht mit den Antennen als Drähte koppeln. (**EZNEC** kann die Kopplung der Speiseleitungen nicht modellieren). Ein Beispiel finden Sie in den Dateien **CardTL.ez** und **4SqTL.ez**. **EZNEC** hat keine Möglichkeit Netzwerke mit anderen Komponenten als Speiseleitungen zu modellieren. Um verschiedene mögliche Diagramme anstelle der Modellierung von Speiseleitungen zu untersuchen, setzen Sie eine Stromquelle in jeden Speisepunkt der Elemente und variieren Sie die Ströme im Element durch eine Änderung der Amplituden und Phasen.

Eine sehr nützliche Eigenschaft von **EZNEC** ist es, Ihnen zu sagen, wo die Impedanz des Speisepunkts eines Elements liegt, wenn die Anordnung richtig gespeist wird. Diese Information wird benötigt, wenn Sie ein Speisesystem mit den richtigen Stromverhältnissen entwerfen wollen. Um die Impedanzen zu bestimmen, fügen Sie Stromquellen an den Speisepunkten mit dem richtigen Verhältnis ein. Klicken Sie im Hauptmenü auf die Taste **Src Dat (Source Data)** und Sie erhalten die Impedanzen des Speisepunkts. **4Square.ez** und **Cardioid.ez** sind Beispiele von Phasenarrangements (phased arrays), die mit Mehrfachquellen gespeist werden.

## 6.7 Lasten verwenden (Using Loads)

### 6.7.1 Was sind Lasten (About Loads)

Lasten (Loads) sind eingefügte Objekte, die eine konzentrierte Impedanz repräsentieren und in einem Draht eingefügt werden können. Wie die Quellen sind auch die Lasten mit **EZNEC** leicht zu plazieren. Sie erscheinen in Serie mit dem Draht. Wie die Quellen sind auch die Lasten entlang eines Segments verteilt, können aber vom Konzept als in der Mitte des Segments angeordnet betrachtet werden.

Lasten werden charakterisiert durch ihren **Typ**, ihre **Konfiguration** und ihre externen **Anschlüsse**. Es gibt drei **Typen** von Lastimpedanzen:

- Fester Widerstand plus Reaktanz ( $R+jX$ )
- RLC-Kombination (RLC)
- Laplacetransformationspolynom (Laplace)

Für den RLC-Typ gibt es drei Möglichkeiten der **Konfiguration**, je nachdem wie Widerstand, Induktivität und Kapazität verschaltet sind. Es gibt zwei Möglichkeiten für den **Anschluss**, abhängig davon ob sich die Last in einem Segment den Anschluss mit einem anderen eingefügten Objekt teil, sie können seriell oder parallel geschaltet werden. Einzelheiten stehen im Kapitel [Lastverbindungen \(Load Connections\)](#)

Lasten werden über das Lastenfenster (**Load Window**) eingegeben und modifiziert. Die Eingabe variiert mit der gewählten Art der Last. Detaillierte Informationen zur Verwendung des Lastenfensters finden Sie im Kapitel [Lasten-Fenster verwenden \(Using The Loads Windows\)](#). Die Anordnung der Lasten entspricht der Positionierung von Quellen, wie im Kapitel [Quellen in Segmenten anordnen \(Placing Sources On Segments\)](#) beschrieben.

In kritischen Situationen gelten die gleichen Restriktionen wie für Quellen (siehe [Voraussetzungen für Quellenanordnung \(Source Placement Precautions\)](#)). Sie können mit Lasten ähnliche Tests wie mit den Quellen bei Beachtung des **average gain** machen. Stellen Sie Probleme fest, modifizieren Sie den Anschluss der Lasten und beobachten Sie die Veränderungen.

**EZNEC**-Lasten selbst strahlen nicht, nur das an der Last angeschlossene Segment kann wie jedes andere Segment strahlen.

Seriell eingefügte Lasten werden in der Antennenansicht als leere Quadrate dargestellt, parallele Lasten erscheinen als leere auf der Spitze stehende Dreiecke.

## 6.7.2 Last-Typen (Load Types)

Drei verschiedene Lasttypen stehen zur Verfügung :  $R + jX$  (Widerstand und Reaktanz), RLC und Laplace. Jeder Typ hat seine unten beschriebenen Eigenschaften. In einem Modell müssen alle Lasten vom gleichen Typ sein. Mitunter müssen Sie nach einen Kompromiss suchen, welcher Typ verwendet werden soll.

**$R + jX$**  : Dieser Lastentyp ist der schnellste und am einfachsten zu verwendende Typ. Sie geben lediglich den Wirk- und Blindwiderstand vor. Die Impedanz einer  $R+jX$ -Last ändert sich mit der Frequenz im Gegensatz zu einem realen Bauelement nicht. Eine  $R+jX$ -Last ist daher nur als frequenzunabhängige Last (z.B. eine reiner Widerstand) oder für die Analyse bei einer bestimmten Frequenz oder in einem schmalen Frequenzbereich verwendbar.

**RLC**: Dieser Lastentyp ist der am meisten angewendete, wenn Sie die R,L und C-Werte des Modells kennen. Nicht alle drei Elemente müssen vorhanden sein, sie können jede Kombination der drei Elemente verwenden, auch einfache R, L oder C sind möglich. Eine leistungsfähige Eigenschaft dieses Lastentyps ist, dass z.B. der Widerstand frequenzabhängig gemacht werden kann, um Skineffekte oder Isolationsverluste zu modellieren. Jeder Lastenwiderstand kann unabhängig gesetzt werden, sie können einen Teil variabel, den anderen konstant machen. Sie geben die RLC-Werte direkt für R, L und C sein und nicht als Widerstand und Reaktanz. Die Impedanz der Kombination variiert realistisch mit der Frequenz. Drei Kombinationen der Elemente sind möglich : Serienschaltung, Parallelschaltung und „Trap“ (R und L in Serie, parallel dazu C). Mit dem Trap-Modell können Spulen, aber auch Schwingkreise oder andere parallelresonante Schaltungen modelliert werden.

**Laplace**: Dieser Lasttyp kann nur von Fachleuten eingesetzt werden, die wissen, wie man den Laplace-Polynom-Quotient berechnet. Eine Erklärung dieser Berechnung geht über den Umfang dieses Handbuchs hinaus. Interessente sollten sich in einem Fachbuch über Schaltungsanalyse um weitergehende Informationen bemühen. Der Vorteil dieses Lasttyps für die, die diesen Typ verwenden können, ist, dass relativ komplexe Kombinationen von Komponenten R,L,C modelliert werden können. Die Impedanz der Laplace-Last variiert mit der Frequenz, aber er Widerstand kann nicht frequenzvariabel wie beim RLC-Typ gemacht werden.

Weitere Informationen finden Sie im Abschnitt [Lasten-Fenster verwenden \(Using The Loads Windows\)](#).

## 6.7.3 Lastverbindungen (Load Connections)

Wird ein Segment auch von anderen eingefügten Objekten verwendet, ist die Parallel- oder die Serienschaltung möglich. Wie der Name sagt, werden bei der Serienschaltung die Lasten in Serie mit anderen eingefügten Objekten geschaltet, wie z.B. eine Serienspule oder ein Ersatzwiderstand zur Repräsentation des Erdübergangswiderstandes in einer Vertikalantenne. Die Parallelschaltung wird z.B. verwendet, wenn eine konzentrierte Impedanz parallel zu einem anderen einzufügenden

Objekt geschaltet wird, ein Beispiel dafür ist eine Haarnadelschleife, die parallel zur Speiseleitung an einem Antennenspeisepunkt eingebaut wird. Die Wahl des Verbindungstyps wird zusammen mit der Eingabe der anderen Daten vorgenommen.

Die Wahl der Verbindung wird für jede Last in am weitesten rechts liegenden Spalte des **Lastenfenster (Loads Window)** eingetragen, es heisst **Ext Conn**. Geben Sie ein **S** ein oder wählen Sie **Ser** im sich öffnenden Menü für eine Serienschaltung oder wählen Sie **P** oder **Par** für eine Parallelschaltung.

Seriell eingefügte Lasten werden in der Antennenansicht als leere Quadrate dargestellt, parallele Lasten erscheinen als leere auf der Spitze stehende Dreiecke.

Das innere Modell einer parallel angeschlossenen Last ist komplexer als das einer konventionellen Last. Konventionelle Lasten sollten daher bevorzugt werden und die parallele Ankopplung nur bei Notwendigkeit verwendet werden. Parallel angeschlossene Lasten können auch in [virtuellen Segmenten](#) angeschlossen werden, serielle Lasten sind dort nicht möglich.

Es sollte keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Anschlusstypen geben, solange nicht ein anderes Objekt an dem gleichen Segment angeschlossen ist. Die Phasenwinkel der Lastspannungen, die unter **Load Data** angezeigt werden, können sich durch die unterschiedliche Definition der Polarität um 180° für die beiden Objekttypen unterscheiden. Informieren Sie sich im Kapitel [Polarität von parallel angeschlossenen Lasten \(Parallel Connected Loads Polarity\)](#) zu diesem Thema.

#### 6.7.4 Lasten an Drahtverbindungen anordnen (Placing Loads At Wire Junctions)

Wie bei einer Quelle ist die Last über das Segment verteilt, von der Konzeption her kann die Last in der Mitte des Segments angenommen werden. Die Anordnung an einer Segment-oder Drahtverbindung ist nicht möglich, aber sie kann durch zwei Lasten simuliert werden.

Um eine Last an einer Drahtverbindung zu simulieren, teilen Sie die Last in zwei gleiche Teile, jedes in einem benachbarten Segment. Wenn **EZNEC** identische Lasten an benachbarten Segmenten einer Drahtverbindung feststellt, zeigt es Spannungen, Ströme, Impedanzen und Verluste der Kombination ebenso wie individuellen Lasten unter Lastendaten (**Load Data Output**) an.

#### 6.7.5 Ladespulen (Loading Coils)

Ladespulen haben meist einen signifikanten Verlustanteil, der in das Modell einbezogen werden sollte. Eine Messung liefert am besten den Verlust, er kann aber auch abgeschätzt werden. Luftspulen haben typisch eine Güte im Bereich 200..400. Sie können den Serienwiderstand als 1/200 bis 1/400 der Reaktanz annehmen. Falls diese Annahmen nicht Ihren Resultaten entsprechen, müssen Sie doch eine Messung machen oder die Güte genauer bestimmen.

#### 6.7.6 Schwingkreise (Traps)

Ein Trap hat eine Resonanz bei einer bestimmten Frequenz, stellt aber eine signifikante Impedanz auf anderen Frequenzen und Bändern dar. Das Trap-Modell sollte daher ausreichend genau über den Arbeitsbereich der Antenne sein., zumindest jedoch über den Bereich, der modelliert wurde. Um ein genaues Modell zu erzeugen, muss die Impedanz auf jeder Frequenz von Interesse gemessen werden oder die L-,C- und R-Komponenten müssen bekannt sein und auch wie sich R über der Frequenz ändert. Wenn Sie die Informationen nicht vom Hersteller bekommen können, müssen Sie sie ausmessen oder Sie haben die Traps selbst gebaut und können die Bauelemente angeben.

Traps haben üblicherweise einige dB Verlust auf der einen oder anderen Frequenz, so dass fehlerhafte Angaben zum Verlust zu optimistische Ergebnisse bringen können. Für die Traps ist das RLC-Modell – wie der Name sagt - die günstigste Lösung.

## 6.7.7 Lasten-Fenster verwenden (Using The Loads Windows)

### 6.7.7.1 Lasttypen und Lastenfenster (Load Types And The Loads Window)

Im Lastenfenster (**Loads Window**) werden die Impedanzen eingetragen, die innerhalb von Drähten im Modell abgeordnet werden. Klicken Sie im Hauptmenü auf die Zeile **Loads**, um das Lastenfenster zu öffnen. Wie die anderen eingefügten Objekte sind die Lasten innerhalb eines virtuellen oder eines realen Segments anzuordnen. Für die Lasten gibt es drei wählbare Typen :  $R+jX$ , RLC und Laplace. Diese Typen können nicht vermischt werden, alle Lasten in einem Modell müssen vom gleichen typ sein. Das Aussehen und das Verfahren im Lastfenster hängt vom gewählten Lasttyp ab.

Der Lasttyp wird mit der Antennenbeschreibung abgespeichert. Wenn Sie das Lastfenster zum ersten Mal aus dem Hauptmenü aus öffnen, sehen Sie, welcher Lasttyp für die aktuelle Beschreibung ausgewählt wurde. Sie können den Lasttyp jederzeit im Lastfenster mit **Change Load Type** (Lasttyp ändern) aus dem **Other**-Menü verändern. Wenn Sie z.B. eine parallele RLC-Last spezifiziert haben und auf  $R+jX$  umschalten, wird die  $R+jX$ -Impedanz berechnet und in das Feld eingetragen. Schalten Sie dann zurück auf RLC wird die Impedanz in eine seriellen RL- oder RC-Schaltung umgewandelt. Änderungen können mit der Undo-Funktion komplett zurück genommen werden. Sie sollten aber die Beschreibung vor der Änderung des Lasttyps abspeichern, wenn Sie vorhaben, zu den alten Werten zurückzukehren.

Die Anordnung der Lasten und die Operationen zum Hinzufügen, Löschen, Kopieren und Verschieben sind die gleichen wie im [Fenster für eingefügte Objekte](#).

### 6.7.7.2 Das $R+jX$ -Fenster (The $R + j X$ Loads Window)

Lasten vom  $R + j X$  – Typ werden als Serienschaltung eines Widerstandes (R) und eines Blindwiderstandes (Reaktanz) ( $jX$ ) gebildet. Die Impedanz einer ( $R + j X$ ) – Last ändert sich NICHT mit der Frequenz. Klicken Sie im Hauptmenü auf **Loads**.

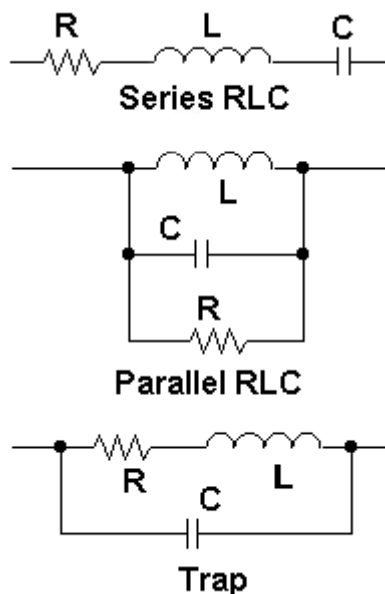
Lastnummer und Positionsangabe haben die gleiche Funktion wie im Quellenfenster.

Die Impedanz jeder Last wird als Widerstand (R) und Reaktanz ( $jX$ ) in die entsprechende Spalte eingetragen. Der Wert von R kann nicht negativ sein !

Informieren Sie sich im Abschnitt [Last-Typen \(Load Types\)](#) über die Lasttypen und die Änderung des Lasttyps und im Kapitel [Lastverbindungen \(Load Connections\)](#) darüber, wie die Lasten angeschlossen werden,

### 6.7.7.3 Das RLC-Fenster (The RLC Loads Window)

RLC-Lasten werden aus Kombinationen von R, L, und C – Komponenten gebildet. Sie können in Serie, parallel oder als Trap wie unten dargestellt verschaltet sein. Der Widerstand R kann wahlweise frequenzabhängig gemacht werden :



Lastnummer und Positionsangabe haben die gleiche Funktion wie im Quellenfester. Die Werte von R, L und C werden in die entsprechende Spalte eingetragen. **EZNEC** berechnet und verwendet die Impedanz der RLC-Kombination wie benötigt-

#### Typenspalte (Type Column)

Die am weitesten rechte Spalte enthält den Typ der RLC-Schaltung als Serien-, Parallel- oder Trap-Anordnung. Die Abkürzungen dafür sind **S** oder **Ser**, **P** oder **Par** bzw. **T** oder **Trap**. Wenn Sie auf das Feld klicken, öffnet sich ein Menü, aus dem Sie die gewünschte Schaltung auswählen können.

#### RLC-Lasttypen und R, L, C-Spalten

**RLC-Lasten in Serienschaltung** : R, L und C sind in Serie verbunden. Jeder der Elemente kann durch einen Kurzschluss ersetzt werden, wenn als Bauelementwert eine **0** (Null), ein **S** oder **Short** eingesetzt wird oder das Feld leer gelassen wird. Beachten Sie, dass auf diese Weise keine Kapazität mit dem Wert Null (offene Verbindung) eingetragen werden kann, eine Null wird als Kurzschluss interpretiert.

Der Widerstand eines typischen Drahtes steigt mit dem Quadratwurzel der Frequenz.. Der Widerstand kann frequenzabhängig gemacht werden (siehe **R Freq Spalte**).

**RLC-Lasten in Parallelschaltung** : Die R, L und C sind parallel geschaltet. Jeder der drei Komponenten kann durch eine **0** (Null), ein **O** (Buchstabe O), den Eintrag **Open** oder durch ein leeres Feld als nicht vorhanden eingetragen werden. Sie können aber keinen Kurzschluss für einen Widerstand R oder eine Induktivität L auf diese Weise erzeugen, der Eintrag wird als „offen“ gewertet.

Die Parallelschaltung wird meist für Lasten mit einer relativ hohen Impedanz genommen, bei dem dielektrische Verluste dominieren. Die Frequenzabhängigkeit des R wird dabei durch typische Dielektrika gebildet, sie nehmen umgekehrt proportional mit der Frequenz ab. Siehe **R Freq Spalte** weiter unten.

**Trap** : Dieser Lasttyp kann auch andere Objekte als Traps nachbilden, z.B. als Modell für eine Spule mit frequenzabhängigem Drahtwiderstand und Shuntkapazität. Die Bezeichnung **Trap** wurde wegen der üblichen Anwendung gewählt. Der **Trap** besteht aus einem Widerstand R und einer Induktivität in Serie und einer zu der Kombination parallel geschalteten Kapazität C. Die RL-Kombination bildet eine reale Induktivität nach, der Parallelkondensator kann eine reale Kapazität oder auch die Streukapazität einer Spule oder eine Kombination aus beiden sein. Für die

Frequenzabhängigkeit des Widerstands R gelten die gleichen Angaben wie bei einer RLC-Last. Bei diesem Lasttyp bewirkt die Eingabe einer **0** (Null) für R und L, dass das Element als Kurzschluss gedeutet wird. Wird für C eine **0** (Null) eingetragen, wird es als nicht vorhanden (offen) gewertet. Auch hier kann bei R und L ein **S** oder **Short** und für C ein **O** oder **Open** eingetragen werden.

#### **R Freq Spalte (alle Typen)**

Unter **R Freq** steht die Frequenz, für die der in der R-Spalte eingetragene Wert gilt. Falls hier ein anderer Wert als Null steht, wird die Frequenzabhängigkeit des Widerstands wie oben beschrieben berücksichtigt. Der Serienwiderstand bei Serienschaltungen und in Traps ändert sich mit der Quadratwurzel der Frequenz, bei Parallelschaltungen ändert sich der Widerstand umgekehrt proportional zur Frequenz. Die aktuelle Frequenz kann durch einen Klick auf die Zelle, anschließende Aktivierung des Menüs und Klick auf die vorgeschlagene Frequenz übernommen werden.

#### **Ext Conn Spalte (alle Typen)**

Siehe [Lastverbindungen \(Load Connections\)](#)

### **6.7.7.4 Fenster für Laplace-Lasten (The Laplace Loads Window)**

Laplace-Lasten sind Impedanzen, die durch die Laplace-Koeffizienten definiert werden. Dieser Lasttyp ist dann zweckmäßig, wenn die komplexen Kombinationen durch die anderen Lasttypen nicht ausreichend repräsentiert werden können. Jede Kombination von R, L und C bis zur fünften Ordnung kann mit dem Laplace-Typ dargestellt werden. R, L und C können frequenzabhängig abgebildet werden, das Verhalten von R wie bei den RLC-Typen kann aber nicht nachgebildet werden. Verwenden Sie Laplace-Lasten nur dann, wenn Sie sich mit der Laplacetransformation auskennen.

*Diese Technik geht weit über dieses Handbuch hinaus und kann hier nicht erläutert werden.*

Lastnummer und Positionsangabe haben die gleiche Funktion wie im Quellenfester.

Die Impedanzen werden als Laplace-Koeffizienten von Null bis Fünf von rechts nach links eingegeben mit dem Numerator oben und dem Denominator unten (mindestens einer darf nicht Null sein).

Informieren Sie sich unter [Last-Typen \(Load Types\)](#) über andere Lasttypen und die Umschaltung zwischen den Lasttypen, sowie unter [Lastverbindungen \(Load Connections\)](#) über den Anschluss der Lasten.

## **6.8 Speiseleitungen verwenden (Using Transmission Lines )**

### **6.8.1 Über Speiseleitungen (About Transmission Lines)**

Es gibt erhebliche Unterschiede zwischen den **EZNEC** genutzten Modellen für Speiseleitungen und Speiseleitungen in der realen Praxis. Sie müssen zahlreiche Punkte beachten, wenn Sie die Speiseleitungsmodelle effektiv nutzen wollen :

1. Die **EZNEC**-Speiseleitungsmodelle sind verlustlos. Sie haben keine Dämpfung und sind keine genauen Modelle für Speiseleitungen mit deutlichen Verlusten. In dem Modell einer Speiseleitung sind dem Programm gegenüber nur die jeweiligen Enden greifbar. Sie erscheinen als zwei Sätze von portablen Terminals, die mit zwei beliebigen Segmenten verbunden werden können. Strom und Spannung eines Satzes sind relativ zu dem anderen



Satz genauso groß, auch wenn eine Speiseleitung dazwischen geschaltet ist. Die Speiseleitung kann jede Länge haben, sie kann länger oder auch kürzer sein, als der physische Abstand zwischen den beiden Enden. Obwohl die Terminals mit Antennendrähten verbunden werden können, erscheint die Speiseleitung selbst „als irgendwo“. **EZNEC** berücksichtigt keine Rückwirkungen zwischen der Speiseleitung und dem Antennenfeld wie sie bei realen Speiseleitungen auftreten können. Die Ströme in den beiden Leitungen des Modells sind immer gleich und entgegengesetzt gerichtet, die Leitung strahlt nicht und in ihr kann kein Strom vom Antennenfeld induziert werden, ganz im Gegensatz zur Praxis, in der die Speiseleitung mit dem Antennenfeld gekoppelt ist und ein strahlender Teil der Antenne wird.

Diese Kopplung kann durch eine unsymmetrische Anordnung der Speiseleitung oder bei einer Speiseleitung mit unsymmetrischer Einspeisung oder Last hervorgerufen werden. Die Modelle von **EZNEC** für Speiseleitungen können bei symmetrisch angeordneten Leitungen wie bei einer W8JK-Antenne oder einer Loperiodic-Antenne verwendet werden. Sie sind nicht verwendbar, wenn z.B. eine Viertelwellenstichleitung ausserhalb einer Collinear-Antenne angeordnet werden soll, denn die Stichleitungen in einer realen Collinear-Antenne führen unsymmetrische Ströme und strahlen daher. Auf dem Erdboden verlegte Koaxleitungen von vertikalen Phase-Array-Systemen führen Ströme auf dem Außenmantel wie bei Radials. In den meisten Fällen können diese Ströme ignoriert und das **EZNEC pro**-Modell genutzt werden. Ein Koaxkabel, bei dem Strom auf dem Außenmantel fließt, kann mit einer Kombination von Draht und Speiseleitung wie im Kapitel [Koaxkabel modellieren \(Modeling Coaxial Cable\)](#) beschrieben, modelliert werden. Eine Zweidraht-Leitung, die mit dem Antennenfeld koppelt, muss als Drähte modelliert werden.

2. Für **EZNEC**-Speiseleitungen gilt, dass alle Enden, die nicht als kurzgeschlossen oder als offener Stub definiert sind, mit Drähten oder [virtuellen Segmenten](#) angeschlossen sein müssen. Falls Sie eine Quelle direkt mit einer Speiseleitung verbinden wollen, also die beiden Anschlüsse einer Quelle mit den beiden Leitern auf der einen Seite der Speiseleitung verbunden sein sollen, ist es am günstigsten, für beide Seiten das gleiche virtuelle Segment als „Drahtnummer“ anzugeben. Der Nachteil dieser Methode ist, dass Sie keine visuelle Repräsentation der Speiseleitung in der Antennenanzeige bekommen. Eine alternative Methode ist es, einen kurzen, nur ein Segment langen Draht nicht so weit entfernt von der Antenne (so kurz, dass er nicht mit dem Antennenfeld koppelt) zu definieren und Speiseleitung und Quelle an ihn anzuschliessen. Dann sehen Sie die Speiseleitung auch in der Antennenanzeige. Beachten Sie, dass die physikalische Entfernung zwischen den Enden der Speiseleitung in Ihrem Modell nicht unbedingt die gleiche sein muss, wie die Leitungslänge-sie kann größer oder kleiner sein, bis Sie den Wert **Actual Distance** für die Länge der Speiseleitung angeben.
3. Wenn die Speiseleitung an das gleiche Segment wie ein anderes eingefügtes Objekt angeschlossen ist, ist es wichtig, die Art der Verbindung zu beachten. Eine Speiseleitung liegt parallel zu einem anderen eingefügten Objekt mit der Ausnahme einer seriellen Last am gleichen Segment.

Abschliessend sollten Sie die Grenzen des Verlustmodells der Speiseleitung beachten, wie es unter [Speiseleitungsverluste \(Transmission Line Loss\)](#) beschrieben wird.

Die Verbindung ist empfindlich auf die Richtung des Drahtes. Werden zwei vertikale Elemente definiert und bei einem das Ende 1 und beim anderen das Ende 2 geerdet, erzeugt eine an beiden geerdeten Enden angeschlossene Speiseleitung in beiden Elementen einander entgegengesetzte Signale. Jedes Ende der Speiseleitung hat zwei Terminals : 1 und 2. Normalerweise wird eine Speiseleitung so angeschlossen, dass Terminal 1 an das Ende 1 und Terminal 2 an das Ende 2 jeden Drahtes geht. Unabhängig von der physischen Orientierung des Drahtes. Jede Speiseleitung kann – falls gewünscht - 180° phasenverschoben angeschlossen werden, das entspricht einer halben Drehung der Leitung.

Sie finden zwei Beispiele für Phased-Arrays mit ihren Speiseleitungen unter CardTL.ez and 4SqTL.ez in den mitgelieferten Dateien.

Speiseleitungen werden im Fenster **Transmission Lines** definiert. Ausgenommen von Stub-Endungen müssen die Enden der Leitungen auf reale oder virtuelle Segmente gelegt werden. Informieren Sie sich zu Einzelheiten unter [Eingefügte Objekte in Segmenten anordnen \(Placing Insertion Objects On Segments\)](#). Es gibt keine Möglichkeit, das Ende einer Speiseleitung direkt an einer Drahtverbindung anzuschalten. Der beste Weg dazu ist es, einen kurzen Draht an das Ende der Speiseleitung einzufügen, der die Speiseleitung mit den anderen Drähten verbindet. Verwenden Sie die gleichen Prozeduren und Randbedingungen, die im Kapitel [Quellen an Drahtverbindungen anordnen \(Placing Sources At Wire Junctions\)](#) beschrieben werden.

Eine Stichleitung (Stub) kann erzeugt werden, wenn das Ende der Speiseleitung als offen oder kurzgeschlossen erklärt wird. Bitte beachten Sie, dass dieser Stub nicht strahlen kann und nur in solchen Fällen verwendet werden kann, in denen ein realer Stub nicht strahlt.

Sie finden weitere Einzelheiten unter [Speiseleitungsfenster verwenden \(Using The Transmission Lines Window\)](#).

## 6.8.2 Speiseleitungsfenster verwenden (Using The Transmission Lines Window)

***EZNEC pro** verwendet NEC-Speiseleitungsmodelle. Es gibt wesentliche Unterschiede zwischen den benutzten Modellen für Speiseleitungen und Speiseleitungen in der realen Praxis, die im vorstehenden Kapitel [Über Speiseleitungen \(About Transmission Lines\)](#) bereits diskutiert wurden. Falls Sie sich mit den Grenzen der NEC-Speiseleitungsmodelle noch nicht vertraut gemacht haben, befassen Sie sich bitte mit diesen Unterschieden, ehe Sie die Modelle verwenden.*

Speiseleitungen haben zwei Enden solange sie nicht als offene oder kurzgeschlossene Stichleitung (Stub) spezifiziert wurden. Stubs haben nur ein Ende.

Speiseleitungen werden in der gleichen Weise spezifiziert wie andere eingefügte Objekte. Wie bei allen anderen Objekten müssen beide Enden (Ports) einer Speiseleitung auf einem realen oder virtuellen Segment angeordnet sei. Informieren Sie sich zu Details unter [Eingefügte Objekte in Segmenten anordnen \(Placing Insertion Objects On Segments\)](#)

### Verbindungen festlegen (Specifying Connections)

Speiseleitungen mit Ausnahme von Stubs müssen mit realen oder virtuellen Segmenten verbunden sein. Siehe auch [Eingefügte Objekte in Segmenten anordnen \(Placing Insertion Objects On Segments\)](#).

### Einen Stub spezifizieren (Specifying a stub)

Bei einer Stichleitung (Stub) wird das Ende als offen oder kurzgeschlossen definiert. Tragen Sie ein **O** oder ein **S** als Drahtnummer (**Wire #**) ein oder klicken auf den Pfeil auf der rechten Seite der Zelle und wählen Sie einen Eintrag aus dem sich öffnenden Menü.

### Länge festlegen (Specifying Length)

Die Länge einer Speiseleitung kann auf drei Arten festgelegt werden : Physische Länge, elektrische Länge und physische Entfernung zwischen den Enden. Wenn Sie die physische Längen in den üblichen Längeneinheiten angeben, arbeitet das Modell mit dieser physischen Länge. Falls Sie die die Länge in Grad (elektrische Länge) angeben, arbeitet das Modell mit der elektrischen Länge.

**Hinweis :** Die elektrische Länge einer Leitung in Grad ändert sich nicht mit der Frequenz, wie es eine reale Leitung machen würden. Die Längenangabe in Grad kann daher nur einer Analyse auf einer bestimmten Frequenz gemacht werden.

Sie können die Längenangabe in einer dieser drei Arten mit einem rechten Klick in die Zelle der Längenspalte machen, den gewünschten Typ wählen und den entsprechenden Wert eintragen. Die Kurzrufe für diese Einträge lauten :

**Physische Länge (Physical Length)** : Geben Sie die Länge in aktuellen Einheiten ein oder klicken Sie rechts auf die Längenspalte. Die physische Länge im Modell braucht in keiner Beziehung zur Entfernung zwischen den Enden der Leitung stehen. Siehe [Über Speiseleitungen \(About Transmission Lines\)](#)-

**Elektrische Länge (Electrical Length)** : Geben Sie die Länge gefolgt von einem **d** für Grad (**degrees**) in der Längenspalte ein.

**Aktuelle Entfernung (Actual Distance)** : Geben Sie ein **a** in der Längenspalte ein. Die Leitung erhält dann die gerade Entfernung zwischen den Enden. Diese Wahl ist nicht möglich, wenn es sich um eine offene oder kurzgeschlossenen Stichleitung handelt. Wenn eine **Actual Distance** angegeben wurde und ein oder beide Enden mit virtuellen Segmenten verbunden sind, werden Sie ein Fehlermeldung bekommen, wenn Sie die Berechnung starten wollen.

### **Charakteristische Impedanz festlegen (Specifying Characteristic Impedance) (Z0)**

In der Z0-Spalte können Sie entweder die charakteristische Impedanz eingeben oder Sie können mit einem rechten Klick auf die Zelle ein Dialog-Menü mit weiteren Möglichkeiten öffnen. Mit dem Menü können Sie verschiedene handelsübliche Kabeltypen wählen oder Drahtdurchmesser und Abstand für Paralleldrahtleitungen eingeben. Wenn Sie eine Parallelleitung eingeben, nimmt **EZNEC** eine Luftisolation an, solange kein Verkürzungsfaktor (velocity factor) eingegeben ist. Wird ein Verkürzungsfaktor eingegeben, berechnet **EZNEC** die effektive Dielektrizitätskonstante und die Impedanz auf der Grundlage des Verkürzungsfaktors. Die Eingabe für die Paralleldrahtleitung kann für Hühnerleitern, Bandkabel oder andere durch ein Dielektrikum isolierte Leitungen genommen werden, wenn der Verkürzungsfaktor bekannt ist. Die Ergebnisse der Berechnungen werden links unten in der Box angezeigt.

### **Verkürzungsfaktor eingeben (Specifying Velocity Factor)**

Geben Sie eine positive Zahl nicht grösser als Eins in die **VF**-Spalte ein. Alternativ dazu können Sie die mit einem rechten Klick auf die Zelle das oben beschriebene Menü öffnen.

### **Normale oder reverse Verbindung (Specifying Reverse or Normal Connection)**

Die Orientierung der Verbindung wird in der Spalte **Rev/Norm** eingegeben. Bei einer normalen Verbindung ist das Ende 1 der Leitung mit den Drahtenden 1 und das Ende 2 der Leitung mit den Drahtenden 2 verbunden. Bei der reversen Verbindung wird die Speisleitung an einem Ende vertauscht montiert und die Phase von Strom und Spannung um 180° (reverse) gedreht.

### **Verluste angeben (Specifying Loss)**

Der Verlust in Speiseleitungen kann in dB per 100 ft oder 100 m eingegeben werden abhängig davon, welche Einheit eingestellt wurde. Wollen Sie den Verlust in dB/100m eingeben, aber der Wert ist nur in dB/100ft bekannt, dann wechseln Sie die Einheiten in Feet oder Inch, geben den Wert ein und schalten wieder zurück. Die **Loss Freq** ist die Frequenz, für die der Verlustwert angegeben ist. Für Frequenzen über oder unter der Bezugsfrequenz wird der Verlust im Bereich HF-UHF an die realen Werte angenähert. Wird die Loss Freq als Null angegeben, wird der eingetragene Wert unverändert für alle Frequenzen verwendet. Lesen Sie das Kapitel [Speiseleitungsverluste \(Transmission Line Loss\)](#) zu Einzelheiten.

### **Speiseleitungen auswählen, zufügen, löschen, kopieren und verschieben von Speiseleitungen (Selecting, Adding, Deleting, Copying, Modifying, and Moving Transmission Lines)**

Siehe [Fenster für eingefügte Objekte verwenden \(Using Insertion Objects Windows\)](#)

### 6.8.3 Speiseleitungsverluste (Transmission Line Loss)

Falls gewünscht, können die Verluste von Speiseleitungen über das Speiseleitungsfenster (**Transmission Lines Window**) in das Modell aufgenommen werden. Der Verlust wird angegeben in dB/100ft, wenn als Einheit Fuß (Feet ft) eingestellt wurde. Oder in dB/100m, wenn die Einheiten auf Meter und Millimeter eingestellt worden sind. Die 100ft oder 100m beziehen sich auf die physische Länge der Speiseleitung. Wenn nur die Angaben in der jeweils anderen Maßeinheit bekannt sind, können Sie EZNEC kurz auf diese Maßeinheit einstellen, den Verlustwert in der Verlustpalte in dieser Maßeinheit eintragen und EZNEC dann wieder zurück auf Ihre gewünschte Maßeinheit stellen. Eine weitere Option ist die Verlustfrequenz (**loss frequency**) in der Spalte **Loss Freq** :

- Ist die Verlustfrequenz (Loss Freq) = 0, wird der eingetragene Verlustwert in dB/ft oder dB/100m für alle Frequenzen verwendet.
- Wird für die Verlustfrequenz ein von Null abweichender Wert eingegeben, wird dieser Wert für die angegebene Frequenz verwendet. Für andere Frequenzen wird der Verlust in dB mit der Quadratwurzel der Frequenz korrigiert- Wenn z.B. ein Verlust von 1,0 dB/100m für 10 MHz eingetragen wurde, ergeben sich 1,414 dB/100m für 14 MHz, 2,0 dB für 40 MHz oder 0,707 dB/100m für 5 MHz. Die Korrektur wird für jede Berechnungsfrequenz vorgenommen.

#### Wichtige Hinweise (Important Notes)

Der Verlust von realen Kabeln, vorallem von Koaxleitungen, wird durch zahlreiche Faktoren bestimmt. Neben den üblichen Werten für Leiter- und Dielektrikumsverluste kommen Werte für die Leiterbeschichtung und die Rauigkeit des Leiters und der Abschirmung, Ungenauigkeiten der Leiterführung und andere Effekte hinzu. Diese Verluste variieren auf komplexen Wegen mit der Frequenz, so dass die einfache Angabe des Verlustes nicht ausreicht, alle Verlustfaktoren eines Kabels zu beschreiben. Da diese Faktoren aber sehr komplex und meistens unbekannt sind, verwendet **EZNEC** eine Annäherung, die ausreichend gut über einen weiten Frequenzbereich ist.

Die Angabe der Leitungsverluste in dB/100ft oder m wird verwendet, um eine komplexe Charakteristik für die Impedanz und die Ausbreitungskonstante unter **EZNEC** zu berechnen. Verwendet wird ein idealisiertes Übertragungsmodell mit einem resistiven Innenleiter (Skinneffekt) aber ohne dielektrische Verluste. Diese Annäherung ist ausreichend für die meisten Übertragungsleitungen für die Bereiche HF und UHF, aber ausreichend am unteren Ende der Mittelwelle (MF) und bei Mikrowellen. Ausserhalb des Bereichs zwischen MF und UHF wird die Berechnung der charakteristischen Impedanz ungenau. Die Ungenauigkeit der Quadratwurzelkorrektur mit der Frequenz kann nur umgangen werden, wenn die Frequenz für die Verlustangabe möglichst nahe bei der verwendeten Analysefrequenz liegt.

Der Fehler bei der charakteristischen Impedanzberechnung kann minimiert werden, wenn verlustarme Kabel verwendet werden, die möglichst genau an die verwendeten Lasten angepasst sind. Nutzer der professionellen Programm **EZNEC Pro 2** und **Pro4** können Y-Parameter verwenden, um die Eigenschaften der Speiseleitungen möglichst genau für eine Frequenz zu beschreiben, vorausgesetzt, dass die Kabelkennwerte (komplexe charakteristische Impedanz und komplexe Übertragungskonstante) bekannt sind.

Bevor Sie sich zu stark über die Genauigkeit des Verlustmodells beunruhigen, verändern Sie die Angaben für die Verluste und überprüfen Sie, welchen Einfluss sie auf das Gesamtergebnis haben. Ändern Sie sich nur wenig, ist die Genauigkeit des Verlustmodells nicht so kritisch.

### 6.8.4 Koaxkabel modellieren (Modeling Coaxial Cable)

Ein verlustloses nicht strahlendes Koaxkabel ist elektrisch identisch mit einer verlustlosen

nichtstrahlenden Zweidraht-Leitung, die als Modell einer Speiseleitung für ein nicht strahlendes Koaxkabel verwendet werden kann. Ein strahlendes Koaxkabel kann durch die Kombination von Speiseleitungsmodell und Draht modelliert werden. Die Speiseleitung steht dabei für das Innere des Koaxkabels und der Draht für den Außenmantel. Der Draht bekommt den Durchmesser des Kabelschirms und wird dort angeschlossen, wo der Schirm des Kabels mit dem Modell verbunden ist, er folgt dem gleichen physischen Weg des realen Koaxkabels. In der Beispieldatei **DipTL.ez** wird dieses Verfahren gezeigt. Erläuterungen finden Sie unter **Antenna Notes**. Falls das Koaxkabel nicht strahlt, ist der zusätzliche Strom auf dem Draht Null, er kann entfernt werden, da er keinen Beitrag zur Analyse liefert.

Mir ist kein Weg zur Modellierung von strahlenden Zweidrahtleitungen bekannt. Sollen sie modelliert werden, müssen sie als zwei parallele Drähte vorgegeben werden. Siehe auch [Drähte in geringem Abstand \(Closely Spaced Wires\)](#).

## 6.9 Transformatoren verwenden (Using Transformers)

### 6.9.1 Transformatoren (Transformers)

Transformatoren sind eingefügte Objekte. Sie werden im Transformatoren-Fenster spezifiziert. Klicken Sie auf die Zeile **Transformers** im Hauptmenü.

Der ideale Transformator ist dazu gedacht, reale Transformatoren oder Netzwerke zur Impedanztransformation zu simulieren. Wie andere Modelle haben sie eine Anzahl an Begrenzungen und Eigenheiten und kommen mit einigen Warnungen. Die Haupteinschränkung ist, dass sich reale Transformatoren sich wie ideale Transformatoren verhalten. Lesen Sie daher sorgfältig den Hinweis 1 weiter unten.

Da sie ein Zwei-Port-Netzwerk sind, verhalten sich Transformatoren ähnlich wie eine Speiseleitung. Jeder der Ports (oder Windungen) muss mit einem Draht (Wire) oder einem [virtuellen Segment](#) verbunden sein, die es am Einfügpunkt auftrennt. Drähte, mit denen sie verbunden sind, können physisch ein Stück entfernt sein. Wie Speiseleitungen werden die Transformatoren parallel zu Speiseleitungen, Quellen, parallel geschalteten Lasten oder Netzwerken an dem gleichen Segment angeschlossen. Sie werden in Serie mit seriellen Lasten am gleichen Segment angeschaltet. Bei jedem Port ist der an einer Klemme austretende Strom der gleiche, der in die andere Klemme hineinfließt, so dass keine Strahlung entstehen kann. Das Verhältnis der Windungszahlen ergibt sich aus der Quadratwurzel der Impedanzen, mit denen sie verbunden sind. Soll der Trafo z.B. von 50 auf 200 Ohm transformieren, verwenden Sie NICHT das Verhältnis von 0,5 zu 2 oder von 5000 zu 20000. Beachten Sie den Hinweis 2 für diese Lösung. Hier sind ein paar weitere Hinweise und Warnungen :

1. **Beachten Sie : Reale Transformatoren unterscheiden sich stark vom Ideal !** Reale Transformatoren halten das angegebene Übertragungsverhältnis selten über einen weiten Frequenz- oder Impedanzbereich ein. Sie bilden zusätzliche weitere parallele oder serielle Impedanzen ausserhalb der für sie spezifizierten Frequenz und Impedanz. Vor allem Transformatoren oder Baluns für Multibandantennen weichen stark von einem idealen Verhalten ab. Wenn Sie einen Transformator als Modell einsetzen, können Sie nicht erwarten, dass sich die reale Anwendung wie ein idealer Transformator über einen weiten Frequenzbereich verhält.
2. Die Modelle sind keinesfalls ideal. In der Art wie sie realisiert sind, haben die Transformatoren einen in der Praxis vernachlässigbaren Widerstand in jeder Windung. Der Wert dieses Widerstandes basiert auf den spezifizierten Impedanzen, er geht in die allgemeinen Impedanzen ein, an die der Port angeschlossen ist, und ist im allgemeinen zu vernachlässigen.

Sie haben hier einen gewissen Spielraum und brauchen diesen Wert überzubewerten.

*Beachten Sie* : Die spezifizierten Impedanzen haben nichts mit den Windungsimpedanzen und den Serienwiderständen des realen Trafos zu tun. Sie sollten wie dargestellt verwendet werden.

3. Die Methode zur Erzeugung dieses Modells ist nicht dazu geeignet, einen Strom-Balun (current balun~Mantelwellensperre) zu bauen. Allerdings arbeitet ein konventionell angeschlossener Transformator als idealer Strom-Balun und hat das Übersetzungsverhältnis Ihrer Wahl. Ein Beispiel für die Verwendung eines Trafo-Modells finden Sie im Kapitel [Wanderung auf Spur 5 \(A Lap Around Track 5\)](#) der Testmaschine.

## 6.9.2 Transformatorenfenster verwenden (Using The Transformers Window)

Klicken Sie im Hauptmenü auf die Zeile **Transformers** oder die Pfeiltaste links davon.

Wie die anderen eingefügten Objekte müssen beide Klemmen beider Ports mit einem virtuellen oder realen Segment verbunden sein. Siehe [Eingefügte Objekte in Segmenten anordnen \(Placing Insertion Objects On Segments\)](#).

Sie müssen zusätzlich zur Anordnung die Port-Impedanzen und die normale oder inverse Ankopplung festlegen.

### **Impedanzen festlegen (Specifying Impedances)**

Das Verhältnis zweier festgelegter Impedanzen ergibt sich aus dem Quadrat des Verhältnisses der Windungszahlen. Als Beispiel hat ein Trafo mit einer Impedanz von 50 Ohm am Port 1 und 200 Ohm an Port 2 eine Spannungsübersetzung von 1:2, aber eine Übersetzungsverhältnis für die Impedanz von 1:4. Das gleiche Verhalten ergibt sich für die Widerstandswerte von 1 und 4 Ohm, sie sollten aber die Impedanzen so festlegen, wie sie im Rahmen der Schaltung an den Speisepunkten benötigt werden. Die Gründe dafür finden Sie im Kapitel [Transformatoren \(Transformers\)](#). Die Angaben sind aber nicht so kritisch.

### **Art des Anschlusses festlegen (Specifying Normal/Reverse Connection)**

In der Spalte **Normal/Reverse** legen Sie den Anschluss des Transformators fest. Hier können die Anschlüsse einer Ports getauscht werden. Interessant ist diese Möglichkeit nicht nur dann, wenn die Polarität intern gedreht werden soll, sondern auch wenn die Drähte am Ausgang physisch vertauscht sind. Sie können z.B. den Transformator zwischen der Basis von zwei geerdeten vertikalen Drähten so anschliessen, dass Spannung und Strom an beiden Stellen die gleichen relativ zum Boden sind. Wenn das Ende 1 eines Drahtes die Erdseite ist und bei dem anderen Draht das Ende 2 diese Funktion hat, können Sie mit einem reversen Anschluss des Transformators die gewünschte Phasenlage einstellen. Wie bei den anderen eingefügten Objekten ist die Polarität der Verbindung in der Richtung von Ende 1 zu Ende 2 unabhängig von der physikalischen Richtung bestimmt.

### **Transformatoren auswählen, zufügen, löschen, kopieren und verschieben von Transformatoren (Selecting, Adding, Deleting, Copying, Modifying, and Moving Transformers)**

Siehe [Fenster für eingefügte Objekte verwenden \(Using Insertion Objects Windows\)](#)



## 6.10L-Netzwerke verwenden (Using L Networks)

### 6.10.1 L-Netzwerke (L Networks)

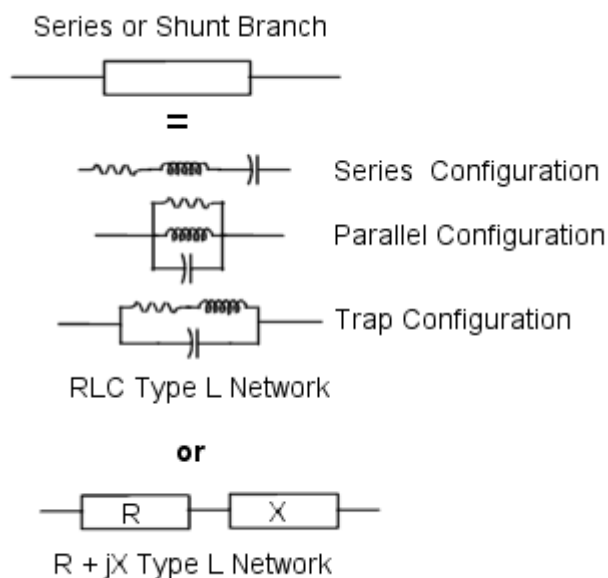
L-Netzwerke sind ein leistungsfähiger Typ aus der Reihe der eingefügten Objekte. Sie können zur Modellierung von Anpassnetzwerken, Phasenschiebern, Leistungsteilern und vielen anderen Netzwerken verwendet werden. Sie können als T-, Pi- und komplexere Netzwerke kaskadiert werden. Die Eigenschaften von EZNEC-L-Netzwerken sind :

- Die zwei internen Zweige eines Netzwerks können aus komplexeren Schaltungen einer Kombination von seriellen, parallelen oder als Trap angeordneten Komponenten bestehen.
- Die Komponenten eines Zweiges können als Induktivitäten, Kapazitäten und Widerstände spezifiziert werden, deren Impedanzen sich über die Frequenz wie bei realen Komponenten verändern.
- Die Widerstände können frequenzabhängig gemacht werden, um die Leitfähigkeit oder Isolierverluste nachzubilden.

Informieren Sie sich im Kapitel [Eingefügte Objekte \(Insertion Objects\)](#) über die Eigenschaften der L-Netzwerke.

L-Netzwerke haben zwei Ports und zwei Zweige, einen seriellen (**series branch**) und einen parallelen (**shunt branch**). Der parallele Zweig (shunt branch) liegt immer auf der Seite von Port 2.

Jeder Zweig enthält das Äquivalenz einer **EZNEC**-Last vom Typ [RLC oder R + jX type](#). Eine Laplace-Last ist bei den den Netzwerken nicht einsetzbar. Wie bei den Lasten, müssen die Typen der Lasten in beiden Zweigen identisch sein. Wie bei den Lasten können die Komponenten eines RLC-Zweigs seriell, parallel oder als Trap geschaltet sein. Im Bild unten ist z.B. als letztes Objekt ein Kondensator parallel mit seiner Leitungsinduktivität und seinem Verlustwiderstand gezeichnet. :





Wie bei den **EZNEC**-Lasten, bedeutet ein mit dem Wert Null eingegebens Element bei der Parallelschaltung **nicht vorhanden** und bei der Serienschaltung ist es ein **Kurzschluss**.

L-Netzwerke können nacheinander in Pi-, T- Schaltung und als Abzweigung (ladder) angeordnet werden. Diese Anordnung geht leichter mit einem [virtuellen Segment](#).

Extreme Unterschiede zwischen den Impedanzen der beiden Zweige sollten vermieden werden, wenn eine Rechenmaschine mit einfacher oder gemischter Genauigkeit eingesetzt wird.

Beispiele zu Netzwerken finden Sie in den Dateien **4Square L Network Feed ARRL Example.ez**, **Cardioid L Network Feed ARRL Example.ez** und **4Square L Network Feed With Z Matching.ez**. Die Schritt-für-Schritt-Entwicklung dieser Antennen ist im Kapitel [Wanderung auf Spur 5 \(A Lap Around Track 5\)](#) beschrieben.

## 6.10.2 L-Netzwerk-Fenster verwenden (Using the L Networks Window)

Öffnen Sie das Fenster mit einem Klick auf die Zeile **L Networks** im Hauptmenü. Jedes Netzwerk hat in der Beschreibungstabelle 2 Zeilen. Die obere Zeile beschreibt den Port 1 und den seriellen Zweig (series branch), die zweite Zeile beschreibt den Port 2 und den parallelen Zweig (shunt branch) mit seinen Komponenten.

### Verbindungen festlegen (Specifying Connections)

Wie alle anderen eingefügten Objekte müsse die beiden Ports eines L-Netzwerks auf einem realen oder einem virtuellen Segment angeordnet sein. Siehe [Eingefügte Objekte in Segmenten anordnen \(Placing Insertion Objects On Segments\)](#).

### Typ, Konfiguration und Werte festlegen (Specifying Type, Configuration, and Values)

Jeder Zweig eines EZNEC-Netzwerks besteht aus dem Äquivalent einer **EZNEC**-Last. Die Angabe der Werte erfolgt genauso wie bei den Lasten. Siehe [Das R+jX-Fenster \(The R + j X Loads Window\)](#) und [Das RLC-Fenster \(The RLC Loads Window\)](#). Informieren Sie sich im Kapitel [L-Netzwerke \(L Networks\)](#) über die detaillierte Beschreibung eines L-Netzwerks.

Extreme Unterschiede zwischen den Impedanzen der beiden Zweige sollten vermieden werden, wenn eine Rechenmaschine mit einfacher oder gemischter Genauigkeit eingesetzt wird.

### L-Netzwerke auswählen, zufügen, löschen, kopieren und verschieben (Selecting, Adding, Deleting, Copying, Modifying, and Moving L Networks)

Siehe [Fenster für eingefügte Objekte verwenden \(Using Insertion Objects Windows\)](#)

## 6.11 Y-Parameter-Netzwerke verwenden (Using Y Parameter Networks)

### 6.11.1 Y-Parameter-Netzwerke (Y Parameter Networks (EZNEC Pro only))

Y-Parameter-Netzwerke sind [eingefügte Objekte](#). Sie simulieren die zwei Ports eines Netzwerks. Die Admitanzwerte des Netzwerks werden als Y-Parameter angegeben. Die Admitanz ändert sich nicht mit der Frequenz, so dass das Modell für jede benötigte Frequenz geändert werden muss, wenn beabsichtigt ist, das Netzwerk mit realen Werten zu berechnen.

Das Werkzeug, gedacht für Nutzer mit Ingenieurwissen ist das direkte Äquivalent des NEC-Netzwerkmodells. Die Verbindungsregeln sind die gleichen wie bei den anderen eingefügten Objekten. Die ausführliche Diskussion der Y-Parameter-Netzwerktechniken liegt ausserhalb des Bereichs dieses Handbuchs. Es wird vorausgesetzt, dass der Nutzer mit der Verwendung solcher Netzwerke vertraut ist.

Kurz dargestellt wird das Y-Parameter-Netzwerk als 2-Port-Netzwerk durch die Parameter  $y_{11}$ ,  $y_{12}$  und  $y_{22}$  beschrieben. Die Y-Parameter des Netzwerks sind reziprok, also  $y_{21} = y_{12}$ . Die Ströme fließen positiv in die Ports und sind definiert durch

$$i_1 = v_1 * y_{11} + v_2 * y_{12}$$

$$i_2 = v_1 * y_{12} + v_2 * y_{22}$$

wobei  $y_{11}$  die Admitanz in Port 1 hineingesehen bei kurzgeschlossenem Port 2 ( $v_2 = 0$ ) ist und  $y_{22}$  die Admitanz an Port 2 bei kurzgeschlossenem Port 1 ( $v_1 = 0$ ).  $y_{12}$  ist der Kurzschlussstrom an Port 2 dividiert durch die Spannung 1 oder der Kurzschlussstrom an Port 1 dividiert durch die Spannung am Port 2.

[Speiseleitungen](#), [Transformatoren](#) und [L-Netzwerke](#) sind in aller Regel für den einfachen Nutzer besser und einfacher zu verwenden. Bei L-Netzwerken kann das Verhalten bei sich ändernder Frequenz nachgebildet werden, Nur bei komplexen Netzwerken ist der Einsatz der Y-Parametern zu empfehlen, wobei aber zu beachten sind, dass sie für jede neue Frequenz neu eingegeben werden müssen.

### 6.11.2 Y-Parameter-Netzwerk-Fenster verwenden (Using the Y Parameter Networks Window)

Öffnen Sie in einer **EZNEC-Pro**-Version das Y-Parameter-Fenster durch einen Klick auf die Zeile **Y Parameter Networks**..

#### Verbindungen festlegen (Specifying Connections)

Wie alle anderen eingefügten Objekte müsse die beiden Ports eines Y-Parameter-Netzwerks auf einem realen oder einem virtuellen Segment angeordnet sein. Siehe [Eingefügte Objekte in Segmenten anordnen \(Placing Insertion Objects On Segments\)](#).

#### Eingeben von (Specifying) $y_{11}$ , $y_{12}$ , and $y_{22}$

Die realen und imaginären Teile jeder Impedanz sind in das zugehörige Fenster des Eingabegitters einzutragen.  $y_{11}$  die Admitanz in Port 1 hineingesehen bei kurzgeschlossenem Port 2 ( $v_2 = 0$ ) ist

und Y22 die Admitanz an Port 2 bei kurzgeschlossenem Port 1 ( $v_1 = 0$ ). Y12 ist der Kurzschlussstrom an Port 2 dividiert durch die Spannung 1 oder der Kurzschlussstrom an Port1 dividiert durch die Spannung am Port 2. Sie auch [Y-Parameter-Netzwerke \(Y Parameter Networks \(EZNEC Pro only\)\)](#)

### **Y-Parameter Netzwerke auswählen, zufügen, löschen, kopieren und verschieben (Selecting, Adding, Deleting, Copying, Modifying, and Moving Y Parameter Networks)**

Siehe [Fenster für eingefügte Objekte verwenden \(Using Insertion Objects Windows\)](#)

## **6.12 Erdboden modellieren (Modeling Ground)**

### **6.12.1 Über Bodenmodelle (About Ground Models)**

Der Erdboden hat einen wesentlichen Einfluss auf das Antennendiagramm und mitunter auch auf die Effektivität der Antenne und die Impedanz im Speisepunkt. **EZNEC** bietet zahlreiche Möglichkeiten, um diese Effekte zu modellieren. Die drei wesentlichen Bodentypen, die Sie über das Hauptmenü im Fenster **Ground Type** (Bodentyp) wählen können sind Freiraum (**Free Space**), idealer (**Perfect**) und realer Boden (**Real**). Beim Freiraum gibt es keinen Erdboden, bei Perfect wird ein ideal leitfähiger unendlich ausgedehnter flacher Boden angenommen und bei realen Boden können Sie verschiedene Modelle wählen. Auch der reale Boden ist flach und unendlich ausgedehnt, es gibt aber die Möglichkeit einen einmal abgestuften Boden zu wählen (siehe [Zwei Bodentypen verwenden \(Using Two Ground Media\)](#)).

**EZNEC-Pro/4** ist, wenn es mit der NEC-4-Rechenmaschine betrieben wird, in der Lage, vergrabene Drähte zu modellieren. Alle anderen **EZNEC-Programme** können es nicht. Horizontale Drähte sollten nicht exakt auf dem Boden liegen, sondern mindestens 1/1000 Wellenlänge darüber (im Fall von **EZNEC-Pro/4** auch darunter). Siehe auch zu horizontalen Drähten [Systeme mit angehobenen Radials \(Elevated Radial Systems\)](#).

**Freiraum (Free Space)** : Freiraumanalyse ist bei der Berechnung die schnellste. Mit ihr kann man Antennen vergleichen, von denen die endgültige Umgebung noch nicht festliegt, oder wenn man das Diagramm einer modellierten Antenne mit veröffentlichten Freiraumdiagramme anderer Antennen vergleichen will. Wenn die Antennen ein vergleichbares Vertikaldiagramm in der interessierenden Hauptrichtung haben, weicht der Gewinn der Antennen, wenn sie in gleicher Höhe über Grund montiert werden, um den gleichen Betrag voneinander ab wie der Freiraumgewinn. Ein Dipol und eine Yagi mit mehreren Elementen fallen in diese Kategorie. Der Freiraumgewinn einer Yagi verglichen mit dem Dipol zeigt die gleiche Differenz, wenn beide Antennen in gleicher Höhe montiert werden. Diese Angabe trifft nicht zu für Antennen mit unterschiedlichen Polarisierungen wie z.B. eine Groundplane verglichen mit einem Dipol oder für Antennen mit stark unterschiedlichen Vertikaldiagrammen wie ein Dipol gegen eine W8JK-Antenne. Die Freiraumanalyse ist auch anwendbar für ausgedehnte Antennen mit einem nach unten zeigenden Richtdiagramm. Wenn ein Erdboden angegeben wird, gibt **EZNEC** in jedem Fall einen Nullpegel unterhalb des Horizonts an. Bei der Freiraumanalyse kann aber bestimmt werden, welcher Anteil des Signals nach unten gerichtet abgestrahlt wird.

**Ideal (Perfect)** : Mit dem idealen Erdboden kann ein hochleitfähiger Grund modelliert werden, wie er in Testkammern oder –geländen zu finden ist. Mit ihm können auch Lehrbuchdiagramme verglichen werden, die von einem idealen Boden ausgehen. Diese Diagramme werden oft dazu verwendet, um die Ergebnisse mit idealem Grund mit Diagrammen über realem Erdboden zu vergleichen. Eine weitere Anwendungsmöglichkeit ist die Optimierung der Quellenanordnung mit dem Werkzeug **“average gain”**. Soll die Quellenanordnung so optimiert werden, dass der **average gain** möglichst

nahe bei 0 dB liegt, müssen alle möglichen Verluste auf Null reduziert werden und der Erdboden temporär von **real** auf **perfect** gesetzt werden. Siehe auch [Voraussetzungen für Quellenanordnung \(Source Placement Precautions\)](#)

Drähte können direkt mit einem idealen Boden verbunden werden. Die Verbindungen haben einen Widerstand von Null.

Sie sollten aber den idealen Grund nicht verwenden, wenn Sie normalen Erdboden simulieren wollen.

**Real** : Die Typen des realen Erdbodens werden verwendet um die aktuellen Bodenverhältnisse zu simulieren. Leider ist keins der Modelle ohne Fehler, sonst gäbe es nur eins anstelle von zwei. Sie sollten genau prüfen, welches Modell Sie unter welchen Umständen verwenden sollten. Lesen Sie die Abschnitte über [Reale Bodentypen \(Real Ground Types\)](#) und [Grenzen der Modelle für realen Boden \(Limitations of Real Ground Models\)](#).

## 6.12.2 Reale Bodentypen (Real Ground Types)

***EZNEC** stellt zwei verschiedene Modelle für die Erdbodensimulation zur Verfügung. Keins funktioniert perfekt, aber es gibt immer eins, das für die gegebene Situation die beste Lösung bietet. Es ist wichtig zu wissen, welches Modell verwendet werden sollte und wo seine Grenzen liegen.*

Die zwei Modelle für realen Grund sind MININEC-Typ (**MININEC-type**) und Hohe Genauigkeit (**High Accuracy**). Wählen Sie das Modell über die Zeile Bodenart (**Ground Type**) im Hauptmenü. Haben Sie **Real** gewählt, erscheint im Hauptmenü die Zeile **Ground Descrip** (Bodenbeschreibung). Mit dem zugehörigen Menü können Sie die Bodeneigenschaften modifizieren.

Die realen Bodentypen haben diese übereinstimmenden Eigenschaften :

- Sie sind perfekt flach und unendlich ausgedehnt
- Sie sind homogen bis in eine unendliche Tiefe
- Sie haben eine nutzerdefinierbare Leitfähigkeit und Dielektrizitätskonstante
- Sie gestatten die Vorgabe von zwei Medien, jedes mit seiner eigenen Charakteristik, das zweite Medium kann - falls gewünscht - unter dem ersten liegen.

Das Bodenmodell besteht aus einem oder zwei Medien, die durch eine radiale oder lineare Grenze getrennt sind. Wird eine radiale Grenze gewählt, ist das erste Medium eine Scheibe, an die sich das zweite Medium bis ins Unendliche anschließt. Ist die Grenze linear, belegt das Medium die –X-Seite auf einer Linie parallel zur Y-Achse, der Rest wird vom zweiten Medium gefüllt. Die „Grenze“ ist der Radius der Scheibe (radialer Typ) oder der X-Wert der Trennlinie (linearer Typ).

Wenn Sie einen neuen realen Boden definieren, werden die Ausgangswerte für Leitfähigkeit und Dielektrizitätskonstante mit den im Hauptmenü unter **Default Ground Const** voreingestellten Bodenwerten belegt.

**EZNEC**, **EZNEC+** und **EZNEC-Pro/2** sind nicht in der Lage, vergrabene Drähte zu modellieren. **EZNEC-Pro/4** kann vergrabene Drähte nur dann modellieren, wenn das Bodenmodell **High Accuracy** und die **NEC-4**-Maschine gewählt wurde.

Nachstehend werden die verschiedenen realen Bodentypen (**Real ground type**) erläutert :

**MININEC-type**: Wie das **High Accuracy** - Modell zieht der MININEC-Typ die Bodenleitfähigkeit und die relative Dielektrizitätskonstante bei der Berechnung von Antennendiagramm und –gewinn in Betracht. Für die Berechnung der Impedanzen und Ströme geht es aber von einer idealen Bodenleitfähigkeit aus. Dadurch wird der Boden abweichend von anderen realen Bodemodellen als verlustlos betrachtet, aber der Einfluss des Bodens auf das Antennendiagramm wird berücksichtigt.

Der MININEC-Bodentyp führt zur schnelleren Berechnung gegenüber dem **High Accuracy** - Modell und liefert ausreichend genaue Ergebnisse wenn die Antenne keine horizontalen Drähte niedriger als 0,2 Wellenlängen über dem Boden enthält oder wenn sie bei Drahtlängen über einer halben Wellenlänge noch höher angeordnet sind. Der MININEC-Typ ist vorzuziehen, wenn geerdete Drähte wie bei Groundplanes modelliert werden. Dabei ist aber zur Simulation der Bodenverluste jeweils ein Last zu den geerdeten Drähten hinzuzufügen.

**Hinweis** : Verwenden Sie das Modell nicht, wenn Ihr Modell Drähte niedriger als 0,2 Wellenlängen über Grund enthält. Die minimale Höhe erhöht sich bei Drähten, die länger als eine halbe Wellenlänge sind.

**[gilt nur für EZNEC-Pro/4]**: Das Standard NEC-4 hat sieht diesen Bodentyp nicht vor, es kann nicht mit der externen NEC-4 Maschine verwendet werden. Die EZCalc4-Maschine wurde modifiziert, um den MININEC-Typ aufzunehmen. Er kann aber nicht für vergrabene Drähte unter **EZNEC-Pro/4** genommen werden.

**Die Nahfeldanalyse ist abgeschaltet, wenn der MININEC-Boden gewählt wurde !**

Tests haben gezeigt, das aufgrund der fundamentalen Vorgehensweise mit der NEC die Nahfeldberechnungen macht, die Nahfeldanalyse mit dem MININEC-Typ erhebliche Fehler vor allem durch die Art, in der ein Draht mit der Erde verbunden ist, auftreten. Das ist in der Regel ohnehin eine künstlich hergestellte Situation, denn nur mit einem Radialsystem kann eine mit dem MININEC-Modell verträgliche Erdverbindung hergestellt werden. Dadurch wird die Bodenleitfähigkeit und das lokale Feld verändert, so dass mit dem MININEC-Bodenmodell keine sinnvollen Berechnungen in Bodennähe gemacht werden können. Verwenden Sie in so einem Fall einen anderen Bodentyp für die Nahfeldanalyse.

**Hohe Genauigkeit (High Accuracy)** : Der **High Accuracy (NEC Sommerfeld)** – Boden wird für Antennen mit horizontalen Drähten benötigt und wird empfohlen, solange nicht eine direkte Null-Ohm-Verbindung zum Boden benötigt wird, Die minimale erlaubte Höhe für horizontale Drähte hängt von verschiedenen Faktoren ab, aber die Ergebnisse sind gut bis zu einem Abstand von 0,005 Wellenlängen oder etwa 6 Zoll (15cm) bei 10 MHz oder mehreren Drahtdurchmessern,

Beim **High Accuracy**-Boden wird eine Sommerfeld-Norton-Interpolationstabelle berechnet. Obwohl diese Berechnung mit modernen Rechnern ziemlich schnell geht, wird die Tabelle abgespeichert. Wenn später eine Tabelle benötigt mit ähnlichen Werten benötigt wird, die vorhandene Tabelle gelesen und anstelle einer neuen Berechnung verwendet.

Ob eine vorhandene Tabelle wieder verwendet wird, hängt von der komplexen Bodendielektrizität ab, die eine Funktion der Frequenz ist und sich aus der Leitfähigkeit und der relativen Dielektrizitätskonstante ergibt. Passt die Tabelle in den vom Nutzer zugelassenen Toleranzbereich, muss sie nicht neu berechnet werden. Sie können diese Toleranz über das Hauptmenü mit **Options > Ground file tolerance** festlegen. Eine Toleranz von einem Prozent ist ausreichend, wenn die Drähte nicht gerade extrem nahe am Boden verlaufen. In Fällen mit Drähten in Bodennähe sollten Sie eine wesentlich kleinere Toleranz z.B. 0,05% anwenden.

Auch im **High Accuracy** – Typ sollten Sie Drähte nicht direkt mit dem Erdboden verbinden. Siehe [Drähte mit dem Boden verbinden \(Connecting Wires to Ground\)](#).

Der Typ **High Accuracy** sollte immer dann verwendet werden, wenn das Modell niedrige horizontale Drähte enthält. Es ist in jedem Fall einzusetzen, wenn vergrabene Drähte unter **EZNEC-Pro/4** modelliert werden sollen.

### 6.12.3 Grenzen der Modelle für realen Boden (Limitations of Real Ground Models)

Das **EZNEC-Pro/2**modell für realen Boden ist nicht immer repräsentativ in allen Situationen. Bei niedrigen Frequenzen ist die Eindringtiefe höher und bis zu mehreren Metern am unteren Ende des

HF-Bereichs. Der Boden hat meist mehrere Schichten mit einem weiten Bereich der Leitfähigkeit und der Dielektrizitätskonstante. NEC und EZNEC nehmen aber einen weitgehend homogenen Boden bis in die unendliche Tiefe an, so dass die Annahmen für das Modell die Wirklichkeit nicht voll nachbilden. Für Antennen mit vergrabenen (nur bei **EZNEC-Pro/4**) oder sehr niedrig angeordneten Drähten können vor allem bei niedrigen Frequenzen Grenzen bei der Voraussage der Leistungsfähigkeit des Antennensystems unter **EZNEC** entstehen. **EZNEC** ist nicht in der Lage, ein anderes Modell als den homogenen Boden bis in unendliche Tiefe zu modellieren. **EZNEC**, **EZNEC+** und **EZNEC-Pro/2** können vergrabene Drähte **NICHT** modellieren.

Ein weiterer Effekt, der die genaue Vorhersage begrenzt, ist ein Boden, dessen Leitfähigkeit sich deutlich mit der Frequenz ändert. Hier sind die Angaben zu anderen Frequenzen, als der bei der Berechnung betrachteten, möglicherweise ungenau.

Beachten Sie auch die begrenzten Möglichkeiten zur Verbindung von Drähten mit dem Boden wie unter [Reale Bodentypen \(Real Ground Types\)](#) beschrieben wurde.

Informieren Sie sich auch unter [Vertikalantennen mit vergrabenen Radials \(Vertical Antennas And Buried Radials\)](#) zu den Grenzen der realen Bodenmodelle.

**[gilt nur für EZNEC-Pro/4]:** Das reale High-accuracy-Modell (Sommerfeld) erzeugt irreführende Ergebnisse, wenn die Bodenleitfähigkeit wesentlich grösser als Salzwasser (etwa 5 S/m) angesetzt und die NEC-4-Maschine genutzt wird. Diese Begrenzung gilt für NEC-4. NEC-2 ist toleranter gegenüber hoher Leitfähigkeit.

## 6.12.4 Medienfenster verwenden (Using The Media Window)

Dieses Fenster ist bei realen Bodentypen verfügbar und öffnet sich nach einem Klick auf die Zeile **Ground Descrip** im Hauptmenü. Die hier einzugebenden Konstanten sind für die beiden Möglichkeiten etwas unterschiedlich. Wird **High Accuracy** gewählt, werden die Konstanten des ersten Mediums für die Bestimmung der Antennenimpedanz und –ströme verwendet. Die Konstanten beider Media werden für die Berechnung des Antennendiagramms herangezogen, indem die Stärke und Phase des vom Erdboden reflektierten Felds modifiziert wird (Ausnahme : Nur das erste Medium wird verwendet, wenn die Bodenwelle (nur bei **EZNEC pro**) oder das Nahfeld analysiert wird. Die Bodenkonstanten werden beim Freiraum (**Free Space**) oder dem perfekten Boden (**Perfect**) nicht verwendet. Sie werden verwendet, wenn ein **Real/MININEC**-Typ gewählt wurde. Der Real/MININEC-Typ nimmt einen perfekten Boden für die Impedanzen- und Stromberechnungen an. Siehe auch [Reale Bodentypen \(Real Ground Types\)](#).

### Leitfähigkeit und Dielektrizitätskonstante wählen (Selecting the Conductivity and Dielectric Constant)

Die Leitfähigkeit kann in der Einheit Siemens/Meter und die Dielektrizitätskonstante direkt in die zugehörigen Spalten eingetragen werden. Ein Rechtsklick in diese Spalten öffnet ein Menü mit einer Auswahl eines breiten Spektrums an Bodentypen. Die Auswahl der Bodenleitfähigkeit für horizontale Antennen mit einer mittleren Höhe ist nicht so wesentlich, sie kann aber für vertikal polarisierte Antennen sehr wichtig sein. Bei der ersten Auswahl des Menüs werden die voreingestellten Bodenkonstanten (**Default Ground Const**) in die Tabelle eingetragen.

### Zweites Medium hinzufügen (Adding A Second Medium)

Wenn Sie ein zweites Medium hinzufügen wollen, klicken Sie auf **Add** im Medienmenü oder tragen Sie einfach die Werte für das zweite Medium in die untere freie Zeile ein. Für ein neu erzeugtes Medium werden die voreingestellten Werte übernommen und sind anschließend zu korrigieren. Informieren Sie sich unter [Zwei Bodentypen verwenden \(Using Two Ground Media\)](#)

### Spezifikation abschließen (Completing the Specification)

Geben Sie die Höhe des zweiten Mediums und die Grenze in die übrigen zwei Spalten ein. Diese



Werte liegen damit fest und können für das erste Medium nicht mehr geändert werden. Wenn Sie die Grenzen ändern wollen, rufen sie **Boundary Type** im Medienmenü auf.

#### NEC-Radial-Modell hinzufügen (Adding an NEC Radial Model)

Siehe [Das NEC-Radial-Modell \(The NEC Radial Model\)](#)

### 6.12.5 Zwei Bodentypen verwenden (Using Two Ground Media)

Der Erdboden kann in zwei Medien aufgeteilt werden, jedes hat seine eigene Leitfähigkeit und Dielektrizitätskonstante. Das zweite Medium kann eine abweichenden Höhe haben, muss aber auf dem gleichen Niveau oder unter dem ersten Medium liegen. Das zweite Medium kann in einer parallelen Schicht oder in einem konzentrischen Ring relativ zum ersten Medium liegen. Eine Anwendungsmöglichkeit ist eine Antenne auf einem See, der von Land umgeben ist. Wichtig zu wissen ist, dass das zweite Medium nur für die Fernfeldberechnung herangezogen aber bei allen anderen Berechnungen ignoriert wird. Seien Sie sorgfältig bei der Verwendung zweier Media und beachten Sie folgendes :

1. Auch wenn Sie die Antenne über einem zweiten Medium aufstellen, benutzt **EZNEC** immer die Bodenkonstanten und die Höhe  $z = 0$  des ersten Mediums für die Berechnung der Impedanzen und Ströme.
2. Das zweite Medium wird nur für die Fernfeldberechnung benutzt. Nahfeld- und Bodenwellenberechnungen gehen davon aus, dass sich das erste Medium unendlich ausdehnt und sie ignorieren das zweite Medium.
3. Der Effekt des zweiten Mediums wird nur auf eine sehr einfache Weise berücksichtigt. Das Vertikaldiagramm wird aus „Strahlen“ direkt von der Antenne und vom Boden reflektiert zusammengesetzt. Wird ein zweites Medium verwendet, werden die reflektierten ausschliesslich vom zweiten Medium ausgehend angenommen unabhängig, woher sie in Wirklichkeit kommen. Die Strahlen durchdringen keins der Medien, Brechungs- oder ähnliche Effekte werden nicht betrachtet.  
*Aus diesem Grund ist ein Modell aus einem hochleitenden inneren Medium und einem äußeren Medium normalen Leitfähigkeit KEIN gutes Modell zur Nachbildung eines Radialsystems und sollte für diesen Zweck NICHT verwendet werden.*
4. Bei **EZNEC-Pro/4** wird immer angenommen, das vergrabene Drähte jeweils vollständig im ersten Medium liegen.

Wird ein zweites Medium zuerst erzeugt, werden die voreingestellten Werte (**Default Ground Const**) als Ausgangswerte eingetragen.

### 6.12.6 Drähte mit dem Boden verbinden (Connecting Wires to Ground)

Ein Draht wird mit der Erde verbunden, wenn seine Z-Koordinate auf Null gesetzt wird. **EZNEC-Pro** geht davon aus, dass ein Draht mit der Erde verbunden ist, wenn er sich im Abstand von 1/1000 Segmentlänge von der Erde befindet. Eine gute und übliche Praxis ist es, nicht verbundene Vertikal- oder schräge (sloping) Drähte mindestens um einige Drahtdurchmesser über der Erde enden zu lassen.

Wenn Sie bei dem realen Bodentyp **High Accuracy** einen Draht mit der Erde verbinden, erzeugt



das Programm eine Verbindung mit einem nicht vorhersehbaren Serienwiderstand. **EZNEC** warnt Sie, wenn diese Situation eintritt. Verwenden Sie das MININEC-Bodenmodell, wenn Sie Vertikalantennen modellieren, deren Erdsystem nicht Bestandteil des Modells ist. Beachten Sie, dass Sie das MININEC-Bodenmodell nicht verwenden können, wenn Sie eine externe NEC4-Maschine mit **EZNEC-Pro/4** verwenden wollen.

Mitunter ist es nötig, sowohl eine Erdverbindung zu machen als den **High Accuracy** – Bodentyp zu verwenden. Informieren Sie sich im Abschnitt [Verbindung zu einem Boden hoher Genauigkeit \(Connecting to High Accuracy Ground\)](#).

### 6.12.7 Verbindung zu einem Boden hoher Genauigkeit (Connecting to High Accuracy Ground)

Mitunter ist es nötig eine Erdverbindung zu machen UND den **High Accuracy** – Boden zu verwenden. Ein Beispiel für dieses Modell ist eine Beverage-Antenne, bei der die Erdverbindung für den Abschlusswiderstand benötigt wird. Ein anderes Beispiel ist eine invertierte L-Antenne, bei der der horizontale Teil niedriger als 0,2 Wellenlängen angeordnet ist. In diesen Situationen ist die beste Lösung, ein Drahtsystem von horizontalen Drähten unmittelbar über dem Erdboden zu erzeugen und die „Erd“-Verbindung mit diesen Drähten herzustellen. (gilt nur für **EZNEC-Pro/4** : hier ist die beste Lösung, das aktuelle Drahtsystem – mitunter auch eingegraben – zu modellieren). Eine Höhe von 1/100 bis 1/1000 der Wellenlänge ist ausreichend, in jedem Fall aber muss der Abstand mehrere Drahtdurchmesser betragen. Wenn eine Verbindung mit einer niedrigen Impedanz benötigt wird, machen Sie die Radials eine Viertelwellenlänge oder ungerade Vielfache davon lang und vermeiden Sie Längen von einer halben Wellenlänge oder Vielfachen davon. Die Drähte sind nicht nach Freiraum-Wellenlängen sondern nach der Wellenlänge für einen Draht in der Höhe der Radials zu bemessen. Die halbe Wellenlänge für einen Draht in Bodennähe ist wesentlich kürzer als im Freiraum. Eine Daumenregel ist es Radials mit 1/8 der Freiraumlänge zu verwenden. Sie können auch die Wellenlänge bestimmen, indem Sie einen Halbwellen-Dipol in Höhe der Radials über Grund modellieren und seine Länge variieren bis er in Resonanz ist. Danach nehmen Sie die halbe Drahtlänge der resonanten Schenkel des Dipols. Radials können auch leicht mit dem Werkzeug von **EZNEC** zu automatischen Radialerzeugung (**automated radial creation feature**) modelliert werden. Die Radials über der Erde zeigen einen schärferen Resonanzeffekt als eingegrabene Radials, bilden aber ein eingegrabenes Radialsystem ausreichend nach.

### 6.12.8 Das NEC-Radial-Modell (The NEC Radial Model)

Wenn Sie das NEC-Modell für eingegrabene Radials verwenden wollen, lesen Sie diesen Abschnitt sorgfältig durch. Das Modell arbeitet ausschliesslich mit dem NEC-Radial-Bodenmodell zusammen, das Sie über Media-Fenster > **Other** erreichen. Es hat nichts zu tun mit dem Werkzeug **Create Radials** im Drahtfenster (**Wires**) oder mit Radials, die als Drähte modelliert werden.

Das NEC-Modell mit eingegrabenen Radials ist dem in ELNEC und MININEC verwendeten Modell ähnlich. Es ist kein aktuelles Modell mit eingegrabenen Drähten, es modelliert nicht den Einfluss der Radials auf die Antennenimpedanz, den Strom, Verluste oder Wirkungsgrad. Es modelliert nur den Einfluss der Radials auf das Antennendiagramm, ein Effekt, der relativ schwach ist, ausgenommen es werden sehr lange Radials verwendet. Siehe auch [Vertikalantennen mit vergrabenen Radials \(Vertical Antennas And Buried Radials\)](#).

Der Einfluss des NEC-Modells für eingegrabene Radials auf die Impedanz im Speisepunkt unterscheidet sich von einem realen Radialsystem an einer realen Antenne. Die Gegenwart von

NEC-Radials, auch wenn es nur ein sehr kurzes Radial ist, ändert die von NEC berechnete Erdverbindung auf einen Widerstand von Null, aber nur am Punkt  $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ . Experimente haben gezeigt, dass diese Annahme nicht immer stimmt, vor allem wenn die NEC-2-Maschine verwendet und die Drähte schräg angeschlossen werden. Eine Erdverbindung an einem anderen Punkt wird einen nicht vorhersagbaren Widerstand haben, wie er auch bei einem System ohne Radials auftritt. **Zusammengefasst kann man sagen, dass das Modell die Eingangsimpedanz eines geerdeten Drahtes bei einer Vertikalantenne nicht genau vorhersagen wird.**

Das NEC-Modell für eingegrabene Radials kann daher nur sinnvoll für die Berechnung der Bodenreflektionskoeffizienten für das Fernfeldmodell verwendet werden. Auch für diesen begrenzten Einsatz ist das Modell nur dann akzeptabel, wenn viele Radials und ein Radialfeld verwendet werden. Die Genauigkeit ist auch schlecht, wenn der Durchmesser des Radialfelds nur ein Bruchteil der Wellenlänge ist und/oder die Antenne sich relativ nahe zum Radialfeld befindet. Für eine typische Vertikalantenne liefert ein Modell mit Radials kurz über der Erde (oder unter der Erde mit **EZNEC-Pro/4**) wesentlich genauere Ergebnisse als das NEC-Radialmodell. Die Leitfähigkeit der Radials wird als „Erdnussbutter“ über den normalen Boden verteilt, auf dem die Radials liegen und verteilen sich mit wachsendem Abstand vom Ausgangspunkt. Sie bilden einen Parallelwiderstand zu der Bodenleitfähigkeit. Vier Radials sehen dann nur als ein wenig dünnere „Erdnussbutter“ aus als 120 Radials.

Noch einmal : Das **NEC-Radialmodell** gibt kein getreues Bild der des Effekts von realen Bodenradials. Sie sollten andere Methoden wie unter [Vertikalantennen mit vergrabenen Radials](#) ([Vertical Antennas And Buried Radials](#)) verwenden.

Bodenradials können mit ausreichender Genauigkeit unter **EZNEC-Pro/4** mit einer NEC-4-Maschine modelliert werden. Wenn diese Option vorhanden ist, sollte das Radialmodell nicht verwendet werden.

Das NEC-Modell für eingegrabene Radials kann mit der Standardversion von **EZNEC** oder **EZNEC+** erst dann verwendet werden, wenn es mit einer Ergänzung zur Datei **EZNEC.INI** freigegeben wurde :

Tragen Sie in der Sektion [Special Options] die folgende Zeile ein : **NECRadials = On**

Für **EZNEC pro** brauchen Sie diesen Eintrag nicht zu machen. Die Änderung der EZNEC.ini wird erst beim Neustart des Programms wirksam. Der Menüpunkt Other wird erst angezeigt, wenn der Eintrag in die **EZNEC.INI** erfolgt ist.

Wenn die NEC-Radials freigegeben sind, können Sie über das Other-Menü im Media-Fenster eingegeben werden. Sie ist grau markiert (nicht wählbar), bis folgende Bedingungen erfüllt sind :

1. Der Eintrag in der Datei EZNEC.INI muss mit der Ausnahme von **EZNEC pro** wie oben beschrieben vorgenommen worden sein
2. Der Bodentyp muss vom **Real, MININEC-type** sein
3. Es müssen zwei Medien ausgewählt sein
4. Die Mediengrenze muss radial, nicht linear, sein. Im Fenster rechtsaußen steht dann **R Coordinate**, nicht **X Coordinate**. Sie können sie über das Media-Menü ändern.
5. [nur für **EZNEC pro**]: Bodenwellenanalyse (**Ground Wave analysis**) muss ausgeschaltet sein.

Wenn Sie alle Bedingungen erfüllt haben, können Sie die Zahl und den Durchmesser der Radials in einem neuen Fenster eintragen. Die Länge der Radials wird durch den Durchmesser des ersten Mediums bestimmt. Eine Längenänderung kann durch Versetzung der Grenze des zweiten Mediums bewirkt werden.

Sie können den Drahtdurchmesser markiert durch ein # als AWG-Wert eintragen. Drähte dicker als #0 (z.B. #00) sind nicht erlaubt. Nach dem Abschluss des Dialogs erscheint die Anzahl der Radials im Hauptmenü unter **Ground Descrip**

## 7. Ergebnisse auswerten (Interpreting The Results)

### 7.1 Ströme (Currents)

Die Ströme in Segment können in der Antennenansicht angezeigt werden oder in tabellarischer Form mit einem Klick auf die Taste Ströme (**Currents**) links im Hauptmenü gerufen werden. Die Ströme liefern eine wichtige Information über die Funktion der Antenne. Sie unverzichtbar bei der Beurteilung, ob die Antenne wie gewünscht arbeitet oder bei Abklärung von Bedingungen, bei denen **EZNEC** ausserhalb seiner Möglichkeiten genutzt wird. Beachten Sie, dass die Antennenansicht nur als zusätzliche Hilfe gedacht ist. Auch wenn das Bild über alles korrekt ist, ist es geglättet und Einzelheiten wie der Strom entlang eines Segments oder bei einer Verbindung von zwei Segmenten werden u.U. ungenau wiedergegeben. Wenn Sie den Pegel im Detail wissen wollen, entnehmen Sie ihn bitte den Tabellen-Daten.

Sehen Sie zuerst nach der Symmetrie. Wenn die Antenne symmetrisch ist, sollten es die Ströme auch sein. Sind sie es nicht, kann ein Fehler bei der Drahtdefinition, der Anordnung der Quelle oder an anderer Stelle vorliegen. Zum Beispiel sollte der Strom im vertikalen Teil einer Groundplane sich zu gleichen Teilen auf die Radials aufteilen, wenn die Radials die gleiche Länge und den gleichen Abstand voneinander haben. Beachten Sie diese Symmetrien und Sie werden Probleme feststellen, bevor falsche Ergebnisse Sie in die Irre leiten.

Eine weiterer Hinweis auf Probleme ist der abrupte und unerklärte Wechsel bei Strömen anstelle eines sanften Übergangs von einem Segment zum nächsten. Meist entsteht dieser Effekt durch eine zu geringe Anzahl an Segmenten, kann aber auch durch andere Faktoren ausgelöst werden, wenn **EZNEC** ausserhalb seiner Grenzen betrieben wird. Plötzliche Richtungswechsel der Ströme werden meist durch die Art hervorgerufen, in der die Drähte definiert wurden. Der positive Strom fließt immer vom Ende 1 zum Ende 2 eines Drahtes. Wurden zwei Enden 1 oder zwei Enden 2 miteinander verbunden, tritt ein 180°-Sprung in der Stromrichtung an der Verbindung der beiden Drähte auf, vorausgesetzt Sie haben in der Antennenansicht die Phaseninformation zugeschaltet oder Sie sehen sich die Ströme in der Tabelle an. Der aktuelle Strom läuft kontinuierlich wie es sein soll, aber die Definition der Richtung ändert sich von einem Draht zum anderen. Sie können Drähte durchaus in der angegebenen Form miteinander verbinden, dürfen sich aber über die Phasensprünge bei **EZNEC** nicht wundern. Ähnliche Effekte können bei Mehrfachquellen auftreten (siehe auch [Mehrfachquellen verwenden \(Using Multiple Sources\)](#)).

Die Phaseninformation kann bei der Antennenansicht zugeschaltet werden, sie verbirgt aber mitunter die wichtige Information über die Größe des Ströme. Informieren Sie sich im Kapitel [Antennenansicht verwenden \(Using The View Antenna Display\)](#) über Einzelheiten.

Die Wichtigkeit der Stromanzeige wird von dem Fakt unterstrichen, dass das Feld, das von einem Draht erzeugt wird, proportional zu dem Strom ist, der in dem Draht fließt. Zeigt ein Element einer Multi-Elementantenne einen gegenüber den anderen Elementen deutlich geringeren Strom, trägt es entsprechend wenig zum Gesamtfeld bei, kann aber durchaus dazu verhelfen, eine Nullstelle im Richtdiagramm zu vertiefen. Enthält Ihr Modell verschiedene Drähte in der Nähe, einen Mast oder andere Objekte können Sie anhand der Ströme in ihnen abschätzen, ob sie einen signifikanten Einfluss auf die Leistungsfähigkeit Ihrer Antenne haben können. Ist der Strom in einem Objekt relativ klein, können Sie es aus Ihrem Modell entfernen ohne das Ergebnis zu verfälschen, es sei denn, Sie legen Wert auf tiefe Nullstellen, denn hier haben auch kleine Felder einen Einfluss. Kurze Leiter benötigen mehr Strom als lange, wenn der gleiche Effekt erzielt werden soll.

Wenn Sie die Erregung durch eine ebene Welle gewählt haben, finden Sie unter [Ergebnisse](#)

[beurteilen \(Interpreting Plane Wave Results\)](#) weitere Informationen.

## 7.2 Lastdaten (Load Data)

Sie erhalten die Lastdaten angezeigt, wenn Sie auf die Taste **Load Dat** links im Hauptmenü klicken. Angezeigt wird die Spannung über einer, der Strom durch eine, die Impedanz einer und der Leistungsverlust durch eine Last. Der totale Leistungsverlust wird in Watt und dB angegeben. Die Verlustzahlen sind sehr wichtig bei der Beurteilung von Traps, Ladespulen und ähnlichen Lasten. Sie können auch die Spannung über einer oder den Strom durch eine Last unter Betriebsbedingungen bestimmen, wenn Sie über den Menüpunkt **Options > Power Level** im Hauptmenü die der Antenne zugeführte Leistung eingeben.

Haben Sie zwei identische Lasten in gleich angeordneten Segmenten modelliert, zeigt Ihnen **EZNEC** die Daten für beide Lasten zusammen. Sie können damit eine an einer Drahtverbindung angeordnete Last simulieren, die zu gleichen Teilen auf die benachbarten Segmente verteilt wird (siehe auch [Lasten an Drahtverbindungen anordnen \(Placing Loads At Wire Junctions\)](#)).

Seriell und parallel angeschlossene Lasten können eine Phasendifferenz von 180° bei Spannung und Strom zeigen. Informieren Sie sich unter [Polarität von parallel angeschlossenen Lasten \(Parallel Connected Loads Polarity\)](#) zu diesem Problem.

## 7.3 Quellendaten (Source Data)

Die Impedanz, das SWR, die Spannung und der Strom jeder Quelle wird im einem Klick auf die Taste **Src Dat** links im Hauptmenü angezeigt. Zusätzlich dazu erhalten Sie ein Diagramm des SWR relativ zur Frequenz mit einem Klick auf die Taste **SWR** links im Hauptmenü. Seien Sie wachsam, wenn **EZNEC** einen sehr niedrigen Widerstand bei jeder Quelle anzeigt, dann arbeitet es ausserhalb seiner Grenzen. Falls zwei Elemente in geringer Entfernung voneinander montiert sind und mit unterschiedlicher Phase gespeist werden (z.B. W8JK-Antennen), ist der niedrige Widerstand real, aber die reale Antenne wird nicht so arbeiten, wie **EZNEC** es voraussagt solange Sie nicht einen zusätzlichen Drahtverlust (**wire loss**) über das Hauptmenü eingegeben haben. Diese Verluste sind dann wichtig, wenn der Widerstand niedrig ist. Stellen Sie sicher, dass ein Drahtverlust angegeben wird, wenn ein niedriger Widerstand angezeigt wird, Mitunter ergeben sich negative Widerstände bei Multi-Elementanordnungen. Sie können durchaus auftreten, haben aber die gleiche Ursache wie die zu niedrigen Widerstände. Das SWR für diese Quellen wird als „undefiniert“ angezeigt und erscheint im Diagramm im Unendlichen. Wird bei nur einer Quelle ein negativer Widerstand angezeigt, ist das ein sicheres Zeichen dafür, dass **EZNEC** ausserhalb seiner Möglichkeiten arbeitet. Dieser Effekt tritt auf bei sehr kleinen Schleifen auf, bei denen sich Drähte überlappen oder den gleichen Raum belegen. Der Effekt kann mit dem Geometrie-Test von **EZNEC-Pro/4** mit der **NEC-4**-Maschine bearbeitet werden, aber nicht mit **EZNEC** oder **EZNEC-Pro/2**.

Das angezeigte SWR ist das SWR auf einer Speiseleitung, wenn diese anstelle der Quelle angeschlossen wird. Die Werte werden für eine Impedanz von 50 Ohm und für eine vom Nutzer vorgegebene Impedanz ausgegeben. Diese Nutzer-Impedanz kann mit **Alt SWR Z0** im Hauptmenü eingestellt werden.

das SWR wird direkt aus der Quellenimpedanz berechnet. Falls die Quelle über eine Speiseleitung im Modell angeschlossen ist und Sie wollen das SWR auf der Speiseleitung wissen, muss die Referenzimpedanz mit der Impedanz der Speiseleitung übereinstimmen.

### Negativer Eingangswiderstand (Negative Input Resistance)

Mitunter wird ein negativer Widerstand an einer oder mehreren Quellen angezeigt. Bei einer einzelnen Quelle ist der negative Widerstand ein Zeichen für einen numerischen Fehler, denn die Antenne würde mehr Leistung abgeben, als ihr zugeführt wird. Eine übliche Ursache ist die

Anordnung der Quelle in einer sehr kleinen Schleife (siehe [Kleine Schleifen \(Small Loops\)](#)). Eine weitere Möglichkeit ist eine nicht erlaubte geometrische Anordnung wie z.B. eine Überlappung, Überlagerung oder gekreuzte Drähte. Bei Mehrfachquellen kann ein negativer Widerstand ein erlaubtes Ergebnis sein, z.B. Anordnungen, in denen ein Element Leistung zurück in das Speisesystem liefert. Es erhält diese Leistung von anderen Elementen über eine Mehrfachkopplung. Die 4Square-Antenne aus den Beispielen demonstriert diese Charakteristik. Lesen Sie die Antennen-Notizen (*Antenna Notes*) zu diesem Beispiel.

Nur für **EZNEC-Pro** : Die Quelldaten (**Source Data**) – Anzeige ist nicht vorhanden, wenn mit der Erregung durch eine ebene Welle gearbeitet wird.

## 7.4 Fernfeldtabelle (Far Field Table)

Zur Fernfeldtabelle kommen Sie mit einem Klick auf die Taste **FF tab** links im Hauptmenü. Sie zeigt die Feldstärke für jeden Azimuth- und/oder Elevationswinkel. Haben Sie die 3D-Darstellung für das Antennendiagramm gewählt, werden Sie gefragt, welche Daten wie dargestellt werden sollen.

Die Fernfeldtabelle kann in verschiedenen Formaten ausgegeben werden, die über das Hauptmenü mit **Options > Far Field Table Units** eingestellt werden können. Gewählt werden kann :

**dBi** oder **dBref** : Zeigt die gleichen Daten wie der 2D-Plot. Die Werte werden relativ zum im Hauptmenü unter **Ref Level** eingegebenen Pegel angegeben oder in dBi, wenn der Referenzpegel auf Null gesetzt ist.

**mV/m für 1 kW in 1 mile** : Gibt die Feldstärke in mV/m in Entfernung von einer Meile an ausgehend von einer zugeführten Leistung von 1 kW. Die Einstellung der Option **Power Level** im Hauptmenü wird dabei ignoriert.

**mV/m für 1 kW in 1 km** : das Gleiche wie oben in einer Entfernung von einem Kilometer

**gilt nur für EZNEC pro**: Bodenwellenanalyse :

**dBi** oder **dBref** : Gleiche Angaben wie beim Fernfeld

**mV/m** : Absoluter Wert für das Feld in einer über das Informationsfenster des Hauptmenüs einstellbaren Entfernung und Höhe. Sie sollten den **Power Level** mit dem Hauptmenü für diese Option vorher einstellen.

Siehe auch [Einführung zu den Menüs \(Control Center Menus Introduction\)](#) im Kapitel Referenzen.

Sie können unter **EZNEC+ und EZNEC-Pro** wählen, ob Sie die linearen oder zirkularen Komponenten anzeigen wollen. Wählen Sie im Hauptmenü unter **Desc Options > Plot/Field** .

Gilt nur für **EZNEC-Pro** : Falls Sie die Erregung durch eine ebene Welle gewählt haben, erhalten Sie zusätzliche Informationen unter [Ergebnisse beurteilen \(Interpreting Plane Wave Results\)](#)

## 7.5 Nahfeldtabelle (Near Field Table)

Anders als beim Fernfeld kann das Nahfeld in alle Richtungen zeigen. Das Feld wird in drei Komponenten, die X, Y und Z - Richtungen aufgeteilt. Die Summe wird ebenfalls angezeigt. Normalerweise wird die Totalanzeige genutzt. Wenn Sie an der Orientierung des E- und H-Felds interessiert sind, gibt **EZNEC** Ihnen einen im Kopf der Liste einen Bericht, wo die größten Felder gefunden wurden. Achten Sie darauf, dass keiner der Schritte in das Innere eines Drahtes fällt. In



diesem Fall sind die Angaben nicht als Maximalwert verwendbar. Die Bodenwellenanalyse verwendet in jedem Fall nur das erste Medium. Sind zwei Media definiert, wird das zweite ignoriert.

Da das Verhältnis vom E-Feld (elektrisch) zum H-Feld (magnetisch) im Nahfeld vom Antennentyp und der Entfernung von der Antenne abhängt, müssen beide Felder getrennt analysiert werden. Beachten Sie dass die Nahfeld (Near Field)-Analyse das totale Feld angibt und in jeder Entfernung, auch weit entfernt von der Antenne gültig ist. Es kann in der Standardprogramm von **EZNEC** auch zur Beurteilung der Bodenwelle herangezogen werden. Siehe auch Abschnitt [Nahfeldanalyse \(Near Field Analysis\)](#) im Kapitel [Referenzen \(Reference\)](#).

**Wichtiger Hinweis : Ziehen Sie in Betracht, dass viele Faktoren die Ergebnisse eines Modellierungsprogramms beeinflussen. EZNEC sollte in keinem Fall dazu genommen werden zu bestimmen, ob die von einer Antenne erzeugte Feldstärke oder Energie eine unsichere oder gefährliche Situation hervorrufen kann.**

**Dieser Hinweis gilt für alle Ergebnisse einschliesslich des Nah- und des Fernfelds !**

Gilt nur für **EZNEC-Pro** : Falls Sie die Erregung durch eine ebene Welle gewählt haben, erhalten Sie zusätzliche Informationen unter [Ergebnisse beurteilen \(Interpreting Plane Wave Results\)](#)

## 7.6 Fernfelddiagramme (Far Field Patterns)

Das Fernfeld kann auf drei Arten angezeigt werden : als (2D) *Azimuth*, als (2D) **Elevation** und 3-dimensional (**Three Dimensional**) (3D). Bei **EZNEC pro** ist - wenn die Bodenwelle zugeschaltet wird - nur eine Azimuth-Darstellung möglich. Für die Azimuth-Diagramme kann ein Elevationswinkel gewählt werden und umgekehrt für die Elevationsdiagramme ein Azimuthwinkel. Der Bereich der 2D-Diagramme kann – falls gewünscht – begrenzt werden. Bei **EZNEC pro** kann die Beobachtungsentfernung und die Höhe über Grund frei gewählt werden, wenn die Bodenwellenkomponente zugeschaltet ist.

**EZNEC** enthält eine Darstellungshilfe, um das Diagramm relativ zur Antenne in der Antennenansicht anzuordnen, wobei das 2D-Diagramm oder ein „Schlitz“ des 3D-Diagramms mit der Antennenansicht überlagert wird. Informieren Sie sich in den Abschnitten [2D-Ansicht verwenden \(Using The 2D Display\)](#) und [3D-Ansicht verwenden \(Using The 3D Display\)](#) im Kapitel [Referenzen \(Reference\)](#).

Da im Fernfeld die Raumwelle von einer horizontal polarisierten Quelle in jedem Fall null bei einem Erhebungswinkel von null Grad für jeden Bodentyp ist und eine vertikal polarisierte Antenne eine Null-Raumwelle erzeugt, führt ein Versuch ein 2D-Diagramm ohne eine Bodenwellenkomponente zu berechnen unter diesen Bedingungen zu einer Fehlermeldung.

Die 2D-Datenbox, die im 2D-Diagramm mit dem Menü **View > Show Data** aktiviert werden, fasst die Charakteristiken der Antenne wie Bandbreite und Vor-Rück-Verhältnis zusammen.

**EZNEC** bietet die Kompassrichtung (**compass bearing**) als eine alternative Azimuthkoordinate an. Der Azimuthwinkel wird im Uhrzeigersinn von der y+-Achse (gerade nach oben) im 2D-Diagramm gezählt und stimmt mit einer Kompassanzeige überein. Sie können diese Anzeige im Hauptmenü über **Options > Angle Convention** wählen. Die Orientierung des Diagramms selbst wird zwischen der Standard- und der Kompassanzeige nicht geändert, nur die Winkel im Bericht ändern sich.

Sie können über das Hauptmenü und die Option **Control Center Desc** eine Vielzahl von Darstellungsmöglichkeiten für die Fernfeldanzeige wählen.

Gilt nur für **EZNEC-Pro** : Falls Sie die Erregung durch eine ebene Welle gewählt haben, erhalten Sie zusätzliche Informationen unter [Ergebnisse beurteilen \(Interpreting Plane Wave Results\)](#)

## 8. Referenzen (Reference)

### 8.1 Funktionen (Features)

#### 8.1.1 Das alternative 2D-Richtdiagramm (Alternative 2D Plot Grid)

Neu in der Version 5.0 ist das alternative 2D-Richtdiagramm, das im Hauptmenü unter **2D Plot Grid Style selection, V 5 choice** ausgewählt werden kann. Der klassische Stil erzeugt ein Richtdiagramm in der bisherigen Form der Versionen von EZNEC, falls Sie diese vorziehen. Wenn der V5-Stil gewählt wurde, können Sie die lineare Diagrammskala in dB unter Optionen im Menü unter **2D Scale selection** wählen. Die Bereichswahl wird im Hauptmenü unter **Desc Options/Plot/2D Misc choice** vorgenommen. Die eingestellte Skalenteilung wird mit dem Modell zusammen abgespeichert, so dass Sie eine zu dem Modell passende 2D-Diagramm wählen können.

#### 8.1.2 Notizen zur Antenne (Antenna Notes)

Die Antennennotizen (**Antenna Notes**) sind eine Möglichkeit, Notizen bei Ihrer Antennenbeschreibung unterzubringen. Eine Antennennotizen-Datei ist eine einfacher ASCII-Text, der den gleichen Namen wie die Antennenbeschreibung, aber die Dateiendung **.txt** anstelle der Endung **.ez** hat. Die Antennennotizen stehen im gleichen Ordner wie die Antennenbeschreibungen und können mit jedem Texteditor bearbeitet **EZNEC** heraus erreicht werden (**File > Edit Antenna Notes**). Um die Antennennotizen eines laufenden Projekts zu erzeugen, anzusehen oder zu editieren gehen Sie im Hauptmenü zu **File > Edit Current Antenna Notes**. Damit wird der EZNEC-Editor geöffnet. Nach Abschluss der Arbeiten speichern Sie die Notizen mit **File > Save**. Zum Speichern öffnet sich ein Dialog, in dem sie gefragt werden, was mit den Antennennotizen geschehen soll. Ihnen wird sowohl der mit der aktuellen Beschreibung verbundene Name als auch der Name der zu speichernden Datei angeboten, so dass Sie entscheiden können, unter welchem Namen die Datei abgelegt werden soll. Sind beide Namen identisch, erscheint der Dialog nicht und die Antennennotizen werden unter dem gleichen Namen gespeichert unter dem die Datei geöffnet wurde.

gilt nur für **EZNEC pro**: Sie können auch Antennennotizen im **NEC**-Format verwenden. Die Operation läuft genauso wie bei den **.ez**-Dateien, sie sehen aber einen temporären Dateinamen, wenn Sie den **EZNEC**-Editor öffnen. Antennennotizen im **NEC**-Format werden als eine Serie von **CM** (comment) – Karten abgespeichert. Wenn Sie die Antennennotizen mit dem Editor öffnen, kopiert **EZNEC** die **CM**-Karten in eine Textdatei und öffnet diese. Da es keine permanenten Antennennotizen gibt, werden die Notizen erst dann dauerhaft abgespeichert, wenn sie wieder in das NEC-Format übertragen werden. Sie müssen darauf achten, dass Sie die Antennennotizen nach dem Editieren wieder im NEC-Format abspeichern.

#### 8.1.3 Automatische Segmentierung (Automatic Segmentation)

Die automatische Segmentierung der Drähte ist über das Drahtfenster (**Wires Window**) mit **Wire > Auto Seg** und über die Segmentprüfung (**Segmentation Check**) erreichbar. Bei letzterer wird das Segmentmenü (**Segmentation**) nur dann geöffnet, wenn einer oder mehrere Drähte eine Warnung erzeugen. Es gibt zwei Wahlmöglichkeiten : **Conservative** und **Minimum Recommended**. Die Wahl Konservativ (**Conservative**) ist die beste für den allgemeinen Gebrauch. Wenn die



Rechenzeit zu lang oder die Zahl der Segmente zu groß wird, kann Minimum (**Minimum Recommended**) gewählt werden. Sie sollten auf jeden Fall nicht immer blind der automatischen Segmentierung vertrauen. Es gibt eine Menge an Fällen (siehe Abschnitt [Spezialfälle \(Some Special Cases\)](#) im Kapitel [Antennenstruktur modellieren : Drähte \(Modeling The Antenna Structure: Wires \)](#)), bei denen mehr Segmente benötigt werden.

Auch in anderen Fällen, wie bei der Anordnung einer Quelle oder einer Last auf einem kurzen Draht oder wenn parallele Drähte in geringem Abstand auftauchen, ist die Segmentlänge und – abstimmung sehr wesentlich. Mit der automatischen Segmentierung werden diese Umstände nicht erkannt, so dass Sie selbst festlegen müssen, wie viele Segmente benötigt werden.

Sie sollten die automatische Segmentierung als erste Einstellung für ein neues Antennensystem wählen und dann überprüfen.

Die Segmentprüfung hat einen Punkt **Fix Segs**, der im Kapitel [Segmentprüfung \(Segmentation Check\)](#) beschrieben wird,

### 8.1.4 Durchschnittsgewinn (Average Gain)

Der Durchschnittsgewinn (Average Gain) ist ein wertvolles Werkzeug zur Bestimmung von Situationen, bei denen EZNEC's-Rechenmaschine Schwierigkeiten hat, vor allem bei der Anordnung einer Quelle. Der zweite Anwendungsfall von Average Gain ist es, die Verluste durch die Drähte oder die Rückwirkung des Feldes mit einem endlich leitenden Bodens zu beurteilen. Der Average gain ist die über das Fernfeld integrierte Gesamtleistung im Verhältnis zu der Leistung, die einer Antenne durch Quellen zugeführt wird. Der Average gain wird im Hauptmenü nach einem 3D-Plot angezeigt. Er wird bei Azimuth- oder Elevationsplots nicht angezeigt.

Die NEC-Rechenmaschine von EZNEC reagiert sehr empfindlich auf die Länge von Segmenten, die Quellen enthalten, und dicht daneben befindliche Segmente. Wenn die Anordnung nicht problemfrei gemacht wurde, ergeben sich Fehler in Form von Abweichungen beim Gewinn und der Impedanz. Wird dabei der Durchschnittsgewinn nicht zur Beurteilung herangezogen, bleiben u.U. Fehler unerkannt. Der Durchschnittsgewinn ist allerdings nur dann verwertbar, wenn alle Verlustmechanismen wie Drahtverluste, Widerstandlasten und Verluste durch einen realen Boden abgeschaltet werden können.

Liegt der Durchschnittsgewinn dann bei 1 (0 dB) erzeugt das Programm die richtigen Ergebnisse. Falls der Durchschnittsgewinn wesentlich von diesem Wert abweicht, liegt ein Fehler vor und die Quellenanordnung sollte zuerst überprüft werden. Hier sollte einiger Aufwand getrieben werden. Lässt sich die Abweichung nicht beseitigen, können alle Diagramme und Gewinn dadurch korrigiert werden, dass der Durchschnittsgewinn von ihnen abgezogen wird. Einzelheiten zur Quellenanordnung finden Sie im Abschnitt [Voraussetzungen für Quellenanordnung \(Source Placement Precautions\)](#)

Soll der Durchschnittsgewinn dazu herangezogen werden die Draht- oder Bodenverluste zu bestimmen, müssen Sie zuerst alle Verluste aus dem Modell entfernen und den Wert auf 1 (0 dB) bringen. Wenn Sie dann die Verluste wieder zuschalten, so erhalten Sie den Einfluss dieser Verluste auf den Durchschnittsgewinn.

Wenn Sie den Durchschnittsgewinn nicht auf 1 (0 dB) bringen können, müssen Sie seinen Wert von der errechneten Feldstärke abziehen. Liegt z.B. der Durchschnittsgewinn bei 3 dB und für Ihre Antenne wird ein Gewinn von 2 dBi berechnet, liegt der aktuelle Gewinn bei -1 dB. Hat die Antenne nur ein Quelle, kann der Widerstand im Speisepunkt korrigiert werden, indem der berechnete Widerstand mit den numerischen Durchschnittsgewinn (nicht in dB) multipliziert wird. Eine Korrektur der Reaktanz ist auf diese Weise nicht möglich. Bei Mehrfachquellen ist eine Korrektur ebenfalls nicht möglich.

### 8.1.5 Antennenbeschreibungen kombinieren (Combining Antenna Descriptions)

Antennenbeschreibungen können zu einem einzigen Modell kombiniert werden. Eine typische Anwendung ist es, Yagi-Antennen separat zu analysieren und sie dann auf einem Mast zu montieren und ihre gegenseitige Beeinflussung zu studieren. Es können auch parasitäre Strukturen modelliert werden und ihr Einfluss andere Systeme studiert werden. Wollen Sie eine bestehende Antennenbeschreibung mit einer anderen kombinieren, wählen im Hauptmenü **File > Add Description**. Diese abgespeicherte Beschreibung muss mindestens eine Quelle enthalten. Wenn Sie eine parasitäre Struktur zur Kombination verwenden wollen, müssen Sie bei ihr eine Quelle einfügen. Diese Quelle kann nach der Kombination wieder entfernt werden, wenn das vorhandene Modell eine Quelle enthält.

Die Kombination und der Import kann mitunter problematisch sein. Wenn Sie Drähte hinzufügen wollen, deren Koordinaten in einer ASCII-Datei beschrieben sind oder Sie wollen in Ihrem aktuellen Modell mit ASCII-Koordinaten beschriebene Drähte ersetzen, informieren Sie sich im Abschnitt [Drahtkoordinaten importieren \(Importing Wire Coordinates\)](#).

### 8.1.6 EZNEC-Editor (EZNEC Editor)

Der **EZNEC-Editor** ist im Prinzip eine Kopie von Windows-Notepad. Er wird verwendet um auf einfache Weise Textdateien innerhalb **EZNEC** zu editieren. Steuerung, Menüs und Betrieb entsprechen im wesentlichen Notepad, sie werden nur gelegentlich Unterschiede feststellen. Der **EZNEC-Editor** zeigt beim Öffnen automatisch eine Anzahl von **EZNEC**-Dateien und – Ausgaben.

**Hinweise zu den Schriftarten (Fonts) :** Zur Ausgabe von Tabellen für Ströme, Quellendaten, Fernfeldtabelle usw. ist der **EZNEC**- Editor auf Schriftarten mit fester Breite wie **FixedSys** und **Courier New** begrenzt. Mit diesen Schriftarten bleibt die feste Anordnung in Tabellenspalten erhalten. Einige Schriftarten wie **FixedSys** sind nur für die Bildschirmausgabe erlaubt und können nicht gedruckt werden. In diesem Fall werden sie entweder von Windows oder von EZNEC durch andere Typen während des Druckens ersetzt. Wählt Windows eine Schriftart mit variabler Breite anstelle eines Typs mit fester Breite wird mitunter das Druckbild verfälscht. Wählen Sie dann eine druckbare Schriftart mit fester Breite. Der Editor merkt sich die letzte gewählte Schriftart mit fester Breite und behält sie solange bei, bis sie wieder geändert wird.

Sie können den **EZNEC**- Editor verwenden, um eine beliebige Datei anzusehen oder zu editieren. Die Datei muss nicht unbedingt zu **EZNEC** gehören. Sie können **Datei ansehen (View File)** oder **Datei editieren (Edit File)** aus dem Hauptmenü über **File** wählen. Ein Unterschied zu Windows ist, dass Sie eine geöffnete Datei nicht unter ihrem Originalnamen abspeichern können, sondern einen anderen Namen wählen müssen. Die Originaldatei wird dadurch vor einer ungewünschten Änderung geschützt.

### 8.1.7 Frequenzabtastung (Frequency Sweep)

*Die Frequenzabtastung von **EZNEC** kann ein sehr wertvolles Werkzeug sein, wenn die Leistungsfähigkeit einer Antenne über einen größeren Frequenzbereich beurteilt werden soll. Die Methode hat Eigenheiten, die Sie studieren sollten, um die Möglichkeiten des Werkzeugs voll zu nutzen. Die Frequenzabtastung geschieht über diskrete Frequenzen, diese können ausgedehnt sein oder auch von einer Datei gelesen werden und können jede Frequenz in jeder Ordnung enthalten.*

Bei Berechnungen ohne Frequenzabtastung berechnet **EZNEC** die Antennenimpedanzen, die Ströme und das Richtdiagramm und legt die Strom- und Diagramminformation ab. Wenn Änderungen an der Antenne gemacht werden, werden nur die nötigen Berechnungen wiederholt. Wird z.B. nur der Elevationswinkel geändert, wird auch nur das Richtdiagramm neu berechnet. Wird

mit einer Frequenzabtastung gearbeitet, ist es nicht zweckmäßig alle Werte für alle Frequenzen aufzuheben. Sie werden daher nach jedem Frequenzschritt in eine ASCII-Datei geschrieben. Die Daten im Rechner werden nach jedem Schritt gelöscht und dann beim nächsten Schritt neu berechnet. Die Daten bei einer Frequenzabtastung stehen daher nur als Daten in einer ASCII-Datei zur Verfügung. Nur der letzte Berechnungsschritt bleibt mit seinen Ergebnissen erhalten und kann angesehen werden.

Die Frequenzabtastung kann nur dann laufen, wenn im Hauptmenü die Darstellung des Diagramms in Azimuth- oder Elevationsdarstellung gewählt wurde. Sie läuft nicht, wenn die 3D-Darstellung gewählt wurde.

Zwei oder drei Ausgaben sind bei der Frequenzabtastung nutzbar : **MicroSmith** und **winSMITH**-Dateien. 2D-Fernfeld-Diagramme (Traces) sind nur nutzbar, wenn auf Fernanalyse bei der Frequenzabtastung gewählt wurde (**EZNEC-Pro/2** und **EZNEC-Pro/4**: mit oder Bodenwelle). Sie können wählen, dass **EZNEC** jede Kombination davon speichert. Zusätzliche Impedanz- und SWR-Daten werden immer in einer separaten Datei unabhängig von der gewählten Ausgabe gespeichert. Diese Daten werden für den SWR-Graph verwendet und in einer komma-getrennten ASCII-Datei unter dem Namen **LastZ.txt** im **EZNEC**-Verzeichnis gespeichert. Diese Datei bleibt nach Programmende erhalten und kann auch für andere Zwecke verwendet werden.

**Hinweis** : MicroSmith und winSMITH können nur eine begrenzte Zahl an Frequenzschritten verarbeiten. Siehe [MicroSmith](#) und [winSMITH](#) zu weiteren Informationen.

Es folgt eine detaillierte Beschreibung der Möglichkeiten des Dialogs zur Frequenzabtastung (**Frequency Sweep**), der das Hauptmenü über **Setups > Frequency Sweep** angewählt wird.

#### **Frequenzabtastung EIN/AUS (Frequency Sweep Off/On)**

Schaltet die Frequenzabtastung EIN oder AUS

#### **Frequenzauswahl (Frequency Selection)**

Wählt die Frequenzen für die Abtastung aus. Die Frequenzen können auf zwei Wegen festgelegt werden. Wird die Start-, Stop- und Schrittfrequenz festgelegt, werden die Frequenzschritte gleichmäßig zwischen Start- und Stoppfrequenz aufgeteilt. Wird eine Datei für die Frequenzabtastung vorgegeben, werden die Frequenzen aus der Datei nacheinander ausgelesen. Es gibt dabei keine Begrenzungen für den Abstand und die Reihenfolge.

**Start-, Stop- und Schritt (Step) – Frequenz in MHz** : Legt den abzutastenden Bereich und die die Schrittweite fest

**Frequenzen aus Datei lesen (Read Frequencies From File)** : Falls angehakt, werden die Felder für **Start**, **Stop** und **Step** abgeschaltet und ein Dateiname wird benötigt. Die Datei muss die Liste der Frequenzen für die Abtastung enthalten. Informieren Sie sich unter [Eingabedatei zur Frequenzabtastung \(Frequency Sweep Input File\)](#) über das Format der Datei. Falls nicht angewählt, sind die Punkte **File Name**, **Select** und **Edit File** abgeschaltet.

**Dateiname(File Name)** : Zeigt den Namen der angewählten Datei, wenn **Read Frequencies From File** (Frequenzen aus der Datei lesen) gewählt wurde. Sie können keinen Namen in das Feld eintragen, sondern müssen die Datei über **Select** aus der Dialogbox auswählen.

**Select** : Öffnet die Dialogbox zur Auswahl der benötigten Datei

**Edit File** : Sie können die ausgewählte Dateien mit dem unter **File Name** gewählten Namen mit dem **EZNEC**-Editor editieren. Ist die Datei noch nicht ausgewählt, öffnet sich die Dialog-Box, um sie auszuwählen.

#### **Feld (Field)**

**Zu berechnendes Feld (Field To Calculate)** : Wählt den von **EZNEC** zu berechnenden Feldtyp (Nahfeld (**near field**) oder Fernfeld (**far field**)) aus. Wird das Nahfeld ausgewählt, ist die

Diagrammausgabe nicht aktiviert und die Feldstärketabelle enthält ausschliesslich das Nahfeld.

**Ausgabe (Output)** : Wählt aus, welche Daten ausgerechnet und während der Frequenzabtastung abgespeichert werden sollen. Es gibt drei generelle Kategorien für die Ausgabe, die unten erklärt sind. Für jede dieser Kategorien, wird die Ausgabedatei mit einem Klick auf die **Select**-Taste ausgewählt und der dazu gehörende Text im Textfenster angezeigt.

**Diagrammausgabe (Pattern Plots)** : Falls ausgewählt, werden die 2D-Diagramme abgespeichert und angezeigt, wenn die Frequenzabtastung beendet ist. Die Auswahl wird abgeschaltet, falls unter zu **berechnendes Feld (Field To Calculate)** das **Nahfeld (Near Field)** ausgewählt worden ist. Wählen Sie diese Option, falls Sie nach der Frequenzabtastung die 2D-Diagramme für alle Frequenzen sehen oder abspeichern wollen. Die Diagramme (Spuren (**Traces**)) werden nach der Abtastung nicht automatisch gelöscht, so dass sie später wie die anderen Trace-Dateien betrachtet werden können. Es wird empfohlen, als Dateiname eine Bezeichnung wie „temp“ zu nehmen, um damit Dateien zu bezeichnen, die Sie zwar anschließend ansehen, aber nicht abspeichern wollen. Bei Abspeichern bekommen die Dateien die Erweiterung **.P#**, wobei # von 1 bei der ersten Frequenz, 2 bei der zweiten bis zum Ende der Abtastung durchläuft. Diese Dateien sind vom Typ **EZNEC OpenPF binary plot files**, die nicht mit einem anderen Programm gelesen werden können. Wollen Sie die Fernfelddaten in lesbarem ASCII-Format ablegen, wählen Sie **Data File > Field Strength Table (Datendatei > Feldstärketabelle)**.

**MicroSmith oder winSMITH-Dateien**: Falls ausgewählt, werden die MicroSmith oder winSMITH-Eingabedateien in einem aus dem Hauptmenü spezifizierten Verzeichnis unter **Folders/MicroSmith** oder **winSMITH** abgelegt. **EZNEC** ergänzt die Dateien mit einer vom Smith-Diagramm-Programm erwarteten Erweiterung.

**Hinweis** : winSMITH v. 2.00 erlaubt nicht mehr als 15 Frequenzschritte, so dass **EZNEC** nicht mehr als **winSMITH**-Datei abspeichert. MicroSmith v. 2.000B und frühere Versionen erlauben nicht mehr als acht Frequenzschritte in einer \*.DAT-Datei (für frequenzabhängige Lasten), spätere Versionen erlauben 100 Schritte. **EZNEC** kann auf 8 oder 100 Schritte für **MicroSmith .DAT**-Dateien gesetzt werden. Informieren Sie sich über den Eintrag **MaxMSFreqs** im Abschnitt [Spezialoptionen \(Special Options\)](#).

**Data File** : Speichert ausgewählte Daten im ASCII-Format in einer Textdatei. Die Auswahl von abzuspeichernden wird im Dialog **Data File Contents** getroffen (siehe unten)

**Field Strength Table** (Feldstärketabelle) : Speichert die Feldstärketabelle für alle Frequenzen entsprechend der Auswahl unter **Field To Calculate** vom Fernfeld (**far field**) oder Nahfeld (**near field**). Das Format der Daten ist das gleiche wie in Tabellen für eine Frequenz in der Fernfeldtabelle (**FF Tab**) oder Nahfeldtabelle (**NF Tab**). Die Raumlage, in der das Nahfeld berechnet wird, wird im **Near Field Setup** - Dialog eingestellt.

**Quellendaten (Source Data)** einschl. SWR : Speichert die Quellendaten (Impedanz, Spannung, Strom, Leistung und SWR) im gleichen Format wie für eine Einzelfrequenz unter **Src Dat** in der Anzeige .

**Lastdaten (Load Data)** : Speichert die Lastendaten (Impedanz, Spannung, Strom, Leistung) im gleichen Format wie für eine Einzelfrequenz unter **Load Dat** in der Anzeige.

**Ströme (Currents)** : Speichert die Ströme wie bei einer Einzelfrequenz unter Currents angezeigt.

**Diagrammanalyse (Pattern Analysis)** : Speichert die Informationen aus dem Diagramm wie Maximalwert, Winkel beim Maximalwert, Vor/Rück-Verhältnis, Vor/Seitenverhältnis usw. wie sie im 2D-Datenfenster ausgegeben werden. Bei der Nahfeldanalyse wird die Wahl abgeschaltet.

Obwohl im Dateinamen jede Erweiterung gestattet ist, wenn zuerst **All files** unter **Files of type** gewählt wird, wird empfohlen, dass **EZNEC** die Erweiterung \*.txt wählen kann, indem im Menü die Dateiarart **Text files** unter **Files of type** angegeben wird. Windows weiß damit, dass es sich um einfache ASCII-Textdateien handelt.

### 8.1.8 Geometrieprüfung (Geometry Check)

Dieses leistungsfähige Werkzeug läuft automatisch vor jeder Berechnung und überprüft das Modell auf Fehler wie Drahtkreuzungen an anderen Stellen als am Drahtende oder einer Segmentverbindung, auf Drähte die den gleichen Raum belegen oder sich überlappen oder sich zu nahe kommen.

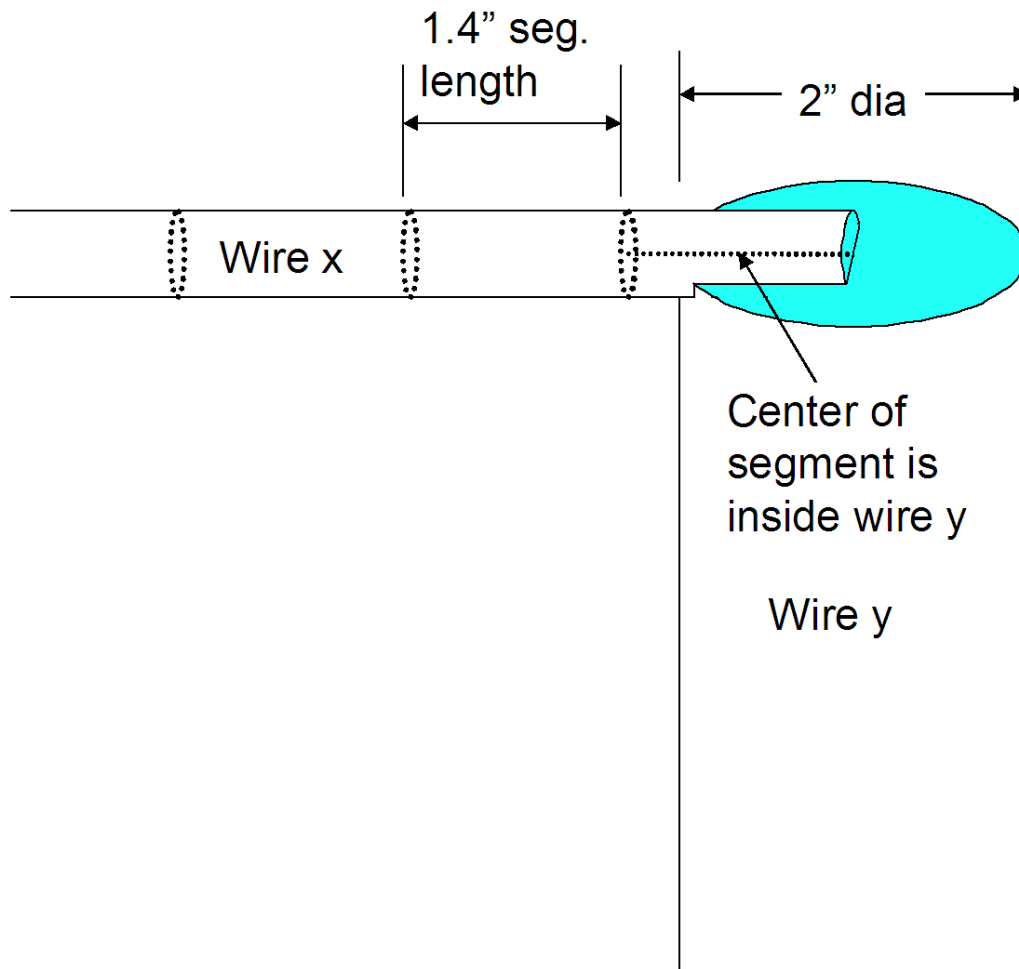
Die Berechnung wird nicht erlaubt, wenn Geometriefehler festgestellt werden, Drahtkreuzungen und Verbindungen bei Segmentabzweigungen sind bei zwar bei **NEC** erlaubt, aber bei **EZNEC** nicht empfohlen, weil Unterbrechnungen auftreten, wenn die Segmentierung geändert wird. Bei Drahtkreuzungen an einer Segmentabzweigung treten keine Fehler auf. NEC-Dateien, die von externen Programmen erzeugt werden und nach **EZNEC pro** importiert werden enthalten oft solche Verbindungen an Segmentverzweigungen.

Voreingestellt gibt die geometrieprüfung eine Warnung aus, wenn sie eine Drahtkreuzung an einer Segmentabzweigung findet. Sie können diese Warnung bei der Geometrieprüfung im Hauptmenü > Options unterdrücken. Eine weitere Option ist der **Desc Options dialog** (öffnen mit der Taste **Desc Options** im Hauptfenster). Sie können damit die Berechnung erlauben, wenn nur Fehler gefunden wurden, die ein Segmentzentrum innerhalb eines anderen Drahtes fanden. Diese Eingabe wird mit der Beschreibung abgespeichert, da diese Bedingungen mitunter ernsthafte Rechenfehler erzeugen, mitunter aber auch nicht, so dass es schwierig ist, sie auszuschliessen. Diese Auswahl beeinflusst sowohl die **EZNEC**-Geometrieprüfung als auch die von **EZNEC-Pro/4**, wenn SEGCHK angewählt wurde.

Für Nutzer, die sich mit **NEC-4** auskennen : Die Geometrie-Prüfung testet die gleichen Fehler wie der SEGCHK von **NEC-4**. Es läuft nur schneller und ist etwas konservativer als SEGCHK. Es findet Geometriefehler, die SEGCHK nicht findet. Die Prüfung findet in allen **EZNEC**-Programmtypen statt und läuft unabhängig von der angewählten Rechenmaschine. Nutzer von **EZNEC-Pro/4** können einen Geometrietest (**Pre-Calc Geometry Check**) über das Hauptmenü > **Options** starten und zwischen **EZNEC** und **NEC-4** –Prüfungen oder beiden wählen. Ich empfehle, den EZNEC-Geometrietest laufen aktiviert zu lassen., auch wenn Sie den **NEC-4**-Test verwenden wollen. Sollten Sie einen Fehler finden, den **SEGCHK** feststellt und **EZNEC** nicht, wäre ich sehr daran interessiert, davon zu erfahren.

Die Meldung "**Center of wire x end segment within wire y**" (Zentrum des Endsegments des Drahtes x befindet sich innerhalb von Draht y) verursacht regelmässig Anfragen zu einer Erklärung, so dass sie hier eine ausführliche Beschreibung eingefügt wird :

Die Meldung tritt auf, wenn zwei Drähte unter einem Winkel verbunden sind. Nehmen wir zum Beispiel an, das ein Draht (hier y) einen Durchmesser von zwei Zoll hat und ein anderer Draht (hier x) ist unter einem rechten Winkel mit ihm verbunden wie in dem unten stehenden, Falls die Segmente von Draht x kürzer als zwei Zoll sind , liegt das Zentrum des Endsegments von Draht x innerhalb des Drahtes y. Die Meldung wird auch bei längeren Segmenten des Drahtes x und/oder einem kleineren Durchmesser des Drahtes y erscheinen, wenn der Winkel zwischen den Drähten spitz ist. Mitunter erzeugen Fehlermeldungen dieser Art ernsthafte Rechenfehler, aber manchmal auch nicht. Die Fehlermeldung kann mit einem kleineren Durchmesser von Draht y abgestellt werden und/oder mit einer Verlängerung der Segmente von Draht x. Die Geometrieprüfung für diese Bedingung kann abgestellt werden, um das Modell wie gewünscht durchzurechnen. Gehen Sie zu **Desc Options selection**, Karteikarte **General** im Hauptmenü. Lassen Sie Vorsicht walten, wenn Sie die Meldung abstellen. Machen Sie eine Prüfung auf den **Average Gain**, allerdings ist ein guter Wert hier keine Garantie dafür, dass sie ein gültiges Ergebnis erhalten.



### 8.1.9 Bodenwellenanalyse (Ground Wave Analysis)

Dieser Programmteil wird nur von **EZNEC-Pro/2** und **EZNEC-Pro/4** realisiert.

Die Bodenwellenanalyse entspricht etwas der Fernfeldanalyse und nutzt Näherungen, die nur für das Fernfeld gültig sind, bezieht aber die Bodenwellen mit ein und berechnet das absolute Feld in einer spezifizierten Entfernung anstelle einer relativen in einer willkürlichen Entfernung.

Die Bodenwellenanalyse wird über das Feld **Gnd Wave Dist** (ground wave distance = Entfernung für Bodenwelle) im Hauptmenü freigegeben. Wird die Bodenwellenanalyse gewählt, ändern sich Wahlfelder für Elevations- und Azimuthwinkel in **Observation Height** (Beobachtungshöhe), die hier eingegeben werden kann. Falls eine Beobachtungshöhe grösser als Null gewählt wird, wird die Bodenwellenentfernung in der horizontalen Distanz vom Original zum Beobachtungspunkt aus der Projektion der aktuellen Distanz auf die XY-Ebene gebildet. Die aktuelle Entfernung vom Ursprung zum Beobachtungspunkt ergibt sich aus der Quadratwurzel der Summe der Quadrate von Bodenwellenentfernung und Beobachtungshöhe. Wurde die Bodenwellenanalyse gewählt, wird das Richtdiagramm nur im Azimuth ausgegeben. Die Ergebnisse werden in einem dBi-Diagramm oder einer Tabelle in dBi oder absoluten Werten des elektrischen Felds ausgegeben. Die Darstellung kann aus dem Hauptmenü über **Options > Far Field Table Units** gewählt werden. Die



Bodenwellenanalyse kann mit einem beliebigen Bodentyp mit Ausnahme des Freiraums gemacht werden.

**Hinweis:** Ist mehr als ein Medium als **Real Ground** definiert worden, wird die Analyse nur mit dem ersten Medium gemacht, das bis ins Unendliche gehend angenommen wird. Das zweite Medium wird ignoriert.

### 8.1.10 Gruppe modifizieren (Group Modify)

#### **Gruppe von Drähten, Quellen, Lasten oder Speiseleitung modifizieren** **(Modifying A Group of Wires, Sources, Loads, or Transmission Lines)**

Das Werkzeug zur Modifizierung von Gruppen steht für alle Eingabefenster mit Ausnahme des Medienfensters zur Verfügung. Sie können damit eine Anzahl von Elementen in einem Gang modifizieren. Die meisten der Editierwerkzeuge und Kurzrufe stehen auch für die Gruppen zur Verfügung.

Aktivieren Sie die Guppenmodifikation mit dem Menüpunkt **Group Modify** bei Drähten, Quellen, Lasten und Speiseleitungen und geben Sie den Bereich der Elemente an, die modifiziert werden sollen. Diese Auswahl wird eingefroren, wenn die Gruppenmodifikation angewählt wurde. Es können dann keine Elemente zur Gruppe hinzugefügt oder entfernt werden. Jede Änderung an einem einzelnen Element wird an allen Elementen der Gruppe vorgenommen, wenn **Group Modify** eingeschaltet ist.

Ein neuer Klick auf **Group Modify** schaltet die Gruppenbildung von Drähte, Quellen, Lasten und Speiseleitungen wieder ab.

### 8.1.11 Nahfeldanalyse (Near Field Analysis)

**EZNEC** und ähnliche Programme werden von der FCC und äquivalenten Einrichtungen in anderen Länder akzeptiert, um die zulässige HF-Belastung durch Antennenstrahlung zu berechnen.

Auf keinen Fall sollte jedoch **EZNEC** in einem Rechtsstreit, bei dem es um menschliche Sicherheit geht, herangezogen werden. Lesen Sie dazu bitte sorgfältig das Kapitel [Haftungsausschluss \(Legal Disclaimer\)](#).

Die Nahfeldanalyse wie sie von **EZNEC** vorgenommen wird, ist u.U. eine Fehlbezeichnung, denn es wird das komplette Feld berechnet und dargestellt. Die Nahfeldanalyse-Ergebnisse werden auch im Fernfeld berücksichtigt.

**EZNEC** gibt die Nahfelddaten nur in Tabellenform, nicht als Grafik aus.

Die Nahfeldanalyse wird durch eine Klick auf die Taste **NF** im Hauptmenü gestartet. Die Punkte im Raum, an denen **EZNEC** die Feldstärke berechnet, werden im Dialog **Setups > Near Field Setup** aus dem Hauptmenü heraus eingegeben.

**Hinweis :** Diese Funktion ist bei Erdboden vom MININEC-Typ abgeschaltet. Einzelheiten finden Sie unter MININEC-Typ im Kapitel [Reale Bodentypen \(Real Ground Types\)](#)

Folgende Eingaben sind möglich :

**Start, Stop, Step – Spalten :** Hier werden die Orte im Raum relativ zum Koordinatenursprung eingegeben, an denen **EZNEC** die Feldstärke berechnen soll. **EZNEC** beginnt beim **Start** und geht in Schritten (**Step**) bis zum **Stop**.

**X, Y und Z oder Dist, Zen Ang und Az Ang - Spalten :** Die Überschriften der Spalten hängen vom gewählten Koordinatensystem (**Coordinate System**) ab. Für kartesische Koordinaten (**Cartesian coordinates**) stehen in den Spalten X, Y und Z - Entfernungen relativ zum Koordinatenursprung angegeben in aktuellen Einheiten. Für sphärische Koordinaten wird die radiale Entfernung vom



Koordinatenursprung (**Dist**), der Zenithwinkel (**Zen Ang**) von der Z-Achse nach unten in Grad und der Azimuthwinkel (**Az An**) im Gegenuhrzeigersinn von der X-Achse aus in Grad angegeben

**Feld (Field)** : Entweder das E-Feld (elektrisch) oder das H-Feld (magnetisch) wird berechnet. Wenn die Entfernung von der Antenne zunimmt, erreicht das Verhältnis von E zu H einen Wert von 120 pi. Bei einer ausreichenden Entfernung, ist die Berechnung eines Feldes ausreichend, das dann das andere auch bekannt ist. Diese Angabe stimmt nicht in der Nähe der Antenne.

**Koordinatensystem ( Coordinate System)** : Siehe Angaben zu den kartesischen Koordinaten (x, y, z) oder den sphärischen Koordinaten ( Dist, Zen Ang und Az Ang).

**Gesamtschrittzahl (Total Steps)** : Steigt die Gesamtzahl der Schritte an, zu denen das Feld berechnet wird. Sie können die Angaben im Fenster aktualisieren, in dem Sie auf **ENTER** drücken, wenn sich der Cursor in einem der Eingabefelder befindet.

### 8.1.12 IONCAP/VOACAP-Dateien schreiben (Writing IONCAP/VOACAP Files (EZNEC+, EZNEC Pro only))

Unter **EZNEC+** und **EZNEC Pro** können Sie 13 Eingabedateien für **IONCAP**, **VOACAP** und verwandte Programme schreiben. Die Dateien enthalten die Feldstärke für jedes Grad des Azimuths und der Elevation in einem definierten Format. Die von **EZNEC** erzeugten Dateien können direkt von Programmen des **IONCAP**-Typs gelesen werden.

Um eine IONCAP/VOACAP-Datei zu erzeugen, müssen Sie ein Modell mit einem Erdbodentyp erzeugt haben. Freiraummodelle sind nicht verwendbar. Gehen Sie ins Hauptmenü, wählen Sie den **Plot Type** als **3 Dimensional** und setzen Sie den **Step Size** auf ein Grad. Berechnen Sie dann das 3D-Felddiagramm mit einem Klick auf **FF Plot** oder **FF Tab**.

Nachdem die Berechnung beendet ist, können Sie an drei Stellen das Dateischreiben auslösen.

Öffnen Sie das Menü **File** im Fenster des 3D-Diagramms und klicken Sie auf **Write**

**IONCAP/VOACAP File** unten links in dem Formatisierungsbereich, der sich öffnet, wenn die Berechnung komplett ist. Sie können auch ein Format wählen und die Option zum Schreiben einer **IONCAP/VOACAP**-Datei im Menü **File** der Tabellenausgabe anklicken. Nach dieser Auswahl müssen Sie ein Verzeichnis und einen Dateinamen angeben. Klicken Sie nach der Wahl auf **OK**, um die Datei zu schreiben,

Entsprechend den IONCAP/VOACAP-Standards werden die Azimuthwinkel vom Nullpunkt im Uhrzeigersinn abgespeichert, unabhängig davon, ob Sie die konventionlle Gegenuhrzeigerdarstellung (**CCW**) oder die Kompassweisung bei den anderen **EZNEC**-Ausgaben gewählt hatten. Es gibt zwei Möglichkeiten für den Nullpunktbezug, siehe unten.

#### 8.1.12.1 Optionen (Options)

##### Voreingestelltes Dateiverzeichnis (Default directory (folder))

Sie können das Verzeichnis, dass Ihnen von EZNEC zum Abspeichern angeboten wird, für eine aktuelle Sitzung oder permanent über das **Hauptmenü > Options > Folder** einstellen. Sie können hier auch den Speicherplatz für die IONCAP-Dateien festlegen.

##### Nullpunktbezug (Zero degree reference)

Die IONCAP/VOACAP-Programme erwarten, dass der Nullpunkt auf das Maximum des Richtdiagramms gesetzt ist. Es gibt aber auch Versionen, die einen absoluten Azimuthwinkel bevorzugen. EZNEC stellt daher drei Möglichkeiten zur Verfügung :

1. Der Nullpunkt liegt bei Nord oder bei Kompassrichtung Null im 2D-Diagramm in der Richtung der Y+-Achse
2. Der Nullpunkt liegt in der Richtung des Antennenmaximums (**EZNEC** gibt den Wert für die Stelle

mit dem höchsten Wert für Azimuth und Elevation an)

3. EZNEC fragt Sie nach einer Wahl zwischen den beiden Möglichkeiten, wenn das Maximum nicht bei 0° des Azimuths liegt

Wachsende Winkel in der Datei repräsentieren die Feldstärke bei ansteigenden Kompassrichtungen, dass heisst in Uhrzeigerichtung unabhängig von der Wahl des Nullpunkts

Machen Sie Ihre Wahl unter **Hauptmenü > Options > IONCAP/VOACAP Zero Angle** . Wollen Sie die Einstellung permanent nutzen, gehen Sie erneut in das Menü **Options** und wählen Sie **Save As Default** (als voreingestellt abspeichern), falls sie die Einstellung auch bei der nächsten **EZNEC** nutzen wollen.

### 8.1.13 Maßstab ändern (Rescaling)

Der Antennenmaßstab kann geändert werden, indem Sie auf die Frequenzzeile oder die Taste im Hauptmenü klicken und dann **Rescale** wählen. In den Abmessungen werden die Drahtendekoordinaten, der Drahtdurchmesser (wenn er nicht als AWG eingegeben wurde), der Durchmesser der Drahtisolation, die Höhe und Grenze des zweiten Mediums, die Bodenwellenentfernung und die Beobachtungshöhe (nur bei **EZNEC pro**) und die Speiseleitungslänge, wenn sie nicht in Grad angegeben wurde. Der Wellenwiderstand  $Z_0$  wird nicht geändert, auch wenn er ursprünglich als Drahtdurchmesser und –abstand eingegeben wurde. Die obigen Elemente werden auch dann geändert, wenn die Wellenlänge als Messeinheit gewählt war.

Beachten Sie Bitte, dass sich bei den Ergebnissen nach der Maßstabsänderung aus verschiedenen Gründen nicht exakt die gleichen Werte ergeben. Ein Grund ist, dass nicht alle Elemente verändert wurden. Wurde z.B. Der Drahtdurchmesser in AWG angegeben, ändert sich der Drahtdurchmesser nicht, so dass die geänderte Antenne nicht exakt überall geändert wurde, Ein weiterer Grund ist die Leitfähigkeit von Boden und Draht. Beide werden nicht geändert, obwohl sich der Widerstand in beiden Elementen mit der Frequenz wegen der Eindringtiefe ändert. Die geänderte Antenne liegt in ihren Werten sehr nahe, aber nicht absolut genau bei der Antenne vor der Änderung.

Die Maßstabsänderung jedes Drahtes oder einer Gruppe von Drähten kann einschliesslich des Durchmesser und der Dicke der isolation mit dem Werkzeug **Scale Wires** im Drahtfenster (Fenster **Wires**) gemacht werden.

### 8.1.14 Segmentlänge abstufen (Segment Length Tapering)

**Hinweis:** Der Prozess, ein Element aus teleskopartig verjüngten Rohren zu machen, wird bei vielen Autoren als **tapering** bezeichnet. Die Korrektur der Ungenauigkeit von NEC-2 bei der Modellierung dieser Elemente heisst dann **taper correction**. Bei **EZNEC** werden die Ausdrücke **segment length tapering** (Abstufung der Segmentlänge) oder **segment tapering** für den Prozess der Abstufung der Segmentlänge und nicht des Durchmessers verwendet. Bei NEC-2 wird der Korrekturprozess für die Schritte im Drahtdurchmesser als **stepped diameter correction** bezeichnet.

Mehrfachdrähte, die unter einem kleinen Winkel von einem Punkt ausgehen, müssen oft in kleinere Segmente aufgeteilt werden als einfache gerade Drähte in einer Linie, vor allem, wenn sich noch eine Quelle oder eine Last in der Nähe der Verbindung befindet. Dieser Zustand tritt oft bei Mehrfachdipolen auf, die von einem gemeinsamen Speisepunkt ausgehen oder bei Radials mit einem sehr geringen Bodenabstand. Die einfachste Lösung in so einem Fall ist es, die Zahl der Segmente zu erhöhen. Damit wird aber auch die Rechenzeit verlängert. Nachstehend wird ein Technik mit hoher Genauigkeit bei einer kleineren Segmentzahl beschrieben.

Anstatt die Drähte in viele kleine Segmente aufzuteilen, werden die Segmente nur in der Nähe der

Verbindung kurz gemacht und dann nach und nach je nach Entfernung von der Verbindung vergrößert (abgestuft(**tapering**)). **EZNEC** automatisiert diesen Prozess, aber Sie sollten wissen, wie er funktioniert, um die Arbeit für den speziellen Fall zu optimieren.

Der Originaldraht wird durch verschiedene Drähte unterschiedlicher Länge ersetzt. Der erste neue Draht in der Nähe der Verbindung ist sehr kurz und besteht aus einem Segment. Der zweite Draht ist doppelt so lang wie der erste, aber hat auch nur ein Segment. Dieser Prozess wird fortgeführt bis die Segmentlänge lang genug ist, z.B. 1/20 Wellenlänge. Der Rest des Drahtes wird in Segmente von etwa dieser Länge aufgeteilt. Sie können für die automatische Aufteilung die minimale und maximale Segmentlänge wählen. Voreingestellt sind Werte zwischen 1/400 und 1/25 der Wellenlänge.

Diese Technik sollte aber nicht generell verwendet werden, wenn die zu verbindenden Drähte einen unterschiedlichen Durchmesser haben. Wenn Sie eine NEC-4-Maschine mit **EZNEC-Pro/4** verwenden, informieren Sie sich bitte im Abschnitt [Schrittweise Durchmesserkorrektur \(Stepped Diameter Correction\)](#).

Die Segmentabstufung (**Segment length tapering**) ist nicht anwendbar, wenn Sie mehr als einen Draht ausgewählt haben oder die Gruppenmodifikation (**Group Modify**) aktiv ist. Der Menüpunkt ist dann grau hinterlegt.

Längenabstufung der Segmente :

1. Sichern Sie Ihre Antennenbeschreibung. Die Längenabstufung der Segmente kann nicht ungeschehen gemacht werden.
2. Gehen Sie in das Drahtfenster (**Wires Window**) und wählen Sie **Taper Segs** im Drahtmenü. Ein Dialogmenü wird geöffnet.
3. Wählen Sie den Draht, den sie abstufen wollen und das Drahtende, an dem die kürzesten Segmente angeordnet werden sollen. Die vorgeschlagenen Maxima und Minima sind in der Regel für die meisten Anwendungen ausreichend, aber Sie können diese Werte modifizieren.
4. Die Zahl der Segmente und Drähte, die bei diesem Prozess erzeugt werden, werden im Menü angezeigt. Wenn Sie auf OK klicken, wird der gewählte Draht abgestuft.

Die neue Anordnung der Drähte wird im Drahtfenster farbig markiert, so dass Sie verfolgen können, welche Drähte abgestuft wurden.

**Tipp :** Wenn Sie eine Gruppe von abgestuften Radialdrähten erzeugen wollen, erzeugen Sie einen einzelnen Draht und wählen dann das **EZNEC-Werkzeug zur Radialerzeugung**, das dann den vorgegebenen Draht als Prototyp verwendet.

### 8.1.15 Segmentprüfung (Segmentation Check)

Die Segmentprüfung prüft auf Verletzungen des NEC-Modellrichtlinien, wie Segmente, die zu lang oder zu kurz sind oder bei denen das Verhältnis von Länge zu Durchmesser ausserhalb der Grenzen liegt Unabhängig davon die automatische Prüfung über **Hauptmenü > Options** abgeschaltet ist, läuft die Segmentprüfung immer dann, wenn das Programm gestartet , eine neue Beschreibung geöffnet, die Frequenz geändert wird oder wenn Drähte über eine ASCII-Datei importiert werden. Die Prüfung kann zu jeder Zeit über das **Control Center Outputs** – Menü gestartet werden. Es gibt zwei Sätze von Richtlinien, der konservative und der minimal erforderliche. Sie sollten Ihr Modell innerhalb der minimal erforderlichen Regeln halten und die konservativen Regeln dann abprüfen, wenn die Antenne schnalbandig oder kritisch ist. Beachten Sie aber bitte, dass diese Prüfung nicht in jedem Fall die ausreichende Anzahl an Segmenten garantiert. Informieren Sie sich unter [Segmentierung \(Segmentation\)](#) zu Einzelheiten. Die Ergebnisse der Segmentprüfung werden mit dem EZNEC-Editor ausgegeben, so dass Sie sie – falls gewünscht - drucken oder abspeichern können.

Falls irgendein Fehler gefunden wurde öffnet sich im Editor ein zusätzliches Menü

**Segmentation**, Mit diesem Menü kann **EZNEC** die Zahl der Drahtsegmente automatisch auf die Anzahl nach NEC-Richtlinien bringen. In dem Menü können Sie wählen :

**Fix Segs** : Korrigiert die Zahl der Segmente nur bei Drähten, die die Richtlinien verletzen

**Auto Seg** : Korrigiert die Zahl der Segmente auf allen Drähten auf die minimal benötigte Zahl zur Erfüllung der Richtlinien

Beide Auswahlmöglichkeiten können zusätzlich auf die minimal benötigten oder die konservativen Werte gesetzt werden (siehe oben) .

**Hinweis** : Die Segmentprüfung findet nicht alle möglichen Fehler in der Beschreibung, sondern nur die oben angeführten.

**gilt nur für EZNEC-Pro/2 und EZNEC-Pro/4 :**

Drahtgitter, die mit dem **EZNEC-Pro** - Werkzeug **wire grid creation** (im Drahtfenster) mit dem voreingestellten Abstand erzeugt wurden, verletzen die konservativen Richtlinien. Das ist normal.

**gilt nur für EZNEC-Pro/4 :**

Der Geschwindigkeitsfaktor wird in die Rechnung bei der Segmentierung von vergrabenen Drähten einbezogen. Dadurch wird oft die Warnung ausgelöst, dass die Segmente zu kurz sind. Der Verlust im Boden ist aber in der Regel so groß, so dass Sie diese Warnungen ignorieren können. Sehen Sie im Hauptmenü unter **Utilities > Ground Info** nach, welcher Geschwindigkeitsfaktor verwendet wird

### 8.1.16 Korrektur bei abgestuftem Durchmesser (Stepped Diameter Correction)

Diese Methode wird von **EZNEC** verwendet, um eine Ungenauigkeit von NEC-2 bei der Modellierung von mit einander verbundenen Drähten mit unterschiedlichem Durchmesser zu korrigieren. Diese Methode kann in begrenztem Umfang meist bei Yagis in voller Größe und Teleskopelementen angewendet werden. Für **EZNEC-Pro/4** mit einer **NEC-4**-Maschine wird die Methode nicht benötigt. Siehe Abschnitt [Überblick \(Stepped Diameter Correction Overview\)](#).

### 8.1.17 SWR-Diagramm (SWR Graph)

Die SWR-Berechnung wird mit einem Klick auf die Taste **SWR** links im Hauptmenü gestartet. Falls die SWR-Berechnung schon einmal gelaufen ist und die Antennendaten sich danach nicht geändert haben, werden Sie gefragt, ob die existierenden Daten verwendet werden sollen. Wenn Sie Nein (No) wählen oder noch keine Daten vorhanden sind, werden Sie nach der Start- und der Stop-Frequenz und der gewünschten Schrittweite (Step) gefragt. Diese Werte werden auch bei der Frequenzabtastung (**Frequency Sweep**) verwendet. Sie können auch eine ASCII-Textdatei mit vorbereiteten Werten als Vorlage auswählen. Informieren Sie sich im Abschnitt [Frequenzabtastung \(Frequency Sweep\)](#). Nach Eingabe der Werte wird mit **Run** die Berechnung gestartet und danach das SWR-Diagramm angezeigt. Einzelheiten dazu finden Sie im Abschnitt [SWR-Ansicht verwenden \(Using The SWR Display\)](#).

Nach Abschluss der Berechnung finden Sie eine Datei mit dem Namen **Lastz.txt** im Verzeichnis von **EZNEC**. Diese Datei enthält die Impedanzergebnisse der Berechnung und bleibt nach Programmende erhalten. Die Daten aus dieser Datei können für eine Analyse mit anderen Programmen verwendet werden.

### 8.1.18 Diagramme übereinander legen (TraceView)

Mit **TraceView** können Sie früher abgespeicherte Diagramme (Fernfelddiagramme) übereinanderlegen, vergleichen und ausdrucken, ohne sie neu berechnen zu müssen. Mit **TraceView** können Sie auch Diagramme im *OpenPF standard format*, die von anderen Programmen außerhalb der **EZNEC**-Familie erzeugt worden sind, verarbeiten. Eine Garantie für diese Funktion kann aber nicht übernommen werden. Mit **TraceView** können Sie auch Diagramme in das \*.PF aus dem \*.ENT-Format von ELNEC oder **EZNEC v.1** übersetzen.

#### TraceView starten

Starten Sie **Trace View** aus dem Hauptmenü mit **View > Trace View**. Alternativ können Sie **Trace View** direkt aus Windows heraus über **Ausführen > <pfad>\EZW /TV** starten. <pfad> steht dabei für das Verzeichnis von **EZNEC**. Wollen Sie **Trace View** öfter starten, können Sie sich ein Icon auf dem Desktop mit dem Programmnamen <pfad>\EZW /TV erzeugen.

#### TraceView starten (Running TraceView)

Wenn Sie **TraceView** starten, werden Sie nach der Primärdatei (**primary trace**) gefragt. Hier können Sie jedes 2D oder 3D - **EZNEC** – Diagramm (trace) mit der Dateierweiterung \*.PF oder \*.P# oder eine Datei von ELNEC und **EZNEC v. 1** mit der Erweiterung \*.ENT oder \*.F# angeben. Haben Sie vorher keine Diagramme abgespeichert, können Sie **Trace View nicht** öffnen. Das angewählte Diagramm wird auf die gleiche Weise angezeigt, wie ein reguläres **EZNEC**-Diagramm. Zusätzliche Diagramme können als 2D-Diagramme oder als „slice“ (Schnitt aus einem 3D-Diagramm) hinzugefügt werden. Es werden aber nur die Feldstärkewerte der Primärdatei in der Tabelle wiedergegeben. Das Primärdiagramm gibt auch die Werte für den äußeren Maßstabsring und die Darstellungsart vor.

Für **Trace View** stehen die gleichen Auswahlmöglichkeiten und Funktionen wie bei der Standardausgabe zur Verfügung mit der Ausnahme, dass mehrere Menüpunkte nicht erreichbar sind, weil **Trace View** nur der Darstellung dient. Die Funktion **Open** (Datei öffnen) fragt Sie nach einem Primärdiagramm (**primary trace**) und nicht nach einer Antennenbeschreibung (**description**). Sie können jederzeit eine neue Primärdatei öffnen.

Falls Sie als Primärdatei eine Datei aus ELNEC oder **EZNEC v. 1** geöffnet haben (Format (.ENT or .F#), können Sie sie mit **Save Trace As** (Diagramm speichern unter) als \*.PF-Datei abspeichern. Diese Funktion wird nicht angeboten, sobald es sich bereits um eine \*.PF-datei handelt.

#### TraceView beenden

Sie können **Trace View** mit einem erneuten Klick auf den Menüpunkt **TraceView** im Menü beenden oder **EZNEC** schließen.

### 8.1.19 Rücksetzen/Wiederholen (Undo/Redo)

**EZNEC v. 5.0** hat eine unbegrenzte Möglichkeit, Änderungen rückzusetzen oder zu wiederholen. Diese Möglichkeit bezieht sich auf alle Schritte, die in der Antennenbeschreibung gespeichert sind, aber nicht auf Änderungen im Programmniveau bei einer Auswahl im Options-Menü des Hauptfensters. **Undo/redo** wird über das Edit-Menü im Hauptmenü oder in anderen Fenstern gemacht. Die Fenster sind gegeneinander austauschbar. Der benötigte Speicherplatz auf der Festplatte, der durch die Undo/redo-Funktion belegt ist, hält sich in Grenzen. Er kann aber – falls gewünscht – mit dem Menüpunkt **Options > Undo Disk Space** begrenzt werden. Undo wird zurückgesetzt, wenn eine neue Antennenbeschreibung geöffnet wird. Falls die vorgehende Beschreibung geändert wurde, werden Sie gefragt, ob Sie sie vorher speichern wollen, ehe es weiter geht. Mit dem Menüpunkt **Options > Messages On/Off** können Sie diese Abfrage abschalten.

## 8.1.20 Virtuelle Segmente (Virtual Segments)

NEC fordert, dass alle eingefügten Objekte mit einem Drahtsegment verbunden bzw. dort eingefügt wurden. Es gibt viele Fälle, in denen Sie zwei eingefügte Objekte miteinander verbinden möchten, z.B. eine Quelle an ein Ende einer Speiseleitung parallel anschliessen, aber nicht an ein Drahtsegment. Für diesen Zweck hat **EZNEC** die **virtuellen Segmente** geschaffen. Geben Sie dort, wo Sie sonst eine Drahtnummer eingeben mussten, den Buchstaben **V** gefolgt von einer Zahl an, z.B. **V10**. Verwenden Sie die gleiche Nummer des virtuellen Segments für alle eingefügten Objekte, die parallel angeschlossen werden sollen. An das virtuelle Segment können alle eingefügten Objekte angeschlossen werden mit Ausnahme von geteilten Quellen (split sources) und seriell angeschlossene Lasten (series-connected loads). Die seriellen Lasten werden anders als die sonstigen eingefügten Objekte zusammen mit einem eingefügten Objekt im gleichen Segment angeschlossen. Eine [parallel angeschlossene Last](#) wird zusammen mit anderen Objekten an einem realen oder einem virtuellen Segment parallel angeschlossen.

Die virtuellen Segmente werden von 1 bis 999 durchnummeriert, sie müssen nicht aufeinanderfolgend durchnummeriert sein.

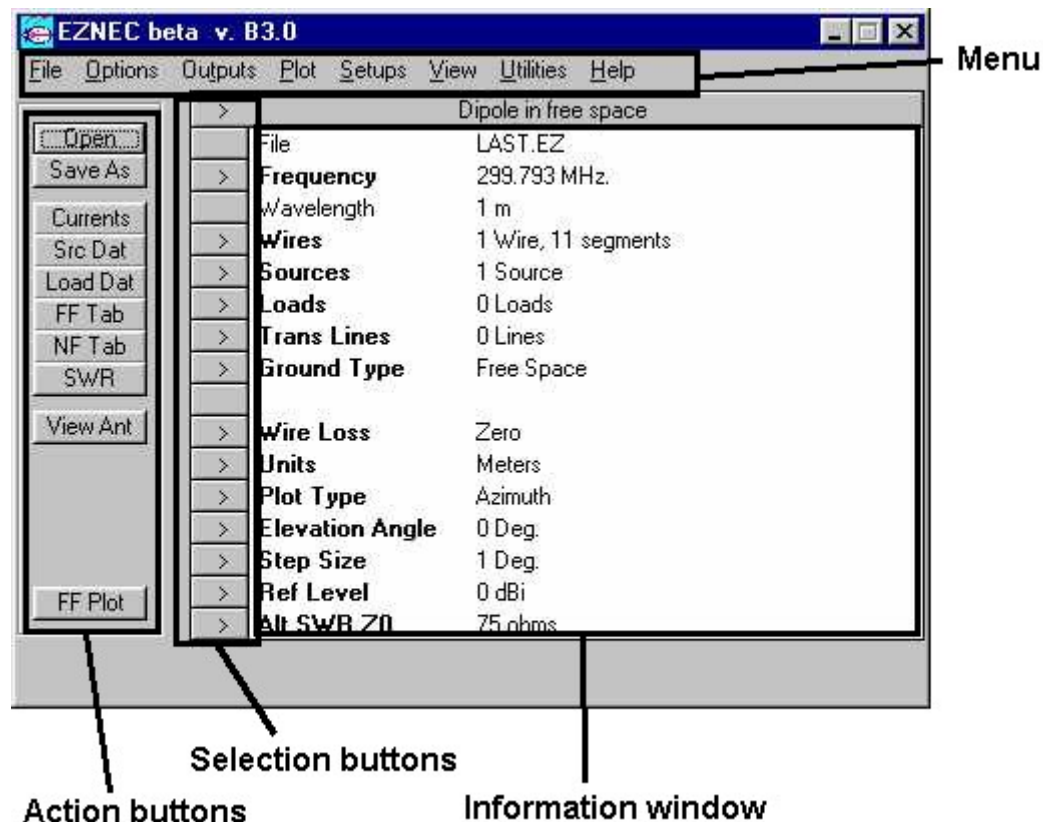
Sie können sich eine Liste der virtuellen Segmente und der eingefügten Objekte, die mit ihnen verbunden sind, mit dem Menüpunkt **Show Virtual Seg Conn** in der Antennenanzeige im Menü **View** anzeigen lassen.

Wenn ein Modell, das virtuelle Segmente hat, abgespeichert und mit einer älteren **EZNEC**-Version geöffnet wird, werden die virtuellen Segmente in reale Segmente an einem Draht konvertiert. Sie erscheinen ebenfalls als reales Segment an einem Draht, wenn sie als Modell im **NEC**-Format (nur bei **EZNEC Pro**-Programmen abgespeichert werden.

## 8.2 Das Hauptmenü (The Control Center)

### 8.2.1 Einführung (Control Center Introduction)

Mit dem Hauptmenü beginnt die Arbeit mit **EZNEC**. Das Hauptmenü öffnet sich mit dem Start von **EZNEC** und bleibt bis zum Ende von **EZNEC** erhalten. Es enthält zahlreiche Bereiche wie im Bild zu sehen :



**Informationsfenster (Information Window)** : In diesem Fenster werden die wichtigsten Parameter der aktuell modellierten Antenne angezeigt. Jede dieser Informationen kann geändert werden und wird in der Antennenbeschreibung abgespeichert.

**Auswahlkosten (Selection Buttons)** : Mit diesen Tasten können Sie die zugehörigen Zeilen ändern. Zeilen ohne das Zeichen > oder grau hinterlegte Tasten können nicht geändert werden. Die Zeilen können auch durch einen Klick auf die Zeile im Informationsfenster ausgewählt werden. Meist öffnet sich ein Dialogfenster oder eine Eingabetabelle. Einzelheiten finden Sie im Abschnitt [Auswahl \(Control Center Selections\)](#). Bitte beachten Sie, dass auch der Titel des Informationsfensters ausgewählt werden kann.

**Aktionstasten (Action Buttons)** : Diese Tasten starten verschiedene Aktionen, z.B. Öffnen der Antennenansicht (**View Antenna**) oder Start einer Diagrammberechnung **pattern calculation**). Die einzelnen Tasten werden im Abschnitt [Tasten \(Action Buttons\)](#) beschrieben.

**Menüs (Menus)** : Die Menüs enthalten eine Menge zum Programm gehörender Punkte. Eine



Ausnahme ist das Plot-Menü, das zusammen mit der Antennenbeschreibung abgespeichert wird. Die Einzelheiten sind im Abschnitt [Menüs \(The Control Center Menus\)](#) beschrieben.

## 8.2.2 Menüs (The Control Center Menus)

### 8.2.2.1 Einführung zu den Menüs (Control Center Menu Introduction)

Bitte beachten Sie, dass die Menüs für **Plot** (Diagrammdarstellung) und **Setups** (Einstellungen) gegenüber dem Menü Options (Wahlmöglichkeiten) eine gewisse Sonderstellung haben. Die Inhalte von **Plot** und **Setups** werden zusammen mit den Daten im Informationsfenster in der zugehörigen Antennenbeschreibung spätestens beim Programmende abgespeichert und stehen nach einem **Programmneustart** und Aufruf der entsprechenden Antennenbeschreibung wieder zur Verfügung.

Das Menü **Options** erlaubt die Wahl zahlreicher Möglichkeiten zur Programmarbeit. Diese Wahlmöglichkeiten werden aber mit Programmende verworfen und nach Programmneustart wieder auf voreingestellte Werte (**default**) zurück gesetzt. Es ist aber möglich, diese voreingestellten Werte abzuändern, wenn die aktuellen Optionen während des Programmlaufs mit **Save As Default** (*als voreingestellt speichern*) als neue Voreinstellwerte abgespeichert werden. In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Menüs detailliert beschrieben.

### 8.2.2.2 Datei (File)

**Öffne Beschreibung (Open Description)** : Öffnet eine vorhandene Antennenbeschreibung (Modell) .

*[gilt nur für EZNEC pro]*: Wenn Sie eine NEC-Formatdatei öffnen wollen, geben Sie zusätzlich die Dateierweiterung \*.NEC an.

**Beschreibung speichern als (Save Description As)** : Aktuelle Beschreibung als Datei speichern.

*[gilt nur für EZNEC pro]*: Wollen Sie die Beschreibung im NEC-Format speichern, geben Sie die Dateierweiterung \*.NEC zusätzlich zum Dateinamen an.

**Beschreibung zufügen (Add Description)** : Eine Antennenbeschreibung (Modell) wird zu aktuellen Modell hinzugefügt. Siehe auch [Antennenbeschreibungen kombinieren \(Combining Antenna Descriptions\)](#).

**Voreingestelltes Verzeichnis zurückholen (Restore Default Folder)** : EZNEC merkt sich das zuletzt verwendete Verzeichnis, das für das Öffnen oder Speichern einer Antennenbeschreibung verwendet wurde, und schlägt es als erste Wahlmöglichkeit vor. Mit dieser Voreinstellung wird ein anderes zwischendurch verwendetes Verzeichnis durch das bisher verwendete Verzeichnis ersetzt.

**Drähte aus einer ASCII-Datei importieren (Import Wires From ASCII File)** : Mit dieser Auswahl kann eine ASCII-Datei mit Drahtkoordinaten nach EZNEC importiert werden. Siehe auch [Drahtkoordinaten importieren \(Importing Wire Coordinates\)](#) und [Datei für Drahtkoordinaten \(Wire Coordinate File\)](#). Die Untermenüs lauten :

- **Zu den vorhandenen Drähten hinzufügen (Add to Existing Wires)** : Die Drähte aus der ASCII-Datei werden im laufenden Modell eingefügt
- **Vorhandene Drähte ersetzen (Replace Existing Wires)** : Die Drähte aus der ASCII-Datei ersetzen die Drähte im laufenden Modell

**Notizen zur Antenne editieren (Edit Current Antenna Notes)** : Die Notizdatei zur aktuellen Antenne wird mit dem EZNEC-Editor geöffnet

**Antennennotizen editieren (Edit Antenna Notes)** : Sie können eine Notizdatei zum Editieren auswählen

**Datei ansehen (View File)** : Eine Textdatei kann mit dem **EZNEC**-Editor geöffnet und bearbeitet, aber nicht unter dem gleichen Namen wieder abgespeichert werden. Dafür muss ein anderer Name gewählt werden, die Ursprungsdatei kann nicht verändert werden. Primär ist dieser Menüpunkt für EZNEC-Dateien wie die Frequenzabtastung oder Drahtkoordinaten gedacht, aber es können beliebige andere Textdateien gelesen und bearbeitet werden.

**Datei editieren (Edit File)** : Wie **View File**, aber der Originalinhalt ist nicht geschützt, kann geändert und unter dem gleichen Namen wieder abgespeichert werden.

**Beenden ohne Speichern (Exit Without Saving)** : **EZNEC** speichert normalerweise die laufende Antennenbeschreibung unter dem Dateinamen **Last.EZ** ab. Diese Datei wird nach einem Neustart wieder geladen. Ein Programmende ohne Abspeichern der Beschreibung ist sinnvoll, wenn die aktuelle Beschreibung fehlerhaft ist oder für die weitere Bearbeitung nicht gesichert werden soll. **EZNEC** wird beendet.

**Programmende (Exit)** : Beendet **EZNEC** normal. Speichert die aktuelle Antennenbeschreibung in **Last.EZ** und beendet das Programm. Macht das gleiche wie das Close-Kreuz oben rechts im Hauptmenü.

**Edit** : Mit **Undo/Redo** können Sie in der Beschreibung gemachte Änderungen wieder zurücksetzen oder bereits zurückgesetzte wieder aktivieren.

### 8.2.2.3 Optionen (Options)

*Alle ausgewählten Funktionen in diesem Abschnitt sind so lange wirksam, wie das Programm läuft. Danach gelten wieder die voreingestellten Funktionen. Die aktuellen Funktionen können permanent gemacht werden, wenn sie mit **Save As Default** (als voreingestellt speichern) ganz unten im Options-Menü abgespeichert werden.*

**Winkeldarstellung (Angle Convention)** : Zur Wahl stehen für den Azimuth zwei Möglichkeiten : **Kompassanzeige (Compass Bearing)** und **im Gegenuhrzeigersinn von der X-Achse (CCW from X Axis)**. Diese Wahl hat keinen Effekt auf die Antennenansicht oder die Antennendiagramme, sie wird nur in den verschiedenen Tabellen und Datenausgaben berücksichtigt.

- **Kompassanzeige (Compass Bearing)** : Der Nullpunkt ist die Richtung zur +Y-Achse (nach oben im 2D-Richtdiagramm). Der Winkel wächst, wenn man im Uhrzeiger von Null ausgeht.
- **Im Gegenuhrzeigersinn von der X-Achse (CCW From X Axis)** : Nullpunkt ist die Richtung zur +X-Achse (rechts im 2D-Diagramm). Der Winkel wächst, wenn man im Gegenuhrzeigersinn von Null ausgeht. Diese Konvention ist in der Mathematik und Physik üblich.

**Automatisch vervollständigen/vorschlagen (AutoComplete/AutoSuggest)** :

Beachten : Diese Option funktioniert nicht bei Windows 95, 98 oder NT, diese Systeme haben die Funktion **AutoComplete** oder **AutoSuggest** nicht implementiert.

Bei der Anwahl von Dateien können zwei Funktionen von Windows genutzt werden, die mit dem Internet-Explorer zusammen wirken. Mit **AutoSuggest** werden Ihnen bei der Dateianwahl die Dateien vorgeschlagen, die mit dem oder den schon eingegeben Buchstaben anfangen.

**AutoComplete** trägt schon einen Vorschlag in das Eingabefeld ein. Für beide Optionen ist es aber

nicht möglich, die Vorschläge auf eine bestimmte Dateierweiterung zu begrenzen, so dass auch nicht zutreffende Dateien vorgeschlagen werden. Die Funktionen können mit dem Internet-Explorer-Menü angewählt und von allen Windows-Anwendungen genutzt werden.

Die **AutoComplete/AutoSuggest** – Option von **EZNEC** erlaubt es Ihnen, davon getrennte Einstellungen zu wählen, die für **EZNEC** verwendet werden können. Sollen Sie immer aktuell sein, speichern Sie sie mit **Save As Default**.

**Rechenmaschine ( Calculating Engine (nur für EZNEC+ und EZNEC pro))** : Wählt die zur Berechnung verwendete Maschine aus. Welche Rechenmaschine aktiv ist, wird im oberhalb der Taste für das Fernfelddiagramm im Hauptmenü angezeigt :

- **EZCalc (NEC-2)** : Interne NEC-2-Maschine. Sie ist eine Maschine mit gemischter Genauigkeit, die einige Berechnungen mit einfacher. Wird normal und andere mit doppelter Genauigkeit macht. In den meisten Fällen entspricht die Genauigkeit der doppeltgenauen **EZCalcD** und sie ist etwa schneller. Sie ist für alle Programme mit Ausnahme von EZNEC-Pro/4 die beste Wahl für den allgemeinen Einsatz. Die EZNEC-Pro/4 wird diese Maschine dann gewählt, wenn Vergleiche zwischen NEC-2 und NEC-4 gemacht werden sollen.
- **EZCalcD (NEC-4 2D)** (nur bei **EZNEC+** und **EZNEC pro**) : Interne NEC4/2-Maschine mit doppelter Genauigkeit. Sie liefert in der Regel die gleichen Ergebniss wie EZCalc. Sie behält aber die Genauigkeit auch in extremen Fällen, wie kleinen Schleifen bei, wenn EZCalc schon anfängt, Schwierigkeiten zu bekommen. Ein Unterschied zwischen EZCalc und EZCalcD besteht darin, das bei ersterem eher numerische Probleme gemeldet werden als beim zweiten. EZCalcD benötigt den doppelten Speicherplatz und Platz auf der Festplatte gegenüber EZCalc. Bei normalen Antennen und bei modernen Rechner ist das nicht problematisch, aber bei sehr grossen Modellen unter **EZNEC pro** sollte dieser Punkt beachtet werden.
- **EZCalc4 (NEC-4)** (nur **EZNEC-Pro/4**): Interne NEC-4-Maschine mit einfacher Genauigkeit. Diese Maschine wird für allgemeine Zwecke unter EZNEC-Pro/4 empfohlen.
- **EZCalc4D (NEC-4D)** (nur für **EZNEC-Pro/4**) : Diese Option verlangt doppelt soviel Speicherplatz und temporären Speicher auf der Festplatte wie die EZCalc4-Option und ist etwas langsamer. Sie liefert genauere Ergebnisse in kritischen Situationen, wie bei sehr kleinen Schleifen oder ungewöhnlicher Geometrie.
- **External NEC-4** : Gestattet die Wahl eines externen NEC-4-Programms für **EZNEC-Pro/4** – Berechnungen. Einige **EZNEC-Pro/4**-Möglichkeiten wie die Verwendung von MININEC-Bodentypen oder das Ende von Berechnungen vor der kompletten Bearbeitung sind dann nicht möglich. Diese Option wird auch nur unter ungewöhnlichen Umständen benötigt. Siehe auch [Externe NEC-4-Maschine verwenden \(gilt nur für EZNEC-Pro/4\) \(Using An External NEC-4 Engine \(EZNEC-Pro/4 Only\)\)](#)

**Voreingestellte Bodenwerte (Default Ground Const)** : Hier können Sie die Werte für Bodenleitfähigkeit und die Dielektrizitätskonstante eingeben, die bei der Erzeugung eines neuen Bodenmediums vorgeschlagen werden, z.B. können Sie die Werte für den Boden unter ihren Antenne eingeben.

**Verzeichnisse (Folders)** : Hier können Sie den Speicherort für die von Ihnen bei **EZNEC** verwendeten Dateien eintragen. Klicken Sie auf das Verzeichnis Ihrer Wahl. Der Name des Verzeichnisses und der Pfad werden im weissen Fenster markiert und können geändert werden. Auch hier gilt die Wahl nur für die aktuelle Sitzung und kann mit **Save As Default** dauerhaft gemacht werden.

Jedes der Fenster hat eine Taste **voreingestelltes Verzeichnis (Default Folder)**. Hiermit kann das voreingestellte Verzeichnis gerufen werden, wenn Sie vorher ein Verzeichnis zum temporären Ablegen von Zwischenergebnissen aktiviert hatten. Für diese Dateien kann ein voreingestelltes Verzeichnis gewählt werden:

- **Beschreibungen und Diagramme (Description (.EZ) and Plot Files)** :

### Antennenbeschreibungen und 2D/3D-Antennendiagramme

- **Bodendaten (Ground Data Files)** : Daten für realen Boden und das Modell mit hoher Genauigkeit (High-Accuracy ground)
- **IONCAL/VOACAP**-Dateien : Hier sollten Sie das Verzeichnis des von Ihnen verwendeten IONCAP-Programms angeben.
- **WinSMITH oder MicroSmith - Dateien** : Dateien für winSMITH oder MicroSmith, in die **EZNEC** die Ergebnisse einer Frequenzabtastung einträgt. Welcher Typ gewählt wird, wird in der Auswahl **Smith Chart Program** des Menüs **Options** bestimmt.
- **Ausgabedateien (Output Files)** : Speicherort der bei der Frequenzabtastung und anderen Funktionen entstehenden Dateien
- **Temporärer Dateien (Temporary Files)** : **EZNEC** erzeugt verschiedene temporäre Dateien, die beim Programmieren wieder gelöscht werden. Verschiedene dieser Dateien können sehr lang werden, vor allem wenn Sie viele Segmente verwenden. Normalerweise wird das temporäre Verzeichnis von Windows verwendet, sie können aber hier ein anderes Verzeichnis auch auf einem anderen Laufwerk vorgeben.

**Toleranzen des Erdbodens ( Ground File Tolerance)** : Wenn **EZNEC** eine Analyse mit realem Grund mit hoher Genauigkeit macht, sieht es nach, ob die Bodendaten bereits berechnet und in einer Datei gespeichert wurden. Jede Datei gehört zu einer bestimmten Kombination aus Frequenz, Bodenleitfähigkeit und Dielektrizitätskonstante. Ist eine zu den aktuellen Bedingungen ähnliche Datei bereits vorhanden, wird geprüft, wie groß die Abweichung ist. Wenn die Abweichung klein ist, kann die bereits vorhandene Datei für den aktuellen Fall ohne großen Abfall an Genauigkeit verwendet werden und die Zeit für eine Neuberechnung kann gespart werden. Der voreingestellte Wert für die Abweichung ist auf 1% eingestellt. Wenn Sie viele Berechnungen mit einer Frequenzabtastung oder andere Operationen machen, bei denen jeweils der die Bodendatei neu berechnet werden muss, und Sie haben eine langsame Maschine, können Sie diesen Wert höher setzen. Wenn Sie andererseits kleine Differenzen vor allem bei Vertikalantennen berechnen wollen, bei denen der Boden einen größeren Einfluss hat, können Sie die Abweichung auf einen kleineren Wert, z.B. 0,1% einstellen. Bei extrem empfindlichen Berechnungen können Sie den Wert auf Null einstellen, dann berechnet **EZNEC** in jedem Fall die Bodendaten neu.

**Messages On/Off** : Mit dieser Option können Sie Mitteilungen wie **Description has changed** abschalten, wenn Sie eine neue Beschreibung oder die Tipps öffnen, wenn Sie mit dem Mauszeiger über eine Steuertaste fahren.

**Segmentprüfung** : Gibt vor, unter welchen Bedingungen die Segmentprüfung gestartet wird :

- **Auto** : Startet automatisch wenn eine neue Antennenbeschreibung geöffnet wird, Drähte aus einer ASCII-Datei importiert werden oder die Frequenz geändert wird.
- **Manual** : Läuft nur, wenn es aus dem Hauptmenü mit **Outputs > Guideline Check** von Hand gestartet wird.

### **Diagrammausgabe (Plot Printing):**

- **Linienstärke (Printed Plot Line Width)** : Gibt die Linienstärke im Antennendiagramm vor (1..10). Wird nur in der Ausgabesektion des Grafikfensters wirksam und nur wenn das Diagramm gedruckt wird. Wenn die Linienstärke auf einen größeren Wert als 1 eingestellt ist, erscheinen die Linien normalerweise gebrochen (getrennte 2D-Polarisation, Achsen in der Antennenanzeige beim Offset vom Nullpunkt und laufende Polarisationsmarken) . Gebrochene Linien können aber mit einer Breite von 1 gedruckt werden, wenn die Option

**PrintedOffsetAxisWidth** aktiviert wird.

- **Schriftart (Printed Plot Data Font)** : Gibt die beim Drucken des Diagramms zu verwendende Schriftart im Datenabschnitt des Grafikfensters vor. Hat keinen Einfluss auf die Bildschirmdarstellung und den Diagrammteil des zu druckenden Bilds.

**Leistungspegel (Power Level)** : Wird ein Haken in das Feld **Absolute V, I sources** gemacht, werden die Werte für Spannung und Strom verwendet, die im Quellenfenster (**Sources Window**) eingetragen worden sind. Die Gesamtleistung ergibt sich dann aus diesen Werten und den Impedanzen im Speisepunkt. Falls Sie dieses Feld nicht angewählt haben und eine von Null abweichende Leistung in das Feld für die Leistung (**Power Level (watts)**) eingetragen haben, wird diese Leistung auf alle Quellen im Modell proportional ihrer Anteile aufgeteilt. Diese Leistung stellt einen Absolutwert dar und ändert sich nicht mit den Antennenimpedanzen. Die Werte, die im Quellenfenster angezeigt werden, zeigen relative, keine absoluten Werte für Spannung und Strom an. Die aktuellen Werte sehen Sie unter den Quelldaten (**Source Data**). Sie haben damit ein leistungsfähiges Werkzeug für eine Reihe von Anwendungen.

**Smith-Diagramm (Smith Chart Program)** : Die von **EZNEC** bei einer Frequenzabtastung erzeugten Dateien können direkt von den Programmen **MicroSmith** oder **winSMITH** verwendet werden. Sie können wählen, welches Format **EZNEC** verwenden soll.

**Hinweis** : Beide Programme verarbeiten nur eine begrenzte Anzahl an Frequenzschritten. Siehe [Smith-Diagramm-Programme \(Smith Chart Programs\)](#) zu Einzelheiten.

**Korrektur bei abgestuften Durchmessern (Stepped Diameter Correction)** : Bestimmt welche Korrektur verwendet werden soll :

Gilt nur für **EZNEC**, **EZNEC+** und **EZNEC-Pro/2**:

- **On (empfohlen(recommended))** : **EZNEC** verwendet – falls möglich - die Korrektur
- **Off** : **EZNEC** verwendet die Korrektur nicht. Diese Einstellung kann zu Fehlern - vor allem bei Yagis mit Teleskopelementen - führen.

**Gilt nur für EZNEC-Pro/4::**

- **NEC-2: On, NEC-4: Off (rec.)** : Schaltet die Korrektur nur bei NEC-2 ein. Die NEC-4-Maschine ist relativ frei von Schwierigkeiten mit abgestuften Durchmessern, so dass hier die Korrektur ausgeschaltet werden kann.
- **Immer aus (Always off)** : Die Korrektur ist immer ausgeschaltet. Diese Einstellung kann zu Fehlern - vor allem bei Yagis mit Teleskopelementen - führen.
- **Immer ein (Always on)** : Die Korrektur ist immer eingeschaltet. Diese Einstellung sollte nur auf speziellen Wunsch gewählt werden, wenn der Effekt auf NEC-4 geprüft werden soll.

**Plattenspeicher für Undo (Undo Disk Space)** : Mit dieser Einstellung können Sie den Speicherplatz auf der Festplatte für die Undo-Funktion begrenzen. Die Anforderungen sind aber gering, so dass Sie ihn auf unbegrenzt (**unlimited**) stehen lassen können.

**EZNEC-Geometrieprüfung (EZNEC Geometry Check)** : Unter **NEC** können sich Drähte an Segmentverzweigungen kreuzen. In **EZNEC**-Modellen ist dies nicht erlaubt, weil die Verbindung getrennt wird, wenn die Segmente geändert werden. Unter **NEC** treten bei der Berechnung keine Fehler auf. Viele Modelle sind unter NEC-2 oder -4 entworfen und haben verschiedene Kreuzungen an Segmentverzweigungen. Mit diesem Menü können Sie die Warnungen bei der Geometrieprüfung abschalten.

**Geometrieprüfung vor der Berechnung (Pre-Calc Geometry Check)** (nur bei **ENEC/4**) : Hier können Sie angeben, welche Geometrieprüfung gemacht werden soll : Die **EZNEC**-Geometrieprüfung oder die NEC-4 SEGCHK-Prüfung. Die EZNEC-Prüfung erfasst Fehler, die bei SEGCHK nicht erkannt werden und ist schneller, so dass sie normalerweise eingeschaltet sein sollte (**EZNEC** geometry check ist voreingestellt) und nur unter speziellen Bedingungen geändert werden sollte .

**Fernfeldtabelleneinheiten (Far Field Table Units)** : Wählt die in der Fernfeldtabelle zu verwendenden Einheiten aus. Die Wahl hat keinen Einfluss auf andere Ausgaben oder Anzeigen.

**Nur für EZNEC, EZNEC+ :**

- **dBi oder dBref** : Zeigt die Feldstärke in dBi oder – wenn eine von Null abweichende Referenz gewählt wurde, in dB relativ zum Referenzwert (siehe unten) an
- **mV/m for 1 kW at 1 mile** : Gibt die Feldstärke in mV/m in einer Entfernung von einer Meile an, wenn der Antenne 1 kW zugeführt wird. Wenn diese Option gewählt wird, wird die Angabe zum **Power Level** (siehe oben) in der Fernfeldtabelle *nicht* verwendet.
- **mV/m for 1 kW at 1 km** : Gibt die Feldstärke in mV/m in einer Entfernung von einem Kilometer an, wenn der Antenne 1 kW zugeführt wird. Wenn diese Option gewählt wird, wird die Angabe zum **Power Level** (siehe oben) in der Fernfeldtabelle *nicht* verwendet.

Gilt nur für **EZNEC-Pro/2, EZNEC-Pro/4**:

Die verwendeten Einheiten hängen von der Art der Bodenwellenanalyse ab, Ist die Bodenwellenanalyse (**ground wave analysis**) abgeschaltet, werden die gleichen Einheiten wie vorstehend verwendet. Wird eine Bodenwellenanalyse gemacht, können diese Einheiten gewählt werden : .

- **mV/m** : Feldstärke in mV/m bei der im Hauptmenü unter **Gnd Wave Dist** eingestellten Entfernung. Wurde unter **PowerLevel** eine Leistung eingetragen, wird diese verwendet. Wurde keine Leistung eingetragen, werden die Ergebnisse aus den absoluten Quellwerten für Strom und Spannung genommen.
- **dBi oder dBref** : Analog zur Berechnung ohne Bodenwelle

**Nahfeldtabellenformat (Near Field Table Format)** : Wählt aus, welche Nahfeldphaseninformation angezeigt wird. Die schmale (**narrow**) Darstellung passt auf eine in Hochformat gedruckte Seite und enthält nur die Amplitude ohne Phaseninformation. Die Wahl beeinflusst auch die Ausgabedaten sowohl bei der Frequenzabtastung als auch bei einer einzelnen Frequenz.

**Skala im 2D-Diagramm (2D Plot Scale)** : Sie können zwei Skalentypen im 2D-Diagramm wählen :

- **ARRL-Typ** : Diese Skala wird von der ARRL und in vielen Amateurfunkpublikationen verwendet. Die Skala in dB logarithmisch geteilt und zeigt die Maxima in größeren Details und unterdrückt kleinere Seitenkeulen. Mit dieser Darstellung lassen sich publizierte Antennendiagramme besser vergleichen.
- **Linear dB** : Die Skala ist linear in dB geteilt. Zwischen Außenring und Zentrum liegen 40 dB . Der äußere Ring ist in dBi justierbar, der Bereich von innen nach außen nicht.

**Frequenzanzeige im 2D-Diagramm (Show Freq on 2D Plot)** Ist diese Option aktiv, wird die Frequenz auf der unter rechten Seite des 2D-Diagramms angezeigt. Die Frequenz wird nicht angezeigt, wenn das Diagramm das Ergebnis einer Frequenzabtastung ist.

**Voreingestellte 3D-Schrittweite (Default 3D Step Size)** : Die minimale Schrittweite bei **EZNEC 5.0** ist mit einem Grad ist zu fein und zu langsam für ein 3D-Diagramm. Mit diesem Menü können Sie einen größeren Wert voreinstellen, der für das 3D-Diagramm genommen werden soll.

**Drahtnummern anzeigen (View Antenna Wire Numbers)** : Falls angewählt (**on**), werden im Antennendiagramm die Drahtnummern zentriert (**centered**) oder ausserhalb der Mitte (**offset**) nach dem Start (**initially**) der Antennenansicht (**View Antenna**) angezeigt. Die Anzeige ist normalerweise nicht festgelegt und kann geändert werden. Sie können diese Darstellung permanent festlegen mit diesen Eingaben :

- **Initially On** (von Anfang ein) : Die Drahtnummern werden beim Start der Antennenansicht angezeigt.
- **Initially Off** (von Anfang aus) : Die Drahtnummern werden beim Start nicht angezeigt, Wählen Sie diese Einstellung, wenn Sie mit komplexen Modellen arbeiten und die Nummer sich überlappen und unlesbar sind.
- **Initial Position** (Vorwahl der Anzeige) : Wählen Sie, ob die Drähte über dem Element (**centered**) oder daneben (**offset**) stehen sollen

**Als Voreinstellung speichern (Save As Default)** : Die aktuell gewählten Optionen werden als Voreinstellung abgespeichert. Falls sie nicht gesichert werden, werden beim Neustart von **EZNEC** die vorher gespeicherten Voreinstellungen wieder genommen.

#### 8.2.2.4 Ausgaben (Outputs)

**Geometrie- und Segmentprüfung (Geom and Seg Check)** : Startet die Geometrie und Segmentprüfung (siehe unten)

**Segmentprüfung (Segmentation Check)** : Startet die Segmentprüfung, das Modell wird auf die Einhaltung der NEC-Richtlinien geprüft.

**Geometrieprüfung (Geometry Check)** : Startet die Geometrieprüfung, die das Modell nach einer Reihe von möglichen Fehlern überprüft, wie die Überlappung von Drähten und unerlaubte Kreuzungen.

**Beschreibung anzeigen (Show Description)** : Eine Zusammenfassung der Antennenbeschreibung wird als einfacher ASCII-Text mit dem [EZNEC-Editor](#) ausgegeben. Die Liste enthält Drahtkoordinaten, Quellen- und Lastenanordnung usw. Die Beschreibung kann ausgedruckt oder in einer Datei gespeichert werden. Eine ähnliche Anzeige nur mit den Drahtkoordinaten können Sie mit dem Menü **Wires Window Other** aufrufen.

#### 8.2.2.5 Einstellungen (Setups)

**Frequenzabtastung(Frequency Sweep)** : Öffnet den Dialog zur Frequenzabtastung. Tragen Sie die Parameter in die Fenster ein. Siehe auch [Frequenzabtastung \(Frequency Sweep\)](#)

**Nahfeld (Near Field)** : Öffnet den Dialog zum Eintrag der Parameter für die Nahfeldanalyse. Siehe auch [Nahfeldanalyse \(Near Field Analysis\)](#)

#### 8.2.2.6 Ansicht (View)

**TraceView** : Setzt **EZNEC** in den TraceView-Modus. Mit diesem Modus können Sie verschiedene Fernfelddiagramme übereinander legen, ansehen und drucken, ohne zusätzliche Berechnungen



machen zu müssen. Siehe auch [Diagramme übereinander legen \(TraceView\)](#)

### 8.2.2.7 Werkzeuge (Utilities)

**EZNEC.INI-Datei editieren (Edit .INI File)** : Sie können eine Reihe von speziellen Optionen freigeben, wenn Sie die Datei EZNEC.INI im EZNEC-Verzeichnis editieren. Diese Optionen werden in der Regel selten verwendet oder nur in speziellen Fällen eingesetzt. Die in der EZNEC.INI-datei gemachten Änderungen werden erst nach Beendigung des Programms und anschließendem Neustart wirksam. Speichern Sie die Datei ab, verlassen Sie EZNEC, warten Sie, bis alles abgespeichert ist und starten Sie EZNEC erneut.

**Rechenzeit anzeigen (Show Calculation Time)** ; Zeigt die Rechenzeit, die für die verschiedenen Berechnungen verbraucht worden ist. Die Anzeige erfolgt erst nach Abschluss der jeweiligen Berechnung. . Bei einer Frequenzabtastung wird nur die Zeit für die letzte Berechnung, aber nicht für die gesamte Abtastung angezeigt.

**Bodeninformation anzeigen (Show Ground Info)** : Zeigt bei der Wahl von realem Boden die Einzelheiten der Bodencharakteristik an

**Speicherinformation anzeigen (Show Memory Info)** : Zeigt den zur Verfügung stehenden Speicherplatz an. Die Daten werden von Windows bereitgestellt und müssen nicht mit anderen Analysewerkzeugen übereinstimmen. Dabei kann durchaus der zur Verfügung stehende RAM als nahe Null angezeigt werden, da Windows routinemäßig virtuellen Speicher auf der Festplatte benutzt und den RAM frei macht, wenn er benötigt wird.

**Temporären Speicher anzeigen (Show Temp Dir Space)** : Angezeigt wird der etwa benötigte temporäre Speicherplatz, die die Maschine für die laufende Beschreibung benötigt, und der Platz, der zur Verfügung steht.

**Nummer der Komponentenversionen (Component Version Numbers)** : Angezeigt wird die Versionsnummer der wesentlichen Komponenten von **EZNEC**.

### 8.2.2.8 Hilfe (Help)

**Contents** : Öffnet die Hilfedatei und zeigt das Inhaltsverzeichnis

**About EZNEC** : Anzeige der Versionsnummer und der Copyright- und Trademarknotizen

## 8.2.3 Informationsfenster und Tasten (Information Window and Action Buttons)

### 8.2.3.1 Auswahl im Hauptmenü (Control Center Selections)

*Alle gewählten Einstellungen im Informationsfenster des Hauptmenüs sind Teil der Antennenbeschreibung und werden zusammen mit der Antennenbeschreibung in der zugehörigen \*.EZ-Datei gespeichert. Einstellungen im Settingsmenü werden ebenfalls in dieser Datei gespeichert.*

**Titel (Title)** : Diese Zeile ist mit einem > markiert und steht grau hinterlegt über dem Informationsfenster. Mit einem Klick in diese Zeile öffnet sich ein Fenster, in das Sie den gewünschten Titel für Ihr Antennenmodell eintragen können.

**Datei (File)** : Zeigt den Namen der letzten geöffneten oder abgespeicherten Datei. Dieser Eintrag kann nicht geändert werden und dient der Information.

**Frequenz (Frequency)** : Zeigt die aktuelle Frequenz an. Mit einem Klick auf dieses Feld können Sie die Frequenz ändern oder Ihr Modell an eine andere Frequenz anpassen (**rescale**).

**Wellenlänge (Wavelength)** : Zeigt die Wellenlänge in der gewählten Einheit. Die Zeile dient der Information und kann nicht geändert werden.

**Drähte (Wires)** : Anzahl der Drähte und Segmente im Modell. Ein Klick auf das Feld öffnet das Drahtfenster, um die Antennenstruktur zu ergänzen, zu löschen oder zu modifizieren.

**Quellen (Sources)** : Anzahl der Quellen im Modell. Ein Klick auf das Feld öffnet das Quellenfenster, in dem Quellen hinzugefügt, entfernt oder modifiziert werden können.

**Lasten (Loads)** : Anzahl der Lasten im Modell. Ein Klick auf das Feld öffnet das Lastenfenster, in dem Lasten hinzugefügt, entfernt oder modifiziert werden können.

**Speiseleitungen (Trans Lines)** : Anzahl der Speiseleitungen im Modell. Ein Klick auf das Feld öffnet das Speiseleitungsfenster, in dem Speiseleitungen hinzugefügt, entfernt oder modifiziert werden können.

**Transformatoren (Transformers)** : Zeigt die Zahl in dem Modell eingebauten Transformatoren an. Mit einem Klick auf das Feld wird das Fenster [Transformatoren \(Transformers\)](#) geöffnet. Hier können Sie Transformatoren editieren, hinzufügen, löschen oder verschieben

**L-Netzwerke (L Networks)** : Zeigt die Zahl in dem Modell eingebauten L-Netzwerke an. Mit einem Klick auf das Feld wird das Fenster [L-Netzwerke \(L Networks\)](#) geöffnet. Hier können Sie Netzwerke editieren, hinzufügen, löschen oder verschieben.

**Y-Parameter-Netzwerke (Y Param Networks)** : Zeigt die Zahl in dem Modell eingebauten Y-Parameter-Netzwerke an. Mit einem Klick auf das Feld wird das Fenster [Y-Parameter-Netzwerke \(Y Parameter Networks \(EZNEC Pro only\)\)](#) geöffnet. Hier können Sie Y-Parameter-Netzwerke editieren, hinzufügen, löschen oder verschieben.

**Bodentyp (Ground Type)** : Zeigt das gewählte Erdbodenmodell. Mit einem Klick können Sie den Bodentyp ändern.

**Bodenbeschreibung (Ground Descrip)** : Diese Ausgabe erscheint nur, wenn ein realer Boden gewählt wurde. Angezeigt wird, wieviel Media gewählt wurden (1 oder 2) und welche Leitfähigkeit und Dielektrizitätskonstante die Medien haben. Angezeigt werden auch NEC-Radials, falls spezifiziert. Ein Klick auf die Zeile öffnet das Medienfenster zur Modifikation der Bodencharakteristika und NEC-Radials.

**Drahtverluste (Wire Loss)** : Gibt an, welche Drahtverluste gewählt wurden. Mit einem Klick öffnet sich das Fenster zum Eintragen der Drahtverluste.

**Einheiten (Units)** : Zeigt die gewählte Längeneinheit. Mit einem Klick auf die Zeile öffnet sich das Auswahlfenster.

**Diagrammtyp (Plot Type)** : Zeigt den gewählten Diagrammtyp : Azimuth, Elevation oder dreidimensional.

Nur für **EZNEC pro** : Wurde die Bodenwellenanalyse gewählt, ist nur der Azimuth-Typ möglich.

**Erhebungswinkel (Elevation Angle), Azimuthwinkel (Azimuth Angle) oder Kompassrichtung (Bearing) oder Beobachtungshöhe (Observation Height)** : Die Wahlmöglichkeiten hängen vom Diagramm-Typ ab. Beim 3D-Typ besteht keine Wahlmöglichkeit. Beim Azimuthdiagramm können Sie den Erhebungswinkel wählen, beim Elevationsdiagramm ist die Azimuthdarstellung wählbar.

Nur für **EZNEC pro** ist bei der Bodenwellenanalyse die Beobachtungshöhe wählbar.

**Schrittweite (Step Size)** : Anzeige und Wahl der Schrittweite für die Winkelschritte beim 2D- und 3D-Diagramm.

**Bezugspegel (Ref Level)** : Alle auf die Feldstärke bezogenen Ausgaben beziehen sich auf den hier angezeigten Bezugspegel. Wollen Sie zum Beispiel den Gewinn bezogen auf einen Dipol im Freiraum ausgeben, tragen Sie hier 2,15 dBi ein. Dieser Eintrag hat nur Sinn, wenn es sich um eine Freiraumanalyse handelt. Wie unter [Die Testmaschine \(Test Drive\)](#) gezeigt, ist der Gewinn eines Dipols über Boden wesentlich grösser als diese Angabe.

**Alternativer Wellenwiderstand für SWR (Alt SWR Z0)** : Das Stehwellenverhältnis SWR wird für ein 50-Ohm-System und einen zweiten wählbaren Wellenwiderstand angegeben. Dieser alternative Wellenwiderstand ist hier wählbar. Speisen Sie z.B. eine Antenne über einen 4:1-Übertrager, tragen Sie hier 12,5 Ohm ein. Dann bekommen sie das SWR an der 50-Ohm-Speiseleitung angezeigt.

**Schaltauswahl (Desc Options)** : Mit diesem Menü können Sie zu verschiedenen Werkzeugen eine Wahl zur Einstellung treffen, die dann in der Beschreibung abgespeichert wird, Wählen Sie die Karteikarte **General**, auf der Sie einstellen können, wie die Geometrieprüfung gemacht wird, wenn z.B. das Zentrum eines Segments sich in einem anderen Draht befindet. Sie kann ignoriert werden, was manchmal gut geht und manchmal zu fehlerhaften Ergebnissen führen kann, Auf der Karteikarte **Plot** können Sie das passende 2D-Diagramm auswählen.

**Bodenwellenabstand (Gnd Wave Dist)** : gilt nur für **EZNEC pro** : Zeigt den horizontalen Abstand für den Beobachtungspunkt bei der Bodenwellenanalyse. Klicken Sie auf die Zeile, um den Abstand einzugeben und die Bodenwellenanalyse ein- oder auszuschalten.

### 8.2.3.2 Tasten (Action Buttons)

**Hinweis** : Einzelheiten zu diesen Tasten finden Sie im Kapitel [Ergebnisse auswerten \(Interpreting The Results\)](#)

**Öffnen (Open)** : Öffnet die gewünschte Antennenbeschreibung.

**Hinweis** : Alle nicht abgespeicherten Informationen der vorher bearbeiteten Beschreibung werden gelöscht. Speichern Sie vor dem Öffnen einer neuen Beschreibung die alte Beschreibung falls gewünscht.

gilt nur für **EZNEC pro**: Wollen Sie eine Datei im NEC-Format öffnen, geben Sie im Namen die Dateierweiterung \*.NEC zusätzlich an

**Speichern als (Save As)** : Speichert Ihre aktuelle Antennenbeschreibung.

gilt nur für **EZNEC pro**: Wollen Sie eine Datei im NEC-Format speichern, geben Sie im Namen die Dateierweiterung \*.NEC zusätzlich an.

**Ströme (Currents)** : Öffnet die Stromausgabe und zeigt die Ströme in den Drähten in Tabellenform an und öffnet die Berechnung, falls nötig.

**Quellendaten (Src Dat)** : Öffnet die Ausgabe der Quellendaten und zeigt für jede Quelle Spannung, Strom, Leistung, Impedanz und SWR an. Startet, falls nötig, die zugehörige Berechnung.

**Lastdaten (Load Data)** : Öffnet die Ausgabe der Lastendaten und zeigt für jede Last die Spannung, Strom und Impedanz an. Startet, falls nötig, die zugehörige Berechnung.

**Fernfeldtabelle (FF Tab)** : Öffnet die Ausgabe der Fernfeldtabelle, die die Fernfeldstärke in Tabellenform anzeigt. Startet, falls nötig, die zugehörige Berechnung.

**Nahfeldtabelle (NF Tab)** : Öffnet die Ausgabe der Nahfeldtabelle, die die Nahfeldstärke in

Tabellenform anzeigt. Startet, falls nötig, die zugehörige Berechnung.

**Stehwellenverhältnis (SWR)** : In dem sich öffnenden Fenster können Sie die Abtastwerte für das SWR-Diagramm eintragen.

**Antennenansicht (View Ant)** : Die Anzeige mit der dreidimensionalen Darstellung der Antenne wird geöffnet.

**Fernfelddiagramme (FF Plot) oder Frequenzabtastung (Freq Swp)** : Beginnt die Berechnung des Fernfelddiagramms oder der Frequenzabtastung

## 8.3 Grafikfenster (The Graphics Windows)

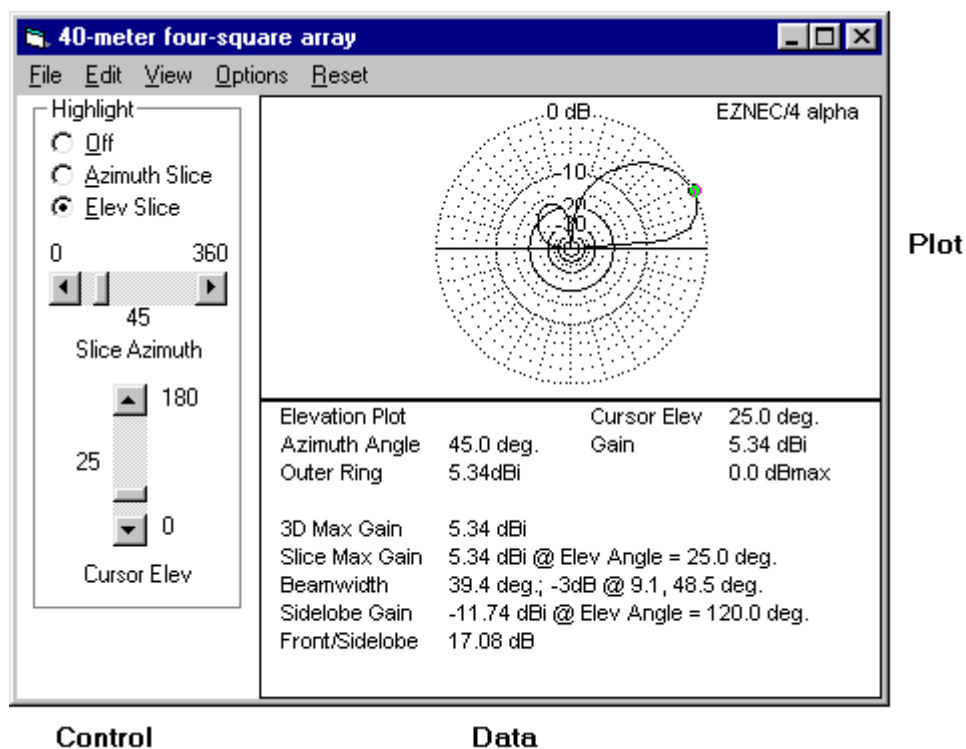
### 8.3.1 Überblick (Graphics Windows Overview)

Das 2D-, das 3D-Antennendiagramm, die Antennenansicht und die SWR-Anzeige haben eine Reihe von gemeinsamen Funktionen, die hier zusammengefasst sind. Sie werden gemeinsam als die Grafikfenster (**Graphics Windows**) bezeichnet.

Alle Grafikfenster können mit dem Dreieck an der unteren Ecke auf die gewünschte Größe gezogen oder wie bei Window mit den Tasten rechts oben minimiert oder auf maximale Größe geschaltet werden. Bei der Minimumdarstellung ist der Bereich der Größendarstellung begrenzt.

### 8.3.2 Abteilungen (Graphics Windows Sections)

Die Grafikfenster sind - wie im Bild markiert - in Bereiche eingeteilt. Nicht alle Grafikfenster haben diese drei Bereiche. Der Steuerbereich (**Control**) im 2D-Diagramm ist nur angeschaltet, wenn auch das 3D-Diagramm aktiv ist. Die Bereiche im Fenster können über das Menü **File** zu- und abgeschaltet werden.



**Diagramm oder Anzeige (Plot or Display)** : Diese Sektion enthält die aktuellen grafischen Informationen

**Daten (Data)** : Diese Sektion enthält die zusätzlichen Informationen zu dem angezeigten Diagramm

**Steuerung (Control)** : Mit dieser Sektion können Sie die Ausgabe steuern

### 8.3.3 Menüs (Graphics Windows Menus)

Alle Grafikfenster haben Menüs. Die Auswahl ist für alle Fenster gleich mit Ausnahme der angeführten Ausnahmen.

#### **File :**

**Diagramm drucken (Print Plot)** : Gibt die Diagrammsection des Fensters an den Drucker aus. Das Diagramm wird an die Seite angepasst. Die Größe ist nicht einstellbar. Die Linienstärke kann über das Menü **Options** im Hauptmenü gewählt werden.

**Diagramm und Daten drucken ( Print Plot and Data)** (nur 2D und SWR) : Druckt die Diagramm- und die Datensektion des Fensters. Die Daten werden unterhalb des Diagramms gedruckt. Die Linienstärke im Diagramm und die Schriftart der Daten können über das Menü **Options** im Hauptmenü gewählt werden.

**Druckereinstellung (Printer Setup)** : Öffnet ein Menü zur Auswahl von Drucker und Papiertyp.

**Diagramm hinzufügen (Add Trace)** (nur bei 2D) : Öffnet ein Dialogbox zur Auswahl eines weiteren Diagramms zur existierenden Anzeige. Die Angaben in der Datensektion gelten dabei nur für das Primärdiagramm (**primary trace**). Die Farbe der hinzugefügten Diagramm kann über die **2D-Anzeige > Options > Colors/Recalled Traces** gewählt werden. Folgende Diagrammtypen können hinzugefügt werden :

- **.ENT** : 2D-Diagramme, die von ELNEC und **EZNEC** – Versionen vor V 2.0. erzeugt wurden
- **.F#** : 2D-Diagramme, die von ELNEC und von **EZNEC** Version 1 mit Frequenzabtastung erzeugt wurden
- **.PF** : 2D-Diagramme im OpenPF-Format, die von **EZNEC** ab Version 2 erzeugt wurden
- **.P#** : 2D-Diagramme im OpenPF-Format, die von **EZNEC** ab Version 2 mit Frequenzabtastung erzeugt wurden
- **.PF3** : 3D-Diagramme im OpenPF-Format, die von **EZNEC** ab Version 2 erzeugt wurden

**Diagramm entfernen (Remove Trace)** (nur 2D) : Entfernt über die Selektion **remove** zugefügte Diagramme. Ein Mausklick öffnet die Liste der zugefügten Diagramme. Ein Klick auf einen Eintrag entfernt ihn. Diese Auswahl ist nur verfügbar, wenn bereits Diagramme addiert wurden.

**2D-Diagramme speichern als (Save Trace As (2D))** oder **3D-Diagramme speichern (Save 3D Plot (3D))** : Sie können ein 2D- oder 3D-Diagramm speichern. Ein 2D-Diagramm kann später für einen Vergleich herangezogen werden. Sowohl 2D- als auch 3D-Diagramme können im **TraceView** –Modus als Primärdiagramm (**primary trace**) geöffnet werden. Das Diagramm wird im OpenPF-Format als \*.PF (2D) oder \*.PF3 (3D) – Diagramm gespeichert.

**Zugefügte Diagrammdaten anzeigen (Show Added Trace Info)** (nur für 2D) : Zusätzliche Informationen zu den zugefügten Diagrammen werden angezeigt. Die Funktion ist nur aktiv, wenn Diagramme hinzugefügt wurden.

**Zurück zum voreingestellten Verzeichnis (Restore Default Folder)** (nur bei 2D, 3D) : Wenn Sie verschiedene 2D/3D-Diagramme aus unterschiedlichen Verzeichnissen geholt haben, kommen Sie mit diesem Menüpunkt wieder zurück zu dem Verzeichnis, wo Sie normalerweise Ihre Diagramme abspeichern. Im Hauptmenü wird dieses Verzeichnis über das Menü **Options > Folders > Description (.EZ) and Plot Files** eingestellt.

## **Edit :**

**Zurücksetzen (Undo)** : Mit **Undo** können alle Änderungen in einer Beschreibung seit ihrer Öffnung in umgekehrter Reihenfolge rückgängig gemacht werden. Eine Änderung an einer beliebigen Stelle im Programm kann von jedem Fenster, das eine Undo-Funktion hat, rückgängig gemacht werden.

**Wiederherstellen (Redo)** : Mit **Redo** können Sie ein **Undo** wieder rückgängig machen.

**Diagramm kopieren (Copy Plot)** : Der Diagrammbereich der Anzeige wird als Bitmap-Datei in die Windows-Zwischenablage kopiert. Sie kann von dort als grafisches Objekt in anderen Windowsanwendungen weiter verarbeitet werden. Abweichend von der obigen Angabe wird das Diagramm in seinen Abmessungen nicht verändert und so kopiert, wie es auf dem Bildschirm erscheint. Wird das Bild vergrößert, wird es u.U. durch die begrenzte Pixelanzahl unscharf wiedergegeben. Sie sollten das Bild daher auf dem Bildschirm so groß darstellen, dass es ohne Änderungen weiterverarbeitet werden kann. Wollen Sie ein möglichst großes Diagramm auf dem Bildschirm haben, schalten Sie das Daten- und Steuerfenster ab und vergrößern Sie das Bild auf den Maximalwert. Die Kopie dieser Darstellung hat die größtmögliche Auflösung und kann bei einer Verkleinerung noch an Qualität gewinnen.

**Diagramm und Daten kopieren (Copy Plot and Data)** (nur für 2D und SWR) : Kopiert das Diagramm und die Datensektion in die Zwischenablage. Die Datensektion muss dazu zugeschaltet sein. Es gelten die gleichen Anmerkungen zur Qualität wie im vorigen Punkt.

## **View :**

**Mehrfachdiagramme (Mult Trc Field (nur für 2D))** : Diese Auswahl ist nur möglich, wenn eine oder mehrere Spuren zu dem Basis-Diagramm hinzugefügt wurden und unter **Desc Options** die Auswahl für multiple Polarisationen freigegeben wurde. Sie können dann mit **Vert**, **Horiz** oder **Total** wählen, welche Polarisation angezeigt wird.

**2D-Diagramm anzeigen (Show 2D Plot)** (nur für 3D) : Schaltet die 2D-Anzeige zu und ab. Dient zur Darstellung und Analyse eines 2D-Schnitts (**slice**) im 3D-Diagramm.

**Steuerung anzeigen (Show Controls)** : Schaltet die Steuer-Sektion an und ab. Sie kann nur in einer 2D-Anzeige zugeschaltet werden, wenn die 3D-Anzeige zugeschaltet ist und ein Spalt des 3D-Diagramms in der 2D-Anzeige dargestellt werden soll.

**Daten anzeigen (Show Data)** (nur für 2D und SWR) : Schaltet Datensektion an und ab

**Datenlinien anzeigen (Show Data Lines)** (nur für 2D) : Wenn angewählt, werden zusätzliche Linien für das Maximum, die -3 dB-Punkte und Nebenkeulen eingefügt und in der Datensektion ausgegeben. Diese Anzeige arbeitet nur, wenn die Datenanzeige (**Show Data**) aktiv ist. Die Farben der Linien können im Menü **Options** festgelegt werden.

**Objekte anzeigen (Show Objects)** (nur für Antennenanzeige) : Auswahl der in der Anzeige darzustellenden Objekte wie Ströme, Segmentpunkte u.a. Einzelheiten können Sie in der Antennenanzeige (**View Antenna Display Objects**) auswählen.

## **Options :**

**Farben (Colors)** : Auswahl der Farben für die Objekte in der Anzeige

**Hinweis 1** : Die ausgewählten Farben bleiben nur für die jeweilige Sitzung aktiv, können aber als



Voreinstellung mit **Save As Default** als voreingestellt abgespeichert werden. Die Einstellungen können auch auf die voreingestellten Werte zurückgesetzt werden.

**Hinweis 2** : Die Hintergrundfarbe wird beim Drucken ignoriert.

### **Reset :**

**(nur für 2D, 3D und Antennenanzeige):**

- **Cursor auf Maximum setzen (Reset Cursor to Max)** (nur für 2D und 3D) : Setzt den Cursor auf den Punkt der maximalen Feldstärke. In der 3D-Darstellung muss dazu die Helltastung zugeschaltet sein und der hellgetastete Spalt muss die maximale Feldstärke enthalten.
- **Position zurücksetzen (Reset Position)** (nur View Antenna und 3D ) : Dreht die Anzeige in die voreingestellte Position zurück
- **Alles zurücksetzen (Reset All)** (nur View Antenna, 3D) : Setzt Position und alle anderen Wahlmöglichkeiten wie z.B. Zoom (ausgenommen die Farben) auf die Anfangswerte zurück.

## 8.3.4 Grafikdateien erzeugen (Creating Graphics Files)

**EZNEC** erzeugt keine Grafiken im üblichen Format wie .bmp, .gif, oder .jpeg. Sie müssen dazu die Kopieroptionen verwenden und die gewünschten Grafiken aus **EZNEC** heraus in die Zwischenablage kopieren und von dort aus weiter verarbeiten. Kopieren Sie die Grafiken von der Zwischenablage in Anwendungen wie Paint und speichern Sie die Grafik von dort aus in einem der Windows-Formate. Sie können die Grafiken aber auch direkt nach WORD oder in andere Anwendungen übertragen. Informieren Sie sich zu Einzelheiten unter **Edit** im Abschnitt [Menüs \(Graphics Windows Menus\)](#)

Das \*.PF-Format, unter dem die Diagramme (**trace files**) abgespeichert werden, ist keine Grafikdatei. Es sind Dateien mit binären Daten und enthalten nur die numerischen Feldstärkewerte und keine Information, wie diese grafisch darzustellen sind.

## 8.3.5 Antennenansicht verwenden (Using The View Antenna Display)

Die Antennenansicht (View Antenna display) ist eine der leistungsfähigsten Anzeigen von **EZNEC**. Sie können sehen, wie die Antenne aussieht, welche Änderungen gemacht wurden, den Stromverlauf auf jedem Draht verfolgen und wie das Bild relativ zur Antenne orientiert ist und vieles mehr. Sie sollten die Antennenansicht die meiste Zeit geöffnet lassen.

In der Anzeige können zusätzlich verschiedene Objekte dargestellt und in ihrer Größe skaliert werden :

### **Menüs (The Menus) :**

Die Menüs wurden unter [Menüs \(Graphics Windows Menus\)](#) ausführlich erläutert.

### **Datenfenster (The Data Window) :**

Das Datenfenster unter der Antennenansicht zeigt die Länge und die Segmentlängen des letzten angewählten Drahtes. Es kann mit **View > Show Data** zu- und abgeschaltet werden.

### **Steuerung (The Controls)**

Das Steuerfenster links in der Antennenansicht kann mit **View > Show Controls** zu- und abgeschaltet werden, Mit den Steuerelementen können Sie die Anzeige zoomen, zentrieren und

bewegen und auch die dargestellten Ströme zoomen. Das Bewegen oder Zoomen der Anzeige hat keinen Einfluss auf das Antennenmodell. Sie ändern nur die Anzeige. Sie können auch mit der Maus die Anzeige zoomen oder bewegen (aber nicht die Ströme). Siehe Maus-Operationen weiter unten..

### **Die Achsen (The Axes)**

Der Kreuzungspunkt der Achsen nach dem Programmstart bildet den Ursprung des Koordinatensystems. Wenn Sie die Antenne mit den Steuerelementen bewegen oder die Zentrierfunktion (**Center Ant Image**) verwenden, stellen die Achsen nicht mehr das absolute Koordinatensystem dar. Sie werden auch nicht mehr in durchgehenden Linien, sondern gestrichelt dargestellt. Die Markierung des Ursprungs, ein Punkt mit einem Kreis herum, zeigt weiterhin die richtige Position des Ursprungs an, auch wenn die Anzeige bewegt oder gezoomt wurde.

### **Maus-Operationen**

- **Drehen (Rotating)**

Wollen Sie die Anzeige drehen, setzen Sie den Mauscursor an eine beliebige Stelle des Anzeigefensters, drücken Sie die linke Maustaste und halten sie gedrückt und bewegen Sie den Mauscursor. Sie können die Anzeige in zwei Richtungen drehen, solange Sie die Maustaste gedrückt halten, der Mauszeiger kann sich dabei auch ausserhalb der Anzeige befinden. Mit den Zeigertasten der Tastatur können Sie eine Feinkorrektur vornehmen, müssen aber erst mit der Maus in die Anzeige klicken.

- **Bewegen (Moving)**

Wollen Sie die Anzeige bewegen, setzen Sie den Cursor auf eine beliebige Stelle in der Anzeige. Drücken Sie die rechte Maustaste und halten Sie sie gedrückt. Sie können das Diagramm in die Richtung der Hauptachsen ziehen. Genommen wird die Achse, die der Mausbewegung am nächsten liegt. Sie können die Anzeige auch drehen um es dann in Richtung einer Achse bewegen zu können.

- **Lupe (Zooming) :**

Sie können die Anzeige zoomen, wenn Sie beide Maustasten zur gleichen Zeit drücken. Die Ströme werden dabei nicht gezoomt, das können Sie nur mit dem Schieberegler machen.

- **Drähte auswählen (Selecting Wires)**

Wenn Drahtfenster oder die Antennenansicht geöffnet ist, können Sie mit dem Mauscursor einen Draht anwählen und ihn mit einem linken Doppelklick markieren. Im Drahtfenster können Sie weitere Drähte markieren, wenn Sie die CTRL (Strng)-Taste gedrückt halten und weitere Drähte anklicken. Ein Doppelklick auf einen Draht, entfernt die Markierung von den schon ausgewählten Drähten.

Die Antennenansicht und das Drahtfenster sind koordiniert. Im Drahtfenster angeklickte Drähte werden auch in der Antennenansicht markiert und umgekehrt.

Die Länge und die Segmentlänge des zuletzt markierten Drahtes werden im Datenbereich der Antennenansicht angezeigt.

- **Drahtdaten (Wire Information)**

Sie können die Informationen zu jedem Draht sehen, wenn Sie den Maus-Cursor auf den Draht setzen. Ein wichtiger Einsatzfall ist die Identifikation, welches Drahtende welches ist. In der Information werden die Koordinaten des Drahtes angezeigt, dessen Ende dem Cursor am nächsten ist, und diesen Ende kann in der Anzeige identifiziert werden. Sie können die Anzeige mit der Spezialoption **WireInfoDist** verändern.

### **Anzeigbare Objekte (Displayable Objects)**

Eine Anzahl an Objekten kann in der Antennenansicht angezeigt werden. Diese Objekte werden über das Menü **View > Objects** ausgewählt oder wieder abgeschaltet. Angezeigt werden die Objekte, die einen Haken im zugehörigen Auswahlfeld haben. Auswählbar sind :

- **Achsen (Axes)**  
Wählt die Achsen aus
- **Ströme (Currents)** : Die Ströme auf den Drähten werden angezeigt. Die Intensität der Ströme wird durch ihren Abstand vom zugehörigen Draht dargestellt. Sie können daran erkennen, welcher Teil des Modells den größeren Beitrag zum Antennendiagramm liefert. Die Ströme werden erst angezeigt, wenn sie berechnet worden sind.
- **Phase des Stroms (Current Phase)** : Modifiziert die Anzeige, indem die Phase dadurch angezeigt wird, dass die Stromlinien um den Draht gedreht werden. In der Regel ist diese Darstellung wenig hilfreich, kann aber zusammen mit den Phasenmarkierungen z.B. bei Phased Arrays interessant sein.
- **Phasenmarkierungen (Current Phase Markers)** : Zusätzliche Markierungen zeigen eine durchgehende Linie bei 0° und eine gestrichelte Linie bei +90° an. Damit ist bei eingeschalteter Phasenanzeige eine bessere Auswertung möglich.
- **Segmentpunkte (Segment Dots)** : Segment- und Drahtverbindungen werden mit einem Punkt markiert (EIN/AUS).
- **Speisleitungen (Transmission Lines)** : Mitunter wird die Speiseleitung an einem weit entfernten Draht angeschlossen und dadurch die Antennenansicht unerwünscht verschoben. Speisleitungen können daher von der Darstellung abgeschaltet werden.
- **Drahtnummern (Wire Numbers)** : Sie sind für den Modellbau, die Modifizierung und die Fehlersuche sehr nützlich. Sie können aber ein komplexes ungezoomtes Modell sehr unübersichtlich machen. **EZNEC** speichert die Nummer ab. Sie können über das View-Menü wählen, ob und wie die Nummern angezeigt werden sollen. Es ist möglich, die Nummern zentriert (**centered**) oder ausser der Mitte (**offset**) anzuordnen.
- **2D-Diagramm (2D Pattern)** : einmal berechnet kann das 2D-Diagramm in der Antennenansicht zusätzlich angezeigt werden. Das ist vor allem dann nützlich, wenn die Antennenorientierung zusammen mit dem Richtdiagramm betrachtet werden soll. Mit der zusätzlichen Anwahl von **Semi-Solid** werden zusätzliche Linien eingeblendet, im Ihnen eine bessere Vorstellung des Diagramms zu geben. Das 2D-Diagramm wird nicht angezeigt, wenn ein 3D-Diagramm, aber kein Spalt darin gewählt wurde.

- **Objekte mit zwei Ports (2 port Objects)**

zeigt die eingefügten Objekte an

Objektsymbole : Diese Symbole werden verwendet

Hollow circle	Source
Leerer Kreis	Quelle
Hollow square	Series-connected load
Leeres Quadratt	Serielle angeschlossene Last
Hollow diamond	Parallel-connected load
Leeres Dreieck	Parallel angeschlossene Last
Square with letter	Two port insertion object
Quadrat mit Buchstabe	Eingefügtes Objekt mit zwei Ports

Diese Buchstaben werden verwendet ;

T	Transmission line Seiseleitung
X	Transformer Transformator
L	L network L-Netzwerk
Y	Y parameter network [ <b>EZNEC pro</b> only] Y-Parameter-Netzwerk (nur bei EZNEC Pro)

Einn eingefügtes Objekt mit zwei Ports, das an zwei Drahtsegmente angeschlossen ist, wird als Quadrat zwischen zwei Segmenten gezeichnet. Gestrichelte Verbindungsleitungen werden von den zwei Segmenten zu diesem Quadrat geführt. Für die beiden Ports werden unterschiedliche Farben verwendet. Welche Farben verwendet werden, können Sie mit dem Menüpunkt **Colors** im Menü **View** einstellen.

Eine eingefügtes Objekt mit zwei Ports kann auch zwischen einem Drahtsegment und einem virtuellen Segment ([virtual segment](#)) angeordnet werden, Das Quadrat liegt dabei an dem Drahtsegment und zu dem virtuellen Segment führt eine farbige gestrichelte Verbindung, links zum Port 1 und rechts zum Port 2. Am Ende dieser Leitung steht die Nummer des virtuellen Segments, mit dem der Port verbunden ist. Ist z.B. bei einem Transformator der Port 1 mit den Draht 1 und der Port 2 mit dem virtuellen Segment 4 verbunden, wird ein Quadrat angezeigt, dessen Port 1 links mit dem Draht 1 und dessen anderer Port über eine kurze farbige Leitung auf der rechten Seite mit dem virtuellen Segment **V4** verbunden ist. Ein offenes oder kurzgeschlossenes Ende einer Speiseleitung wird ähnlich angezeigt, hier steht ein **S** für Kurzschluss oder ein **O** für offen an Stelle des virtuellen

Segments.

Eingefügte Objekte, die nur mit virtuellen Segmenten verbunden sind, erscheinen nicht in der Antennendarstellung (**View Antenna display**), können aber in der Liste der virtuellen Segmente (**Virtual Segment List**) gefunden werden. Gehen Sie ins Menü **View Ant** und wählen Sie **Show Virtual Seg Conn**. Siehe auch [Antennenansicht verwenden \(Using The View Antenna Display\)](#).

### 8.3.6 2D-Ansicht verwenden (Using The 2D Display)

Das 2D-Diagramm zeigt das Resultat der Berechnung des Fernfelds in Azimuth- oder Elevations-Richtung als „Schnitt (slice)“ der vollen 3D-Berechnung des Antennendiagramms. Es kann auch zusammen mit dem 3D-Diagramm dazu genutzt werden, einen Schnitt durch das dreidimensionale Diagramm in Richtung Azimuth oder Elevation zu zeigen. Die Anzeige wird mit einem Klick auf die Taste **FF Plot** im Hauptmenü geöffnet. Um den erwähnten „Schnitt“ als 2D-Diagramm anzuzeigen, öffnen Sie im View-Menü das 3D-Diagramm und wählen dort **Show 2D Plot** mit den Steuerelementen des 3D-Steuerfensters.

Die meisten Menüpunkte sind die gleichen wie bei den anderen Grafikfenstern, sie finden Sie unter [Grafikfenster \(The Graphics Windows\)](#). Sie sollten dieses Kapitel vorher gelesen haben, vor allem wegen der Überlagerung von Diagrammen, um Antennen und Diagramme miteinander zur vergleichen.

Das 2D-Diagramme enthält die Punkte **Data Lines** und einen **Cursor**. Keine dieser Punkte wird ausgegeben, wenn das Datenfenster (Data Window) über das **View** – Menü ausgeschaltet ist.

#### Navigation und verbesserte Werkzeuge (Navigation and Advanced Features)

**EZNEC** hat eine Reihe von Werkzeugen, die Ihnen bei der Analyse des 2D-Antennendiagramms helfen. Haben Sie die Anzeige mehrerer Polarisationen wie **Horiz**, **Vert** oder **Total** über **Desc Options** im Hauptmenü gewählt, können Sie mit dem Cursor von einem Polarisationsdiagramm zum anderen durch einen Klick auf die Liste links im 2D-Fenster schalten. Im Datenfenster wird die Feldstärke dieser Polarisationskomponente im Vergleich zum Isotrop-Strahler angezeigt. Wenn Sie weitere Kurven eingeblendet haben, können Sie auch hier mit dem Cursor durch einen Klick in die Liste auf diese Kurven umschalten. Wenn Sie das gemacht haben, erscheint in der rechten Spalte des Datenfensters eine zusätzliche Linie, in der der Wert relativ zum primären Diagramm bei der jeweiligen Cursorposition angezeigt wird, Sie können damit Diagramme einfach und quantitativ miteinander vergleichen.

#### Datenfenster (Data Window)

Im Datenfenster werden nützliche Informationen zum 2D-Diagramm ausgegeben : maximaler Gewinn (**maximum gain**), Vor-Rück-Verhältnis oder Vor-Seitenverhältnis (**front/back** oder **front/side ratio**), 3 dB – Bandbreite und andere Parameter.

Die Werte auf der rechten Seite des Fensters zeigen die Werte an der Stelle, auf der der Cursor im Diagramm steht. Positionieren Sie den Cursor mit einem Klick in das Diagramm. Ein Markierpunkt bewegt sich auf der Hüllkurve des Antennendiagramms, sie können diesen Punkt mit gedrückter Maustaste entlang dieser Hüllkurve ziehen. Beim ersten Klick muss der Cursor innerhalb des Diagramms stehen, zum Ziehen kann er ausserhalb der Hüllkurve stehen. Der Markierungspunkt ist nur sicht- und ziehbar, wenn das Datenfenster zugeschaltet ist.

Wenn der Markierungspunkt mit einem Mausklick in das Diagramm aktiviert ist, können Sie ihn mit den Pfeiltasten auf der Tastatur in kleinen Schritten und mit den Pfeiltaste „Bild auf“ und „Bild ab“ in größeren Schritten bewegen.

Die Datenlinien zeigen die Winkel an, für die **EZNEC** den maximalen Gewinn, die 3 dB-Punkte und Nebenkeule berechnet hat. Die Nebenkeule ist die Keule mit dem zweithöchsten Gewinn. Sie können die Datenlinien mit dem View-Menü ein- und ausschalten. Sie werden nicht angezeigt,

wenn das Datenfenster abgeschaltet ist.

#### **Steuerfenster (Control Window)**

Das Steuerfenster wird aus dem View-Menü geöffnet. Es ist erst zugänglich, wenn das 3D-Diagramm geöffnet ist, denn die Steuerelemente werden primär für Auswahl der Schnitte im 3D-Diagramm benötigt. Die Steuerelemente im Steuerfenster entsprechen denen im 3D-Steuerfenster. Ob die Frequenz auf dem Diagramm angezeigt wird, wird im Menü **Options** des Hauptmenüs festgelegt.

### 8.3.7 3D-Ansicht verwenden (Using The 3D Display)

Die 3D-Ansicht öffnet sich automatisch nach dem Start einer Fernfeldberechnung, wenn der Diagrammtyp 3D gewählt wurde. Es wird das volle Diagramm angezeigt. Wenn Sie sich das Diagramm genauer ansehen wollen, wählen Sie unter **Highlight** den Menüpunkt **Azimuth-Slice** oder **Elev(ations)-Slice** als Schicht (slice). Sie sehen dann farbig markiert, wo diese Schicht im 3D-Diagramm angeordnet ist. Die hellgetastete Schicht kann wahlweise als 2D-Diagramm (**Show 2D Plot**) angesehen werden oder mit der Antennenansicht überlagert werden.

#### **3D-Ansicht drehen (Rotating the 3D pattern)**

Sie können das 3D-Diagramm mit einem Klick in das Diagramm und gedrückter linker Maustaste beliebig drehen.

#### **Schnitt helltasten (Highlighting a slice)**

Schalten Sie das Steuerfenster (**Control Window**) über das Menü **View** zu und wählen Sie links oben **Azimuth Slice** oder **Elev Slice**. Das 3D-Diagramm wird etwas schwächer dargestellt und die hellgetastete Schicht ist farbig hervorgehoben zu sehen. Sie können mit den Schieberegler für Azimuth und Elevation im Steuerfenster die Lage des Schnitts verschieben.

#### **2D-Schnitt anzeigen (Displaying a 2D slice)**

Wenn Sie einen Haken in das Feld **Show 2D Plot** machen, wird das 2D-Diagramm dargestellt. Sie können nach wie vor mit den Schieberegler die Lage des Diagramms steuern und bekommen ein anschauliches Bild durch diese Kombination von 2D- und 3D-Darstellung.

Wenn Sie die Antennenansicht mit **View Antenna Display** öffnen, können Sie mit dem Menü **View > Objects > 2D pattern** das 2D-Diagramm in die Antennenansicht einblenden. Sie können sich das 2D- und das 3D-Diagramm dazu auf den Bildschirm holen und mit den Schieberegler im 3D-Diagramm die Darstellung sowohl im 2D-Diagramm als auch in der Antennenansicht zusätzlich drehen und verändern.

### 8.3.8 SWR-Ansicht verwenden (Using The SWR Display)

Das SWR-Diagramm wird nach dem Durchlauf der SWR-Berechnung gestartet. Die SWR-Berechnung wird nach einem Klick auf die Taste SWR im Hauptmenü gestartet. Ein Fenster öffnet sich, in das Start- und Stopp-Frequenz und die Schrittweite einzutragen sind. Für die SWR-Berechnung kann auch eine vorbereitete Datei angewählt werden. Siehe auch [SWR-Diagramm \(SWR Graph\)](#).

Das Menü im SWR-Fenster entspricht dem Abschnitt [Menüs \(Graphics Windows Menus\)](#). Im SWR-Diagramm wird der Verlauf des SWR über der Frequenz angezeigt. Das SWR ist nicht notwendig das aktuelle SWR an der Speiseleitung, zeigt aber das SWR einer Speiseleitung, die zwischen Quelle und Antenne angeschlossen sein könnte. Unter **EZNEC+** und **EZNEC Pro** gibt es weitere Anzeigemöglichkeit, die nachstehend erläutert werden.

Wenn Sie das Steuerfenster (**Control Window**) im **View**-Menü anwählen, haben Sie die Wahl für

zwei Impedanzen der Speiseleitung. Ein Wert ist fest und beträgt 50 Ohm. Der zweite Wert kann unter **Alt SWR Z0** über das Hauptmenü eingestellt werden. Im Steuerfenster kann auch gewählt werden, für welche Quelle das SWR angezeigt werden soll, falls das Modell mehr als eine Quelle enthält.

Weitere Informationen enthält das Datenfenster unter dem Diagramm. Das Datenfenster kann über das View-Menü zu- und abgeschaltet werden. Im Datenfenster sehen Sie die Impedanz und den Reflektionskoeffizient zusätzlich zum SWR.

Sie können den Cursor im SWR-Diagramm mit einem Klick zuschalten und mit gedrückter linker Maustaste an der Kurve entlang ziehen. Die zum Cursor zugehörigen Werte werden im Datenfenster ausgegeben.

**Gilt nur EZNEC+ und EZNEC Pro:** Beide Programme haben eine zusätzliche Anzeigerauswahl (**Display Type**) im Anzeigemenü (Menü **View**). Sie können in der Datenanzeige wählen, ob Sie das SWR, den Reflektionskoeffizienten, die Rücklaufdämpfung oder ein Smith-Diagramm sehen wollen. Wie im bisherigen SWR-Diagramm können Sie mit dem Mauscursor auf einen für Sie interessanten Punkt klicken oder den Cursor über die Tastatur verschieben, nachdem Sie mit einem Mausklick das Diagramm aktiviert haben. Die vertikale Skala wird bei den rechtwinkligen Ausgaben wie die Smith-Skala festgehalten. Das Programm erinnert sich an den zuletzt ausgewählten Diagrammtyp und wählt ihn bei der nächsten SWR-Berechnung. Beachten Sie bitte, dass das Smith-Diagramm nur eine Anzeige ist und kein Smith-Diagrammprogramm, das ein Anpassungsnetzwerk berechnen kann.

## 8.4 EZNEC Pro Information

Die Informationen in diesem Kapitel gelten **NUR** für die Programme **EZNEC-Pro/2** und **EZNEC-Pro/4**.

### 8.4.1 EZNEC Pro und NEC (EZNEC Pro And NEC)

Es gibt im Moment zwei Programme in der **EZNEC pro**-Familie : **EZNEC-Pro/2** und **EZNEC-Pro/4**.

**EZNEC-Pro/4** kann eine erweiterte **NEC-2**-Rechenmaschine, eine nutzerorientierte **NEC-4** – Maschine oder eine erweiterte NEC-4-Maschine verwenden, die zusammen mit **EZNEC-Pro/4** vertrieben werden. **EZNEC-Pro/2** kann nur die erweiterte **NEC-2** – Maschine verwenden. Darin besteht der einzige Unterschied zwischen den Programmen. Da aber **EZNEC pro** die NEC-2-Maschine oder – nur für **EZNEC-Pro/4** gültig – die NEC-4-Maschine nützt, bestehen doch einige wesentliche Unterschiede.

**Spannungen und Ströme (Voltages and currents):** NEC verwendet Spitzenwerte für Spannungen- und Ströme. **EZNEC pro** interpretiert und gibt die Werte als Effektivwert (**RMS**) aus. Eine NEC-Datei mit einer Quelle von 1.0 V , wird – wenn sie von **EZNEC pro** eingelesen wird - als **EZNEC pro** – Quelle von 0.707 V gewertet. Gleiches gilt für die Stromwerte, die von **EZNEC pro** als RMS-Werte verarbeitet werden. Die Leistung, die von **EZNEC pro** ausgegeben wird, ist die gleiche wie bei **NEC**. **EZNEC-Pro/4** kommuniziert mit der NEC-4-Maschine über die Standard-NEC-Ein- und Ausgabedateien. Wenn Sie die eine NEC-Eingabedatei von **EZNEC-Pro/4** mit einer Ausgabedatei der NEC-4-Maschine sehen, werden Sie die Übersetzung der Werte feststellen können.

**Dateneingabe ( Data input ) :** Anstelle einer ASCII-Datei werden die Daten über Beschreibungen ähnlich eines Tabellenkalkulationsprogramms eingegeben. Sie bekommen damit einen sehr schnellen Überblick und können die Eingaben leicht modifizieren und sehen unmittelbar den Einfluss auf die Antennenstruktur. **EZNEC pro** kann aber Dateien im NEC-Format lesen und schreiben und auch Drahtbeschreibungen im ASCII-Format importieren.



**NEC-Funktionen (NEC- features)** : Nicht alle NEC-Funktionen sind in **EZNEC pro** implementiert. Nicht implementiert sind Symmetrie (*symmetry*), Netzwerke (*networks*), Flachstrahler (*patches*), Nicht-Luft-Primärmedium (*non-air primary medium*), **Bogen** (*arcs*) und Kettendrähte (*catenary wires*). **EZNEC pro** ist in erster Linie auf die Analyse von Drahtantennen orientiert.

**Dateien (Files)** : Obwohl **EZNEC pro** die NEC-Format-Beschreibungsdateien lesen und schreiben kann, geht einige Funktionalität verloren, wenn nur dieses Format verwendet wird. Die volle Funktionalität wird nur mit Dateien im **EZNEC**-Format (\*.EZ) erreicht. Das Format dieser Binärdateien kann auf Anforderung mitgeteilt werden.

**Winkel (Angles)** : **EZNEC pro** verwendet den Elevationswinkel anstelle des Zenithwinkels. Der Elevationswinkel wird vom Horizont aufwärts (XY-Ebene) gemessen. **EZNEC pro** erlaubt eine weitere Darstellung des Azimuthwinkels. Sie entspricht dem Kompasswinkel und wird im Uhrzeigersinn von der Y+-Achse aus gemessen. Die Wahl wird im Hauptmenü unter **Options** getroffen.

**Leistung (Power)** : Bei **NEC** sind alle Spannungsquellen absolut. **EZNEC pro** erlaubt es Ihnen, einen individuellen Leistungspegel festzulegen. Wenn dies geschehen ist, werden alle Spannungen und Ströme so aufgeteilt, dass sich der festgelegte Pegel in der Summe ergibt. Mit dieser Festlegung können z.B. Spannungsbelastungen und Leistungsverluste in Lastkomponenten oder die Nahfeldstärke bei einer bestimmten Leistung berechnet werden. Die Leistung wird über das Hauptmenü unter **Options** eingestellt.

**Durchschnittlicher Gewinn (Average Gain)**: **EZNEC Pro** gibt einen durchschnittlichen Gewinn (Average Gain) von 1.0 (0 dB) an, wenn die integrierte total abgestrahlte Leistung der dem Modell durch die verschiedenen Quelle zugeführten Leistung entspricht, unabhängig davon ob ein Erdboden oder keiner spezifiziert wurde. Der NEC-Wert für den durchschnittlichen Gewinn ist gleich 2, wenn die abgestrahlte und die eingespeiste Leistung gleich sind und ein Erdboden angegeben wurde.

**Netzwerke (Networks)**: Wird eine Rechenmaschine mit doppelter Genauigkeit verwenden, sendet , **EZNEC Pro** die Netzwerkparameter an die **NEC**-Maschine mit doppelter Genauigkeit. **NEC** hat, auch wenn es für doppelte Genauigkeit kompiliert wurde, keine äquivalente Möglichkeit, die Daten mit doppelter Genauigkeit zu übernehmen. Dadurch können Differenzen zwischen Ergebnissen von **EZNEC Pro** mit doppelter Genauigkeit und **NEC** entstehen, besonders dann, wenn die **NEC**-Netzwerke von den **EZNEC Pro**-Netzwerken abgeleitet wurden.

**Anregung durch eine ebene Welle (Plane wave excitation)**: NEC-4 erlaubt die Erregung mit einer ebene Welle als Quelle zur gleichen Zeit wie konventionelle Quellen. **EZNEC Pro** kann das nicht, hier zur gleichen Zeit nur die Erregung durch eine Quellenart erlaubt. Bei **EZNEC Pro** hat auch keine Möglichkeit, den Ort der Quelle während der Berechnung zu verändern.

**Programmfehler (Bugs)**: **EZNEC Pro** hat zahlreiche in NEC-2 und NEC-4 gefundene Programmierfehler korrigiert. Während der Entwicklung der Erregung durch eine ebene Welle unter **EZNEC Pro** stellte sich heraus, dass NEC-2 den Parameter für das achsiale Verhältnis auf der EX-Karte nicht ignoriert, wie es sein sollte, wenn eine linear polarisierte Welle spezifiziert wurde. Zusätzlich berechnet NEC-4 die dB des Wirkungsquerschnitts inkorrekt, wenn ein anderer Wert für die Quellenamplitude als 1V/m verwendet wird oder wenn die Polarisation elliptisch und das achsiale Verhältnis von 1 abweicht. Weiterhin wird die Polarisationsrichtung (links oder rechts) einer elliptisch polarisierten ebene Quelle gegenüber der Angabe in der EX-Karte vertauscht. Diese Fehler wurden gemeldet und in den neueren Ausgaben von NEC-4 behoben, sie existieren aber noch in den meisten Kopien von NEC-2 und in älteren Kopien von NEC-4. Sie treten in **EZNEC Pro** NICHT auf , so dass die Ergebnisse von den mit fehlerhaften NEC-2 und NEC-4 berechneten Ergebnissen abweichen.

## 8.4.2 Arbeit mit NEC-Format-Dateien (Working With NEC Format Files)

*Dieser Abschnitt gilt NUR für EZNEC Pro-Programme !*

Es ist ziemlich einfach, eine Datei im NEC-Format zu schreiben. Fügen Sie der Datei die Erweiterung \*.NEC an. Nachfolgend wird das Format der NEC-Dateien beschrieben. Wenn Sie eine NEC-Datei nach **EZNEC pro** importieren wollen, fügen Sie die Erweiterung \*.NEC zum Dateinamen hinzu.

Eine Anzahl von NEC-Funktionen ist in **EZNEC pro** nicht implementiert, so dass eine exakte Übersetzung aller Dateien nicht vorgenommen werden kann. Die meisten Dateien können aber direkt übersetzt werden und die meisten geometrischen Karten, aus denen die Mehrzahl der komplexen Dateien besteht, sollten übersetzt werden.

Die NEC-Datei-„Karten“ werden über die NEC-2-Standards interpretiert (kompatibel zwischen NEC-2 und NEC-4) wie unten aufgeführt :

- CE,CM** Die ersten 30 Zeichen einer CE- oder CM-Karte werden zum Titel
- EK** Wenn die NEC-2-Maschine verwendet wird, setzt **EZNEC pro** normalerweise den erweiterten Dünndraht-Kernel in Abhängigkeit vom Drahtdurchmesser automatisch ein. Diese Karte überspielt die interne Einstellung. Sie hat keinen Effekt bei der NEC-4-Maschine.
- EN** Beendet die Dateiübersetzung
- EX** **EZNEC Pro** kann EX 1, 2 und 3 "cards" lesen und schreiben, wenn die Beschreibungen im NEC-Format geöffnet und abgespeichert werden. Falls sowohl konventionelle (EX 0) und Ebene-Welle-Quellen (EX 1-3) in einer NEC-Datei auftauchen, liest **EZNEC v. 5.0** beide Quellenarten. Anders als bei NEC-4 wird **EZNEC v. 5.0** aber diese Quellen nicht simultan verwenden. Sie müssen eine der beiden Arten auswählen. Wenn die Daten im NEC-Format abgespeichert werden sollen, speichert **EZNEC v. 5.0** nur die zur Bearbeitung ausgewählte Quelle in der NEC-Datei ab. Dadurch wird verhindert, dass ein NEC4-Programm das diese Daten einliest von **EZNEC v. 5.0** abweichende Ergebnisse berechnet. NEC-Quellen der Typen 4 und 5 werden in den Typ 0 konvertiert. Die Magnitude aller Quellen wird durch die Quadratwurzel aus 2 dividiert, um die Spitzenwerte von NEC in die RMS-Werte von **EZNEC Pro** umzurechnen. Die von beiden Programmen berechneten Leistungen stimmen dann überein.
- FR** Frequenzschritte werden ignoriert. Sie sind manuelle neu bei der Frequenzabtastung von **EZNEC pro** einzugeben.
- GA** Falls mehrere GA-Karten die gleiche Nummer haben und sich auf einen Bogen beziehen, werden alle Quellen, Lasten usw. auf die gleiche Kartennummer der ersten Karte übertragen. **EZNEC pro** gibt seine eigenen Nummern für jedes Segment aus, um den/die Bogen nachzubilden.
- GD, GN** Alle Parameter werden übersetzt. Falls ein zweites Medium auf beiden Karten definiert ist, dominiert die letzte Karte. Ist nur ein Bodenmedium definiert, wird ein Bodenschirm aus Radials ignoriert. Sind zwei Medien definiert und die Grenzen radial angegeben, wird die Grenze zwischen den Medien auf diesen Radius gesetzt. Bitte beachten Sie die weiteren Angaben zu GD, GN, RP weiter unten.
- GE** Die I1-Spezifikation wird ignoriert. **EZNEC pro** setzt automatisch den Äquivalentwert auf 0, wenn keine Bodenfläche (*ground plane*), bzw. auf 1 wenn eine Bodenfläche vorhanden ist und keine Drähte sich darunter befinden und auf -1, wenn sich Drähte darunter befinden (die Berechnung dieses Falls ist nur möglich, wenn **EZNEC-Pro/4**

- die NEC-4-Maschine verwendet und ein realer Boden mit hoher Genauigkeit (**Real, High-accuracy ground**) gewählt wurde.
- GM** Nur vollständige Drähte werden bearbeitet. Falls ein spezifiziertes Segment nicht auf ein Drahtende fällt, wird der gesamte Draht, der das Segment enthält, in die Operation einbezogen. Die Zählnummer ITG1 wird ignoriert und die neuen Drähte bekommen eine Nummer nach der **EZNEC pro** – Methode.
- GN** GN.0 (Reflektionskoeffizientbodentyp) wird in den Typ mit hoher Genauigkeit (High Accuracy, Sommerfeld) konvertiert. **EZNEC pro** unterstützt den Reflektionskoeffizientenbodentyp nicht.
- GR** Die Zählnummer (*Tag increment number*) ITG1 wird ignoriert und neue Nummern werden nach der **EZNEC pro**– Methode vergeben.
- GS** Die Koordinaten und Durchmesser aller Drähte, die vor der Begegnung mit der GS-Karte gelesen wurden, werden mit dem dritten Parameter auf der Zeile **FSCALE** multipliziert.
- GW** Die Zählnummern werden ignoriert. Die Drähte werden sequentiell nummeriert. Quellen, Lasten und Speiseleitungen werden aber auf den zutreffenden Drähten angeordnet.
- GX** Die Zählnummer ITG1 wird ignoriert und die Drähte bekommen neue Nummern entsprechend der **EZNEC pro** – Methode.
- LD** Die LD-Type –1 (Lasten rücksetzen(reset loads)) wird nicht übersetzt. Falls Lasten vom Typ R+jX (Typ 4) und andere RLC –Typen (Typen 0-3) oder Drahtverluste (wire loss) (Type 5) sind, wird der **EZNEC pro** – Lastentyp auf RLC gesetzt und R+jX-Lasten werden in serielle RL oder RC konvertiert. Die Impedanz dieser Lasten variiert im Gegensatz zu den NEC R+jX –Lasten mit der Frequenz. Der **EZNEC pro** – Lastentyp wird nur dann auf R+jX gesetzt, wenn die NEC-Datei keine RLC- oder Drahtverlustlasten enthält. Lasten mit einer per-Einheit-Länge-Spezifikation (Typ 2 und 3) werden nach der Länge des Segments berechnet auf dem sie ursprünglich angeordnet waren. Wird die Segmentlänge in **EZNEC pro** wesentlich geändert, verändern sie ihren Wert nicht. Drahtverluste auf LD-Karten werden in RL-Lasten mit einem frequenzabhängigen R umgewandelt, der sich in der gleichen Weise wie ein Drahtverlust1 (wire loss1) ändert. Das L ändert sich mit der Frequenz nicht, dieser Effekt hat nur einen kleinen Einfluss. Es handelt sich jetzt um **EZNEC pro** – Lasten, nicht mehr um Drahtverluste. Die Werte werden nach dem Drahtdurchmesser und der Segmentlänge in ihrer ursprünglichen Position korrigiert, ändern sich aber nicht, wenn Durchmesser oder Segmentlänge wesentlich geändert werden. Wiederholte Lasten verwenden die gleiche Konvention wie NEC.  
**Hinweis** : Die Übersetzung der LD5-Karte kann – falls gewünscht – gesperrt werden. Siehe Abschnitt [Spezialoptionen \(Special Options\)](#)
- NE, NH** Es wird nur die erste NE- oder NH-Karte gelesen. Die Daten der Karten werden in die Nahfeldeinstellung (**Near Field Setup**) von **EZNEC pro** eingelesen.  
**Hinweis** : Die Konvention zwischen Phi und Theta ist zwischen NEC-2 und NEC-4 vertauscht. EZNEC Pro benutzt die NEC-4-Konvention. Im Übersetzungsfenster (Translation window) wird eine Warnung angezeigt, wenn dieses Problem auftritt.
- NX** Beendet die Übersetzung nach **EZNEC pro**
- RP** **EZNEC pro** ignoriert Anfragen nach dem Druck des Gewinns in der Haupt- oder Nebenachse, nach einer Feldnormalisation oder einem Gewinndurchschnitt. Siehe ergänzende Kommentare zu GD, GN und RP. Ist keine RP-Karte vorhanden, werden voreingestellte Werte verwendet.

- TL** Nebenlasten (*Shunt loads*) werden ignoriert.
- XQ** Jeder andere Wert als 2 wird als 1 interpretiert, denn **EZNEC pro** kann keine simultanen Plots bearbeiten.

Alle anderen Karten werden ignoriert.

Die Übersetzung einer Eingabedatei wird mit der ersten EN- oder NX-Karte beendet.

Ergänzende Kommentare zu GD, GN, RP : Wegen der komplexen Rückwirkung von Bodenspezifikationen mit GD-, GN- und RP-Karten, kann **EZNEC pro** die Bodenspezifikation nicht auf die gleiche Weise wie NEC interpretieren. Überprüfen Sie die Bodentypen nach der Übernahme aus NEC. Vor allem bei einem Modell mit vergrabenen Drähten (*buried radials*) ist diese Überprüfung wichtig.

Wenn **EZNEC pro** eine Karte anders als NEC interpretieren muss, erscheint nach der Übersetzung ein Hinweis auf dem Bildschirm.

Die Positionen von Daten in einer Zeile werden von **EZNEC pro** nicht beachtet. Die Felder werden durch Zwischenräume, Tabulatoren oder Kommas begrenzt. Jede Anzahl von Zwischenräumen oder Tabulatoren kann verwendet werden. Ein Feld wird als leer angenommen, wenn es von Kommas eingeschlossen ist. Das Beispiel '3 , ,51,4' besteht aus den Werten 3-0-51-4. Zwischenräume und Tabulatoren werden ignoriert, solange keine anderen Zeichen vorkommen, nur die Kommas zählen. Das Beispiel '3 15,, 7 42 ,' wird als 3-15-0-7-42-0 interpretiert.

Kommentare können als Zeilen beginnend mit einem Ausrufungszeichen eingefügt werden. Alle Zeichen nach dem ! werden ignoriert.

Bitte beachten : Teilübersetzungen von NEC-Dateien oder defekte NEC-Dateien können einen Programmabsturz bewirken, da **EZNEC pro** keine Überprüfungen beim Einlesen von NEC-Dateien vornimmt. Sollten Sie einen Programmabsturz beim Einlesen gültiger NEC-Dateien feststellen, informieren Sie bitte den EZNEC-Entwickler.

### 8.4.3 Sehr große Modelle (Very Large Models)

Einige Faktoren sollten bei Modellen mit mehreren tausend Segmenten berücksichtigt werden. Die folgenden Zeilen sollen Ihnen bei Optimierung der Analyse von diesen sehr großen Modellen helfen.

**Rechenzeit (Calculation Time)** – Es gibt zwei große zeitverbrauchende Teile der Berechnung: die Impedanzberechnung (Matrix füllen) und die Stromberechnung (Matrixfaktor). Der erste Teil wächst etwa mit dem Quadrat der Segmentzahl, der zweite etwa mit der dritten Potenz. Bei grossen Modellen dominiert der zweite Teil. Ein weiterer Teil der Berechnung, "**solve**", kann extrem lang werden, wenn das Modell eine große Anzahl an Speiseleitungen enthält. Wenn ein Erdboden zu einem Freiraummodell hinzugefügt wird, verlangsamt sich die Berechnung ebenfalls deutlich. Für die Stromberechnung wurde speziell kompilierter schneller Code eingesetzt, der aber nur dann einen Effekt zeigt, wenn der virtuelle Speicher nicht auf die Festplatte ausgelagert werden muss. Hier wird generell viel Rechenzeit verbraucht. Bei ganz grossen Modellen mit etwa 20 000 Segmenten unter **EZNEC pro** werden Rechenzeiten von bis zu drei Tagen auf einer Pentium-3-Maschine mit 1,2 GHz benötigt. Versuchen Sie daher, die Segmentzahl möglichst niedrig zu halten, um eine annehmbare Rechenzeit zu erreichen.

**Segmente (Segments)** : Nach meinen Erfahrungen bei der Durchsicht von Modellen von **EZNEC pro** – Nutzern werden in den meisten Modellen mehr Segmente als benötigt verwendet. Da die Rechenzeit etwa mit dem Quadrat der Segmentzahl bei kleinen Modellen und dem Kubik der Segmentzahl bei sehr großen Modellen wächst, ist eine Reduzierung der Segmentzahl wünschenswert. Informieren Sie sich unter [Segmentierung \(Segmentation\)](#) über Tipps zur Reduzierung der Segmentzahl.

**Nutzung des Virtuellen Speichers (Virtual RAM Use) :** EZNEC pro nutzt – wenn nötig - die Festplatte als virtuellen Speicher. Sie können einige Rechengeschwindigkeit herausholen, wenn Sie diesen Punkt optimieren. Sehen Sie im folgenden Kapitel unter [Speicherverwendung kontrollieren \(Controlling Memory Use\)](#) nach. Beachten Sie dabei, dass die Rechengeschwindigkeit deutlich absinkt, wenn auf die Festplatte zugegriffen werden muss (siehe oben). Der benötigte Speicherplatz steigt mit dem Quadrat der Segmentzahl und verdoppelt sich, wenn mit doppelter Genauigkeit gearbeitet wird. Für ein großes Modell werden mehr als 10 GB für die temporäre Speicherung und 6 GB für zu schreibende Dateien benötigt. NEC-2-Maschinen benötigen wegen anderer Rechenmethoden wesentlich mehr Speicherplatz als NEC-4-Maschinen. **EZNEC pro** überprüft den vorhandenen Speicherplatz vor dem Beginn der Berechnungen und verweigert die Berechnung, wenn der Speicherplatz nicht ausreicht.

**Netzwerke (Networks) :** Die Gegenwart von Netzwerken kann die Rechengeschwindigkeit stark verringern, vor allem in sehr großen Modellen. In einem Modell mit 9000 Segmenten haben 100 Netzwerke die Rechenzeit nahezu verdoppelt. Mit der Verringerung der Zahl der Netzwerke kann eine erhebliche Verbesserung erzielt werden. Ein Netzwerk wird für jede Quelle und jede Speiseleitung erzeugt, jeweils zwei Netzwerke für jede geteilte Stromquelle (*split current source*). Die Kombination von Netzwerken mit der großen Hauptmatrix wird im Fortschrittsfenster als **Calculating currents: Solve** angezeigt. Sie sehen dabei, wie der Fortschrittsbalken sich füllt und Betrieb auf der Festplatte angezeigt wird, die als virtueller RAM genutzt wird. Wenn Sie die Zahl der Segmente und der Netzwerke verringern, wird dieser Zeitraum verkürzt.

**EZNEC-Pro/4 - Voraussetzungen (EZNEC-Pro/4 – Considerations) :** EZNEC-Pro/4 wurde für die Verwendung der externen NEC-4-Maschine entwickelt, wobei die NEC-4-Maschine sich etwas von der NEC-2-Maschine unterscheidet. Eine Nachteil dieser Anwendung hat sich bei sehr großen Modellen gezeigt, die viele Netzwerke enthalten. Sowohl die NEC-2- als auch die NEC-4-Maschine speichern die Hauptmatrix in dem Fall ab, in dem der Nutzer verschiedene Antennendiagramme vom gleichen Modell herstellen will. Die NEC-4-Maschine speichert die Matrix, bevor sie mit den Netzwerken kombiniert wird. Soll nun ein anderes Antennendiagramm berechnet werden, müssen die Netzwerke erneut mit der Matrix kombiniert werden. Bei kleinen Modellen braucht dieser Prozess nur wenig Zeit, aber in sehr großen Modellen mit vielen Netzwerken können dazu Stunden vergehen. Der einzige direkte Weg zur Lösung des Problems ist die Verringerung der Anzahl von Segmenten und/oder Netzwerken wo es immer möglich ist.

Falls eine Auflösung von zwei Grad ausreichend ist, starten Sie eine 3D-Ausgabe für die initiale Berechnung. Wählen Sie dann Azimuth- oder Elevationsschichten (*slices*) ohne eine Neuberechnung. Sie können das Modell auch mit der NEC-2-Maschine berechnen, die aber für grössere Modelle auch mehr Zeit benötigt, so dass Sie nicht viel Zeit gewinnen werden.

**Abbruch (Bailing Out) :** Sie können alle Berechnungen mit der Taste **Cancel** im Fortschrittsfenster (*Calculation Progress Window*) abbrechen. Es dauert immer eine gewisse Zeit, bis eine Reaktion erfolgt und die Berechnung beendet wird. Diesen Effekt werden Sie in allen **EZNEC pro** - Fenstern beobachten, denn die Rechenmaschine kommuniziert nur zu diskreten Zeiten mit dem Hauptprogramm, so dass eine gewisse Zeit vergeht, bis die Tasten abgefragt werden.

#### 8.4.4 Berechnung mit doppelter Genauigkeit (Double Precision Operation )

**EZNEC+, EZNEC Pro/2, and EZNEC Pro/4** enthalten eine **NEC-2**-Rechenmaschine mit doppelter Genauigkeit zusätzlich zur Standard-Maschine mit gemischter Genauigkeit. **EZNEC Pro/4** enthält zusätzlich eine NEC-4-Maschine mit doppelter Genauigkeit (**EZCalc4D**) neben der Standard-Maschine **EZCalc4** mit einfacher Genauigkeit. Unter **EZNEC Pro/4** können NEC-4-Programme mit doppelter Genauigkeit vom Nutzer verwendet werden. Die Wahl der Rechenmaschine bestimmt den die Größe des Modells, bei dem eine Operation im virtuellen Speicher stattfindet. Dieser Zeitpunkt tritt bei einer kleineren Anzahl von Segmenten (etwa Faktor 0,7) auf, wenn die doppelte anstelle der

einfachen Genauigkeit gewählt wird. Eine weitere Verlangsamung ist festzustellen, wenn eine größere Anzahl von Arrays während der Berechnung von und zur Festplatte transportiert werden müssen. Bei doppelter Genauigkeit wird etwa doppelt soviel RAM und temporärer Festplattenspeicherplatz benötigt. Die maximale Anzahl an Segmenten, die von **EZNEC** verarbeitet werden kann, ist gleich bei einfacher und bei doppelter Genauigkeit. Der Interface-Teil des Programms arbeitet immer mit einfacher Genauigkeit, eine Ausnahme bilden die L-Netzwerke, die Transformatoren und die Netzwerke mit Y-Parametern (nur bei **EZNEC pro**). Die Drahtkoordinaten werden an die Rechenmaschine mit einfacher Genauigkeit übergeben, ebenso die Drahtverbindungen. Auch die Modifikation der Drahthöhe wird mit einfacher Genauigkeit vorgenommen. Grenzbedingungen bei Drahtverbindungen, wie Abstände in der Nähe von  $0,001 \cdot \text{Segmentlänge}$  sollten vermieden werden. Sowohl EZNEC als auch die Rechenmaschinen modifizieren die Koordinaten geringfügig, es kann aber vorkommen, dass einmal die Drähte als verbunden und einmal als getrennt angenommen werden. Diese Situation sollte vermieden werden. Bei einer **NEC-4**-Maschine (nur unter **EZNEC Pro/4**) ist die Ausgabe des Interface-Teils eine NEC-4-Eingabedatei, die an die Rechenmaschine übergeben wird. Die Genauigkeit der NEC-4-Berechnung wird durch die Wahl der Rechenmaschine bestimmt.

Siehe [Options](#) im Hauptmenü zur Auswahl der Rechengenauigkeit und Kapitel [Externe NEC-4-Maschine verwenden \(gilt nur für EZNEC-Pro/4\) \(Using An External NEC-4 Engine \(EZNEC-Pro/4 Only\)\)](#) zu weiteren Informationen über das NEC-4-Programm mit doppelter Genauigkeit zusammen mit **EZNEC Pro/4**.

### 8.4.5 Speicherverwendung kontrollieren (Controlling Memory Use)

*Die **EZNEC pro** - Rechenmaschine benötigt eine große Menge an Speicherplatz wenn sie sehr große Modelle berechnen soll. Vor der Berechnung prüft das Programm den zur Verfügung stehenden RAM. Findet es zu wenig, verwendet es die Festplatte als virtuellen RAM und verlängert dadurch die Rechenzeit wesentlich. Die schnellste Rechenzeit wird erreicht, wenn möglichst wenig virtueller Speicher verwendet oder ganz vermieden wird. Mit **EZNEC pro** können Sie die von der Rechenmaschine benötigten Speicher einstellen und damit die Rechengeschwindigkeit in gewissen Grenzen beeinflussen. Wie, wird nachstehend beschrieben :*

Die Bezeichnung „zur Verfügung stehender Speicher (Available RAM)“ im Windows-System ist etwas nebulös. WINDOWS hat seinen eigenen Speichermanager und wenn der RAM nicht ausreicht, können es durch die Nutzung der Festplatte bis zu 2 GB werden. Ich nenne diesen Bereich *Windows-RAM* im Unterschied zum physikalischen Speicher. **EZNEC pro** könnte einfach annehmen, dass 2 GB RAM zur Verfügung stehen und WINDOWS den Rest der Arbeit überlassen, das die Daten zwischen der Festplatte und dem physikalischen RAM hin- und herspeichert. In der Praxis macht sich dieses Verfahren aber nicht sehr günstig, denn wenn große Datenfelder hin und her gespeichert werden, dauert es relativ lange und die Rechenzeit kann bis zu einer Größenordnung länger werden. **EZNEC pro** fragt daher nicht nach zu großen Windows-RAM-Mengen, um das Umspeichern zu minimieren. Der bei **EZNEC pro** eingebaute Algorithmus ist konservativ angelegt und kommt mit wenig Speicherplatz aus. Andererseits ist die Verwendung von virtuellem Speicher nicht so nachteilig, dass er nicht unter bestimmten Umständen benutzt werden kann, Zeitunterschiede von 20% sind nicht so wesentlich.

Die Größe der Hauptfeldes, das von der Rechenmaschine angelegt wird ist  $8N^2$  Bytes bei der Standard-NEC-2-Maschine ( $N$  = Segmentzahl). Das Feld ist also  $8N^2$  für die **EZNEC-Pro/4** NEC-4-Maschine mit einfacher Genauigkeit und  $16N^2$  für die NEC-2- und NEC-4-Maschinen mit doppelter Genauigkeit. Die Gesamtmenge an benötigtem Speicher ist natürlich etwas grösser, da noch andere Variablen und Felder gespeichert werden müssen.

Eine Berechnung mit einfacher Genauigkeit bei 20 000 Segmenten benötigt mehr als 3 GB Speicherplatz. Die üblichen PCs haben nicht so viel RAM installiert, so dass ein virtueller Speicher auf der Festplatte unumgänglich ist. Sie können aber die Menge an virtuellem Speicher herabsetzen

und dadurch die Rechenzeit etwas verringern. Bei kleineren Modellen können Sie die Schwelle, bei der **EZNEC pro** auf den virtuellen Speicher umschaltet, modifizieren. Wenn Sie die Schwelle allerdings zu hoch ansetzen, wird WINDOWS das Umspeichern übernehmen und die Geschwindigkeit wird stark zurück gehen.

Wenn Sie die Speichermenge, die von der Rechenmaschine vom Windows-RAM genutzt werden soll, von Hand einstellen, beobachten Sie während der Berechnung den Zugriff auf die Festplatte, Wird die Festplatte intensiv genutzt, setzen Sie die Speichermenge niedriger an.

**Hinweis** : Starker Festplattenbetrieb in gewissen Bereichen der Berechnung ist normal, vor allem im **Solve**-Bereich der Berechnung. Wird viel virtueller Speicher benutzt, sehen Sie vor allem im Bereich **Processing Data Saved to Disk** und in kurzen Perioden bei der Berechnung der Impedanzen und Ströme eine starke Aktivität.

Es gibt noch einen wichtigen Punkt, den Sie beachten sollten : **EZNEC pro** verwendet nie mehr Speicher, als für das aktuelle Modell benötigt wird, sie können aber nur die maximale Speichermenge einstellen. Wenn Ihr Modell weniger Speicher benötigt, hat jeder Versuch zur Veränderung der Einstellung des Maximums keinen Effekt. Gleiches gilt für die Einstellung, wenn Ihr Modell keinen virtuellen Speicher benötigt (siehe Anzeige im Fortschrittsfenster).

Die maximale Speichermenge an Windows-RAM, die von **EZNEC pro** verwendet werden soll, wird in der Datei **EZNEC.INI** im Abschnitt **[Special Options]** durch editieren folgender Zeile eingestellt (der jeweils zu erst eingetragene Parameter gilt und überspielt einen später eingetragenen. Die Anordnung der Zeilen in der Datei hat keinen Einfluss) :

**MaxAbsRAMUsedK = #**

Setzt das Maximum an genutztem Windows-RAM. # ist die Menge in Kilobytes.

**MaxAbsRAMUsedPct = #**

Setzt das Maximum an genutztem Windows-RAM, wobei # der Prozentsatz an installiertem physikalischem RAM ist

**MaxQualRAMUsedPct = #**

Setzt den Prozentsatz an genutztem Standardspeicher nach folgender Formel :

$\text{max Windows RAM} = \text{max}((\#/100) * (\text{installed RAM}), \text{act avail RAM})$ .

Die Formel hat den gleichen Effekt wie **MaxAbsRAMUsedPct** mit der Ausnahme, dass wenn mehr physikalischer RAM benutzt werden kann als der spezifizierte Prozentsatz an installiertem RAM, dann wird die Menge an physikalischem Speicher genommen. Das ist die voreingestellte Methode von **EZNEC pro**, das etwa 50% des maximal vorhandenen Speichers als Voreinstellung belegt.

Nach einer Änderung der Datei **EZNEC.INI** muss **EZNEC pro** nicht heruntergefahren und neu gestartet werden. Sehen Sie sich die Ausgabe der Speicherinformation (**Memory Info**) mit dem Menüpunkt **Utilities** im Hauptmenü an.

#### 8.4.6 Externe NEC-4-Maschine verwenden (gilt nur für EZNEC-Pro/4) (Using An External NEC-4 Engine (EZNEC-Pro/4 Only))

Gilt nur für **EZNEC-Pro/4** !

**Bitte beachten :**

Aus einer Reihe von Gründen ist ein Rückgang des Supports für externe NEC-4-Maschinen zu erwarten. Kommentare sind willkommen vor allem von denen, die die Funktion nutzen und auch von denen, die Funktion nicht nutzen wollen. Bitte senden Sie Ihre Kommentare



an [w7el@eznec.com](mailto:w7el@eznec.com).

**EZNEC-Pro/4** ist so entworfen, dass es mit NEC-4-Nutzerprogrammen genutzt werden kann. Damit können die Ergebnisse von verschiedenen NEC-4-Varianten verglichen werden oder es können spezielle Berechnungen mit einem zugeschnittenen Programm gemacht werden. Es kann aber vorkommen, dass wegen der Möglichkeit von Kodemodifikationen der verschiedenen Compiler **EZNEC-Pro/4** nicht mit allen Varianten zusammen arbeitet. Lesen Sie daher die folgenden Informationen zur Kopplung von externen NEC-4-Programmen mit **EZNEC-Pro/4**.

#### **EZNEC-Pro/4 zusammen mit einem externen NEC-4-Programm abarbeiten :**

Bevor Sie das externe NEC-4-Programm starten, müssen Sie eine Batch-Datei erzeugen, in der die Namen der Ein- und Ausgabedateien festgelegt werden. Erzeugen Sie eine Batch-Datei mit folgender Textzeile :

```
MyNEC4.exe <IOF.txt
```

**MyNEC4.exe** ist der Name des auszuführenden NEC-4-Programms und die Textdatei **IOF.txt** enthält folgende Einträge :

```
EZ.NEC  
NEC.OUT
```

Geben Sie der Batch-Datei einen Namen mit der Erweiterung \*.bat, z.B. **MyNEC4.BAT** und stellen Sie die Datei **IOF.txt** in das gleiche Verzeichnis wie das NEC-4-Programm. Wenn Sie zu ersten Mal ein externes NEC-4-Programm starten, müssen Sie den Namen im Hauptmenü unter **Options > Calculating Engine > External NEC-4 Program** auswählen. Geben Sie den Namen der Batch-Datei und nicht des NEC-4-Programms an. Das externe NEC-4-Programm kann in einem beliebigen Verzeichnis stehen, die Ein- und Ausgabedateien werden dann in diesem Verzeichnis angelegt. Sie können das externe NEC-4-Programm zur Voreinstellung machen, wenn Sie es mit **Save As Defaults** abspeichern, nach dem Sie die NEC-4-Maschine zugewiesen haben. Wollen Sie eine andere Rechenmaschine auswählen, gehen Sie im Hauptmenü zu **Options > Calculating Engine > External NEC-4** und öffnen Sie die Abfragebox. Sie müssen für jede dieser Maschinen eine Batch-Datei vorbereiten. Sie können sich aber die Datei **IOF.txt** gemeinsam teilen, wenn Sie den Pfad in der Datei **IOF.txt** mit ablegen.

#### **Tipps zum Abarbeiten von DOS-Programmen:**

Normalerweise wird nach dem Aufruf eines DOS-Programms das DOS-Fenster geöffnet, wenn das externe NEC-4-Programm startet. Dieses Fenster bleibt dann offen, bis das externe NEC-4-Programm beendet wird. Dieser Vorgang ist im allgemeinen erwünscht, um den Ablauf des DOS-Programms verfolgen und die Fehlermeldungen lesen zu können, die das externe NEC-4-Programm an das DOS-Fenster schickt. Bei einer SWR- oder Frequenzabtastungsberechnung ist es aber günstiger, wenn das Fenster nach dem Abschluss des externen Programms geschlossen wird, denn das externe Programm wird für jeden Frequenzschritt gestartet und sollte danach wieder geschlossen werden. Für den automatischen Fensterschluss muss eine PIF-Datei erzeugt werden, die auf folgendem Weg erzeugt werden kann :

- Öffnen Sie den Windows-Explorer und klicken Sie rechts auf die oben erzeugte Batch-Datei
- Klicken Sie auf **Eigenschaften** und dann auf **Kurzuruf (shortcut) erzeugen** . Der neue Kurzuruf erscheint am Ende der Dateienliste.
- Klicken Sie rechts auf den Kurzuruf und wählen Sie **Eigenschaften**

- Klicken Sie auf den Karteikarte **Programm** oben links.
- Klicken Sie in das Feld **Nach Beenden schließen** (Haken erscheint). Bestätigen Sie mit OK.
- Klicken Sie erneut rechts auf den Kurzruf und wählen Sie **Umbenennen**
- Löschen Sie **Shortcut to** und die Erweiterung . Der Originalname des Kurzrufs war **Shortcut to MyNEC4.bat**, ändern Sie ihn **MyNEC4**. Klicken Sie auf OK.
- Wenn Sie im Menü von **EZNEC-Pro/4** ein externes NEC-4-Programm auswählen, geben Sie wie oben den Namen der Batch-Datei an. Das PIF wird automatisch genutzt.
- Das automatische Schließen des Fensters kann durch Entfernen des Hakens unter **Nach Beenden schließen** abgeschaltet werden.

#### Begrenzungen (Limitations) :

Die meisten **EZNEC-Pro/4**-Funktionen sind mit externen NEC-4-Programmen nutzbar. **EZNEC-Pro/4** ist aber nicht in der Lage, Bodenbeschreibungen zu speichern und wieder zu nutzen. Die verschiedenen Compiler speichern diese Dateien in unterschiedlichen Formaten und **EZNEC-Pro/4** hat keine Möglichkeit zu erkennen, welcher Compiler für das externe Programm benutzt worden ist. Wenn Sie ein externes Programm benutzen, verlieren Sie auch die Anzeige des Berechnungsfortschritts, die Anzeige der Speicherverwendung und die Möglichkeit, das Programm vor dem Ende der Berechnung zu beenden.

**EZNEC-Pro/4** kann die maximalen Dimensionen der Felder eines externen Programms nicht beurteilen, so dass der Nutzer selbst sicher stellen muss, dass die Anzahl an Drähten, Segmenten, Verbindungen usw. die Grenzen der NEC-4-Felddimensionen nicht überschreitet.

**EZNEC-Pro/4** ist von gewissen Charakteristika der Ausgabedateien abhängig um die benötigten Daten zu bestimmen. Die Modifikation von Daten in der NEC-4-Ausgabedatei kann zu einer fehlerhaften Funktion von **EZNEC-Pro/4** führen. In der Regel werden zusätzliche Ausgaben von **EZNEC-Pro/4** ignoriert und stellen kein Problem dar.

#### Inkompatibilität (Incompatibility) :

Der Compiler *Microsoft FORTRAN PowerStation version 1.00* erzeugt Programme, die zu Problemen mit **EZNEC-Pro/4** führen. Bei der Version 1.0a scheinen die Probleme behoben zu sein. Der Schirm des Compilers zeigt *Version 1.00* an, auch wenn auf Version 1.0a aktualisiert worden ist. In der folgenden Tabelle können Sie feststellen, welche Version Sie u.U. haben. Alle Dateien stehen im Verzeichnis `\F32\BIN` :

File	v. 1.00	v.1.0a
BINDMSF.EXE	73,206 01-30-93	64,302 01-15-94
F23232.EXE	404,480 02-08-93	489,984 12-22-93
LINK32.EXE	277,504 02-03-93	52,224 02-02-94
LINK.EXE	ABSENT	385,536 01-19-94

**Microsoft PowerStation v. 1.00** hat Probleme bei der Konvertierung in und zwischen komplexen Variablen. Mindestens ein solcher Fall tritt beim NEC-4.1-Kode auf, möglicherweise sind weitere Fälle enthalten. Beim bekannten Fall stürzt **NEC-4.1** unter gewisse Umständen ab, so dass das Problem relativ schnell zu finden war. Andere Fälle erzeugen nur fehlerhafte Ergebnis. **EZNEC-Pro/4** kann Funktionen von **NEC-4.1** ausführen, die Sie normalerweise nicht verwenden, und Abstürze oder Ungenauigkeiten erzeugen, auch wenn Sie denken, es müsste eigentlich ordentlich

arbeiten. Verwenden Sie keine Programme unter **EZNEC-Pro/4**., die mit Microsoft PowerStation v. 1.00 kompiliert worden sind.

#### NEC-4.1 Fehler in der Medienhöhe (Medium Height Bug) :

Wenn Sie ein externes NEC-4-Programm mit zwei Erdbodenmedien verwenden, wird das zweite Medium ohne eine spezielle Option nicht richtig interpretiert. Das Problem entsteht durch einen Fehler in **NEC-4.1**, das den Parameter **CHT** auf der GD-Karte für die Medienhöhe im Vorzeichen invertiert. Die **EZNEC pro**-Maschinen **EZCalc4** und **EZCalc4D** wurden modifiziert, um den Parameter wie im Handbuch von NEC-4.1 beschrieben richtig zu interpretieren. Die gleiche Definition enthält NEC-2. **EZNEC-Pro/4** schreibt die **NEC**-Eingabedatei normalerweise nach dieser Definition. Sie können aber **EZNEC-Pro/4** veranlassen, unter bestimmten Voraussetzungen auf der GD-Karte ein invertiertes Vorzeichen vor den CHT-Parameter zu setzen. Führen Sie dazu folgende Änderung in der Datei **EZNEC.INI** durch :

EZIHs = #

Für # gilt :

# = 1 => Invertiert das Vorzeichen bei einem externen NEC-4-Programm

# = 2 => Invertiert das Vorzeichen beim Abspeichern im NEC-Format

# = 3 => Invertiert das Vorzeichen in beiden Fällen

Einzelheiten finden Sie unter [Spezialoptionen \(Special Options\)](#)

Wenn Sie den Fehler in der Quelle von **NEC-4.1** beheben wollen, invertieren Sie den Wert der Variablen CLIFH. Ich schlage vor, im Unterprogramm REFPT1, wo REFPT gerufen wird, die Bedeutung der Variablen wie bei NEC-2 zu verwenden:

CALL REFPT(-CLIFH,DX,DY,DZ,XP,YP,ZP,XS,YS,ZS)

**EZNEC pro** ist nicht dazu entworfen, mit einem externen NEC-2 oder NEC-3-Programm zusammen zu arbeiten.

## 8.5 Weitere Informationen (Additional Information)

### 8.5.1 Programmunverträglichkeiten (Software Incompatibilities)

**Norton Antivirus** : Läuft die Virusprüfung im Hintergrund, kann sich das Installationsprogramm von **EZNEC** aufhängen

**Antivirus und Anti-malware (-adware or -spyware) Programs** : Wenn diese Programm so eingestellt worden sind, dass sie dauern auf eine Virus-Aktivität achten sollen, neigen sie dazu, die Abarbeitung eines Programms deutlich zu verlangsamen. Meist passiert das, wenn die laufenden Programme eine Statusmeldung über den aktuellen Programmablauf abgeben. Diese Verlangsamung trifft relativ vor allem einfache Modelle, da hier die Meldungen schnell aufeinander folgen. Ein Beispiel ist die Berechnung des SWR-Diagramms bei einem relativ einfachen Modell. Sie sollten dann, falls Sie eine deutliche Verlangsamung feststellen, das Antivirusprogramm abschalten oder bei **EZNEC** eine Verringerung der Zahl der Mitteilungen einstellen. Ihnen steht dafür der Menüpunkt **CalcProgReduction** unter [Special Option](#) zur Verfügung.

**McAfee Antivirus** : Läuft die Virusprüfung im Hintergrund, kann McAfee Antivirus die Rechengeschwindigkeit von **EZNEC** erheblich verringern. Sie erkennen diesen Effekt daran, dass der Mauscursor klemmt oder sich nur in Sprüngen während der **EZNEC**-Berechnungen bewegt. Der

Effekt wurde bisher nur bei McAfee Antivirus V. 4 mit einigen Updates festgestellt.

**ZoneAlarm** : Bei ZoneAlarm v. 6.1.744.001 wurde festgestellt, dass **EZNEC** langsamer rechnet, aber nicht so stark wie bei McAfee. calculations but not nearly to the degree caused by the McAfee program. ZoneAlarm bremste nur, wenn "OSFirewall" aktiviert war. Dieses Werkzeug wird normalerweise zugeschaltet, wenn der ZoneAlarm Program Control Level auf Medium oder High gesetzt ist, aber er kann gertennt im ZoneAlarm's Program Control/Main/Custom-Fenster abgeschaltet werden. Alternativ können Sie mit dem **EZNEC-Menü *Special Option*** die Ausgabe von Meldungen verringern.

**Matrox PowerDesk** : Es wurde berichtet, dass **EZNEC** daran gehindert wird, die Fensterpositionen korrekt zu sichern, wenn es beendet wird. Schalten Sie dann das Feld ***Save/Restore window positions when programs are opened/closed*** im Menü ***PowerDesk > QuickDesk Multi-Display Controls*** ab

**Window Washer** : Aus unklaren Gründen löscht Window Washer von Zeit zu Zeit - z.B. jede Stunde - das temporäre Verzeichnis von Windows. **EZNEC** und andere Programm verwenden das temporäre Verzeichnis zum Ablegen wichtige Daten. Werden die Daten gelöscht kann es zum Absturz von **EZNEC** oder zum Rechnerabsturz kommen.

**Anderes** : Während der Berechnungen kommuniziert die **EZNEC**-Rechenmaschine mit dem Hauptprogramm, um den Berechnungsfortschritt zu melden und zu prüfen, ob die Taste **Cancel** (Abbrechen) gedrückt worden ist. Läuft ein anderes Programm, kann es dazu kommen, das die Reaktion verzögert wird und die Berechnung langsamer läuft. Auch dieser Effekt kann von **McAfee Antivirus** verursacht werden.

### 8.5.2 Berechnungsfortschrittsfenster (The Calculation Progress Window)

Das Berechnungsfortschrittsfenster (Calculation Progress Window) erscheint immer dann, wenn **EZNEC** seine Rechenmaschine für Berechnungen aufruft. Es bleibt auf dem Schirm, bis die Berechnungen beendet sind. Während dieser Zeit kann keine andere **EZNEC**-Operation ausgeführt werden. Es werden viele wichtige Daten angezeigt. Sie können die Berechnung mit der **Cancel**-Taste vor dem Ende abbrechen.

**[gilt nur für EZNEC-Pro/4]**: Das Fenster erscheint nicht, wenn Sie ein externes NEC-4-Programm für die Berechnung verwenden.

**Rechenmaschinen-Typ (Calculating Engine Type)** : In der Kopfzeile wird angezeigt, welche Rechenmaschine verwendet wird. Für das Standard-**EZNEC-Programm** wird immer **NEC-2** angezeigt. Bei den anderen Programmen wird angezeigt, welche der möglichen Maschine aktiv ist.

**Frequency** : die Frequenz wird unter der Kopfzeile angezeigt. Die Anzeige ist vor allem bei der Frequenzabtastung nützlich.

**Korrektur des abgestuften Durchmessers (Stepped Diameter Correction)** : Diese Mitteilung erscheint unter der Frequenzangabe, wenn eine oder mehrere Gruppen von Drähten mit der Funktion zur Durchmesserkorrektur bearbeitet werden. Die Anzeige garantiert aber nicht, dass z.B. bei einer Yagi alle Elemente korrigiert werden. Schalten Sie zu diesem Zweck die Anzeige für die Durchmesserkorrektur zu (***Stepped Diameter Correction Display***)

**[gilt nur für EZNEC-Pro/4]**: Die Durchmesserkorrektur ist bei der NEC4-Maschine in der Regel abgeschaltet und erscheint hier nicht.

**Festplatte als virtuellen Speicher verwenden (Disk Use As Virtual RAM)** : Wenn die

Rechenmaschine nicht genug RAM vorfindet, benutzt sie die Festplatte als virtuellen Speicher. NEC hat hier effizientere Routinen als Windows. Beim Standard-**EZNEC**-Programme werden Sie diese Anzeige wegen der Segmentbegrenzung nicht sehen, sondern nur bei den anderen **EZNEC**-Programmen mit großen Modellen.

**Rechenprozess (Calculation Progress)** : Im Fenster erscheinen mehrere Fortschrittsbalken wenn die Berechnungen laufen. Die Art der Balken hängt von den benötigten Berechnungen ab. Der Balken für die Bodenberechnung erscheint nur, wenn realer Boden mit hoher Genauigkeit (**Real, High Accuracy ground**) berechnet wird und **EZNEC** keine Datei von einer früheren Berechnung gefunden hat. Die Balken zeigen unterschiedliche Fortschritte an, sie stagnieren z.T. und sind nicht dazu geeignet Rückschlüsse auf die Rechengeschwindigkeit zu ziehen. Bei den **EZNEC pro**-Programmen wird die Berechnung in die beiden Teile **Factor** und **Solve** aufgeteilt, wenn Stromquellen oder Speiseleitungen im aktuellen Modell vorhanden sind. Der Solve-Teil verfolgt die Kombination der Hauptmatrix mit den Netzwerken, die bei sehr großen Modellen einen erheblichen Zeitanteil benötigen kann (siehe [Sehr große Modelle \(Very Large Models\)](#)). Sie werden einen Balken zur Geometrieprüfung (**Geometry Check**) sehen, der den Fortschritt von **EZNECs** Geometrieprüfung anzeigt.

**Abbrechen (Cancel)** : Mit einem Klick auf diese Taste werden die Berechnungen beendet und das Programm kehrt zur Bedienoberfläche (Interface) zurück. Der Status dieser Taste wird während der Berechnungen periodisch und in einem gewissen Abstand abgefragt, so dass die Reaktion auf diese Taste verzögert, vor allem bei Berechnungen mit einer sehr großen Segmentzahl, geschehen kann.

### 8.5.3 EZNEC re-installieren oder kopieren (Reinstalling or Copying EZNEC)

Um **EZNEC** zu re-installieren oder zu kopieren, legen Sie die beim Kauf erhaltene CD in ein Laufwerk und starten Sie die Setup-Datei. Haben Sie EZNEC aus dem Internet geholt, kopieren Sie diese Datei auf die Zielmaschine und starten Sie sie. Die abgespeicherten Antennenbeschreibungen (\*.EZ) und Diagramme werden bei der Installation nicht übertragen und müssen manuell kopiert werden.

Bei der Installation von **EZNEC** werden Einträge in der System-Registry gemacht und Dateien auch an anderen Plätzen als dem Installationsverzeichnis abgelegt. Diese Einträge und Dateien werden unbedingt für den Betrieb von **EZNEC** benötigt. Die reine Kopie des **EZNEC**-Verzeichnisses reicht NICHT, um **EZNEC** von einer Maschine auf eine andere zu bringen. Nur die Original-CD oder die aus dem Internet geholte Datei enthalten alle benötigten Informationen.

Machen Sie sich von der **EZNEC**-CD eine Sicherungskopie, falls Sie in Zukunft eine Neu- oder Re-Installation machen wollen. So sind sie auch sicher vor Ausfällen der Original-CD.

Sie können **EZNEC** auf so vielen Maschinen installieren, wie Sie wollen. Es darf aber zu einer Zeit immer nur EINE Kopie laufen. Eine Ausnahme ist das klar identifizierte Demo-Program, das frei kopiert und verteilt werden kann.

### 8.5.4 Datei LastZ.txt (LastZ.txt file)

Die Datei **Lastz.txt** wird bei einer Frequenzabtastung oder einer SWR-Berechnung angelegt. Sie enthält im durch Kommas getrennten Format die Impedanz und das SWR jeder Quelle für jede Frequenz. Die Datei bleibt im Verzeichnis von **EZNEC** wenn das Programm beendet wird und kann für andere Zwecke verwendet werden. In der ersten Zeile hat die Datei eine Überschrift mit der der Inhalt der Datei beschrieben wird.

In die Datei kann nur schreiben, sie wird mit "nur lesen" für andere Zwecke markiert. **EZNEC** legt

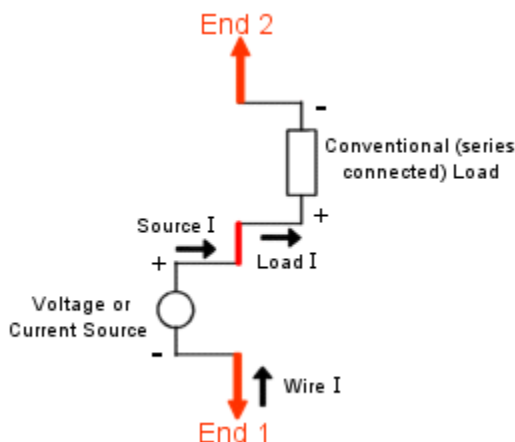
Wert darauf, dass die Datei korrekt und fehlerfrei bleibt, sie kann (soll) daher unter keinen Umständen editiert werden. Wollen Sie die Datei trotzdem editieren, kopieren Sie sie und speichern sie unter einem anderen Namen wieder ab. Sie können dann diese kopierte Datei für Tabellenkalkulationsprogramme u.ä. verwenden, die mitunter den Zugriff zur Original-Datei gegenüber **EZNEC** sperren und zu Fehlerausschriften führen.

## 8.5.5 Polarität von parallel angeschlossenen Lasten (Parallel Connected Loads Polarity)

### 8.5.5.1 Polaritätsdifferenzen zwischen seriell und parallel angeschlossenen Lasten (Polarity Differences Between Series and Parallel Connected Loads)

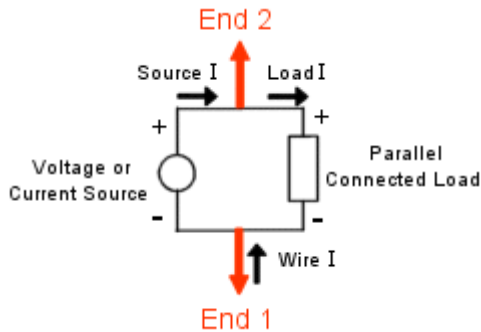
Die Polarität der Spannung und des Stroms die im Fenster **Load Data** angezeigt wird, ist normalerweise entgegengesetzt für serielle und parallele Lasten. Spannungen und Strom werden um  $180^\circ$  phasenversetzt angezeigt. Diese Differenz wird durch Unterschiede in der Definition der beiden Lastverbindungen hervorgerufen. Sie entsteht durch die Vorgabe, welche Seite als positiv anzunehmen ist und in welcher Richtung der positive Strom fließt. Diese Annahmen und der Grund für die Differenz wird nachstehend erklärt :

Nehmen Sie als erstes an, dass die Quelle und die konventionelle serielle Last in das gleiche rote Segment eingeschleift sind. Die Last ist – in der Zeichnung – in Serie mit der Quelle angeschlossen. Auch diese Verbindung wurde rot markiert. Die Polarität der Spannungen sind bei Quelle und Last angegeben, der Strom fließt in positiver Richtung durch beide Objekte und wird durch die Pfeile angezeigt.



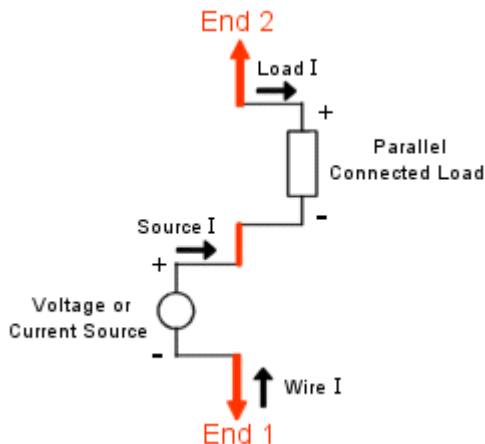
Liefert die Quelle z.B. ein Ampere mit der Phase  $0^\circ$ , zeigt das Lastfenster (**Load Data**) ebenfalls 1A und  $0^\circ$  an, da der Strom in positiver Richtung von Ende 1 nach Ende 2 fließt. Die gleichen Angaben treffen auch auf den Drahtstrom zu. Zu erwarten ist, dass der Strom durch die Last der gleiche ist, wie der von der Quelle gelieferte und auch die Richtung die gleiche ist. Der Spannungsabfall über der Last wurde wie angegeben definiert, die sich ergebene Impedanz ist gleich  $U/I$ .

Gehen wir jetzt zur parallelen Last :



Hier liegt über die Last die gleiche Spannung wie über der Quelle. Zu erwarten ist, dass für die Last die gleiche Spannung wie über der Quelle angezeigt wird. Für die Polarität ergeben sich die gleichen Werte für Last und Quelle. Für die Polarität bezogen auf die Enden allerdings ergibt sich auf diese umgekehrt wie bei der seriellen Last. Die Plusseite der parallelen Last zeigt zum Ende 2, während im Bild oben die serielle Last mit der negativen Seite an Ende 2 liegt. Der Strom durch die Last fließt in positiver Richtung durch die Last vom Ende 2 in Richtung Ende 1. Bezogen auf den angeschlossenen Draht ergibt sich auf diese Weise die umgekehrte Polarität der parallelen Last gegenüber der seriellen Last.

Die Schwierigkeiten erweitern sich, wenn eine parallele Last in Serie mit einer Quelle geschaltet wird. Das kann nicht auf dem gleichen Segment gemacht werden, sondern es muss ein angrenzendes Segment genommen werden. Die Situation sieht so aus :



Vergleichen Sie dieses Bild mit dem ersten Diagramm mit der seriellen Last und Sie stellen fest, dass die Polaritäten sowohl für Spannung als auch Strom invertiert worden sind. Diese Angaben haben keine Auswirkungen für das Modell ausser in der Anzeige im Lastfenster (**Load Data**). Immer dann, wenn Sie den Lasttyp von seriell auf parallel und umgekehrt ändern, werden Sie die 180° Phasendrehung für Strom und Spannung beobachten.

Die einzige Möglichkeit, diese Phasendrehung zwischen den Typen zu verhindern, wäre die Umkehrung der Definition. Würde die serielle Last umgepolt, flösse der Laststrom um 180° gegenüber dem Quellenstrom, wenn die beiden direkt in Serie geschaltet werden. Bei der parallelen Last müsste die Spannung an der Last um 180° gegenüber der Quellenspannung verdreht werden. Es wurden daher die oben angegebenen Konventionen gewählt. Das sind die gleichen Konventionen, die auch bei NEC verwendet werden und ihre Verwendung bei **EZNEC** macht es möglich, mit **NEC** vergleichbare Ergebnisse zu erhalten.



### 8.5.6 Spezialoptionen (Special Options)

*Einige Optionen werden so selten angewählt, dass sie nicht in ein Menü aufgenommen wurden. Über die Datei **EZNEC.INI** können Sie sie aber trotzdem einsetzen. **EZNEC** liest die INI-Datei vor jedem Start, so dass die Datei dazu genutzt werden kann, diese Spezialoptionen auszulösen.*

Die Datei **EZNEC.INI** kann mit jedem Texteditor gelesen und verändert werden. Sie können Sie auch mit dem **EZNEC**-Editor über das Menü **Edit .INI File** im Hauptmenü bearbeiten. Speichern Sie dann die Datei ab und beenden **EZNEC**. Nach dem Restart werden die Änderungen dann wirksam. Alle Einträge sind unempfindlich gegen Groß- oder Kleinschreibung. Zwischenräume vor und nach dem =-Zeichen sind erlaubt. Alle Einträge sind in die Sektion **[Special Options]** zu machen :

**DotMult = #** : # ist eine Zahl zwischen 0.5 und 5. Sie gibt die Größe der Gitterpunkte im 2D-Diagramm vor und vergrößert oder verkleinert sie. Modifiziert wird die Linienstärke die über das Hauptmenü **Options > Plot Printing > Printed Plot Line Width** für die Druckausgabe gewählt wurde. Beeinflusst wird nur das 2D-Diagramm. Siehe auch **PrintedOffsetAxisWidth** im nächsten Abschnitt.

**PrintedOffsetAxisWidth = Fixed** : Die Linien können nur dann gestrichelt angezeigt werden, wenn als Linienstärke Eins gewählt wurde. Es gibt drei Situationen in denen Linien gestrichelt angezeigt werden : In der Antennenanzeige, wenn die Achsen gegenüber dem Koordinatenursprung verschoben sind, die Marken für den Strom und im 2D-Diagramm, wenn verschiedene Polarisierungen angezeigt werden. EZNEC druckt diese Linien normalerweise in der gleichen Stärke wie anderen Linien, so dass dann, wenn die Linienbreite auf größer als 1 gesetzt worden, die Linien als durchgehend gedruckt werden. Mit **PrintedOffsetAxisWidth** gesetzt, bleiben sie gestrichelt, können aber u.U. in Abhängigkeit vom Drucker sehr schmal werden.

**PrinterMargin = #** , hier ist # eine Zahl zwischen 0 und 3, der eine Zahl gefolgt vom Buchstaben "c" (oder case) von 0c bis etwa 7.6c: Hiermit wird der Rand für die Diagramme (2D, 3D, SWR und View Antenna displays) eingestellt. Wir die Zahl mit c eingegeben, wird die Zahl als Angabe in cm angenommen, sonst sind es Zoll (inches). Z.B. erzeugt 1.2 einen Rand von 1.2 inches; 2.3c erzeugt einen Rand von 2.3 cm.

**CursorBorder = None** : Schaltet die Umrandung des Cursors bei den 2D, 3D und SWR-Diagrammen ab. Es gab Probleme bei Windows 2000 mit der ATI Xtra 128 – Grafikkarte, bei der die Umrandung die gleiche Farbe wie der Cursor bekam und der Cursor verloren ging, wenn er bewegt wurde.

**PrDataLineSp = #** : hier ist # eine Zahl von 1 bis 2. Sie gibt den Abstand der Datenzeilen im Datenfenster, die unter dem Diagramm gedruckt werden, vor. Es wird nur die Druckausgabe beeinflusst.

**CalcProgReduction = #** : hier ist # eine Zahl zwischen 0 und 3, andere Werte werden ignoriert. Wird verwendet, wenn das Programm von Anti-Virus oder Anti-malware-Programmen gebremst wird. (Siehe [Programmunverträglichkeiten \(Software Incompatibilities\)](#)). Mit der Angabe wird die Ausgabe des Programmfortschritts auf größere Abstände eingestellt. Mit Null erfolgt die Ausgabe in voreingestellter Häufigkeit, mit 3 reduzieren die Ausgabehäufigkeit maximal und beschleunigen damit die eigentlichen Berechnungen.

**MaxCMWidth = #** (gilt nur für **EZNEC pro**) : # ist eine Integer-Zahl : **EZNEC pro** speichert die Antennennotizen (**Antenna Notes**) als CM-Karte in der NEC-Eingabedatei. input file. Die Einstellung gibt die maximale Breite der Linie mit der Zahl der Zeichen pro Linie vor

**NECRadials = On** (gilt nur für Standard-**EZNEC**) : Siehe [Das NEC-Radial-Modell \(The NEC Radial Model\)](#)

**WireInfoDist = #** wobei # eine Integer zwischen -1 und 20 ist. Wenn der Wert 0 oder positiv ist, wird die Entfernung des Cursors von einem Draht eingestellt, ab dem sich das Drahtinformationfenster öffnet. Wird eine -1 eingegeben, öffnet sich das Fenster nur, wenn die rechte Maustaste zusammen mit der CTRL-Taste gedrückt wird.

**ButtonFontSize = #** : # ist eine Ziffer und gibt die Schriftgröße in den Tasten des Hauptmenüs vor. Mit dieser Option können Probleme bei der Darstellung auf manchen Systemen korrigiert werden. Voreingestellt ist der Wert 8. Sie können mit kleineren Werten experimentieren. Als Schriftart bei **EZNEC** wird Arial empfohlen. Bei Arial kann die Schriftgröße auf jeden Wert, sogar als Bruch eingestellt werden. Die voreingestellte Schriftart ist MS Sans Serif mit dem nur ganze und gerade Schriftgrößen gewählt werden können.

**ButtonFontName = fontname** : Hier kann die Schriftart (Font) für die Tasten im Hauptmenü z.B. auf Arial eingestellt werden. Siehe auch **ButtonFontSize** .

**MaxMSFreqs = #** : # ist eine Zahl von 8 oder 100. **MicroSmith** Versions 2.000B und frühere Versionen können maximal 8 Frequenzen in der \*.DAT-Datei (für frequenzabhängige Impedanzen) verarbeiten. Spätere Versionen verarbeiten bis zu 100. **EZNEC** schreibt ein Maximum von 8 oder 100 Werten abhängig von dieser Einstellung. Voreingestellt ist 100, aber bei einem Import von einer **EZNEC** - DOS-Version (ELNEC.CFG) kann dort auch eine 8 stehen. Wenn Sie das erste Mal **EZNEC** mit dieser Option in der Datei **EZNEC.INI** starten, bleibt dieser Wert als Voreinstellung erhalten. Eine Änderung ist dann nur über das Editieren der Datei **EZNEC.INI** möglich.

**Nur für EZNEC pro:**

**LD5Translation = First** veranlasst EZNEC pro die Verlustparameter der ersten LD5-Karte als globale Drahtverluste anzusetzen und die zusätzlichen LD5-Karten zu ignorieren.

Mit den folgenden Einträge können Sie die Speicherverwendung bei sehr großen Modellen steuern. Siehe auch [Speicherverwendung kontrollieren \(Controlling Memory Use\)](#)

**MaxAbsRAMUsedK = #**

**MaxAbsRAMUsedPct = #**

**MaxQualRAMUsedPct = #**

### 8.5.7 Das OpenPF-Druckformat (OpenPF Plot File Format)

**EZNEC** speichert 2D und 3D-Diagramme in Dateien unter dem **OpenPF**-Standard. Die Dateien bekommen die Erweiterung \*.PF und **EZNEC** verwendet sie normalerweise. Die Diagramme, die bei der Frequenzabtastung erzeugt werden, bekommen die Erweiterung **P #**. Dabei ist # die Nummer des Frequenzschritts. 3D-Diagramme bekommen die Erweiterung **\*.PF3**. Alle diese Erweiterungen entsprechen dem Standard. Nachfolgenden wird der Standard vorgestellt. Er kann von allen verwendet werden, die kompatible Programme entwickeln oder die Dateien direkt lesen wollen.

**Wichtiger Hinweis** : Obwohl die von **EZNEC** erzeugten Druckdateien mit dem OpenPF-Standard, übereinstimmen und EZNEC in der Lage ist, 2D-Druckdateien von Nutzern und anderen Programmen zu lesen, ist **EZNEC** nicht generell in der Lage OpenPF-Dateien, die von anderen Nutzern und anderen Programmen erzeugt wurden, zu importieren.

## OpenPF Plot-File Standard

Version 1.0 June 1, 1995

Der folgende Standard wurde von Brian Beezley und Roy Lewallen als gemeinsames Format entwickelt, um Daten zwischen Programmen austauschen zu können. Obwohl wir beide Beiträge zu diesem Standard geliefert haben, stammt die ursprüngliche Idee von Brian, er ist der Autor des Standards und hat die Hauptarbeit gemacht. Wir bieten anderen Programmierern an, diesen Standard zu verwenden.

OpenPF ist ein offener, nicht proprietärer Standard für Computerdateien, die Daten des elektromagnetischen Felds enthalten. OpenRF ist für Dateien gedacht, die bei der Antennenanalyseprogrammen und bei dem Ausmessen von Antennen entstehen. Die OpenPF-Dateien können zur Archivierung oder zum Transport dieser Daten verwendet werden. Programme können diese Dateien verwenden, um Feld- und Strahlungsdiagramme auf dem Bildschirm, dem Drucker oder dem Plotter auszugeben.

Das OpenPF-Dateiformat ist erweiterbar. Die Daten sind in Blöcken angeordnet, die mit einer Blocktyp-Identifikation gefolgt von der Blocklänge beginnen. Die Struktur erlaubt es, Blöcke, die nicht interessieren, zu übergeben oder zu ignorieren, einschliesslich von Blöcken, die in späteren Ausgaben von OpenPF definiert worden sind.

Die unten definierten Blöcke sind geeignet für relative 2-D-Fernfelddaten (Azimuth- und Elevations-Strahlungsdiagramm) und absolute 3-D-Nah- und Fernfelddaten. Das 3-D-Strahlungsdiagramm kann durch einen Satz von 2D-Datenblocks dargestellt werden.

Das Dateiformat ist dazu geeignet, in einer Datei Nah- und Fernfelddaten, absolute und relative Daten, Azimuth- und Elevationsdaten, Teil- und Vollschnitte, Daten für mehrfache Frequenzen und unidentifizierte Daten abzulegen.

Das Datenformat ist bereit für neue Felder für zukünftige Versionen von OpenPF ohne dass ein Zusatz an reservierten Bytes bereit gehalten werden muss. Neue Felder können an jeden Dateiblock angehängt werden. Mit einem Zähler, der die Blocklänge auswertet, kann zum nächsten Block geschaltet und die neuen Felder übersprungen werden.

OpenPF verwendet das Standard-Koordinatensystem. Bei rechtwinkligen Koordinaten bezeichnen X und Y horizontale Ebene und Z die Höhe. Bei spärlichen Koordinaten gibt R den radialen Abstand, Phi den Azimuthwinkel und Theta den Zenitwinkel an. Bei zylindrischen Koordinaten ist Rho die horizontale Distanz, Phi der Azimuthwinkel und Z die Höhe. Der Azimuthwinkel ist Null entlang der X-Achse und wächst in der XY-Ebene in Richtung Y-Achse (Gegenuhrzeigersinn). Der Zenithwinkel ist Null entlang der Z-Achse und wächst in der Z-Phi-Ebene in Richtung des Phi-Strahls. Die Einheiten sind Meter und Grad.

OpenPF – Dateien benutzen die Intel-Prozessor-Datenkonvention (*little-endian*), das niederwertigste Byte kommt bei Multibyte-Daten zuerst. Das Bit 0 ist das niederwertigste Bit. Markierte Bits sind reserviert und nicht unbedingt 0. OpenPF – Dateien haben die Erweiterung **\*.PF**.

In der folgenden Beschreibung ist ein Wort (**word**) ein vorzeichenloses 16-Bit-Integer und ein **FP** eine 32-Bit-Gleitkommazahl mit einfacher Genauigkeit nach dem IEEE-754-1985-Standard. **ASCII** bedeutet eine Zeichenkette (**string**) mit Zeichen aus dem erweiterten ASCII-PC-8-Zeichensatz.

- **Header** (Dateikopf)

OpenPF-Dateien beginnen mit einem Block in folgendem Format :

Version	Version	byte
Header length	Kopflänge	word
Source length	Quellenlänge	byte
Title length	Titellänge	byte
Environment length	Umgebungslänge	byte

Notes length	Länge der Notizen	word
Source	Quelle	ASCII
Title	Titel	ASCII
Environment	Umgebung	ASCII
Notes	Notizen	ASCII

### **Version**

Dieses Byte identifiziert die OpenPF-Version mit der die Datei erzeugt wurde. Die Versionsnummer besteht aus der Hauptversionsnummer (ein Integer) und der Unterversionsnummer (eine Zahl zwischen 0 und 9) getrennt durch einen Dezimalpunkt. Das obere Nibble (4 Bit) enthält die Hauptversionsnummer, das untere Nibble die Unterrevisionsnummer.

### **Kopflänge (Header Length)**

Dieses Feld enthält die Gesamtlänge des Kopfs in Byte. Der Dateianalysator verwendet diese Länge zur Längenbestimmung der Kopfes anstelle davon auszugehen, dass die Daten unmittelbar nach dem Notizentext beginnen. Kopflängen weniger als 3 sind ungültig.

### **Quelle, Titel, Umgebung und Notizenlänge (Source, Title, Environment, and Notes Lengths)**

Diese Felder spezifizieren die Länge der ASCII-Zeichenketten in Bytes. Null ist erlaubt.

### **Quellen-Zeichenkette (Source String)**

Diese Zeichenkette identifiziert die Datenquelle. Die Quelle kann ein Antennenanalyseprogramm, ein Antennenmessfeld oder ein Labor sein. Für eine Zeichenkette mit einer Nulllänge werden keine Bytes ausgewiesen.

### **Titel, Umgebung und Notizen (Title, Environment, and Notes Strings)**

Der Titel beschreibt die Antenne. Unter Umgebung wird das Antennenumfeld (Freiraum, Antennenhöhe, Erdbodenkonstanten u.a.) beschrieben. Die Notizen erhalten ergänzende Informationen, die nur auf Anfrage angezeigt werden. Die Datenblocks, die folgen, können Zeichenketten enthalten, die diese allgemeinen Informationen überspielen. Für eine Zeichenkette mit einer Nulllänge werden keine Bytes ausgewiesen.

### **• Data Blocks**

Die auf den Kopf (Header) folgenden Daten sind in Blocks angeordnet. Jeder Block beginnt mit dem Blocktyp (ein Byte) gefolgt von der Blocklänge (ein Wort). Die Blocktypen 0 bis 127 sind standardisiert und reserviert. Das Programm kann Blöcke mit der Typnummer 128 bis 255 für spezielle Zwecke verwenden, aber die Blocklänge muss jeweils auf den Blocktyp folgen, damit der Dateianalysator den Block überspringen kann. Die Blöcke können in beliebiger Reihenfolge angeordnet sein. Folgende Standardblöcke sind definiert :

#### **➤ NOP Block (No-operation block)**

Block type	Blocktyp	byte (0)
Block length	Blocklänge	word

Rest des Blocks

Der Blocktype 0 ist ein Keine-Operation-Block (***no-operation block***). Er bildet einen zu

ignorierenden Standard-Block (***standard ignore-me block***). Der Block wird in der Regel nicht verwendet, kann aber in Dateien eingearbeitet werden. Die Blocklänge gibt die totale Länge in Bytes an. Blocklängen kürzer als 3 sind ungültig.

### ➤ Relative Fernfeldblöcke (Relative Far-Field Blocks)

Block type	Blocktyp	byte (1-16)
Block length	Blocklänge	word
Title length	Titellänge	byte
Environment length	Umgebungslänge	byte
Notes length	Notizenlänge	word
Frequency	Frequenz	FP
Plane	Ebene	byte
Plane angle	Ebenenwinkel	FP
Symmetry	Symmetrie	byte
Number of points	Anzahl an Punkten	word
First angle	Erster Winkel	FP
Angular increment	Winkelinkrement	FP
Data points	Datenpunkte	each FP
Title	Titel	ASCII
Environment	Umgebung	ASCII
Notes	Notizen	ASCII

Die Blocktypen 1-16 enthalten planare Schnitte der relativen Fernfelddaten wie folgt :

<u>Block</u>	<u>Data</u>		<u>Units</u>
1	Total magnitude	Gesamtbetrag	dBi
2	Horizontal magnitude	horizontaler Betrag	dBi
3	Vertical magnitude	vertikaler Betrag	dBi
4	Right-circular magnitude	rechts-zirkularer Betrag	dBic
5	Left-circular magnitude	links zirkularer Betrag	dBic
6	Major-axis magnitude	Betrag in der großen Achse	dBi
7	Minor-axis magnitude	Betrag in der kleinen Achse	GdBi
8	Ellipticity	Elliptizität	dB
9	Total phase	Gesamtphase	degrees
10	Horizontal phase	horizontale Phase	degrees
11	Vertical phase	vertikale Phase	degrees
12	Right-circular phase	rechts-zirkuläre Phase	degrees
13	Left-circular phase	links-zirkuläre Phase	degrees
14	Major-axis phase	Phase in der grossen Achse	degrees
15	Minor-axis phase	Phase in der kleinen Achse	degrees
16	Polarization tilt	Polarisationsdrehung	degrees

Die Elliptizität ist die Länge der kleinen Achse der Polarisationsellipse geteilt durch die Länge der großen Achse ausgedrückt in dB (der IEEE-754-1985 Gleitkommakode für die –Infinität ist gültig). Die Polarisationsdrehung zählt in Richtung des Gegenuhrzeigesinnwinkels zwischen grosser Achse und der E(Theta)-Richtung.

### **Blocklänge (Block Length)**

Länge des Blocks in Byte. Blocklängen unter 3 sind ungültig

**Länge von Titel, Umgebung und Notizen (Title, Environment, and Notes Lengths)**

Länge der ASCII-Zeichenketten in Byte. Null ist gültig

**Frequenz (Frequency)**

Frequency in MHz.

**Ebene (Plane)**

Dieses Byte ist 0 für Azimuthdaten bei konstantem Zenithwinkel und 1 für Elevationsdaten bei konstantem Azimuthwinkel. Andere Werte sind reserviert.

**Ebenenwinkel (Plane Angle)**

In diesem Feld steht der Zenithwinkel für Azimuthdaten und der Azimuthwinkel für Elevationsdaten

**Symmetrie (Symmetry)**

Diese Bits haben – wenn sie gesetzt sind – die folgende Bedeutung :

Bit	Azimuth Data	Elevation Data
0	X symmetry	XY symmetry
1	Y symmetry	Z symmetry

Symmetrie bedeutet, dass die Daten den gleichen Wert haben, wenn Sie an der angegebenen Ebene reflektiert werden. Bei Azimuthdaten beziehen sich die Bits 0 und 1 auf die X und Y-Achsen. Bei Elevationsdaten beziehen Sie sich auf die XY-Ebene und die Z-Achse. Beide Bits können simultan gesetzt werden. Die Bits 2-7 sind reserviert.

**Anzahl an Punkten (Number of Points)**

Dieses Feld gibt die Anzahl der folgenden Datenpunkte an. 0 ist gültig.

**Erster Winkel (First Angle)**

In diesem Feld steht der Winkel für den ersten Datenpunkt

**Winkelinkrement (Angular Increment)**

Dieses Feld enthält das Vorzeichen und der Betrag für die Winkeländerung zwischen aufeinander folgenden Datenpunkten.

**Datenpunkte (Data Points)**

Die Daten beginnen beim ersten Winkel (first angle). Die Winkel aufeinander folgender Daten erhöhen sich jeweils um das Winkelinkrement (angular increment).

**Titel-, Umgebung- und Notizen-Zeichenketten (Title, Environment, and Notes Strings)**

Die Zeichenkettenlänge ungleich Null, überschreibt die Zeichenkette die jeweilige Blocküberschrift. Ist die Zeichenkettenlänge Null, wird kein Raum für die Zeichenkette zugewiesen und die jeweilige Überschrift bleibt erhalten.

- **Absolute Nah- und Fernfeldblöcke (Absolute Near- and Far-Field Blocks)**

Block type	Blocktyp	byte (64-81 & 96-101)
Block length	Blocklänge	word
Title length	Titellänge	byte

Environment length	Umgebungslänge	byte
Notes length	Notizenlänge	word
Frequency	Frequenz	FP
Power	Leistung	FP
Coordinate system	Koordinatensystem	byte
Symmetry	Symmetrie	byte
Number of A points	Anzahl der A-Punkte	word
First A	Erster A	FP
A increment	A-Inkrement	FP
Number of B points	Anzahl der B-Punkte	word
First B	Erster B	FP
B increment	B-Inkrement	FP
Number of C points	Anzahl der C-Punkte	word
First C	Erster C	FP
C increment	C-Inkrement	FP
Data points	Datenpunkte	each FP
Title	Titel	ASCII
Environment	Umgebung	ASCII
Notes	Notizen	ASCII

Die Blocktypen 64-81 enthalten absolute Felder. Die Blocktypen 67-81 enthalten Feldkomponenten in rechtwinkligen Koordinaten. Diese Blöcke sind wie folgt definiert :

<u>Block</u>	<u>Data</u>	<u>Units</u>
64	Power density      Leistungsdichte	watts/square-meter
65	Peak E magnitude      Spitzenbetrag E	volts/meter
66	Peak H magnitude      Spitzenbetrag H	amps/meter
67	Px Poynting vector	watts/square-meter
68	Py Poynting vector	watts/square-meter
69	Pz Poynting vector	watts/square-meter
70	Ex magnitude      Grösse Ex	volts/meter
71	Ey magnitude      Grösse Ey	volts/meter
72	Ez magnitude      Grösse Ez	volts/meter
73	Hx magnitude      Grösse Hx	amps/meter
74	Hy magnitude      Grösse Hy	amps/meter
75	Hz magnitude      Grösse Hz	amps/meter
76	Ex phase      Phase Ex	degrees
77	Ey phase      Phase Ey	degrees
78	Ez phase      Phase Ez	degrees
79	Hx phase      Phase Hx	degrees
80	Hy phase      Phase Hy	degrees
81	Hz phase      Phase Hz	degrees

Die Blocktypen 96-101 enthalten absolute E-Feld-Komponenten in spärlichen Koordinaten wie folgt :

<u>Block</u>	<u>Data</u>	<u>Units</u>
96	E® magnitude	volts/meter
97	E(phi) magnitude	volts/meter
98	E(theta) magnitude	volts/meter
99	E® phase	degrees
100	E(phi) phase	degrees
101	E(theta) phase	degrees



Verwenden Sie Blocktyp 65 für E-Spitzenwerte

### **Blocklänge, Zeichenkettenlänge und Frequenz (Block Length, String Lengths, and Frequency)**

Diese Felder sind die gleichen wie bei den relativen Fernfeldblöcken

### **Leistung (Power)**

Dieses Feld enthält die Antenneneingangsleistung in Watt

### **Koordinatensystem (Coordinate System)**

Dieses Byte spezifiziert das Koordinatensystem zur Festlegung der Datenpunkte (es spezifiziert nicht das Koordinatensystem für die Feldkomponenten). Das Byte ist 0 für ein rechtwinkliges (**rectangular**) Koordinatensystem. 1 für spärische (**spherical**) Koordinaten und 2 für zylindrische (**cylindrical**) Koordinaten. Andere Werte sind reserviert. Die Koordinaten sind wie folgt definiert :

<u>Coordinate System</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>
0 Rectangular	X	Y	Z
1 Spherical	R	phi	theta
2 Cylindrical	rho	phi	z

### **Symmetrie (Symmetry)**

Die niederwertigen Bits dieses Bytes haben – wenn gesetzt – folgende Bedeutung (**Meaning**):

<u>Bit</u>	<u>Meaning</u>
0	A-coordinate symmetry
1	B-coordinate symmetry
2	C-coordinate symmetry

Symmetrie bedeutet, dass die Daten den gleichen Wert haben, wenn die zugehörige Koordinate negiert wird (die Definition ist nicht die gleiche wie bei relativen Feldern !). Jedes der Bits kann gesetzt sein, die Bits 3-7 sind reserviert.

### **Anzahl der A,B oder C-Punkte (Number of A, B, or C points)**

Diese Felder spezifizieren die Anzahl der Punkte für jede Koordinate. 0 ist nicht zugelassen. Die Gesamtzahl der Punkte ergibt sich als Produkt aus A, B und C. Bei den rechtwinkligen Koordinaten wird das Feld über einen Punkt, eine Linie, eine rechteckige Oberfläche oder ein rechtwinkliges Volumen berechnet. Bei spärischen Koordinaten wird das Feld über einen Punkt, eine Linie, einen Kreis, eine Scheibe, eine spärische Oberfläche, einen Spheriod oder einen Teil davon berechnet. Bei zylindrischen Koordinaten wird das Feld über einen Punkt, eine Linie, einen Kreis, eine Scheibe, eine zylindrische Oberfläche, ein zylindrisches Volumen oder einen Teil davon berechnet.

### **Die ersten A,B und C (First A, B, and C)**

Hier werden die Startwerte für jede Koordinate festgelegt

### **A-,B- und C-Inkremente (A, B, and C Increments)**

Hier wird die Größe und die Richtung der Änderung von Punkt zu Punkt bezogen auf die zugehörige Koordinate festgelegt

### **Datenpunkte (Data Points)**

Die Punkte werden wie folgt ausgegeben : Zuerst kommen die A-Punkte vom ersten bis zum letzten, dann B und zuletzt C. Die Koordinaten der Punkte unterscheiden sich jeweils um das

definierte Inkrement.

### **Titel-, Umgebung- und Notizen-Zeichenketten (Title, Environment, and Notes Strings)**

Es gelten die gleichen Festlegungen wie bei den relativen Fernfeldblöcken

## 8.5.8 Smith-Diagramm-Programme (Smith Chart Programs)

### 8.5.8.1 MicroSmith

**MicroSmith** von Wes Hayward, W7ZOI, ist ein auf DOS basierendes Programm, mit dem Sie Impedanzen in einem Smith-Diagramm darstellen können. Mit dieser Hilfe können Sie Anpassnetzwerke entwerfen. **EZNEC** kann bei der Frequenzabtastung die Impedanzdaten direkt in eine für **MicroSmith** verwendbare Datei schreiben. **MicroSmith** wurde von der ARRL publiziert, ist aber nicht mehr erhältlich. Ich gehe davon aus, dass **winSMITH** der aktuell erhältliche Ersatz dafür ist.

**Hinweis** : **MicroSmith v. 2.000B** und frühere Versionen können nur 8 Frequenzschritte aus der Datei \*.DAT für frequenzabhängige Lasten verarbeiten, spätere Versionen erlauben 100 Werte.

**EZNEC** kann auf diese Grenzen 8 oder 100 eingestellt werden. Siehe **MaxMSFreqs** unter [Spezialoptionen \(Special Options\)](#).

### 8.5.8.2 winSMITH

**winSMITH** ist ein billiges auf Windows basierendes Programm, dass die Anzeige von Impedanzen in einem Smith-Diagramm gestattet. **EZNEC** kann eine Datei als direkte Eingabe für **winSMITH** erzeugen.

**Hinweis** : **winSMITH v. 2.00** gestattet nur 15 Frequenzwerte als Maximum , auf diesen Wert begrenzt EZNEC die Ausgabe.

**winSMITH** wird von Noble Publishing Corp., 4772 Stone Drive, Tucker, GA 30084, phone (770) 908-2320, <http://www.noblepub.com> vertrieben und ist auch über die ARRL, 225 Main Street, Newington, CT 06111, phone (860) 594-0259, <http://www.arrrl.org>. erhältlich. Wenden Sie sich bitte direkt an diese Adressen.

## 8.5.9 Eingabedateiformate (Input File Formats)

### 8.5.9.1 Eingabedatei zur Frequenzabtastung (Frequency Sweep Input File)

*Die Eingabedatei für die Frequenzabtastung enthält eine der Frequenzen, die bei der Frequenzabtastung verwendet werden sollen. Der Name der Datei wird im Hauptmenü > **Setup > Frequency Sweep selection** ausgewählt.*

Die Frequenzen werden in Megahertz angegeben und bestehen nur aus Zahlen. Sie können in beliebiger Reihenfolge angeordnet sein und müssen auch nicht im gleichen Abstand getrennt sein. Sie werden für die Anzeige in aufsteigender Reihenfolge sortiert.

Die Frequenzen müssen durch Zwischenräume, Wagenrückläufe oder eine Kombination davon getrennt sein. Falls in Ihrer Region der Punkt als Dezimaltrenner verwendet wird, können Sie auch ein Komma als Trennung verwenden.

Jede Zeile, die nicht mit einer Ziffer beginnt, wird ignoriert und als Kommentar angesehen. Sie kann beliebig im Text stehen.

Die Eingabe von Nullen oder leeren Feldern wird ignoriert.

Ein negativer Eintrag beendet das Einlesen der Datei, es werden nur Werte vor der negativen Zahl

ausgewertet. Sie können damit eine lange Liste beenden und nur den ersten Teil der Liste verwenden.

### 8.5.9.2 Datei für Drahtkoordinaten (Wire Coordinate File)

Über die Drahtkoordinatendatei können Drahtkoordinaten in das Drahtfenster eingelesen werden. Sie können auch über das Hauptmenü mit der Option **Import Wire Coordinates** als ASCII-Datei im Dateimenü übernommen werden.

Im Plus- und Pro-Programm sind zwei verschiedene Dateitypen erlaubt, im Standardprogramm nur der unten beschriebene Typ.

#### **Erster Formattyp** (für alle Programme) :

Die ASCII-Importdatei besteht aus einer wahlweisen Zeile mit der Definition der zu verwendenden Einheiten für die Koordinaten und Durchmesser, die von jeweils einer Zeile pro Draht mit den Ende-Koordinaten, dem Durchmesser und wahlweise der Drahtnummer gefolgt werden. Kommentare können überall angeordnet werden. Als Begrenzer sind Tabulatoren, Kommas oder eine beliebige Kombination davon erlaubt.

Die wahlweise Einheitspezifikation muss in einer Zeile stehen und vor allen Drahtdefinitionen stehen. Fehlt sie, werden Koordinaten und Durchmesser in Metern eingelesen.

Die Drahtdefinitionen enthalten die Koordinaten von Ende 1 und Ende 2 und den Drahtdurchmesser, die Drahtnummer kann als achttes Feld hinzugefügt werden. Auch die Segmentzahl kann als achttes Feld angeführt werden, Wird das Segmentfeld nicht verwendet, wird der Draht nach den „konservativen“ Regeln segmentiert.

Die Datei ist unempfindlich gegen Groß- oder Kleinschreibung. Leere Zeilen oder Zeilen, die mit einem Semikolon beginnen, werden ignoriert. Leerzeichen und Tabulatoren können als Trennzeichen zwischen den Feldern oder individuellen Spezifikationen akzeptiert werden. Kommas können nur dann als Trennzeichen verwendet werden, wenn das Komma NICHT als Dezimaltrennzeichen in Zahlen nach der Ländereinstellung verwendet wird,

Mit dem Drahtimport kann eine existierende Beschreibung ergänzt, aber auch überschrieben werden. Nachstehend sehen Sie zwei Beispiele.

#### **Beispiel 1**

Das **Beispiel 1** gilt für die USA und andere Regionen mit einem **Punkt** als Dezimaltrennzeichen :

Hier wird die Konfiguration einer Anordnung aus vier im Quadrat angeordneten Vertikalstrahlern (**4-square array**) aus der Antennenbeschreibung **4SQUARE.EZ** wiedergegeben. Beachten Sie bitte, das zur kompletten Antennenbeschreibung auch die Quellen gehören, die in **EZNEC pro** hinzugefügt werden müssen :

```
; Beispiel für einen EZNEC-Drahtimport für ein four square array.
; NUR FÜR REGIONEN MIT PUNKT ALS DEZIMALTRENNER !
; Beachten Sie, das der Drahtimport KEINE Quellen und KEINE anderen
; Informationen enthält. Zusätzlich müssen die Daten für Quellen, Frequenz,
; Bodentyp usw. eingegeben werden
; Die erste Zeile ohne Kommentar legt die Einheiten fest. Ausgelöst wird :

; -- Die Programmeinheiten werden in FEET (Fuss) geändert
; -- Die Drahtkoordinaten werden in feet (Fuss) interpretiert
; -- Der Drahtdurchmesser wird als inches (Zoll) interpretiert
```

***ft in***

; Danach folgen die Drähte. Zwischenräume, Kommas und Tabulatoren wurden  
 ; in dem Beispiel als Trennzeichen verwendet, um die Flexibilität zu illustrieren.  
 ; Diese Drähte werden automatisch und konservativ segmentiert. In jeder Zeile  
 ; kann eine minimal empfohlene Dichte oder eine bestimmte Zahl an  
 ; Segmenten zugefügt werden. Die jeweils ersten drei Ziffern sind das Ende 1  
 ; (in Fuss (ft), erste Einheit), es folgt das Ende 2 (in ft) und die letzte Zahl ist der  
 ; Durchmesser (in Zoll (in), zweite Einheit) .

```
0,0,0  0 0 32.75    1.5
0 34.42 0  0 34.42 32.75  1.5
34.42,    0 0 34.42 0 32.75, 1.5
34.42 34.42 0  34.42,34.42 32.75  1.5
```

; Normalerweise werden die Spezifikationen so geschrieben, dass sie einfach  
 ; zu lesen sind. Im Beispiel sollen aber die verschiedenen Spielarten bei  
 ; der Wahl der Trennzeichen dargestellt werden.

**Beispiel 2**

**Beispiel 2** für Regionen mit einem **Komma** als Dezimaltrennzeichen :

Hier wird die Konfiguration einer Anordnung aus vier im Quadrat angeordneten Vertikalstrahlern (**4-square array**) aus der Antennenbeschreibung **4SQUARE.EZ** wiedergegeben. Beachten Sie bitte, das zur kompletten Antennenbeschreibung auch die Quellen gehören, die in **EZNEC** hinzugefügt werden müssen :

; Beispiel für einen EZNEC-Drahtimport für ein *four square array*.  
 ; NUR FÜR REGIONEN MIT KOMMA ALS DEZIMALTRENNER !  
 ; Beachten Sie, das der Drahtimport KEINE Quellen und KEINE anderen  
 ; Informationen enthält. Zusätzlich müssen die Daten für Quellen, Frequenz,  
 ; Bodentyp usw. eingegeben werden  
 ; Die erste Zeile ohne Kommentar legt die Einheiten fest. Ausgelöst wird :  
 ; -- Die Programmeinheiten werden in METER (m) geändert  
 ; -- Die Drahtkoordinaten werden in Metern (m) interpretiert  
 ; -- Der Drahtdurchmesser wird als Millimeter (mm) interpretiert

***m mm***

; Danach folgen die Drähte. Nur Zwischenräume oder Tabulatoren wurden  
 ; in dem Beispiel als Trennzeichen verwendet. Kommas sind nicht erlaubt.  
 ; Diese Drähte werden automatisch und konservativ segmentiert. In jeder Zeile  
 ; kann eine minimal empfohlene Dichte oder eine bestimmte Zahl an  
 ; Segmenten zugefügt werden. Die jeweils ersten drei Ziffern sind das Ende 1  
 ; (in m), es folgt das Ende 2 (in m) und die letzte Zahl ist der Durchmesser (in mm).

```
0 0 0  0 0 9,9822    38,1
```

```

0 10,4912 0 0 10,4912 9,9822          38,1
10,4912 0 0 10,4912 0 9,9822 38,1
10,4912 10,4912 0 10,4912 10,4912 9,9822 38,1

```

; Normalerweise werden die Spezifikationen so geschrieben, dass sie einfach  
 ; zu lesen sind. Im Beispiel sollen aber die verschiedenen Spielarten bei  
 ; der Wahl der Trennzeichen dargestellt werden.

### **Komplette Regeln für Dateien zum Drahtimport mit den ersten Formattyp** **(Complete Rules for Wire Files Used for Importing with the first format type)**

#### **Übersicht (General):**

Kein Unterschied besteht zwischen Groß- und Kleinschreibung. Ein Semikolon (;) und alles was rechts davon steht wird ignoriert. Leere Zeilen werden ignoriert, Zwischenräume, Tabulatoren und eine Kombination davon kann als Trennzeichen verwendet werden. Kommas können dann verwendet, wenn sie in der Region NICHT als Dezimaltrennzeichen verwendet werden (z.B. in den USA, NICHT in Deutschland). Es werden zwei Arten von Spezifikationen verwendet : Drähte (*Wire*) und (wahlweise) Einheiten (*Units*).

Die Einheitspezifikation muss vor den Drahtdaten stehen. Textfelder können in Anführungsstriche („ „) eingeschlossen werden. Das sind Koordinateneinheiten, Durchmesserereinheiten, Drahtdurchmesser in AWG und „M“ für die minimale Segmentation. Fragezeichen werden in keinem Feld benötigt.

Der Nutzer kann mit der Drahtdatei eine Antennenbeschreibung ergänzen oder eine existierende Beschreibung überschreiben.

#### **Einheitenfestlegung (Units Specifications):**

Kein, ein oder zwei Spezifikatoren können verwendet werden. Die Einheitenfestlegung muss in der ersten Zeile vor allen Drähten stehen. Werden zwei Spezifikatoren angegeben, müssen sie auf einer Zeile stehen und durch ein gültiges Trennzeichen getrennt sein.

Der erste Spezifikator legt die Maßeinheit für die Koordinaten fest. Er modifiziert die EZNEC pro – Einheiten und steuert den Drahtimport so, dass die in der Datei festgelegten Einheiten verwendet werden. fehlt eine Spezifikation der Einheiten, werden Koordinaten und Durchmesser in Metern übernommen.

Der zweite Spezifikator (wahlweise) legt die Einheit für den Durchmesser fest. Die vom Programm für den Durchmesser verwendeten Einheiten können anders sein und werden von der Spezifikation nicht überspielt. Wenn z.B. die Einheit Feet (Fuss) für Koordinaten und Durchmesser verwendet wird, ändert EZNEC pro die Einstellung UNITS in Feet. Wenn beim Import ein Durchmesser mit 0,5 angegeben wird, wird das von EZNEC als 0,5 ft interpretiert. EZNEC zeigt dann aber den Durchmesser in Zoll an und gibt den Durchmesser mit 6 in an. Ist kein Spezifikator für den Durchmesser angegeben, wird angenommen, dass die gleiche Einheit wie bei den Koordinaten verwendet wird.

Es werden nur die ersten beiden Zeichen des Spezifikators gelesen. Sie werden wie folgt interpretiert :

M oder ME	- Meter
MI oder MM	- Millimeter
FT oder FE	- feet (Fuss)
IN	- inches (Zoll)
WA oder WL	- wavelengths (Wellenlänge)

### Drahtspezifikationen (Wire Specifications):

Jede Drahtspezifikation muss mindestens 7 Felder haben.

Felder sind die X, Y und Z-Koordinate von Ende 1, X, Y und Z-Koordinate von Ende 2 und der Drahtdurchmesser. Wahlweise kann im achten Feld die Drahtnummer oder die Segmentzahl stehen. Drähte mit Länge oder Durchmesser gleich Null werden entfernt. Die Koordinaten werden in Metern (ohne zusätzliche Einheitenspezifikation) unabhängig von der Spezifikation im Programm oder in der spezifizierten Einheit gemessen. Ein Drahtdurchmesser in AWG wird als #n geschrieben, wobei n eine ganze Zahl > 0 ist, n kann mehr als eine Ziffer haben.. Das optionale Segmentfeld kann die Zahl der Segmente oder den Buchstaben „M“ enthalten. Das „M“ bewirkt die automatische Minimalsegmentierung. Enthält dieses Feld einen anderen nicht-numerischen Wert, eine Null oder negative Zahl, wird der Draht automatisch „konservativ“ segmentiert. Felder über acht hinaus werden ignoriert.

### Zweiter Formattyp nur für EZNEC+ und EZNEC pro :

Mit diesem Format können Sie Daten aus einer NEC-Eingabedatei einfach importieren. Es werden nur die GW-Zeilen gelesen. EZNEC unterstellt dieses Format und sucht sich die Zeilen, die mit GW beginnen heraus.

Es wird das Standard-NEC-Format benötigt : Die Zeile beginnt mit GW, gefolgt vom Kennzeichen (tag) (wird ignoriert, der Segmentzahl, der Koordinaten der Drahtenden und dem Radius (nicht Durchmesser !). Es gibt keine optionalen Felder und das US-Format muss benutzt werden. Von jeder Zeile, die mit GW beginnt, wird angenommen, dass sie im GW-Format ist, alle anderen Zeilen werden übergangen und alle Werte werden in Meter ausgewertet. Kommentare können nach einem Ausrufungszeichen folgen. Das Format ermöglicht es, Drähte direkt aus einer NEC-Datei oder aus GW-Zeilen, die kopiert und eingefügt wurden, zu importieren. Beachten Sie, dass EZNEC pro – Programme die NEC-Dateien direkt und zusammen mit den meisten anderen Karten-Typen lesen können, so dass die genannte Methode hier nicht eingesetzt werden muss.

## 9. Rechtliche Hinweise (Legal Notices)

### 9.1 Haftungsausschluss (Legal Disclaimer)

Der Lizenznehmer oder Nutzer (**Licensee** oder **User**) erkennt an, dass die Zuverlässigkeit beliebiger und aller Ergebnisse, die von dieser Software produziert werden, nicht präzise sind und verschiedenen Ungenauigkeiten unterliegen. Der Lizenznehmer erkennt weiterhin an, dass die Zuverlässigkeit der Ergebnisse einer Vielzahl von Faktoren unterliegt, einschliesslich des verwendeten Antennentyps, der Umgebungsbedingungen, der Bodenleitfähigkeit und der Erfahrung des Lizenznehmers bei der Nutzung der Modellierungstechniken auf dem Computer.

Der Lizenznehmer erkennt im besonderen an, dass diese Software NICHT BENUTZT WERDEN kann, um erstens die Menge an elektromagnetische Energie zu bestimmen, die von der Antenne des Lizenznehmers abgestrahlt und den Nutzer, die Familie des Nutzers, die Nachbarn des Nutzers oder jeden anderen, der sich in der Nähe der Antenne des Nutzers aufhält, gefährdet und zweitens

den Nutzer oder jede andere Person vor gefährlichen elektromagnetischen Expositionen durch die Antenne des Nutzers zu bewahren.

Der Lizenzgeber (**Licensor**) gibt daher keinerlei Garantien, dass diese Software irgendeine Information in Bezug auf die menschliche Sicherheit oder die von der Antenne des Lizenznehmers ausgehende gefährliche Strahlung bereit hält. Der Lizenznehmer erkennt an, dass er oder sie sich bezüglich der Sicherheit der Antenne und der Strahlenbelastung durch elektromagnetische Energie von Personen im Bereich der Antenne nicht auf die vorliegende Software verlassen kann.

LICENSOR HEREBY DISCLAIMS ANY AND ALL WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. LICENSOR'S LIABILITY UNDER OR FOR BREACH OF THIS AGREEMENT SHALL BE LIMITED TO REFUNDING THE LICENSE FEE PAID BY LICENSEE. IN NO EVENT SHALL LICENSOR BE LIABLE FOR SPECIAL, CONSEQUENTIAL, OR INCIDENTAL DAMAGES, HOWEVER CAUSED, WHETHER FOR BREACH OF WARRANTY, NEGLIGENCE, CONTRACT, TORT (INCLUDING STRICT LIABILITY) OR OTHERWISE, OR FOR PERSONAL INJURY OR FOR PROPERTY DAMAGE. BY USE OF THIS SOFTWARE, LICENSEE HEREBY ACKNOWLEDGES AND AGREES THAT HE OR SHE WILL BE SOLELY RESPONSIBLE FOR ANY INJURIES ARISING OUT OF OR RELATING TO ELECTROMAGNETIC ENERGY EMITTING FROM USER'S RADIO ANTENNA. USER WILL INDEPENDENTLY SATISFY HIMSELF/HERSELF THAT USER'S RADIO ANTENNA DOES NOT EXPOSE ANY PERSONS TO HAZARDOUS LEVELS OF ELECTROMAGNETIC ENERGY AND DOES NOT SUBJECT ANY PERSONS TO UNSAFE CONDITIONS. USER WILL DEFEND, INDEMNIFY, AND HOLD LICENSOR HARMLESS FROM ANY AND ALL CLAIMS RELATING TO ELECTROMAGNETIC ENERGY EMITTED FROM USER'S ANTENNA INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, CLAIMS THAT THE LEVEL OF SUCH EMISSIONS IS UNSAFE. LICENSEE RELEASES LICENSOR FROM ANY CLAIMS RELATING TO THE INABILITY OF THIS SOFTWARE TO DETERMINE WHETHER LEVELS OF ELECTROMAGNETIC ENERGY COMING FROM LICENSEE'S ANTENNA ARE HAZARDOUS OR UNSAFE TO ANY HUMAN BEINGS.

(Dieser Abschnitt bezieht sich vorzugsweise auf das USA-Recht und wurde nicht übersetzt. Der Sinn des Inhalts entspricht dem ersten Abschnitt dieses Kapitels)

## 9.2 Anerkennung der Lizenz (License Agreement)

### Lizenzanerkennung für den Einzelnutzer (SINGLE USE SOFTWARE LICENSE AGREEMENT)

Für die Nutzung dieser Software erklärt der Nutzer sich mit folgenden Begriffen und Bedingungen einverstanden :

**Eigentümerschaft (Ownership)** : Das Eigentum an dieser Software liegt bei Roy W. Lewallen (Lizenzgeber (**Licensor**)). Mit der Auslieferung der Software wird kein Titel und keine Eigentümerschaft abgegeben, Der Verwendung der Software schliesst die Zustimmung des Lizenznehmers mit allen Begriffen und Bedingungen daran ein.

**Begrenzung der Haftpflicht (Limitation of Liability)** : Die Haftpflicht des Lizenzgebers beschränkt sich auf die Rückzahlung des durch den Lizenznehmer bezahlten Kaufpreises für dieses Programm. Der Lizenzgeber haftet nicht für jegliche Beschädigung des Eigentums, Beeinträchtigung der Person, Einbusse am Gebrauch, Unterbrechung des Geschäfts oder jede andere Beeinträchtigung oder Folgeschäden und auch nicht für einen Bruch der Garantie, des Vertrags, durch Nachlässigkeit oder anderes.

**Ausschluss der Garantien (Exclusion of Warranties)** : Der Lizenzgeber schliesst alle Garantien, explizit oder implizit, ohne Begrenzungen aus.

Die einzige Garantie des Lizenzgebers ist : Für eine Periode von 90 (neunzig) Tagen nach der



Auslieferung zahlt der Lizenzgeber den vollen Kaufpreis zurück, wenn ihm der Lizenznehmer mitteilt, dass er mit dem Programm nicht voll zufrieden ist und dem Lizenzgeber alle Hardware-Schlüssel, die zusammen mit dem Programm übergeben wurden, zurück gibt.

Mit Ausnahme des vorstehenden Satzes übernimmt der Lizenzgeber keine Garantie dafür, dass alle im Programm vorgesehenen Funktionen die Anforderungen des Lizenznehmers erfüllen. Der Lizenzgeber übernimmt keine weiteren Garantien für die Einsatzmöglichkeiten in einem bestimmten Fall.

**Nutzung der lizenzierten Software (Use of Licensed Software)** : Der Lizenzgeber lizenziert den Lizenznehmer die Software als Einzelplatznutzer zu verwenden. Die Software darf nicht in Mehrplatzsystem ein LAN eingeschlossen verwendet werden.

**Modifikationen und Kopien (Modification/Copies)** : Der Lizenznehmer kann Kopien des lizenzierten Programms machen, aber nur eine Kopie darf zu jeder Zeit in Betrieb sein. Jede Modifikation der lizenzierten Software durch den Lizenznehmer muss allen Bedingungen und Begriffen dieser Übereinkunft entsprechen und Eigentum des Lizenzgebers bleiben.

**Schutz (Protection)** : Wenn der Nutzer oder Überbringer das Programm, das Handbuch und/oder technische Dokumentationen oder ein Duplikat oder Modifikation davon entgegen den Bedingungen dieser Übereinkunft nutzt, behält sich der Lizenzgeber rechtliche Schritte gegen die Verletzung der Vertragsbedingungen vor. Mit der Verletzung dieses Abschnitts endet die Übereinkunft.

**Generelle Begriffe (General Terms)** : Die obsiegende Partei in einem Rechtsstreit kann von der unterliegenden Partei die Anwalts- und Gerichtskosten einfordern.

**Verschiedenes (Miscellaneous)** (Text gekürzt, d.Ü.) : Dieses Papier enthält die vertragliche Übereinkunft beider Parteien und kann nur durch ein schriftliches Übereinkommen, das vom Lizenzgeber und vom Lizenznehmer unterschrieben ist, modifiziert werden. Das Übereinkommen unterliegt den Gesetzen von Oregon. Ein sich aus einem diesem Übereinkommen ergebender Rechtsstreit ist vor dem Gericht des Multnomah County, Oregon, zu führen.

## 9.3 Copyright und Warenzeichen (Copyright and Trademark Notice)

Die **EZNEC-Programmtypen inklusive EZNEC, EZNEC+, EZNEC-Pro/2 und EZNEC-Pro/4** und ihre Handbücher und die Online-Hilfe sind copyright © 2000-2007 by Roy W. Lewallen. Alle Rechte sind reserviert.

**EZNEC®** ist ein registriertes Warenzeichen von Roy W. Lewallen. Alle Rechte sind reserviert.

## 9.4 NEC-4-Notizen (NEC-4 Notices)

**EZNEC-Pro/4** kann eine modifizierte Version von NEC-4.1 für Berechnungen verwenden. Die folgende Warnung und Notiz gehört zum von NEC-4.1abgeleiteten Programm. Lesen Sie diese Mitteilung, bevor Sie das Programm verwenden.

\*\*\*\*\* WARNING \*\*\*\*\*

The NEC-4.1 code is subject to export restrictions under Department of Commerce regulations EAR99 (15 CFR Parts 730-774).

Der NEC-4.-Kode fällt unter die Exporteinschränkungen der Regel EAR99 (15 CFR Parts 730-774) des Handelsministeriums

\*\*\*\*\* NOTICE \*\*\*\*\*

The computer code material was prepared as an account of work sponsored by an agency of the United States Government. Neither the United States Government nor the University of California nor any of their employees makes any warranty, express or implied, or assumes any legal liability or responsibility for the accuracy, completeness or usefulness of any information, apparatus, product or process disclosed, or represents that its use would not infringe privately-owned rights.

Der NEC-4.1-Computercode wurde durch eine vom United States Government unterstützte Arbeit erzeugt. Weder das United States Government noch die Universität von Kalifornien noch einer ihrer Mitarbeiter übernehmen irgendeine Garantie für die Genauigkeit, die Vollständigkeit oder Nutzbarkeit einer beliebigen Information, eines Apparats oder eines Prozesses und sie schließen nicht aus, das private Rechte verletzt werden.

## 9.5 Rechtliche Anmerkungen zu Drittprogrammen (Third Party Software Legal Notices)

### 9.5.1 vbAccelerator

Alle **EZNEC**-Programme ab Version 4.0.9 enthalten einen Code, der großzügig von **vbAccelerator** kostenlos zur Verfügung gestellt wurde. Die nachfolgenden Informationen betreffen die Lizenzbestimmungen für die Verwendung dieses Programms (Nicht übersetzt)

vbAccelerator code and binaries are provided for your reuse in any of your projects, whether proprietary, commercial or open-source. This document details vbAccelerator's Open Source software licence.

vbAccelerator Software License

Version 1.0

Copyright (c) 2002 vbAccelerator.com

Redistribution and use in source and binary forms, with or without modification, are permitted provided that the following conditions are met:

1. Redistributions of source code must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer
2. Redistributions in binary form must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution.
3. The end-user documentation included with the redistribution, if any, must include the following acknowledgment:

"This product includes software developed by vbAccelerator (<http://vbaccelerator.com/>)."

Alternately, this acknowledgment may appear in the software itself, if and wherever such third-party acknowledgments normally appear.

4. The names "vbAccelerator" and "vbAccelerator.com" must not be used to endorse or promote products derived from this software without prior written permission. For written permission, please contact vbAccelerator through [steve@vbaccelerator.com](mailto:steve@vbaccelerator.com).

5. Products derived from this software may not be called "vbAccelerator", nor may "vbAccelerator" appear in their name, without prior written permission of vbAccelerator.

THIS SOFTWARE IS PROVIDED "AS IS" AND ANY EXPRESSED OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL VBACCELERATOR OR ITS CONTRIBUTORS BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

### 9.5.2 Info-ZIP

Alle **EZNEC**-Programme ab Version 4.0.14 verwenden die Dateien unzip32.dll und zip32.dll ab Version 5.0.0, die großzügig von Info-ZIP kostenlos zur Verfügung gestellt werden. Die nachfolgenden Informationen betreffen die Lizenzbestimmungen für die Verwendung dieses Programms (Nicht übersetzt)

This is version 2004-May-22 of the Info-ZIP copyright and license. The definitive version of this document should be available at <ftp://ftp.info-zip.org/pub/infozip/license.html> indefinitely.

Copyright (c) 1990-2004 Info-ZIP. All rights reserved.

For the purposes of this copyright and license, "Info-ZIP" is defined as the following set of individuals:

Mark Adler, John Bush, Karl Davis, Harald Denker, Jean-Michel Dubois, Jean-loup Gailly, Hunter Goatley, Ian Gorman, Chris Herborh, Dirk Haase, Greg Hartwig, Robert Heath, Jonathan Hudson, Paul Kienitz, David Kirschbaum, Johnny Lee, Onno van der Linden, Igor Mandrichenko, Steve P. Miller, Sergio Monesi, Keith Owens, George Petrov, Greg Roelofs, Kai Uwe Rommel, Steve Salisbury, Dave Smith, Christian Spieler, Antoine Verheijen, Paul von Behren, Rich Wales, Mike White

This software is provided "as is," without warranty of any kind, express or implied. In no event shall Info-ZIP or its contributors be held liable for any direct, indirect, incidental, special or consequential damages arising out of the use of or inability to use this software.

Permission is granted to anyone to use this software for any purpose, including commercial applications, and to alter it and redistribute it freely, subject to the following restrictions:

1. Redistributions of source code must retain the above copyright notice, definition, disclaimer, and this list of conditions.
2. Redistributions in binary form (compiled executables) must reproduce the above copyright notice, definition, disclaimer, and this list of conditions in documentation and/or other materials provided with the distribution. The sole exception to this condition is redistribution of a standard UnZipSFX binary (including SFXWiz) as part of a self-extracting archive; that is permitted

without inclusion of this license, as long as the normal SFX banner has not been removed from the binary or disabled.

3. Altered versions--including, but not limited to, ports to new operating systems, existing ports with new graphical interfaces, and dynamic, shared, or static library versions--must be plainly marked as such and must not be misrepresented as being the original source. Such altered versions also must not be misrepresented as being Info-ZIP releases--including, but not limited to, labeling of the altered versions with the names "Info-ZIP" (or any variation thereof, including, but not limited to, different capitalizations), "Pocket UnZip," "WiZ" or "MacZip" without the explicit permission of Info-ZIP. Such altered versions are further prohibited from misrepresentative use of the Zip-Bugs or Info-ZIP e-mail addresses or of the Info-ZIP URL(s).
4. Info-ZIP retains the right to use the names "Info-ZIP," "Zip," "UnZip," "UnZipSFX," "WiZ," "Pocket UnZip," "Pocket Zip," and "MacZip" for its own source and binary releases.

## 10.Unterstützung (Support)

### 10.1Updates (Maintenance Releases)

Aktualisierungen (Updates) für **EZNEC** und **EZNEC+** (aber nicht für **EZNEC-Pro/2** und **EZNEC-Pro/4**) und dieses Handbuch finden Sie unter <http://eznec.com/ez50updates> sobald sie erschienen sind. **EZNEC pro** – Nutzer finden die Updates auf der URL auf dem CD-ROM-Label. Überprüfen Sie die genannten Adressen regelmässig, um Ihr Programm auf dem Laufenden zu halten. Es handelt sich nicht um neue Versionen, sondern um Verbesserungen, Erweiterungen des Handbuchs und abgestellte Fehler. Informationen zu Aktualisierungen zu **EZNEC**, **EZNEC+** und **EZNEC pro** finden Sie auf den genannten Adressen und unter <http://eznec.com>.

### 10.2Fehlermeldungen (Reporting bugs)

Haben Sie schon bei den Updates nachgesehen ? Ein Fehler kann schon gefunden und behoben sein. Sehen Sie in der Update-Sektion nach.

Obwohl **EZNEC** ausführlich getestet wurde, können doch noch Fehler auftreten. Falls Sie einen Fehler festgestellt haben, teilen Sie ihn mir bitte mit. Ich werde ihn so schnell wie möglich beheben und Ihnen ein Ersatzprogramm schicken. Ein Problem ist WINDOWS, dass es mit seiner komplexen Umgebung schwer macht, den Fehler exakt zu verfolgen, der zu einem Absturz oder einem Problem führt. Ihre Hilfe ist daher sehr wichtig.

Der Schlüssel zum Beheben eines Fehlers liegt darin, ihn reproduzierbar zu machen. Wenn das gelingt, kann er behoben werden. Gelingt es nicht, ist es nahezu unmöglich, ihn zu finden. Unter Windows kann ein Fehler oft nur auftreten, wenn gewisse Fenster geöffnet sind und sich auf bestimmte Weise überlappen oder nur bestimmte Fenster geöffnet sind. Es ist daher wichtig, so viel wie möglich detaillierte Informationen über den Status des Programms zu sammeln und anzugeben, wann und wie der Fehler auftritt.

Sammeln Sie bitte die folgenden Informationen und fügen Sie sie ihrem Fehlerbericht bei :

1. Fehlermeldungen (Error messages) : Zeichnen Sie den genauen Inhalt der Fehlermeldung einschliesslich des Titels in der farbigen Kopfleiste ab. Der Titel hilft zu bestimmen, wodurch die Fehlermeldung ausgelöst wurde. Meist bleiben alle Fenster offen, wenn die Fehlermeldung erscheint. Zeichnen Sie auf, welche Fenster offen sind, wie ihre angenäherte Grösse ist und wo sie angeordnet sind. Einige Fehler erzeugen keine Fehlermeldung, geben Sie aber trotzdem die genannten Informationen an.

2. Geben Sie an, was Sie gemacht haben, bevor der Fehler auftrat, soweit sie es reproduzieren können. Sie sollten nicht nur die letzte Aktion vor dem Fehler anführen, sondern möglichst viel von der Vorgeschichte, die zu dem Fehler geführt hat.
3. Ist der Fehler reproduzierbar. Das ist die wichtigste Information. Ein reproduzierbarer Fehler ist wesentlich leichter zu finden, als ein nicht reproduzierbarer, Versuchen Sie genau so vorzugehen, wie vor dem Auftreten des Fehlers, und versuchen Sie, ihn wieder zu reproduzieren. Zeichnen Sie diese Folge auf. Denken Sie daran, dass ein Fehler oft davon abhängt, welche Fenster geöffnet sind und sich überlappen, auch diese Information ist wichtig.
4. Tritt der Fehler nur bei bestimmten Antennenbeschreibungen auf ? Bitte fügen Sie der Fehlermeldung die zugehörige EZ-Datei bei und senden sie mir.
5. Haben Sie irgend etwas Neues oder Unübliches gemacht ?

Verwenden Sie bitte die [How to Contact Me](#) –Adresse um mich zu informieren und senden Sie mir Ihren Bericht.

Danke für Ihre Hilfe !

## 10.3W7EL erreichen (How to Contact Me)

Am besten schicken Sie mir eine Email oder verwenden Sie eine Kontaktmöglichkeit Ihrer Wahl :

**Email:** [w7el@eznec.com](mailto:w7el@eznec.com)

**Phone:** 503-646-2885

**Fax:** 503-671-9046

**Mail:**

***Roy Lewallen***

***P.O. Box 6658***

***Beaverton, OR 97007***

***U.S.A.***

## 11.Begriffe / Definitionen

**Anmerkung DM3ML :** Dieses Kapitel ist im Original der Hilfe zur Version 5.0. herausgenommen worden. Ich finde es aber sehr instruktiv und habe es von der Hilfe V4.0. übernommen und stehen gelassen.

- **Eingabetabellen (Input Grid Windows)**

Die Daten von Drähten, Quellen, Lasten, Speiseleitung und Erdboden werden in Tabellen ähnlich einem Tabellenkalkulationsprogramm eingegeben.

- **R+jX-Lasten (R + j X Loads)**

$R + jX$  – Lasten werden ausgedrückt als Kombination von Wirkwiderstand (*resistance*) (R) und Blindwiderstand (*reactance*) (X). Die Impedanz  $R + jX$  von Lasten ändert sich nicht mit der Frequenz. Siehe auch [Das  \$R+jX\$ -Fenster \(The  \$R + jX\$  Loads Window\)](#)

- **RLC-Lasten (RLC Loads)**

RLC-Lasten sind definiert als Kombinationen von R-, L- und C-Komponenten. Sie können in Serie, parallel oder als Sperrkreis (*trap*) aus einer Kombination von Serien-RL mit einem parallelen C geschaltet sein. Die R-Komponente kann wahlweise frequenzabhängig gemacht werden. Siehe auch [Das RLC-Fenster \(The RLC Loads Window\)](#).

- **Laplace-Lasten (Laplace Loads)**

Laplace-Lasten sind Impedanzen, die über Laplace-Koeffizienten definiert werden. Jede Kombination aus R, L und C bis zur fünften Ordnung kann als Laplace-Last angegeben werden. Das R kann aber nicht wie bei RLC-Lasten frequenzabhängig gemacht werden. Verwenden Sie diese Lasten nur, wenn Sie mit der Laplace-Transformation vertraut sind. Eine Erläuterung zu diesem Thema würde den Umfang des Handbuchs sprengen. Siehe auch [Fenster für Laplace-Lasten \(The Laplace Loads Window\)](#).

- **Hilfe verwenden (Using Help)**

**EZNEC** enthält ein kontext-empfindliches Hilfesystem. Sie können zu jedem Punkt die (englische) Hilfe mit der F1-Taste holen oder im Menü mit **Help** die Hilfe aufrufen. Wird kein passender Punkt gefunden, öffnet sich das Inhaltsverhältnis der Hilfe.

- **Grafische Fenster (Graphics Windows)**

Grafische Fenster sind das 2D-Diagramm, das 3D-Diagramm, die Antennenansicht und das SWR-Diagramm.

- **Die erste Spur (Primary Trace)**

Bei einer normalen Operation ist das 2D-Diagramm, das aus einer Fernfeldberechnung entstanden ist, die „erste Spur (**primary trace**)“. Die erste Spur kann ein 2D-Diagramm für Azimuth, Elevation oder eine Schicht aus einem 3D-Diagramm sein. Sollen mit der Funktion Diagramme ansehen (**Trace view**) Berechnungen verglichen werden, wird diese „erste Spur“ als erstes Diagramm zurückgerufen. Tabellen für Daten und Informationen zu einem 2D-Diagramm stehen nur für diese „erste Spur“ zur Verfügung. Siehe auch [Diagramme übereinander legen \(TraceView\)](#)

- **Produkte der EZNEC-Familie (EZNEC Family Products)**

Alle Versionen von EZNEC, EZNEC+ und EZNEC pro (EZNEC-Pro/2 und EZNEC-Pro/4).

- **OpenPF**

Ein standardisiertes Binärformat zum Abspeichern von Feldstärkedaten. Alle **EZNEC**-Versionen ab v.2.0 und spätere Produkte der **EZNEC**-Familie speichern 2D- und 3D-Diagramme in diesem Format. Die Dateien sind mit einem Texteditor oder

Dateileser nicht auswertbar. OpenPF-Dateien haben in der Regel die Erweiterung **\*.PF** für 2D-Diagramme. Die Erweiterung **\*.P#** wird für Frequenzabtastungen und die Erweiterung **\*.PF3** für 3D-Diagramme verwendet. Siehe auch [Das OpenPF-Druckformat \(OpenPF Plot File Format\)](#)

- **Tausender-Trenner (Thousands Separator)**

Dieses Symbol teilt große Zahlen in Dreier-Gruppen. In Europa wird dafür der Punkt verwendet, eine Hunderttausend wird als 100.000 geschrieben.

In den USA wird das Komma als Trenner verwendet, z.B. 100,000. Bei **EZNEC** wird KEIN Tausender-Trenner verwendet und erkannt und führt zu Fehlern, wenn er verwendet wird.

- **EZNEC-Komponenten (EZNEC Components)**

Das sind die Objekte, aus denen das Antennenmodell zusammengesetzt ist. Sie enthalten Drähte (**wires**), Quellen (**sources**), Lasten (**loads**), Speiseleitungen (**transmission lines**) und den Erdboden (**ground media**).

- **Drähte (Wires)**

Das ist die primäre Komponente in den Modellen. Drähte müssen gerade sein, können aber jede Länge und jeden Durchmesser haben. Mit Drähten werden physikalische Drähte oder Rohre modelliert, sie können in einem Gitter zur Simulation einer leitenden Oberfläche angeordnet sein. Drähte sind ideal leitend, wenn nicht ein Drahtverlust spezifiziert worden ist.

- **Quellen (Sources)**

Über Quellen wird Leistung in die Antennen eingespeist. Sie sind an Drähten an Positionen angeordnet, wo eine Speiseleitung oder ein Sender angeschlossen werden kann. Es kann eine beliebige Anzahl an Quellen genutzt werden. Es gibt vier Arten von Quellen : Spannung, Strom, geteilte Spannung und geteilter Strom (split).

- **Lasten (Loads)**

Lasten repräsentieren konzentrierte Impedanzen mit zwei Anschlüssen. Sie werden in Drähten angeordnet und simulieren Ladespulen, Sperrkreise, Verlustquellen und andere Impedanzen. Lasten haben eine physikalische Größe von Null und strahlen nicht. Es gibt drei Arten von Lasten :  $R + jX$ , RLC oder Laplace. Siehe auch [Lasten verwenden \(Using Loads\)](#)

- **Speiseleitungen (Transmission Lines)**

Das **EZNEC** – Modell für Speiseleitungen kann dazu verwendet werden, verlustlose und nicht strahlende Speiseleitungen darzustellen. Die Enden der Speiseleitung können in einer physischen Distanz unabhängig von der Länge angeordnet werden. Speiseleitungen müssen mit Drähten verbunden sein. Jeweils ein Ende kann offen oder kurzgeschlossen sein, um Stichleitungen (Stubs) nachzubilden. Siehe auch [Speiseleitungen verwenden \(Using Transmission Lines\)](#)

- **Erdboden (Ground Media)**



**EZNEC** – Modelle können im Freiraum (**free space**) oder über einer leitenden Bodenfläche, dem **ground medium** angeordnet sein. Der Boden kann ideal-leitend sein oder reale charakteristische Werte haben. Der Erdboden wird als perfekt flach und von unendlicher Ausdehnung und Tiefe angenommen. Siehe auch [Erdboden modellieren \(Modeling Ground\)](#)

- **Koordinatenursprung (Origin)**

Der Koordinatenursprung ist ein Punkt im Raum, auf den sich alle Drahtkoordinaten beziehen. Er hat die Koordinaten  $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ . Hat das Modell einen Erdboden, so ist seine Höhe bei Null ( $z = 0$ ). Ansonsten kann der Koordinatenursprung vom Nutzer nach seinen Vorstellungen frei gewählt werden.

- **Segment**

Ein Segment ist ein kleineres Stück, in das die Drähte für die Berechnung aufgeteilt werden. Die Zahl der Segmente je Draht kann vom Nutzer gewählt werden. **EZNEC** erlaubt eine Gesamtzahl von 500 Segmenten. Die **EZNEC pro** - Programme **EZNEC-Pro/2** und **EZNEC-Pro/4** erlauben 10 000 Segmente.

- **Bodenwerte-Dateien (Ground Data Files)**

Wird ein realer Boden mit hoher Genauigkeit (**Real, High-Accuracy ground**) gewählt, muss **EZNEC** weitere Berechnungen machen. Um zu vermeiden, dass unnötige Berechnungen gemacht werden, speichert **EZNEC** diese Bodenwerte in Bodendaten-Dateien (**ground data files**). Jede dieser Dateien repräsentiert eine bestimmte Kombination von Leitfähigkeit, Dielektrizitätskonstante und Frequenz. Wenn Berechnungen zu machen sind, sieht **EZNEC** zuerst nach, ob solche Daten bereits vorliegen und verwendet diese Dateien ohne die Berechnung zu wiederholen. Siehe auch [Erdboden modellieren \(Modelling Ground\)](#)

- **Dezimal-Trenner (Decimal Separator)**

Dieses Zeichen trennt den Bruchteil einer Zahl vom ganzen Wert ab. In den USA und den meisten englischsprachigen Ländern wird ein Punkt (z.B. 1,5) dazu verwendet. In Europa wird ein Komma (z.B. 1,5) für diesen Zweck verwendet. **EZNEC** verwendet für seine Ausgaben den unter Windows > System > Ländereinstellungen gewählten Dezimaltrenner.

Beachten Sie bitte, dass **EZNEC** bei kommasetrennten Dateien immer der Punkt als Dezimal-Trenner verwendet. Das gleiche gilt für **EZNEC-Pro/2** und **EZNEC-Pro/4** bei Ein- und Ausgabedateien mit NEC-Format.

The character used to separate the fractional part of a number from the integer part. A period (.) is used, for example, in the U.S. and most English-speaking countries where the number one-and-one-half is written '1.5'. A comma (,) is used in most of Europe, where this number is written '1,5'. What uses is determined by the choices you've made in the Regional Settings selection of the Windows Control Panel.

- **Datei nicht auffindbar (Can't find Dipole1.ez)**

1. Wenn Sie die Datei **Dipole1** finden, aber nicht **Dipole1.ez**: Hier wird die Erweiterung vom Windows-Betriebssystem unterdrückt. Klicken Sie auf **Dipole1**, wenn nach

**Dipole1.ez** gefragt wird. Schalten Sie in Zukunft „Erweiterungen bei bekannten Dateitypen ausblenden“ ab. Klicken Sie rechts auf die Start-Taste links unten in der Statusleiste, wählen Sie im Menü *Explorer* und dort *Extras > Ordneroptionen > Ansicht* und entfernen Sie den Haken in der Menüabteilung Dateien und Ordner aus dem Feld *Erweiterungen bei bekannten Dateitypen ausblenden*. Diese Angaben gelten für WinXP, können aber bei anderen Windows-Versionen etwas abweichen.

2. Falls die Dateien nicht in der Liste stehen : **EZNEC** sucht an der falschen Stelle. Wenn Sie **EZNEC** installieren, stehen die Beispiele in einem zu **EZNEC** gehörenden Verzeichnis . Sollte durch eine nachträgliche Änderung diese Zuordnung verloren gegangen sein, müssen Sie Datei mit den Hilfsmitteln von WINDOWS suchen. Klicken Sie auf die Taste *Start* in der Statuszeile und im sich öffnenden Menü auf **Suchen**. Wählen Sie Suchen nach *Dateien und Ordnern* und geben Sie den Namen **Dipole1.ez** ein. Merken Sie sich den Namen des Verzeichnis, in dem die Datei gefunden wurde. Gehen Sie dann in das Hauptmenü von **EZNEC**, wählen Sie **Options > Folders > Description (.EZ) and Plot Files**. Tragen Sie dort den gefunden Speicherort ein oder klicken Sie sich durch den Verzeichnisbaum bis zur gefundenen Datei und wählen Sie sie aus, klicken Sie auf OK und speichern Sie die gefundene Einstellung mit **Save as Default** ab.

Sie sollten dann die Beschreibung Dipole1.ez und die anderen Beispiele nach Klick auf die Taste **Open** unmittelbar sehen.

- **Zeile hinzufügen (Add Row)**

In den Eingabefeldern für Drähte, Quellen, Lasten, Media und Speiseleitungen wählen Sie die jeweils untere leere mit einem Stern \* gekennzeichnete Zeile um neue Daten einzutragen. Mit einem ENTER wird die gefüllte Zeile übernommen und eine neue leere Zeile bereitgestellt.

- **Geteilte Quelle (Split Source)**

Die geteilte Quelle ist ein Typ einer **EZNEC**-Quelle, die auf einer Segment- oder Drahtverbindung angeordnet werden kann. Real besteht sie aus zwei separaten identischen Quellen, die **EZNEC** auf die beiden Seiten der spezifizierten Verbindung setzt. In allen Berichten von **EZNEC** wird diese geteilte Quelle als eine Quelle angeführt und Sie können Sie bezüglich von Spannung, Strom, Impedanzen und Leistung als eine Quelle ansehen. Eine geteilte Quelle kann nur auf die Verbindung von zwei Drähten gesetzt werden. **EZNEC** stellt geteilte Quellen mit konstanter Spannung und konstantem Strom bereit. Siehe auch [Quell-Typen \(Source Types\)](#)

- **Programmabsturz (Program Crash)**

Ein Programmabsturz ist ein abruptes Programmende als Folge eines internen Fehlers. Ein ernster Programmfehler kann dazu führen, dass der Computer auf keine Eingabe mehr reagiert (sich aufhängt) und nur mit einem RESET oder Rechnerneustart wieder belebt werden kann. Nicht so ernste Fehler erzeugen eine Fehlermeldung, bevor das Programm beendet wird. Wenn das Programm abstürzt, gehen alle bis dahin nicht abgespeicherten Informationen verloren.

Bei **EZNEC** wurden alle Vorkehrungen gegen einen Absturz getroffen.

Programmabstürze sind nicht akzeptabel und wenn trotzdem einer passiert, werden alle Anstrengungen unternommen, den Grund zu finden und abzustellen.

## 12.Index

Hinweis : Der Index bezieht sich auf die Originalbegriffe aus der englischen Quelle. Die Seitenzahlen beziehen sich auf die vorliegende Übersetzung. Der Index enthält keine Links zu den Indizes.

2D \.....	34	Calculating Engine Type.....	152
2D Display.....	122, 133	Calculation Progress.....	152, 153
2D Pattern.....	37, 137	Calculation Time.....	128
2D Pattern.....		Change Coordinate By.....	53, 54
Showing in the View Antenna Display....	135	Change Length By.....	54
2D Plot Scale.....	126	Change Length To.....	54
2D Slice.....	140	Change Units.....	
4SqTL.ez.....	80	Retain Numbers.....	52
A Few Words About Copy Protection.....	10	Characteristic Impedance.....	88
About EZNEC.....	128	Circular Polarization.....	16
About Ground Models.....	95	Circumference.....	
About Wires.....	47	Loop.....	
Action buttons.....	120, 130	minimum.....	65
Acute Angles.....	61	Closely Spaced Wires.....	62
Adding A Description.....	121	CM \.....	106
Along The Straightaway.....	21	Colors.....	133, 134
Alt SWR Z0.....	130, 141	Combining Antenna Descriptions.....	121
Amateur or Professional?.....	11	Comma-delimited files.....	12
Angle Convention.....	122	Compass Bearing.....	122
Antenna Height.....		Component Version Numbers.....	128
Changing.....	52	Conductivity.....	98
Antenna Notes.....	106, 121, 122, 156	Connect End To.....	53
Antenna Notes.....		Connecting Sources to Ground.....	79
Editing.....	121	Connecting to High Accuracy Ground.....	100
Antivirus Programs.....	151	Connecting Wires to Ground.....	97, 99
ARRL Type Plot Scale.....	122	Control Center.....	124
Auto Coordinate Match.....	48	Sections.....	120
Auto Seg.....	117	Selections.....	128
AutoComplete.....	122	Control Window.....	132, 140
AutoSuggest.....	122	Controlling Memory Use.....	147
Average Gain.....	64, 77, 107	Coord Entry Mode.....	53
Average Gain.....		Coordinate Sytem.....	47
Detecting source placement problems....	77	Copyright Notice.....	170
Axes.....	136, 137	Crossed Dipoles.....	62
Azimuth Angle.....	129	Current Phase.....	137
Azimuth Rotate End.....	54	Current Phase Markers.....	137
Balun.....	64	Currents.....	102, 130, 137
bmp Files.....	135	Currents Table.....	102
Bugs.....	173	Data Lines.....	134, 139
Reporting.....	173	Data Window.....	135, 139
Buried Radials.....	68	dB.....	104, 126
Buried Wires.....	61, 99	dBref.....	104, 126, 128
ButtonFontName.....	157	dBsw.....	76
ButtonFontSize.....	157	Default Ground Const.....	123
BYVee.ez.....	79	Description File.....	121
Calculating Engine.....	123	Saving.....	122

Diameter.....	50	Geometry Check.....	111, 112
Dielectric Constant.....	98	Getting Acquainted with EZNEC.....	19
DipTL.ez.....	90	Gnd Wave Dist.....	112, 130
Disk Use As Virtual RAM.....	152	Graphics Files.....	135
Divide Length By.....	54	Graphics Files.....	
DotMult.....	156	Creating.....	135
Download.....	18	Graphics Windows Overview.....	132
E Field.....	105, 113	Grid Spacing.....	58
Editor.....	108	Ground.....	68, 96, 97, 128
EZNEC.....	108	Connecting Sources.....	79
Elevation Rotate End.....	53	Connecting Wires.....	99
End Coordinates.....		Information.....	128
Entering.....	50, 51	Ground Constants.....	
Entering and Modifying Ground Media.....	98	Default.....	123, 124, 126, 127
Entering and Modifying Transmission Lines.....	87	Ground Descrip.....	96, 129
External NEC-4 Engine.....	148	Ground File Tolerance.....	124
EZNEC.....	121, 122, 173	Ground loss.....	107
EZNEC components.....	46	Ground Media.....	99
EZNEC Editor.....	108	Ground Type.....	95, 129
EZNEC Pro Section Note.....	141	Ground Types.....	
EZNEC Pro Users.....	19	Free space.....	95
EZNEC.INI.....	128, 148, 156, 157	Ground Wave Analysis.....	112
F1 key.....	175	Observation height.....	129
Far Field Patterns.....	105	Group Modify.....	52, 113
Far Field Table.....	104	Guarantee.....	11
Far Field Table Units.....	104, 126	Guideline Check.....	106, 124, 127
Fast Analysis Ground Type.....	15, 96	Guideline Check Warnings.....	58
Feedpoint Resistance.....	103	Height.....	52
Negative.....	103	Help.....	128
FF Plot.....	131	Help Menu.....	128
FF Tab.....	130	How to Contact Me.....	174
File.....	121, 122, 129, 158	How to Do It.....	73
File.....		Importing Wire Coordinates From ASCII File...	
.PF format.....	157	File Format.....	165
Files.....	12, 143	Information Window.....	120
NEC format.....	143	Input Grid Windows.....	174
Fix Segs.....	117	Insulated Wire.....	55
Flat Surface Modeling.....	58, 69	Introduction.....	72
Folders.....	123	Inverted Vee Antenna.....	28
Font.....	125	L Networks Window.....	
Font.....		Using.....	93
Printed plot data.....	125	LastZ.txt.....	12, 109, 117, 153
Free Space.....	95	LastZ.txt file.....	153
Freq Swp.....	131	LD5Translation.....	157
Frequency.....	38, 124, 125, 129	Legal Disclaimers.....	168, 170
Frequency.....		Length.....	54
Rescaling.....	34, 115	Segment.....	137
Frequency Sweep.....	109, 127, 131	Wire.....	50, 52, 136, 137
Input file.....	109	License Agreement.....	169
Maximum steps in Smith chart program file		Limitations of Real Ground Models.....	97
.....	164	Linear Loaded Antennas.....	64, 69
Plots.....	110	Load.....	103
Setup.....	110	Load.....	
Frequency Sweep Input File.....	164	Voltage and current.....	103
Frequency Sweep setup.....		Load Data.....	130
Turning on and off.....	108	Loads.....	129

LogPer.ez.....	64	Plot.....	129
Loop Resizing.....	57	Step size.....	130
Manual.....		Plot Line Width.....	124
Printable.....	20	Plot Printing.....	124
Matrox PowerDesk.....	152	Plot Type.....	129
MaxCMWidth.....	156	Polarization.....	
MaxMSFreqs.....	157	Circular.....	16
McAfee Antivirus.....	151, 152	Power Level.....	125, 126
Memory.....	148	Power Level selection.....	126
Memory.....		PowerDesk.....	151
Controlling use by EZNEC pro.....	147	PrDataLineSp.....	156
Windows RAM.....	148	Preserve Connections.....	53
MicroSmith.....	110, 124, 125, 164	Radial Creation.....	57
MicroSmith.....		Radials.....	57, 63, 101
Maximum .DAT file steps.....	164	Radials.....	
Models.....	46	Modeling.....	100
Very large.....	146	RAM.....	147
Moving Wires.....	51	Virtual.....	146, 152
Multiband Antennas.....	65	Read Frequencies From File.....	109
mV/m.....	104, 177	Real Ground Models.....	96
N4PCLoop.ez.....	79	Ref Level.....	130
Near Field.....	127	Reinstalling EZNEC.....	153
Near Field.....		Rescale.....	39
Setup.....	127	Resistance.....	103
Near Field Table.....	105	Resistance.....	
Near Field Table Format.....	126	Negative.....	103
NEC.....	141, 142	Rev/Norm.....	88
NEC Radial Model.....	68, 99, 100	Save As.....	130
NEC-2.....	123	Save Description As.....	121
NEC-4.....	123, 126, 148, 149, 150, 151	Segment Dots.....	137
NEC-4.....		Segment Length Tapering.....	115, 116
Double precision calculating engine.....	146	Segmentation.....	62, 117
External.....		Segmentation.....	
using with EZNEC/4.....	148	Log periodic antenna.....	64
NEC-format files.....	12, 47	Segments.....	51
NECRadials.....	156	Maximum number of.....	49, 177
Networks.....	146	Segs.....	51
Networks.....		Selecting Wires.....	51, 136
L Networks.....	92	Selection buttons.....	120
NF Tab.....	130	Setups.....	
Norton Antivirus.....	151	Near field analysis.....	113
Objects.....	134, 136	Shortcuts.....	53
Objects.....		Show Description.....	127
View Antenna Display.....	134, 135	Show Freq on 2D Plot.....	126
Observation Height.....	112	Show Ground Info.....	128
Open.....	130	Show Temp Dir Space.....	128
Open Description.....	121	SINGLE USE SOFTWARE LICENSE	
OpenPF Plot File Format.....		AGREEMENT.....	169
Viewing OpenPF files.....	118	Smith Chart Programs.....	
Other Wire Considerations.....	56	winSMITH.....	124, 125, 164
Outputs.....	127	Sommerfeld-Norton.....	97
Placing Sources At Wire Junctions.....	79	Source.....	103
Placing Sources On Segments.....	78	Source.....	
6.6.4.1Plane Wave Excitation.....	74	Split.....	79
Specifying.....	75	Source Types.....	73
With a Ground Plane.....	75	Sources.....	72, 73, 74, 129

Sources.....	Undo/Redo..... 118
Adding..... 74	Units..... 126, 129
Connection to other EZNEC components 72	Units.....
Specifying..... 73	Far field table..... 126
Special Options..... 128	vbAccelerator..... 171
Split Source..... 28, 79	Version Numbers..... 128
Src Dat..... 103, 130	Vert1.ez..... 68
Stepped Diameter Correction..... 70, 115, 125, 152	View Ant..... 131
Stepped Diameter Correction Overview..... 59	View Antenna Display.....
Stub..... 87	Rotating..... 136
SWR..... 103, 130, 131	Wire numbers..... 127
SWR Display.....	Virtual RAM..... 146, 152
Using..... 140	Virtual Segment..... 70
SWR Graph..... 117	VOACAP Files..... 114
SWR Sweep..... 130	Wavelength..... 129
Taper Segs..... 116	Welcome..... 8
Test Drive..... 21	Windows..... 8
The Calculation Progress Window..... 152	Basic operation..... 8
Title..... 128	winSMITH..... 109, 110, 164
Tolerance.....	Wire Coordinates.....
Ground file..... 124	ASCII File Format..... 165
Traces..... 133, 134	Wire Grid Creation..... 58, 117
Traces.....	Wire Grid Modeling..... 69
Viewing..... 118	Wire Information..... 52, 136
TraceView..... 118, 127, 128	Wire loss..... 129
Trans Lines..... 129	Wire Numbers..... 137
Transformers..... 40, 90	Wires..... 51, 52, 96, 97, 121, 129
Transformers Window.....	Adding..... 50
Using..... 91	Deleting..... 51
Transmission Lines..... 80, 137	Intersecting..... 56
Transmission Lines.....	Intersecting at an acute angle..... 61
Electrical length..... 88	Modifying..... 52
Physical length..... 88	Selecting..... 51, 136
Specifying..... 87, 88	Y Parameter Networks..... 94
Velocity factor..... 88	Y Parameter Networks Window.....
Trap..... 69	Using..... 94
	Yagi..... 59, 117